

# ESTUDIOS Y DOCUMENTOS

INFORME FINAL

FIPA N° 2023-10

Evaluación y análisis de nuevas tecnologías y/o sistemas para evitar la  
Interacción con resultado de muerte o daño grave de mamíferos marinos con los  
centros de acuicultura de salmones

Licitación ID: 4728-21-LE23



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR Y GEOGRAFÍA  
ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR  
VALPARAÍSO – CHILE



**Universidad  
de Valparaíso**  
CHILE



---

Título	Evaluación y análisis de nuevas tecnologías y/o sistemas para evitar la interacción con resultado de muerte o daño grave de mamíferos marinos con los centros de acuicultura de salmones
Requirente	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura
Contraparte	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso Facultad de Ciencias del Mar y Geografía
Unidad ejecutora	Escuela de Ciencias del Mar Avenida Universidad 330, Curauma Casilla 1020 Valparaíso
Jefe de proyecto	Mauricio Ahumada Escobar Pontificia Universidad Católica de Valparaíso Fono: 56-32-2274264 E-mail: mauricio.ahumada@pucv.cl

---

## Equipo de trabajo FIPA 2023-10

Nombre	Institución
Mauricio Ahumada	Pont. Universidad Católica de Valparaíso
Dante Queirolo	Pont. Universidad Católica de Valparaíso
Maritza Sepúlveda	Universidad de Valparaíso
María José Pérez Álvarez	Universidad de Chile, Instituto Milenio BASE
Alfio Yori	Universidad Austral de Chile
Iván Hinojosa	Universidad Católica de la Santísima Concepción
Susannah J. Buchan	Universidad de Concepción
Rodrigo Wiff	Pont. Universidad Católica de Chile
Carlos Felipe Hurtado	Pont. Universidad Católica de Valparaíso
Pedro Apablaza	Pont. Universidad Católica de Valparaíso
Jesús López	Pont. Universidad Católica de Valparaíso

### Cita del documento:

Ahumada, M., D. Queirolo, P. Apablaza, M. Sepúlveda, M.J. Pérez-Álvarez, A. Yori, I. Hinojosa, S. Buchan, C.F. Hurtado, R. Wiff, J. López. 2025. "Evaluación y análisis de nuevas tecnologías y/o sistemas para evitar la Interacción con resultado de muerte o daño grave de mamíferos marinos con los centros de acuicultura de salmones" Informe Final. Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura. FIPA 2023-10, Pont. Universidad Católica de Valparaíso, 433 pp.

Los autores agradecen a todos quienes colaboraron en el desarrollo de este estudio, en especial, a los Sres. Jorge Serrano, Rodrigo Molina y Marcelo Campos.

## RESUMEN EJECUTIVO

Se ha reportado la presencia de 31 especies de cetáceos, pinnípedos y mustélidos en la Patagonia chilena, específicamente en el área considerada de interés para el presente estudio. De ese total, a partir de un análisis espacial basado en datos georreferenciados de distintas fuentes, complementado con información de avistamientos reportados por empresas salmoneras en 2022 y 2023 en el marco de la Res ex 2811, se estima en 17 las especies de mamíferos marinos que podrían considerarse como probablemente asociadas, en términos espaciales, a centros de cultivo. Entre ellas, en términos de conservación según criterio IUCN, hay una especie en peligro crítico, cuatro en peligro y dos casi amenazadas.

La información analizada indica que las interacciones reportadas por la industria conforme a la Res ex 2811 corresponden exclusivamente a lobo marino común, e indica que dichas interacciones causaron la mortalidad de 26 ejemplares de esa especie y de 8.562 salmones de cultivo. Información disponible en literatura, reporta que entre 2007 y 2020 se produjo la muerte de nueve cetáceos debido a interacciones con centros de cultivo de salmones, seis ejemplares de delfín chileno (*C. eutropia*), dos de ballena jorobada (*M. novaeangliae*) y una ballena sei (*B. borealis*), cuya casusa de muerte ha sido atribuida a ahogos por enredos, existiendo información disponible de la muerte de otro ejemplar de ballena sei en un sector colindante a un centro de cultivo.

Se llevó a cabo una revisión de distintas tecnologías disuasivas de mamíferos marinos con aptitud potencial para su empleo en centros de cultivo, conforme a una clasificación propuesta internacionalmente. Se identificaron 313 documentos, los que fueron publicados entre 1971 y 2024 con información sobre dichas tecnologías, las que pueden agruparse en i) acústicas, ii) cortinas de burbujas, iii) redes antidepredación, iv) explosivos, v) sonidos de depredadores y vi) otras tecnologías.

Entre los métodos no acústicos, conforme a clasificación de la NOAA se incluyen sistemas visuales, los que incluyen cortinas de burbujas, luces, formas de depredadores u hostigamiento, considerados de eficacia menor o de poca aplicación práctica en la acuicultura y barreras físicas, grupo que incluye redes antidepredadores, mencionadas por diversos autores como el medio más eficaz en impedir la interacción de pinnípedos con la producción salmonera, además de disuasivos quimiosensoriales, considerados de difícil implementación en grupos grandes de animales.

La información indica que en la acuicultura los métodos basados en dispositivos acústicos para disuadir la depredación de pinnípedos están ampliamente documentados, siendo mencionados en 242 documentos, a diferencia de otras opciones tecnológicas, con un número significativamente inferior. En el caso específico de la tecnología acústica, la mayoría de los documentos abordan su utilización en la pesca extractiva y otras actividades en el mar, distintas a la acuicultura, identificándose 39 publicaciones relacionadas con experimentos aplicados al ámbito de la acuicultura. Dichos dispositivos se clasifican en impulsivos y no impulsivos, conforme a las características del sonido que emiten.

En el caso de los dispositivos no impulsivos, existe abundante documentación relativa a Dispositivos de Disuasión Acústica (DDA) y a los denominados Dispositivos de Hostigamiento Acústico (DHA). Destaca el uso de distintas denominaciones que recibe este tipo de dispositivos, conforme a clasificaciones que consideran sus respectivos niveles de fuente (en dB), así como la existencia de información ambigua respecto a su eficacia de largo plazo. Con relación a estudios sobre sus efectos sobre especies de cetáceos presentes en Chile, se identificaron con relación a Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), Orca (*Orcinus orca*), Lobo marino común (*Otaria flavescens*), Marsopa espinosa (*Phocoena spinipinnis*) y Delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*). En un estudio se reportó el efecto sobre el



comportamiento de alimentación de *M. novaeangliae*, en otro caso, se informó sobre cambios en la presencia de ejemplares de *O. orca*, así como efectividad exclusiva en el corto plazo en la disuasión de *O. flavescens*.

La información disponible señala que dicha tecnología y la correspondiente a redes antidepredadores son las alternativas empleadas por amplia mayoría en el cultivo de salmones. A partir del análisis de dos casos de estudio, se determinó que los DDA fueron ampliamente empleados durante algunas décadas principalmente en Escocia (Reino Unido), no obstante, a la fecha no se encuentran en uso activo debido a aspectos normativos relacionados con la protección de cetáceos en aguas europeas, por otro lado, en Tasmania (Australia) destaca la autorización de uso de explosivos submarinos y de relocalización de ejemplares de pinnípedos. Tanto en Escocia como en Tasmania existe información que indica el empleo progresivo de redes antidepredadores construidas a partir de materiales de alta resistencia como reemplazo de las tecnologías ya indicadas.

Se identificaron varios trabajos que analizan eventuales impactos fisiológicos o de comportamiento sobre mamíferos marinos derivados del empleo de DDA. Sus resultados son controversiales, probablemente debido a la amplia diversidad en términos de modelos, modalidades de empleo y de respuestas, conforme a aspectos relacionados con la tecnología, las características del lugar de emplazamiento y con la variabilidad de comportamiento en la especie objetivo y de otras especies que son susceptibles de impactos. La tecnología más reciente relacionada con los DDA considera dispositivos de baja frecuencia, con alto grado de especificidad para lograr la disuasión de la especie objetivo, sin afectar a otras especies, de acuerdo al conocimiento de sus sensibilidades auditivas, la cual ha sido desarrollada para la disuasión de fócidos en Europa evitando afectar cetáceos pequeños como la marsopa común (*P. phocoena*).

En el caso chileno, la opinión de investigadores indica que, la inexistencia de estimaciones de abundancia a nivel nacional de cetáceos dificulta el cuantificar el impacto de las interacciones en las poblaciones. En términos de impactos derivados del empleo de DDA, consideran que la principal preocupación debiese estar enfocada en especies endémicas con algún problema de conservación y en cetáceos pequeños, considerados como especies con audición de alta frecuencia, tales como: delfín chileno (*Cephalorhynchus eutropia*), chungungo (*Lontra felina*), marsopa espinosa (*Phocoena spinipinnis*) y delfín austral (*Lagenorhynchus australis*).

Existen disponibles criterios que permiten evaluar la exposición al ruido en mamíferos marinos en los cuales se definen umbrales acústicos para distintos grupos de audición con el fin de determinar eventuales impactos auditivos y conductuales, los cuales pueden ser aplicados en la evaluación *in situ* de DDA.

La opinión experta de investigadores de la Universidad de Saint Andrews menciona a las redes antidepredadores y a los DDA como los principales disuasivos actualmente en uso, considerando que ambas tecnologías son las menos peligrosas para los mamíferos marinos, reconociendo la probabilidad de enredos y la conveniencia de operar los DDA bajo ciertas condiciones, preferiblemente de modo reactivo y no continuo. Destacan igualmente como disuasivos efectivos y de menor peligrosidad a las redes construidas de nuevos materiales y a una nueva modalidad de DDA de baja frecuencia, denominada TAST.

Los integrantes del grupo de expertos indicaron que las redes antidepredadores son de las tecnologías menos peligrosas, cuando están correctamente instaladas y mantenidas, en particular redes rígidas, indicando que desconocen sobre la implementación de disuasivos menos peligrosos de alta efectividad en Chile. Respecto de la opinión de profesionales de la industria salmonera, destacan la ocurrencia de interacciones con lobo marino común debido a animales que aprovechan roturas o rompen redes antidepredadores, considerando la interacción (enredos)

con cetáceos o mustélidos como situaciones de muy baja o nula ocurrencia, en tanto las redes antidepredadores son consideradas de alta eficacia.

Las entrevistas a profesionales de empresas proveedoras de DDA para el mercado chileno, indican el interés actual de dos empresas, OTAQ y ACEAquatec. Se trata de equipos que trabajan a presiones sonoras entre 176 y 189 dB y a frecuencias entre 0,8 y 10 kHz. Indican que ambas cuentan con certificado de aprobación de la NMFS, conforme a herramienta disponible en línea. Una de las empresas (OTAQ), informó que ha realizado pruebas *in situ* en la zona de Chiloé con su equipo y compartió su respectivo informe técnico.

El Taller de expertos se desarrolló en dos sesiones grupales, complementadas con trabajo individual con cada uno de sus integrantes. Se definieron primeramente cinco alternativas tecnológicas consideradas entre las más idóneas para el logro del objetivo general del estudio, basadas en dos tecnologías de disuasión: redes antidepredadores y Dispositivos Acústicos, considerando el complemento de una tecnología orientada a la contención del ruido submarino, la cortina de burbujas, siempre bajo la consideración previa de pruebas que aseguren el cumplimiento de normas sobre ruido submarino, ya sea los lineamientos de la NMFS o alguna norma específica desarrollada a partir de la investigación de especies presentes en aguas chilenas.

Las fortalezas y debilidades identificadas fueron utilizadas como insumo para posteriormente priorizar, utilizando un proceso de jerarquía analítica (AHP) entre cuatro tecnologías genéricas, bajo la consideración de tres criterios: inocuidad, eficacia y factibilidad. Los resultados indicaron que la tecnología con mayor prioridad corresponde a redes antidepredadoras que consideren materiales de mayor resistencia a los empleados tradicionalmente en la construcción de redes loberas, seguidas de ponderaciones similares para combinaciones de redes de materiales tradicionales con dispositivos acústicos, previamente probados en terreno para verificar cumplimiento de normas y de las redes loberas tradicionales, dado el reconocimiento de que pueden presentar espacios de mejora, incluyendo un estudio técnico sobre el tamaño de malla actualmente empleado en la industria o aspectos de construcción, diseño, instalación y mantenimiento.

Un escenario de evaluación de costos asociados referenciales, indica que la tecnología con mayor priorización podría presentar, para un centro de cultivo tipo, un costo de equipos e instalación de estimado en \$1.261 MM, con los menores costos de anuales asociados a operación, mantenimiento y personal (\$7,9 MM). Se realizaron supuestos que indican que los costos de referencia de equipos e instalación de las restantes tecnologías priorizadas podrían variar entre \$151 MM a \$213,2 MM con costos anuales estimados entre 14,2 MM y 55,1 MM.

## Executive Summary

Thirty-one species of cetaceans, pinnipeds, and mustelids have been reported in the Chilean Patagonia, specifically in the area of interest for this study. Out of this total, an estimate of 17 marine mammal species potentially associated with salmon farming has been made, based on a spatial analysis using georeferenced data from various sources, complemented by sightings reported by salmon farming companies in 2022 and 2023 under Exempt Resolution 2811. Among these species, according to IUCN conservation criteria, there is one critically endangered species, four endangered species, and two near-threatened species.

The analyzed information indicates that the interactions reported by the industry exclusively involve the South American sea lion, and these interactions caused the mortality of 26 individuals of this species and 8,562 farmed salmon. Available literature reports that between 2007 and 2020, nine cetaceans died due to interactions with salmon farming: six Chilean dolphins (*C. eutropia*), two humpback whales (*M. novaeangliae*), and one sei whale (*B. borealis*). These deaths have been attributed to drowning from entanglement, with information available on the death of another sei whale in an area adjacent to a salmon farming.

A review of various deterrent technologies for marine mammals with potential suitability for use in aquaculture sites was conducted, according to internationally proposed classifications. A total of 313 documents published between 1971 and 2024 were identified, containing information on these technologies, which can be grouped into i) acoustic, ii) bubble curtains, iii) anti-predation nets, iv) explosives, v) predator sounds, and vi) other technologies.

Among the non-acoustic methods, according to the NOAA classification, visual systems include bubble curtains, lights, predator shapes, or harassment, considered to have lower efficacy or limited practical application in aquaculture, and physical barriers, a group that includes anti-predator nets, which are considered by various authors to be the most effective group in preventing pinniped interactions with salmon production. Additionally, chemosensory deterrents are considered difficult to implement in large groups of animals.

The information indicates that in aquaculture, methods based on acoustic deterrent devices (ADDs) to prevent pinniped predation are widely documented, being mentioned in 242 documents, unlike other technological options. Specifically, in the case of acoustic technology, most documents relate to its use in commercial fishing and other marine activities, different from aquaculture, with 39 documents related to experiments applied to the aquaculture field. These devices are classified as impulsive and non-impulsive, according to the characteristics of the sound they emit."

In the case of non-impulsive devices, there is abundant documentation regarding Acoustic Deterrent Devices (ADDs) and so-called Acoustic Harassment Devices (AHDs). The different names these devices receive are notable, based on classifications that consider their respective source levels (in dB), as well as the existence of ambiguous information regarding the long-term efficacy of these devices. Studies on their effects on cetacean species present in Chile were identified, specifically regarding the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*), orca (*Orcinus orca*), South American sea lion (*Otaria flavescens*), Burmeister's porpoise (*Phocoena spinipinnis*), and bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). One study reported the effect on the feeding behavior of *M. novaeangliae*; in another case, changes in the presence of *O. orca* individuals were reported, as well as the short-term effectiveness in deterring *O. flavescens*.

The available information indicates that this technology and anti-predator nets are the alternatives predominantly used in salmon farming. From the analysis of two case studies, it was determined that ADDs were widely used over several decades, mainly in Scotland (United Kingdom); however, they are not currently in active use due to regulatory aspects related to the protection of cetaceans in European waters. On the other hand, in Tasmania (Australia), the use of

underwater explosives and the relocation of pinniped individuals is notable. Both in Scotland and Tasmania, information indicates the progressive use of anti-predator nets constructed from high-strength materials as replacements for the aforementioned technologies.

Several studies have been identified that analyse potential physiological or behavioral impacts on marine mammals resulting from the use of ADDs. Their results are controversial, probably due to the wide diversity in terms of models, modes of use, and responses, according to aspects related to the characteristics of the deployment site and the possible responses of both the target species and other species that are susceptible to impacts. The latest technology related to ADDs considers low-frequency devices, with a high degree of specificity to deter the target species without affecting other species, according to the knowledge of their auditory sensitivities. This has been developed to deter phocids in Europe while avoiding impacts on small cetaceans such as the harbor porpoise (*P. phocoena*).

In the Chilean case, researchers' opinions indicate that the lack of national abundance estimates of cetaceans makes it difficult to quantify the impact of interactions on populations. In terms of impacts resulting from the use of ADDs, they consider that the main concern should be focused on endemic species with some conservation issues and on small cetaceans, species with high-frequency hearing, such as the Chilean dolphin (*Cephalorhynchus eutropia*), marine otter (*Lontra felina*), Burmeister's porpoise (*Phocoena spinipinnis*), and Peale's dolphin (*Lagenorhynchus australis*).

There are available criteria for evaluating noise exposure in marine mammals, which define acoustic thresholds for different hearing groups in order to determine potential auditory and behavioral impacts. These criteria can be applied in the *in situ* evaluation of ADDs.

Expert opinion from researchers at the University of Saint Andrews mentions anti-predator nets and ADDs as the main deterrents currently in use, considering both technologies to be the least dangerous for marine mammals, despite acknowledging the probability of entanglements and the advisability of operating ADDs under certain conditions, preferably in a reactive rather than continuous mode. They also highlight the use of new net materials and a new low-frequency ADD modality, called TAST, as effective and less hazardous deterrents.

The members of the expert group indicated that anti-predator nets are among the least dangerous technologies when correctly installed and maintained, particularly rigid nets. They noted that they were not aware of the implementation of highly effective and less hazardous deterrents in Chile. Regarding the opinion of professionals in the salmon farming industry, they highlight the occurrence of interactions with the South American sea lion due to animals taking advantage of breaks or breaking anti-predator nets. They consider interactions (entanglements) with cetaceans or mustelids to be very rare or non-existent, while anti-predator nets are considered highly effective.

Interviews with professionals from companies supplying ADDs for the Chilean market indicate current interest from two companies, OTAQ and ACEAquatec. These devices operate at sound pressures between 176 and 189 dB and frequencies between 0.8 and 10 kHz. They indicate that both have certification of approval from the NMFS, according to an available online tool. One of the companies (OTAQ) reported that it has conducted *in situ* tests in the Chiloé area with its equipment, sharing the respective technical report.

The expert workshop was conducted in two group sessions, complemented by individual work with each of its members. Five technological alternatives were first defined as the most suitable for achieving the study's general objective, based on two deterrent technologies: anti-predator nets and Acoustic Devices, considering the complement of a technology aimed at containing underwater noise, the bubble curtain, always under the prior consideration of tests that ensure

compliance with underwater noise standards, whether NMFS guidelines or a specific standard developed based on research of species present in Chilean waters.

The identified strengths and weaknesses were used as input to subsequently prioritize, using an Analytical Hierarchy Process (AHP), among four generic technologies, considering three criteria: safety, effectiveness, and feasibility. The results indicated that the highest priority technology corresponds to anti-predator nets made from materials stronger than those traditionally used in constructing sea lion nets, followed by similar weightings for combinations of traditional material nets with acoustic devices, previously field-tested to verify compliance with standards, and traditional sea lion nets, given the recognition that there are opportunities for improvement. This includes a technical study on the mesh size currently used in the industry or aspects of construction, design, installation, and maintenance.

A cost evaluation scenario, for a salmon farm as an example, indicates that the highest-priority technology presents an estimated equipment and installation cost of \$1.261 MM, with the lowest annual costs associated with operation, maintenance, and labour (\$7.9 MM). The equipment and installation costs of the remaining prioritized technologies range between \$151 MM and \$213.2 MM, with estimated annual costs between \$14.2 MM and \$55.1 MM.

# ÍNDICE GENERAL

1. OBJETIVOS .....	21
2. ANTECEDENTES .....	22
2.1. Glosario de términos de uso frecuente .....	22
2.2. Mamíferos marinos .....	23
2.3. Salmonicultura en Chile .....	25
2.4. Descripción de estructuras de cultivo en Chile .....	27
2.5. Descripción de redes loberas.....	30
2.6. Descripción de redes peceras.....	37
2.7. Descripción general de operaciones en granjas salmoneras.....	39
2.8. Interacciones entre mamíferos marinos y acuicultura .....	43
2.9. Métodos disuasivos empleados en Chile .....	44
2.10. El sonido y los mamíferos marinos .....	44
2.11. Ley de protección de mamíferos marinos en Estados Unidos (MMPA) .....	47
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO POR OBJETIVO .....	50
OBJETIVO ESPECÍFICO 1. Analizar la bibliografía nacional e internacional respecto de tecnologías y sistemas que utilizan o se puedan utilizar en el cultivo de peces en balsas jaulas, para evitar la interacción con resultado de muerte o daño grave de los mamíferos marinos con los centros de cultivo.....	51
OBJETIVO ESPECÍFICO 2. Realizar un análisis de las ventajas y desventajas de los diferentes sistemas y tecnologías disponibles, enfocado a los efectos en los mamíferos marinos, recogiendo las opiniones de expertos nacionales e internacionales sobre el uso de las distintas tecnologías y sistemas. ....	55
OBJETIVO ESPECÍFICO 3. Evaluar y proponer las mejores alternativas tecnológicas y/o de sistemas para evitar la interacción con resultado de muerte o daño grave de los mamíferos marinos, incluyendo un análisis económico de los costos de implementación para las distintas tecnologías o sistemas seleccionados. ....	60
4. RESULTADOS POR OBJETIVO .....	61
4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1. Analizar la bibliografía nacional e internacional respecto de tecnologías y sistemas que utilizan o se puedan utilizar en el cultivo de peces en balsas jaulas, para evitar la interacción con resultado de muerte o daño grave de los mamíferos marinos con los centros de cultivo. ....	61
4.1.1. Mamíferos marinos en Chile. Principales grupos, distribución .....	61
4.1.2. Mamíferos marinos asociados a centros de cultivo de salmones en Chile.....	80
4.1.3 Mortalidad informada a SERNAPESCA atribuida a depredadores.....	86
4.1.4. Localización de concesiones salmoneras y colonias loberas .....	86
4.1.5. Interacciones reportadas entre mamíferos marinos y centros de cultivo.....	92
	10

4.1.6. Mamíferos marinos probablemente asociados a centros de cultivo de salmones.....	98
4.1.7. El ruido submarino y su relación con los mamíferos marinos.....	105
4.1.8. Reuniones de coordinación .....	127
4.1.9. Resultados generales de la revisión bibliográfica.....	128
4.1.10. Aspectos generales de dispositivos de disuasión.....	134
4.1.11. Sistemas de disuasión no acústicos.....	139
4.1.12. Sistemas de disuasión acústicos.....	152
4.1.13. Reportes de eficiencia/inocuidad para especies objetivo de sistemas de disuasión basados en sonido .....	172
4.1.14. Situación de disuasivos acústicos en Escocia.....	181
4.1.15. Situación de disuasivos en Australia (Tasmania) .....	186
4.1.16. Criterios de evaluación de exposición al ruido en mamíferos marinos .....	194
4.1.17. Dispositivos disuasivos acústicos y peces.....	204
4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2. Realizar un análisis de las ventajas y desventajas de los diferentes sistemas y tecnologías disponibles, enfocado a los efectos en los mamíferos marinos, recogiendo las opiniones de expertos nacionales e internacionales sobre el uso de las distintas tecnologías y sistemas. ....	216
4.2.1. Entrevistas opinión experta Investigadores Universidad Saint Andrews .....	216
4.2.2. Entrevistas opinión investigadores Panel de Expertos .....	223
4.2.3. Entrevistas opinión experta profesionales centros de cultivo .....	229
4.2.4. Entrevistas profesionales empresas dispositivos de disuasión acústica .....	238
4.2.5. Taller de expertos .....	244
4.2.6. Análisis FyD.....	252
4.2.7. Proceso de jerarquía analítica (AHP) .....	258
4.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3. Evaluar y proponer las mejores alternativas tecnológicas y/o de sistemas para evitar la interacción con resultado de muerte o daño grave de los mamíferos marinos, incluyendo un análisis económico de los costos de implementación para las distintas tecnologías o sistemas seleccionados.....	264
4.4. Taller de Difusión de Resultados .....	268
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	274
6. CONCLUSIONES.....	288
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	291
8. ANEXOS .....	318



## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

---

**Tabla 1.** Principales características de las redes loberas en la industria salmonera en Chile, a partir de menciones de entrevistados en la industria. Fuente: Hurtado *et al.* (2024)

---

**Tabla 2.** Ruidos submarinos producidos por actividad antropogénica, adaptado de Crawford (2020)

---

**Tabla 3.** Listado de especies de mamíferos marinos incluidos en Resol. 2811 de 2021

---

**Tabla 4.** Listado de mamíferos marinos que se encuentran en la Patagonia chilena. Tanto para la categorización de la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) y RCE (Reglamento de Clasificación de Especies, MMA, Chile) se utilizaron las siguientes siglas: CR = En peligro crítico, EP = En Peligro, VU = Vulnerable, CA = Casi amenazada, MP = Preocupación menor, DI = Datos insuficientes. Se destaca con asterisco (\*) aquellas especies más frecuentes de avistar en el área de estudio y por tanto, se incluye su ficha descriptiva.

---

**Tabla 5.** Listado de mamíferos marinos que se encuentran en la Patagonia chilena y estimaciones de abundancia disponibles para el área chilena de las especies más frecuentes de avistar en el área de estudio (\*), s.i.: sin información.

---

**Tabla 6.** Número de ejemplares de mamíferos marinos reportados como avistados desde centros de cultivo, por estado de desarrollo, durante 2022. ND indica que el estado de desarrollo es no determinado

---

**Tabla 7.** Número de ejemplares de mamíferos marinos reportados como avistados desde centros de cultivo, por sexo, durante 2022. ND indica no detectado

---

**Tabla 8.** Número de ejemplares de mamíferos marinos reportados como avistados desde centros de cultivo, durante 2022, por Región administrativa (LLG: Los Lagos, AYS: Aysén y MGL: Magallanes)

---

**Tabla 9a.** Resumen de interacciones informadas en 2022, por centro de cultivo, conforme a Res. 2811 de 2021. NTL: número de ejemplares de lobo marino común involucrados, MRL: número de ejemplares de lobo marino común muertos en la interacción. MRP: Número de peces muertos debido a la interacción

---

**Tabla 9b.** Resumen de interacciones informadas en 2022, por centro de cultivo, conforme a Res. 2811 de 2021. NTL: número de ejemplares de lobo marino común involucrados, MRL: número de ejemplares de lobo marino común muertos en la interacción. MRP: Número de peces muertos debido a la interacción

---

**Tabla 10.** Especies de mamíferos marinos reportadas para Patagonia chilena. Se indica el reporte por especie en las bases indicadas a continuación B: BD GIF, C: BD DIRECTEMAR, D: BD CEQUA, E: BD Fundación Meri, F: BD SERNAPESCA Varamientos, G: BD NATURALIST, H: BD Proyectos FIPA, I: Datos Tesis (Faundez, 2020). AV1: Especies dentro de un radio de 1,5 km en al menos una concesión salmonera, AV2: Especies reportadas como avistamiento en el marco de la Res. 2811/2021 y MMA: Especies de mamíferos marinos probablemente asociados a centros de cultivo de salmones (en verde).

---

**Tabla 11.** Mamíferos marinos asociados a los centros de cultivo de salmones en sur de Chile. MP: Preocupación menor, CA: Casi amenazado, EP: En peligro, DI: Datos insuficientes. IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) y RCE (Reglamento de Clasificación de Especies, MMA, Chile)

---

**Tabla 12.** Correspondencia entre presión sonora y niveles de presión sonora.

---

**Tabla 13.** Niveles de presión sonora ponderados dBth para la evaluación del impacto fisiológico y conductual del ruido submarino.

---

---

**Tabla 14.** Grupos auditivos funcionales de mamíferos marinos, ancho de banda auditivo, géneros representados en cada grupo y ponderación de frecuencia específica del grupo (M). (Fuente: Southland, 2007). En negrilla se indican géneros reportados para la Patagonia chilena.

---

**Tabla 15a.** Frecuencia de audición de los mamíferos marinos presentes en Chile. LFC (Low-frequency cetaceans: 0.007 a 22 KHz; MFC (Mid-frequency cetaceans: 0.150 a 160 kHz; HFC (High-frequency cetaceans) 0.2 a 180 kHz; PIW: (Pinnipeds in water) 0.075 a 75 kHz Grupo Funcional, según Southall, (2007). MP: Preocupación menor, CA: Casi amenazado, EP: En peligro, DI: Datos insuficientes

---

**Tabla 15b.** Frecuencia de audición de los mamíferos marinos presentes en Chile. LFC (Low-frequency cetaceans: 0.007 a 22 KHz; MFC (Mid-frequency cetaceans: 0.150 a 160 kHz; HFC (High-frequency cetaceans) 0.2 a 180 kHz; PIW: (Pinnipeds in water) 0.075 a 75 kHz Grupo Funcional, según Southall, (2007). MP: Preocupación menor, CA: Casi amenazado, EP: En peligro, DI: Datos insuficientes

---

**Tabla 16.** Número de documentos relacionado con las tecnologías acústicos, considerando el tipo de documento y la aplicación del método.

---

**Tabla 17.** Desagregación de la información en términos de aplicación en acuicultura, pesca u otro, por tipo de método/tecnología de disuasión.

---

**Tabla 18.** Número de documentos considerando las distintas tecnologías/dispositivos de mitigación entre en los años de 1971 y 2024.

---

**Tabla 19.** Tipos de elementos de disuasión no acústica (Fuente: NOAA, 2020)

---

**Tabla 20.** Tipos de disuasión acústica

---

**Tabla 21.** Disuasivos No Acústicos para pinnípedos validados por la NMFS (Long, 2021)

---

**Tabla 22.** Disuasivos acústicos para pinnípedos validados por la NMFS (Long, 2021)

---

**Tabla 23.** Umbrales para evitar impactos conductuales, cambios auditivos temporarios, daños auditivos permanentes (presión sonora ponderada por frecuencia) y daños auditivos permanentes (presión sonora ponderada por frecuencia cumulativa sobre 24h) por sonidos impulsivos y no-impulsivos, y sus respectivas referencias. Fuente (Buchan et al., 2018).

---

**Tabla 24.** Características y denominaciones de dispositivos disuasivos acústicos. Se indica Nivel de fuente (dB) y frecuencia de operación (kHz)

---

**Tabla 25a.** Dispositivos de disuasión acústica para mamíferos marinos. Modificada de McGarry et al. (2022). En negritas dispositivos probados en Chile

---

**Tabla 25b.** Dispositivos de disuasión acústica para mamíferos marinos. Modificada de McGarry et al. (2022).

---

**Tabla 25c.** Dispositivos de disuasión acústica para mamíferos marinos. Modificada de McGarry et al. (2022). En negritas dispositivos probados en Chile

---

**Tabla 25d.** Dispositivos de disuasión acústica para mamíferos marinos. Modificada de McGarry et al. (2022).

---

**Tabla 25e.** Dispositivos de disuasión acústica para mamíferos marinos. Modificada de McGarry et al. (2022). En negritas dispositivos probados en Chile

---

**Tabla 26.** Número de trabajos que se enfocaron en hacer experimentos y revisión de bibliografía. Complementariamente, se entrega el número de trabajos clasificados según si presenta o no una respuesta o cambio de comportamiento, siendo SRA = Sin Respuesta Adicional y OER= Otro Efecto o Respuesta.

---

---

**Tabla 27.** Número de menciones de los efectos/respuestas distintas a los de disuasión, identificados en los documentos que hacen mención a los dispositivos de disuasión acústica como OER (44). OER= Otro Efecto o Respuesta.

---

**Tabla 28.** Menciones a especies que presentan una respuesta/efecto o posible daño debido a dispositivos de disuasión acústica.

---

**Tabla 29.** Sistemas de Disuasión Acústica identificados en la revisión bibliográfica, características técnicas y respuestas/efectos observados en los experimentos.

---

**Tabla 30.** Estudios de efectos de dispositivos acústicos, por especie de mamíferos marinos probablemente asociados a centros del cultivo en Chile. s.i.: sin información

---

**Tabla 31.** Medidas de mitigación empleadas en granjas salmoneras de Tasmania

---

**Tabla 32.** Grupos de audición de mamíferos marinos, según sus rangos auditivos. Fuente: NMFS (2018)

---

**Tabla 33.** Tabla de umbrales acústicos (nivel de presión sonora, Lpk; y nivel de exposición sonora sobre 24 horas, L<sub>E</sub>) para daños auditivos permanentes (PTS), para sonidos impulsivos y no-impulsivos, según (NMFS, 2018).

---

**Tabla 34.** Tabla de umbrales acústicos (nivel de presión sonora, Lpk; y nivel de exposición sonora sobre 24 horas, L<sub>E</sub>) para daños auditivos temporales (TTS), para sonidos impulsivos y no-impulsivos, según (NMFS, 2018).

---

**Tabla 35.** Tabla de umbrales acústicos en el agua (valor medio eficaz, RMS) para perturbaciones conductuales en todos los grupos de mamíferos marinos.

---

**Tabla 36.** Grupos de audición de mamíferos marinos definidos en NMFS (2018) y las familias, géneros o especies que componen los grupos; y las especies, y número de ejemplares, estudiadas para la determinación de audiogramas de cada grupo. Las especies presentes en aguas chilenas están resaltadas en negra.

---

**Tabla 37.** Grupos de audición de mamíferos marinos. Modificado de Southall et al. (2019)

---

**Tabla 38.** Umbrales mínimos de TTS y PTS para mamíferos marinos expuestos a ruido no impulsivo: umbrales SEL en dB re 1  $\mu\text{Pa}^2$  seg bajo el agua y dB re (20  $\mu\text{Pa}$ )<sup>2</sup> seg en el aire (grupos PCA y OCA)

---

**Tabla 39.** Umbrales mínimos de TTS y PTS para mamíferos marinos expuestos a ruido impulsivo: umbrales SEL en dB re 1  $\mu\text{Pa}^2$  seg bajo el agua y dB re (20  $\mu\text{Pa}$ )<sup>2</sup> seg en el aire (grupos PCA y OCA) y umbrales máximos SPL en dB re 1  $\mu\text{Pa}$  bajo el agua y dB re 20  $\mu\text{Pa}$  en el aire (grupos PCA y OCA)

---

**Tabla 40.** Compilación de estudios en impactos conductuales y umbrales acústicos asociados (RMS y SEL) por Southall et al. (2021).

---

**Tabla 41.** Criterios para el posible inicio de efectos de diferentes fuentes antropogénicas en peces, en donde una vejiga natatoria está presente, pero probablemente no participa en la detección de sonido. Las presiones de sonido máximas (peak) y RMS como dB re 1  $\mu\text{Pa}$ ; SEL dB re 1  $\mu\text{Pa}^2$  seg. Cuando los datos no están disponibles, el reporte estimó el riesgo potencial de inicio del impacto como alto, moderado o bajo con animales que se asumen están a tres distancias desde la fuente: cerca (C), intermedia (I) y lejos (L). Fuente: Popper et al (2014).

---

**Tabla 42.** Resumen de algunas de las principales características técnicas de DDA, conforme a las respuestas de los entrevistados, orientados al mercado chileno de la salmonicultura.

---

**Tabla 43.** Evaluación de distintas modalidades tecnológicas de disuasión por parte del grupo experto

---

<b>Tabla 44.</b> Propuesta de Debilidades y Fortalezas, indicando el número de menciones para las debilidades (PD) y las Fortalezas (PD). AT1. Redes antidepredadores de mayor resistencia (ej. flexibles con alma de acero, materiales de alta resistencia, semirrígidas o rígidas).
<b>Tabla 45.</b> Propuesta de Debilidades y Fortalezas, indicando el número de menciones para las debilidades (PD) y las Fortalezas (PD). AT2. Redes antidepredadores tradicionales + Combinación sistema DDA con cumplimiento de norma para especies de MM chilenas y tecnología de confinamiento de ruido submarino.
<b>Tabla 46.</b> Propuesta de Debilidades y Fortalezas, indicando el número de menciones para las debilidades (PD) y las Fortalezas (PD). AT3. Redes antidepredadores tradicionales + Combinación sistema DDA con cumplimiento de criterios NOAA (PTS a 100 m) y tecnología de confinamiento ruido submarino.
<b>Tabla 47.</b> Propuesta de Debilidades y Fortalezas, indicando el número de menciones para las debilidades (PD) y las Fortalezas (PD). AT4. Redes antidepredadores tradicionales + Combinación sistema de DDA con cumplimiento de criterios NOAA (PTS a 100 m).
<b>Tabla 48.</b> AT5. Propuesta de Debilidades y Fortalezas, indicando el número de menciones para las debilidades (PD) y las Fortalezas (PD). Redes antidepredadores tradicionales (ej. flexibles, PA, PES, PE)
<b>Tabla 49.</b> Principales Fortalezas y Debilidades para cada una de las Alternativas Tecnológicas analizadas. Se indica el puntaje para las Fortalezas (PF) y Debilidades (PD) asignadas en el Taller de Expertos
<b>Tabla 50.</b> Indicadores de Razón de Consistencia (RC) durante el proceso de comparación pareada de criterios y alternativas (Tecnologías) para cada experto.
<b>Tabla 51.</b> Matriz normalizada y vector de prioridad en la comparación de criterios
<b>Tabla 52.</b> Matrices normalizadas y vector de prioridad en la comparación entre alternativas (tecnologías) para cada criterio.
<b>Tabla 53.</b> Especies de cetáceos probablemente asociadas a centros salmoneros en el presente estudio, en el proyecto FIPA 2014-48 (Thomas et al., 2017) y según lo indicado por Bath et al. (2022).
<b>Tabla 53.</b> Evaluación de efectos fisiológicos sobre los grupos considerados

<b>Figura 1.</b> Localización de concesiones de acuicultura de salmónidos en las Regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, según datos de geoportal de SUBPESCA ( <a href="https://geoportal.subpesca.cl">https://geoportal.subpesca.cl</a> )
<b>Figura 2.</b> Principales componentes de una jaula cuadrada. Elaboración propia
<b>Figura 3.</b> Ejemplo de jaula circular. Elaboración propia.
<b>Figura 4.</b> Ejemplo de módulo de Jaulas circulares y tren de jaulas cuadradas. Columna A: Módulo de jaulas circulares; Columna B: tren de jaulas cuadradas
<b>Figura 5.</b> Ejemplo de componentes y distribución de elementos utilizados en el sistema de fondeo. Elaboración propia
<b>Figura 6.</b> Detalle de una malla. Elaboración propia
<b>Figura 7.</b> Red lobera en un tren de 10 jaulas cuadradas. Elaboración propia
<b>Figura 8.</b> Oreja de un paño de red.
<b>Figura 9.</b> Ejemplo de planos de redes loberas.
<b>Figura 10.</b> Esquema de red lobera de una jaula circular. Elaboración propia
<b>Figura 11.</b> Ejemplo de planos de red lobera circular.
<b>Figura 12.</b> Cercos perimetrales loberos
<b>Figura 13.</b> Ejemplo de plano de red pecera cuadrada
<b>Figura 14.</b> Esquema sistemas de contrapesos de jaulas peceras. A: Jaula cuadrada. B: Jaula circular. Elaboración propia
<b>Figura 15.</b> Redes y Componentes del sistema de tensado de red lobera. A: Vista superior; B: Vista Isométrica. Elaboración propia
<b>Figura 16.</b> Sistema de extracción de mortalidad. Foto Quo Chile- Siscontrol.
<b>Figura 17.</b> Ejemplo de área (Buffer) de 1,5 km de radio en torno a centroide de concesiones salmoneras. Se indica posición de reportes de presencia de ejemplares de cetáceos, pinnípedos y mustélidos,
<b>Figura 18.</b> Ballena azul ( <i>Balaenoptera musculus</i> ). Ilustración obtenida de Würsig <i>et al.</i> (2018)
<b>Figura 19.</b> Puntos de ubicación de ballenas azules en la Patagonia norte, obtenidas mediante tags satelitales. Puntos negros: conducta de tránsito, puntos rojos: conducta de alimentación, puntos blancos: conducta indeterminada. Figura obtenida de Huckle-Gaete <i>et al.</i> (2018).
<b>Figura 20.</b> Ballena sei ( <i>Balaenoptera borealis</i> ). Ilustración obtenida de Würsig <i>et al.</i> (2018)
<b>Figura 21.</b> Ubicación de los varamientos de ballena sei en el 2015, en el Golfo de Penas. Los diamantes verdes y azules indican la posición de los individuos registrados. Figura obtenida de Häussermann <i>et al.</i> (2017).
<b>Figura 22.</b> Ballena jorobada ( <i>Megaptera novaeangliae</i> ). Ilustración obtenida de Würsig <i>et al.</i> (2018)
<b>Figura 23.</b> Ballena franca austral ( <i>Eubalaena australis</i> ). Ilustración obtenida de Würsig <i>et al.</i> (2018)

---

**Figura 24.** Delfín chileno (*Cephalorhynchus eutropia*). Ilustración obtenida de Würsig *et al.* (2018)

---

**Figura 25.** Mapa de distribución y registros de presencia del delfín chileno. Distribución estimada del delfín chileno (área celeste) y registros de la presencia en la Patagonia chilena (círculos rojos). Los triángulos negros indican las capitales Regionales. Figura extraída de Pérez-Alvarez *et al.* (2020).

---

**Figura 26.** Delfín austral (*Lagenorhynchus australis*). Ilustración obtenida de Würsig *et al.* (2018)

---

**Figura 27.** Delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*). Ilustración obtenida de Würsig *et al.* (2018)

---

**Figura 28.** Orca (*Orcinus orca*). Ilustración obtenida de Würsig *et al.* (2018)

---

**Figura 29.** Cachalote (*Physeter macrocephalus*). Ilustración obtenida de Würsig *et al.* (2018)

---

**Figura 30.** Marsopa espinosa (*Phocoena spinipinnis*). Ilustración obtenida de Würsig *et al.* (2018)

---

**Figura 31.** Zifio de Layard (*Mesoplodon layardii*). Ilustración obtenida de Würsig *et al.* (2018)

---

**Figura 32.** Lobo marino común (*Otaria flavescens*). Ilustración obtenida de proyecto Corfo 14BPCR-33451

---

**Figura 33.** Lobo fino austral (*Arctocephalus australis*). Ilustración obtenida de proyecto Corfo 14BPCR-33451

---

**Figura 34.** Foca elefante del sur (*Mirounga leonina*). Ilustración obtenida de proyecto Corfo 14BPCR-33451

---

**Figura 35.** Porcentajes de avistamientos de ejemplares de pinnípedos, cetáceos y mustélidos en centros de cultivo de salmones durante 2022.

---

**Figura 36.** Número de ASC que avistaron lobo marino común y cetáceos. En azul se indica el número de ASC que concentró el 80% y 81% de avistamientos de ambas categorías.

---

**Figura 37.** Número de avistamientos de lobo marino común (*O. flavescens*) por Agrupación de Concesión Salmonera (ACS), según datos reportados en Res 2811 de 2021

---

**Figura 38.** Composición por causa de la mortalidad de salmones, informada por centro de cultivo entre 2019 y 2023, de acuerdo a datos de SERNAPESCA. Se indica en negro la fracción correspondiente a depredadores y su porcentaje asociado.

---

**Figura 39.** Mortalidad total de salmones atribuida a predadores enero de 2019 y octubre de 2023, por concesión, informada por productores a SERNAPESCA, en Los Lagos, Aysén y Magallanes.

---

**Figura 40.** Localización de colonias de lobos marinos (amarillo: lobo marino común, verde: lobo fino austral) y de concesiones de acuicultura en Los Lagos, Aysén y Magallanes.

---

**Figura 41.** Frecuencia absoluta del número de concesiones salmoneras otorgadas, según su distancia mínima a una lobera de lobo marino común en las Regiones de Los Lagos y de Aysén.

---

**Figura 40.** Rotura de red lobera y derribo de sección de cierre perimetral empleados para el ingreso de lobo marino común a módulos de cultivo. Fuente: SUBPESCA

---

**Figura 41.** Localización de reportes de presencia de mamíferos marinos (MM), por grupo: cetáceos, pinnípedos y mustélidos, conforme a las distintas fuentes de información analizadas, en Los Lagos, Aysén y Magallanes.

---

**Figura 42.** Diferencias (en número) entre las mortalidades atribuidas a depredadores en 29 concesiones salmoneras, según información de SERNAPESCA y la información en la Resolución 2811/2021. Se indican gráficos de dispersión entre ambas fuentes de información para 29 concesiones y para una submuestra de 12 concesiones.

---

---

**Figura 43.** Rotura de red lobera y derribo de sección de cierre perimetral empleados para el ingreso de lobo marino común a módulos de cultivo. Fuente: SUBPESCA

---

**Figura 44.** Localización de reportes de presencia de mamíferos marinos (MM), por grupo: cetáceos, pinnípedos y mustélidos, conforme a las distintas fuentes de información analizadas, en Los Lagos, Aysén y Magallanes.

---

**Figura 45.** Intensidad acústica versus la frecuencia de señales biológicas, señales naturales no-biológicas y señales antropogénicas. Fuente: Underwater Noise | OSPAR Commission,

---

**Figura 46.** Perfiles de velocidad del sonido para distintas estaciones del año.

---

**Figura 47.** Ejemplo niveles ponderados dBht.

---

**Figura 48.** Diferentes fuentes de sonido en comparación con la frecuencia de sonidos de la ballena franca. (Fuente: Toro et al., 2022).

---

**Figura 49.** Diferentes intensidades de ruido medidas en decibeles. (Fuente: Toro et al., 2022)

---

**Figura 50.** Modelo general de los efectos del ruido generando diferentes zonas de influencia en función de las distancias a la fuente (Fuente: Toro et al., 2022)

---

**Figura 51.** Esquema de ecolocalización y recepción de sonidos en odontocetos. Fuente: Castro & Huber (2007).

---

**Figura 52.** Factores del hábitat, emisor y receptor, que son relevantes para una comunicación acústica eficaz en ambientes marinos. (Fuente: modificado de Erbe et al., 2016).

---

**Figura 53.** Umbrales auditivos de distintos grupos de mamíferos marinos.

---

**Figura 54.** Espectro de frecuencia de un ruido de hincado de pilotes comparado con las curvas de umbrales auditivos de varias especies

---

**Figura 55.** Número de documentos obtenidos en la revisión de antecedentes encontrados entre el año de 1971 hasta 2024. N = 313 documentos

---

**Figura 56.** Frecuencia expresada como número de documentos encontrados y clasificados según las siguientes categorías tecnológicas: tecnologías acústicas, cortinas de burbujas, redes anti depredación, explosivos, sonidos de depredadores y otras tecnologías.

---

**Figura 57.** Frecuencia de ocurrencia de los trabajos encontrados y clasificados según categorías tecnológicas: tecnologías acústicas, cortinas de burbujas, redes anti depredación, explosivos, sonidos/formas de depredadores y otras tecnologías.

---

**Figura 58.** Tipos de elementos de disuasión (Fuente: NOAA, 2020)

---

**Figura 59.** Luces Led utilizadas en redes de pesca artesanal en Perú. A la izquierda, luz LED desactivada y a la derecha Luz Led activada. Fuente: Cordova et al. (2020).

---

**Figura 60.** Red antidepredadores (red lobera), instalada en una balsa metálica en Chile (Fuente: Silva & Phillips, 2007)

---

**Figura 61.** Número de estudios que se han realizado en ADDs y AHDs.

---

**Figura 62.** Bombas para focas o dispositivo "Seal cracker".

---

**Figura 64.** Lobo marino australiano (*A. pusillus*) (izq.) y lobo marino de Nueva Zelanda (*A. forsteri*) (der.). Fuente: Animalia (animalia.bio).

---



---

**Figura 65.** Número mensual de disuasivos empleados entre 2021 y 2023 en granjas salmoneras de Tasmania. En azul: Seal crackers, en anaranjado: BeanBags.

---

**Figura 66.** Efectos del ruido antropogénico, con respecto a la distancia a la fuente. Popper & Hawkins (2019)

---

**Figura 67.** Localización de los centros 1 y 2, en comunas de Dalcahue y Quemchi.

---

**Figura 68.** Mapa batimétrico y de pendiente del fondo marino de los centros 1 y 2 (indicados en círculo rojo).

---

**Figura 69.** Vista del centro 1, desde la playa Tenaún

---

**Figura 70.** Vista del centro 2, en canal Año (isla Butachauques)

---

**Figura 71a.** Proporción de la mortalidad informada a SERNAPESCA entre 2019 y 2023, por causa, en ambos centros de cultivo. Se indica en color negro la fracción de la mortalidad atribuida a la acción de depredadores (6,9% y 3,9%, en los centros 1 y 2, respectivamente).

---

**Figura 71b.** Proporción de la mortalidad informada a SERNAPESCA, atribuida a la acción de depredadores, por año, entre 2019 y 2023, en ambos centros de cultivo.

---

**Figura 72.** Características de la distribución (Layout) de los equipos en cada tren de balsas, en azul se indica ubicación de los equipos SealFence, en rojo las cajas de distribución eléctrica y en fucsia los tubos de HDPE para su alimentación. Arriba: centro 1, abajo: centro 2

---

**Figura 73.** Puntajes promedio de las respuestas en preguntas con una escala Likert asociada. Izquierda: preguntas 1 a 5. Derecha: pregunta 6.

---

**Figura 74.** Esquema general del método de proceso de jerarquía analítica (AHP) empleado.

---

**Figura 75.** Ranking de Prioridades de las tecnologías analizadas por criterio.

---

**Figura 76.** Ranking de Prioridades de las tecnologías analizadas mediante AHP.

---

**Figura 77.** Vista de presentaciones y de asistentes al Taller de Difusión de Resultados de FIPA 2023-10.

---

**Figura 78.** Ejemplo de zonas de impacto en torno a una fuente sonora

---

## INDICE DE ANEXOS

**ANEXO 1.** Actas de reuniones de Coordinación inicial y de trabajo entre consultor y SUBPESCA

**ANEXO 2.** Entrevista personal empresas dispositivos acústicos

**ANEXO 3.** Perfil de profesionales entrevistados de la industria salmonera

**ANEXO 4.** Efectos al uso de dispositivos acústicos, reportados sobre otras especies de cetáceos

**ANEXO 5.** Listado de referencias de la Revisión Bibliográfica de Dispositivos de Disuasión

**ANEXO 6.** Información de mortalidades de fauna silvestre asociada a la industria salmonera en Tasmania (AUS), de acuerdo a la ley de derecho a la información (RTI), disponible en: <https://nre.tas.gov.au/about-the-department/governance-policies-and-legislation/rti-disclosure-log/rti-decisions-2022-2023>. Se incluye información de los documentos: Wildlife Interaction Data January - June 2023 (RTI Decisions 2022/2023) y Wildlife interaction data reported by the salmonid aquaculture industry, July - December 2023

**ANEXO 7.** Información sobre interacciones con vida silvestre de empresas productoras de Tasmania (Australia), disponible en sus sitios web

**ANEXO 8.** Entrevistas originales (en inglés) a investigadores de la Universidad de Saint Andrews, Escocia (UK)

**ANEXO 9.** Ejemplos de métodos disuasivos basados en formas de depredadores (coyotes y orca) y en el empleo de figuras infladas por aire (air dancers)

**ANEXO 10.** Fichas técnicas de DDA orientados al mercado chileno y entrevista original (en inglés) realizada a ACEAQUATEC

**ANEXO 11.** Presentaciones realizadas durante el Taller de Expertos

**ANEXO 12.** Análisis exploratorio datos de mortalidad de peces por depredación

**ANEXO 13.** Personal participante por actividad

**ANEXO 14.** Presentaciones del Taller de Difusión

# 1. OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar distintas alternativas existentes a nivel nacional o internacional sobre tecnologías y sistemas que permitan evitar las interacciones con resultado de muerte o daño grave de mamíferos marinos con las actividades de salmonicultura.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4.1. Analizar la bibliografía nacional e internacional respecto de tecnologías y sistemas que utiliza o se puedan utilizar en el cultivo de peces en balsas jaulas, para evitar la interacción con resultado de muerte o daño grave de los mamíferos marinos con los centros de cultivo.

4.2. Realizar un análisis de las ventajas y desventajas de los diferentes sistemas y tecnologías disponibles, enfocado a los efectos en los mamíferos marinos, recogiendo las opiniones de expertos nacionales e internacionales sobre el uso de las distintas tecnologías y sistemas.

4.3. Evaluar y proponer las mejores alternativas tecnológicas y/o de sistemas para evitar la interacción con resultado de muerte o daño grave de los mamíferos marinos, incluyendo un análisis económico de los costos de implementación para las distintas tecnologías o sistemas seleccionados.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. Glosario de términos de uso frecuente

En el presente informe, tanto a nivel de antecedentes generales como en el desarrollo de sus objetivos, se emplean algunas siglas o acrónimos. Con el propósito de facilitar su consulta y lectura, se incluye en el documento el glosario de términos listados a continuación.

- ACS. Agrupación de Concesiones de Salmónidos.
- ADD. Acoustic Deterrent Device (Dispositivo de Disuasión Acústico).
- AHD. Acoustic Harassment Device (Dispositivo de Hostigamiento Acústico).
- DIA. Declaraciones de Impacto Ambiental.
- DBht. Decibel hearing threshold (Umbral de audición en decibeles o Nivel ponderado por especie). Medida de percepción del sonido relativa a una especie.
- EIA. Estudios de Impacto ambiental.
- HDPE. High Density Polyethylene (Polietileno de alta densidad). Se caracteriza por su estructura lineal y densa, lo que le confiere propiedades mecánicas y térmicas superiores en comparación con otros tipos de polietileno.
- IUCN. International Union for Conservation of Nature (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza)
- LGPA. Ley General de Pesca y Acuicultura.
- LMC. Lobo Marino Común.
- Lp: Level pressure. Nivel de presión Sonora, medida en escala logarítmica respecto a una referencia estándar, usualmente 20  $\mu$ Pa en el aire (umbral de audición humana) o 1  $\mu$ Pa en el agua.
- Lprms. Level pressure root mean square (Nivel de presión sonora promedio). Permite obtener un valor más representativo de la energía de una onda sonora, especialmente en situaciones donde la presión sonora varía con el tiempo.
- Lpeak. Nivel de presión sonora máximo. Se utiliza típicamente para evaluar los sonidos más fuertes o transitorios en una señal acústica.
- Leq. Nivel de presión sonora equivalente. Proporciona un valor representativo del nivel de ruido en un entorno específico durante un periodo de tiempo.
- MCF. Memoria de Cálculo de Fondeo.
- MMPA. Marine Mammal Protection Act (Ley de Protección de Mamíferos Marinos)
- MM. Mamíferos marinos.
- MMA. Mamíferos marinos probablemente asociados a centros de cultivo de salmones
- MMA. Ministerio del Medio Ambiente.
- NMFS. National Marine Fisheries Service.
- PA. Poliamida. Polímero que se caracteriza por la presencia de enlaces amida en su estructura química. comúnmente conocidas como nylon, que es una de las formas más populares de este tipo de polímero.
- PE. Polietileno. Polímero termoplástico que se obtiene a partir de la polimerización del etileno.
- PES. Poliéster. Polímero que se forma a partir de la reacción de un diácido y un diol, creando enlaces éster en la cadena molecular.
- PP. Polipropileno. Polímero termoplástico que se obtiene a partir de la polimerización del propileno, un hidrocarburo gaseoso.

- PTS. Desplazamiento permanente del umbral auditivo. Ocurre cuando la exposición prolongada o extremadamente intensa al ruido daña de forma irreversible las células sensoriales del oído, causando una pérdida auditiva permanente.
- RCE. Reglamento de Clasificación de Especies del Ministerio del Medio Ambiente, Chile.
- RMS. Presión sonora promedio.
- RAMA. Reglamento Ambiental para la Acuicultura.
- SEA. Servicio de Evaluación Ambiental.
- SEL. Nivel de exposición sonora. Nivel de energía que recibe un receptor al estar expuesto al ruido por un cierto tiempo de exposición.
- SELcum. Nivel de exposición sonora acumulada para un evento sonoro repetido un cierto número de veces dentro de un cierto tiempo total considerado.
- SL. Source Level (Nivel de fuente). Es un término general que puede incluir a SPL. Son niveles sonoros en decibelios (dB) a una distancia de 1 metro de la fuente sonora, se representa en términos de dB ref 1 $\mu$ Pa @ 1m.
- SPL. Sound Pressure Level (Nivel de presión sonora o intensidad de sonido a un nivel de referencia). Específicamente es la presión sonora medida en decibelios, en un punto en el espacio y se calcula en relación con un nivel de referencia
- TL. Transmission Loss (Pérdida de transmisión). Curva de pérdida de transmisión sonora. Representa la cantidad de energía sonora que se pierde cuando una onda sonora atraviesa un material.
- TS. Threshold shift (Desplazamiento de umbral auditivo). Alteración temporal o permanente en el nivel mínimo de sonido que una persona o animal puede escuchar debido a la exposición a sonidos intensos o ruidos prolongados.
- TTS. Desplazamiento temporal del umbral auditivo. Ocurre tras la exposición a un ruido fuerte. Con el tiempo, el umbral auditivo suele volver a la normalidad si el oído no ha sufrido daños permanentes.

## 2.2. Mamíferos marinos

Los mamíferos marinos (MM) son animales que poseen importantes adaptaciones al medio acuático, tales como aletas, membranas interdigitales, hidrodinamismo, ecolocalización y otras de tipo fisiológico que les permiten ser extremadamente exitosos en el medio marino (Hucke & Ruiz, 2010). Las especies que componen este grupo son alrededor de 120 y en sentido estricto se definen como aquellas especies que obtienen toda o al menos parte de su alimentación en el mar, lo cual los ha llevado a habitar todos los ecosistemas del planeta, presentando importantes diferencias anatómicas, fisiológicas y de comportamiento (Würsig *et al.*, 2018).

Los mamíferos marinos pueden clasificarse en tres grandes órdenes: Cetácea, Carnívora y Sirenia. El Orden Cetácea incluye a las ballenas, delfines y marsopas, el Orden Carnívora a los lobos marinos, lobos finos o de dos pelos, focas, morsas, nutrias y oso polar, en tanto el Orden Sirenia, al manatí y al dugongo (Hucke & Ruiz, 2010). Cabe indicar que sólo los cetáceos y carnívoros se encuentran en Chile, debido a que los Sirenios son propios de las costas tropicales de América, las Antillas, África y del río Amazonas (Medrano & Urbán, 2019).

Los cetáceos tienen un aspecto muy diferente de los mamíferos típicos; están desprovistos de pelo, aunque algunos tienen pequeñas vibrisas sensoriales en su cabeza; su cuerpo tiene forma de torpedo, sin extremidades

posteriores y las anteriores están aplanadas como aletas; la cola es una extensión del cuerpo, es muy musculosa y en su extremo tiene una aleta bilobulada en posición horizontal; la mayoría de los cetáceos tiene una aleta dorsal, característica única de estos animales; su cabeza es horizontal, el cráneo tiene los huesos premaxilar y maxilar muy alargados, de modo que los conductos nasales quedan arriba de la cabeza; los odontocetos tienen un solo orificio nasal que dentro se bifurca en dos conductos, mientras que los misticetos tienen dos orificios nasales. El alargamiento de los premaxilares y maxilares hace un cráneo convexo o recto en los misticetos y un cráneo cóncavo en los odontocetos. En esta concavidad, los odontocetos tienen un órgano graso denominado melón, por el cual emiten sonidos de ecolocalización, una forma de percepción que consiste en la emisión de ultrasonidos cuyos ecos dan a los animales información de su entorno (Medrano & Urbán, 2019).

Los carnívoros son un orden de mamíferos con cerca de 300 especies actualmente subdivididas en los grupos feliformes y caniformes; entre estos últimos hay varias especies semiacuáticas y acuáticas. Entre los carnívoros se consideran marinos a los pinnípedos, con un total de 35 especies que incluyen a los lobos marinos (Familia Otariidae), las morsas (Familia Odobenidae) y las focas (Familia Phocidae). Otros carnívoros marinos son el oso polar (Familia Ursidae), el zorro ártico (Familia Canidae) y la nutria marina (Familia Mustelidae). Otros carnívoros marinos son el oso polar, el zorro ártico y la nutria marina. Los carnívoros marinos tienen el aspecto general de los mamíferos y, con excepción de la morsa, están cubiertos de una gruesa capa de pelo que en algunas especies incluso forma una doble capa. En los pinnípedos, tal cual lo indica su nombre, las extremidades son aletas; las nutrias tienen las patas palmeadas y su cola comprimida; los osos polares tienen plantas amplias que les permiten caminar sobre la nieve y también nadar. Entre los lobos marinos, las morsas y algunas focas, los machos son mucho más grandes que las hembras y a menudo también los sexos tienen coloraciones diferentes. Los carnívoros marinos exhiben algunas similitudes ecológicas con los cetáceos; en general, viven en aguas superficiales, donde se alimentan de peces, cefalópodos y crustáceos (Medrano & Urbán, 2019).

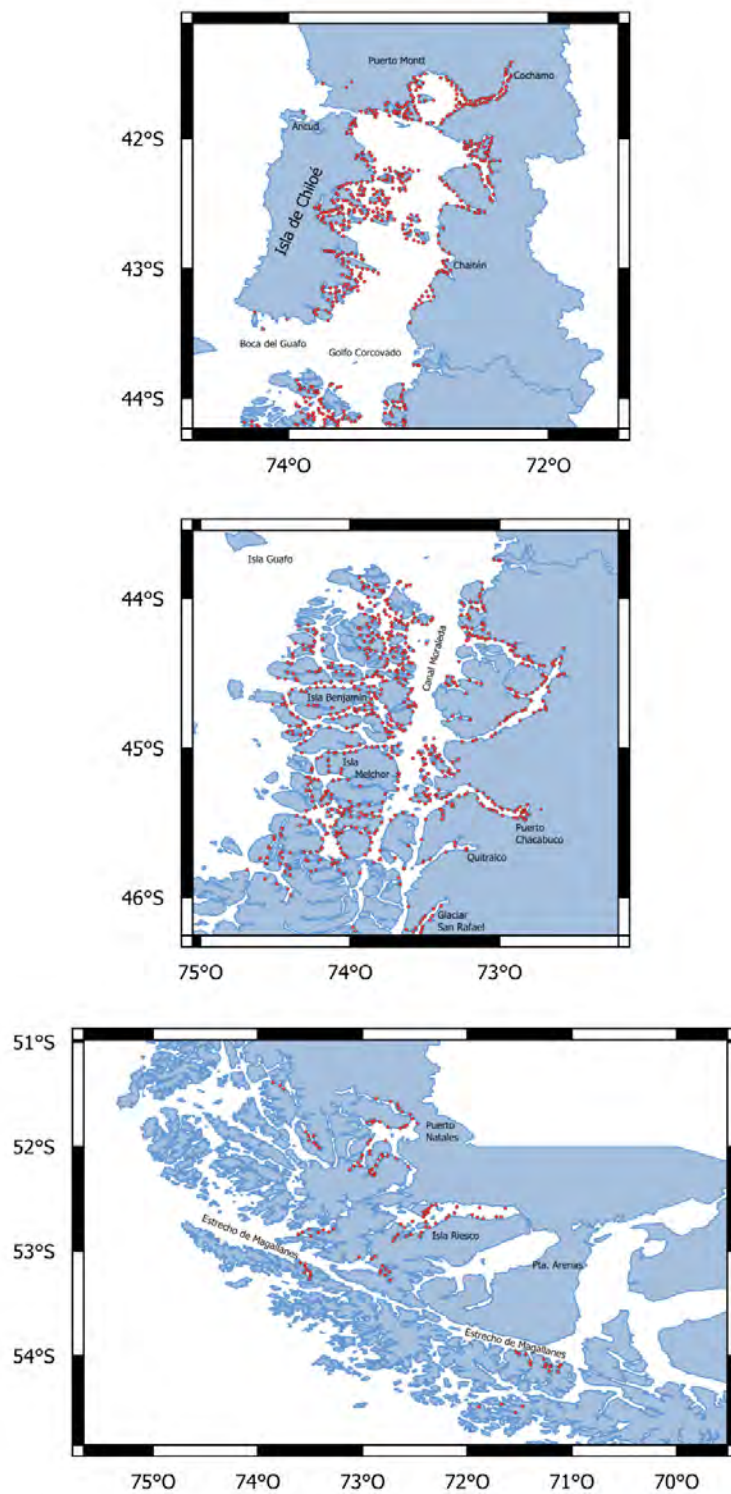
Chile tiene una costa de aproximadamente 6.400 km, una de las de mayor extensión en el mundo. En sus masas de agua habitan 51 especies de mamíferos marinos que equivalen al 36% de la diversidad mundial, lo que incluye especímenes de ballenas, nutrias y pinnípedos (focas y lobos marinos) (Aguayo et al., 1998; Glisser, 2017; Ministerio del medio ambiente, 2018). Debido a la disminución de las poblaciones de ballenas a nivel global, producto de su caza indiscriminada y de la carencia de cuerpos legales que las protejan, el 25 de octubre de 2008 se publicó la Ley 20.293 orientada a la protección de los cetáceos, modificando la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA).

### 2.3. Salmonicultura en Chile

Chile es el segundo productor mundial de salmónidos y suministra aproximadamente el 25% de su producción mundial (Pandey et al., 2023). Su industria se basa en el cultivo, produciendo tres especies: salmón del Atlántico (*Salmo salar*), salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). La cosecha de salmónidos en Chile pasó de 727.812 ton en 2016 a 1.074.174 ton de salmónidos en 2022, de las cuales 758.953 ton (70,7%) correspondieron a salmón del Atlántico (SERNAPESCA, 2022).

En términos geográficos, las cosechas se concentran en las Regiones de Los Lagos y Aysén, alcanzando el 50% y 34% del total en 2022, respectivamente, en tanto en la Región de Magallanes, la producción es relativamente menor. De acuerdo a datos del Consejo del Salmón ([www.consejodelsalmon.cl](http://www.consejodelsalmon.cl)), en 2021 las exportaciones de salmónes representaron el 5,5% de las exportaciones totales de Chile y el 12,5% de las exportaciones totales, sin considerar al cobre. A la fecha, el número total de concesiones para cultivo de salmónes otorgadas es de 1.386, mayoritariamente ubicadas en Aysén (716), en tanto en Los Lagos y Magallanes se ubican 534 y 133 (Fig. 1), no obstante, el número de centros de cultivo de salmón activos varió entre 300 y 363 entre octubre de 2022 y octubre de 2023 (<https://www.infosalmonchile.cl/>).





**Figura 1.** Localización de concesiones de acuicultura de salmónidos en las Regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, según datos del geoportal de SUBPESCA (<https://geoportal.subpesca.cl>)

## 2.4. Descripción de estructuras de cultivo en Chile

La tecnología de producción de salmones incluye una etapa final de crecimiento y engorda de los animales cultivados, la cual se lleva a cabo en centros ubicados en el mar, en donde los peces son ubicados en estructuras flotantes, denominadas balsas jaula, para ser mantenidos en cautiverio hasta su cosecha. En Chile se utilizan básicamente dos tipos de balsas jaula, denominadas comúnmente jaulas cuadradas y jaulas circulares, ambas del tipo gravitacional flotante. Las jaulas cuadradas son estructuras de cultivo utilizadas para la crianza de peces, en especial truchas y salmones, construidas en base a acero galvanizado y que flotan gracias a la ayuda de flotadores de Polietileno en forma de cubos. La estructura de acero está compuesta por vigas, articulaciones denominadas pasadores, barandas y pasillos, estos últimos de entre 1 y 2 m de ancho. Mientras que las jaulas tienen un tamaño variable entre 30x30 a 50x50 m, actualmente las más utilizadas son de 40x40 m. Esta estructura de acero sostiene una red utilizada para la contención de peces ("red pecera"), la cual está construida generalmente de polímeros como Poliamida (PA), Polietileno (PE) y Polipropileno (PP). Este conjunto de tres elementos: estructura de acero, flotadores y red de contención de peces, son los componentes básicos de una jaula flotante cuadrada para el cultivo de peces (Fig. 2).

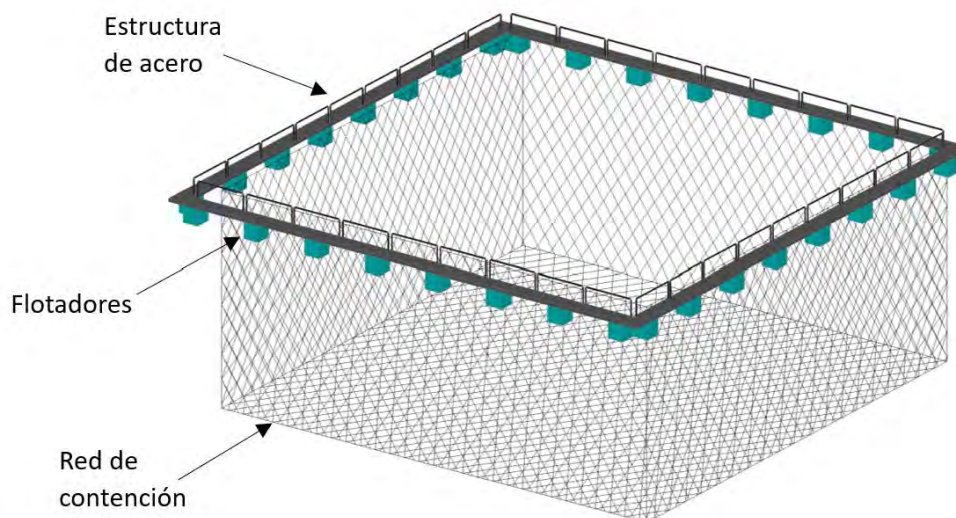
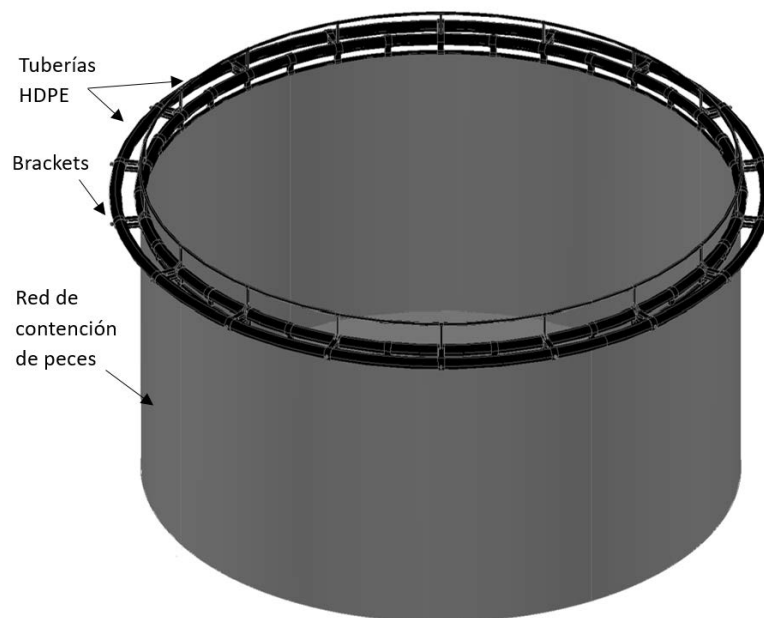


Figura 2. Principales componentes de una jaula cuadrada. Elaboración propia

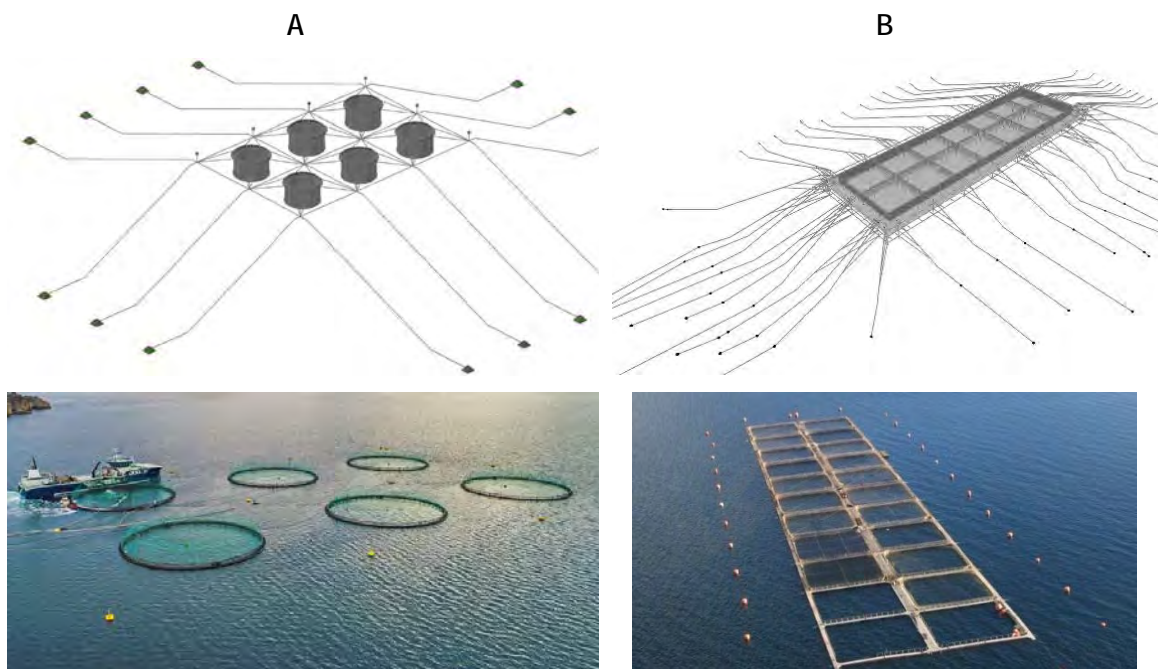
Por otra parte, las jaulas circulares están compuestas básicamente en una base de doble o triple anillo flotante de Polietileno de alta densidad (HDPE) unidos a través de una pieza de soporte ("bracket"), en cuya sección superior pasa otro anillo de HDPE de menor tamaño, el cual puede servir de pasamano. Este tipo de jaulas son por lo general de 30 o 40 m de diámetro. Las dimensiones de estos tubos de flotación dependerán del peso que tenga que sostener la estructura, principalmente el tamaño de la jaula y del material utilizado para la confección de la red de contención. Sobre la estructura de HDPE se conecta la red pecera, formando un cilindro de red

(Fig. 3). Las jaulas circulares son poco utilizadas en Chile, actualmente se cree que cerca del 95% de las jaulas de cultivo de salmones son del tipo cuadrada.



**Figura 3.** Ejemplo de jaula circular. Elaboración propia.

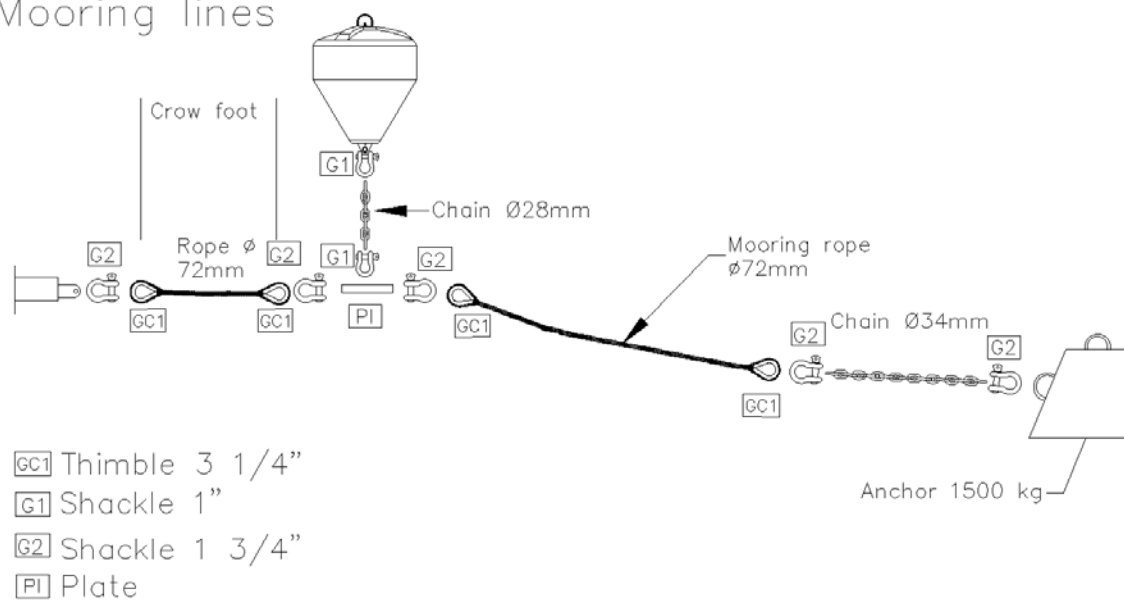
Tanto las jaulas cuadradas como las circulares pueden organizarse en un set de jaulas, denominado módulo de jaulas en el caso de jaulas circulares y tren de jaulas si corresponden a jaulas cuadradas (Fig. 4).



**Figura 4.** Ejemplo de módulo de Jaulas circulares y tren de jaulas cuadradas. Columna A: Módulo de jaulas circulares; Columna B: tren de jaulas cuadradas

Este set de jaulas se fija al fondo marino mediante un sistema de fondeo compuesto por cabos, cadenas, boyas, herrajería y elementos de anclaje. Los cabos usualmente son de PE, las boyas se utilizan para tensar los cabos, los herrajes son utilizados para conectar los distintos componentes, destacando piezas como guardacabos, grilletes, anillos, pulgueras, entre otros. Los elementos de anclaje pueden ser bloques de concreto o anclas de acero. Las dimensiones de estos componentes se obtienen conforme a los estudios estructurales denominados Memoria de Cálculo de Fondeo (MCF). En la Figura 5 se puede observar un ejemplo de una línea de fondeo que nace de la jaula de cultivo hasta el bloque de concreto o ancla

## Mooring lines



**Figura 5.** Ejemplo de componentes y distribución de elementos utilizados en el sistema de fondeo. Elaboración propia

### 2.5. Descripción de redes loberas

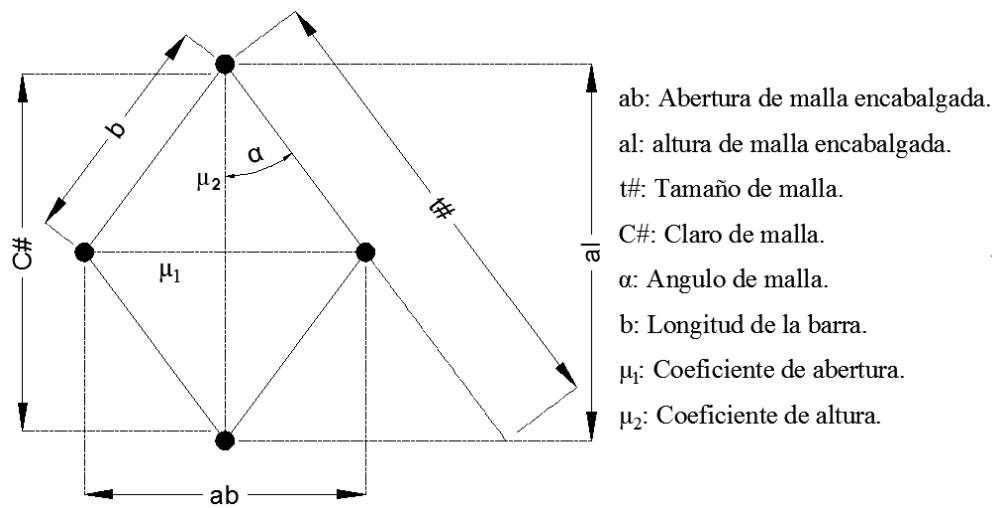
Las denominadas redes loberas son un componente esencial y distintivo de las jaulas para el cultivo de salmonidos en Chile, ya que juegan un papel crucial en la protección de los peces contra el ataque de depredadores, en especial los lobos marinos. Su uso se justifica por la alta densidad de lobos marinos en las costas chilenas y su impacto potencial en la producción. A diferencia de otros países productores de salmones, en Chile la utilización de redes loberas es un estándar, dada la alta presión de depredadores marinos sobre las especies en cultivo. Hasta ahora, las redes loberas son un dispositivo efectivo como sistema de defensa ante ataque de lobos marinos, sin embargo, requiere de una constante revisión y chequeo tanto superficial como submarina, dado que cualquier anomalía puede significar un punto crítico y eventual entrada masiva de lobos marinos al centro de cultivo.

Existen distintos tipos de las redes loberas las cuales difieren en su diseño, pero especialmente en su materialidad. Las redes más utilizadas son de polímeros como PA, Poliéster, PE y HDPE, entre otros.

**Tabla 1.** Principales características de las redes loberas en la industria salmonera en Chile, a partir de menciones de entrevistados en la industria. Fuente: Hurtado *et al.* (2024)

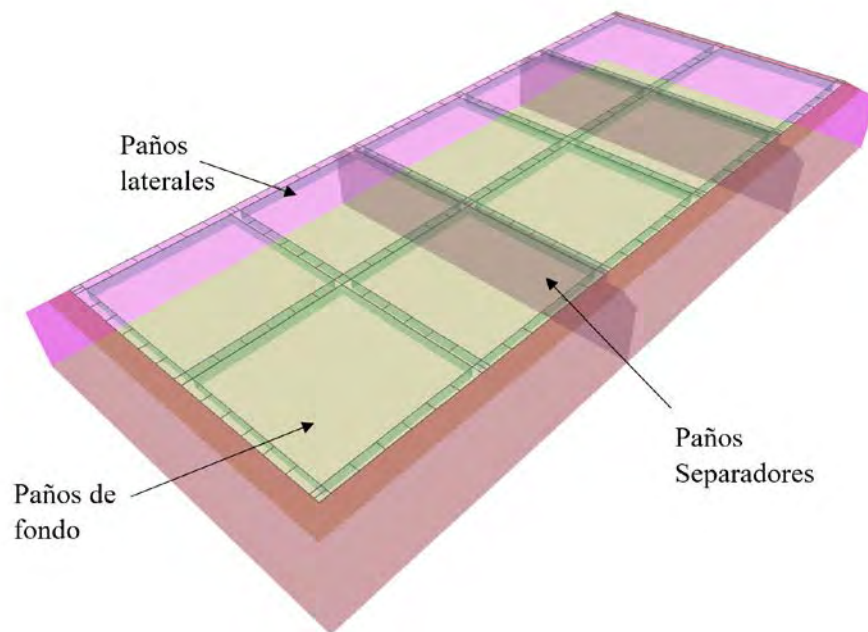
Materialidad	Poliamida (PA)	Poliéster (PES)	Polietileno (PE)	Otro
Número de menciones	4	4	5	2 HDPE
Resistencia máx. (kgf)	400-580	400-560	600	640
Titulación de hilo	210/360-480	250/360-480	5-6 mm	
Tamaños de malla (pulg)	10"			
Tipo de construcción	Braided con nudo			

Los tamaños de malla utilizados son por lo general de 10" (t#), o bien, con tamaño de barra de 5" (b) con un  $\mu_1$  y  $\mu_2 = 0,707$  lo que configura una malla cuadrada. Su construcción por lo general es del tipo braided y las mallas son construidas con nudos, el diámetro del hilo suele ser entre 5 y 8 mm dependiendo del material. La resistencia a la ruptura de estas redes va de los 400 kgf a los 640 kgf o más dependiendo del material (Hurtado *et al.*, 2024). En la Figura 6 se puede observar en detalle las componentes y nomenclatura de una malla.



**Figura 6.** Detalle de una malla. Elaboración propia

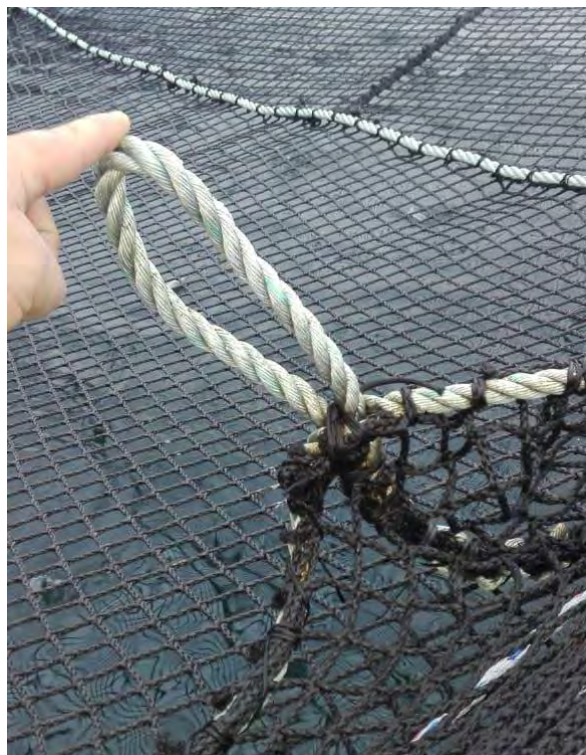
En cuanto a los diseños de redes loberas, básicamente todos comprenden paños laterales de red que rodean el perímetro del tren de jaulas, un gran paño de red que cubre el fondo y paños de red separadores cada cuatro jaulas (Fig. 7).



**Figura 7.** Red lobera en un tren de 10 jaulas cuadradas. Elaboración propia

Otro elemento importante que compone una red lobera son los cabos que le dan estructura a la red. Sobre estos cabos se realizan todas las amarras y es sobre este componente por donde se busca que se transmitan las tensiones, de manera de proteger la red. Estos cabos usualmente son de PP en distintas dimensiones, las que a su vez forman lazos ("orejas") (Fig. 8) para ser usadas libremente como puntos de amarre.



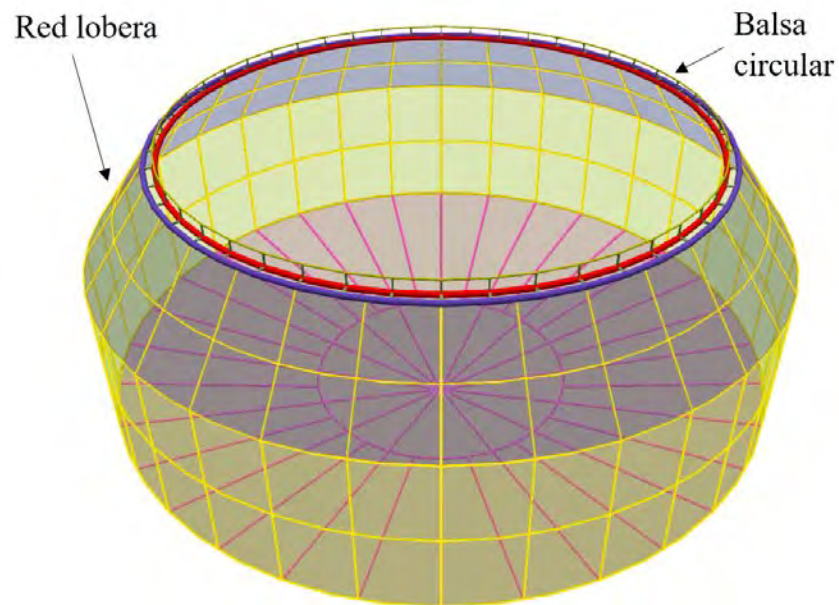


**Figura 8.** Oreja de un paño de red. Elaboración propia

Adicionalmente, en ocasiones se utilizan paños de refuerzo en sectores de la red lobera donde usualmente se dañan en el ciclo de cultivo, utilizando doble paño de red que incluso puede ser de distintos materiales. Otro componente opcional son los cierres o zipper que se utilizan en ciertos puntos de la red para facilitar alguna operación o maniobra requerida. Toda esta información se encuentra detallada en el paño de la red lobera que emite la empresa fabricante de la red lobera, un ejemplo de estos planos se observa en la Figura 9.



Para el caso de las redes loberas circulares, existe una gran diferencia con las redes loberas de jaulas cuadradas. Mientras que las jaulas cuadradas tienen una sola gran red lobera que encierra a todo el tren de jaulas, en las jaulas circulares existe una red lobera para cada jaula (Fig. 10 y 11).



**Figura 10.** Esquema de red lobera de una jaula circular. Elaboración propia







**Figura 12.** Cercos perimetrales loberos

## 2.6. Descripción de redes peceras

Las redes peceras son el principal componente de contención de peces. Cumplen la función de mantener los peces de cultivo confinados delimitados físicamente por una barrera submarina permitiendo que el agua fluya por su interior.

Existen distintos tipos de redes peceras, las cuales difieren en su diseño, pero especialmente en su materialidad. Las redes más utilizadas son de polímeros como la Poliamida (PA), Polietileno (PE), HDPE, entre otros. Durante el proceso productivo de engorda de peces en mar, se utilizan dos tipos de redes peceras, las redes de recepción y redes de engorda.

Las redes de recepción son utilizadas durante los primeros 3-5 meses de cultivo en agua de mar. Esta se caracteriza por ser una red de tamaño de malla (t#) pequeño que va de 1 a 1,5 pulgadas en construcción Raschel, donde predomina PA y PES. Sin embargo, existe una creciente demanda por las redes de PE. Los hilos más utilizados en la industria para la fabricación de redes, dependiendo del material, son de titulación 210/120, 250/120, H440/30, lo que se traduce en resistencia a la ruptura de hasta 150 kgf aplicando las normas ISO, JIS o DIN según corresponda (Hurtado *et al.*, 2024).

La red pecera de engorda, es una red de contención utilizada posterior a la red de recepción, durante un periodo de 9-11 meses de cultivo en agua de mar hasta el momento de la cosecha. Esta se caracteriza por ser una red de tamaño de malla (t#) que va de 2 a 2,5 pulgadas en construcción Raschel, donde predomina la Poliamida y

en menor medida el Poliéster. Sin embargo, existe interés creciente por las redes de PE, impulsado en parte por la irrupción de la empresa india "Garware" (Garware Technical Fibres) al mercado nacional. Cabe destacar que el interés por las redes de PE se ha generado a partir de los buenos resultados respecto al nivel de incrustación de fouling, dado que al parecer sería menor que las fibras de PA y PES. Los hilos utilizados en la industria para la fabricación de las redes, dependiendo del material, son de titulación 210/200, 250/120, H440/60, lo que se traduce en resistencias máxima de hasta 200 kgf aplicando las normas ISO, JIS o DIN según corresponda (Hurtado *et al.*, 2024).

En cuanto a los diseños de redes peceras, básicamente son cubos de red abiertos en la parte superior y con fondo plano o cónico. Cuentan con una estructura de cabos, al igual que las redes loberas, por donde se transmiten las tensiones, evitando que las fuerzas fluyan por el paño de la red, con lo cual extienden la vida útil. Las redes peceras pueden utilizar paños de refuerzo, cierres o zipper, entre otros accesorios definidos por cada usuario. Los tamaños de las redes usualmente van de los 30x30x12 m a los 40x40x15 (Fig. 13).

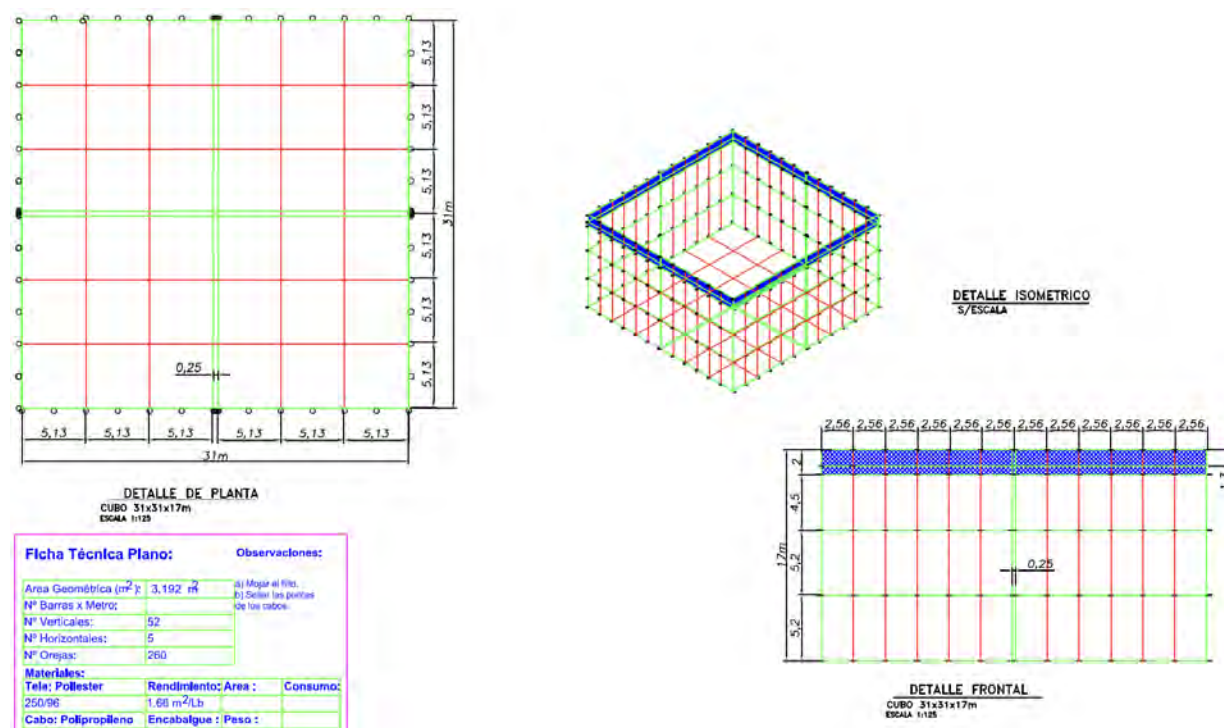
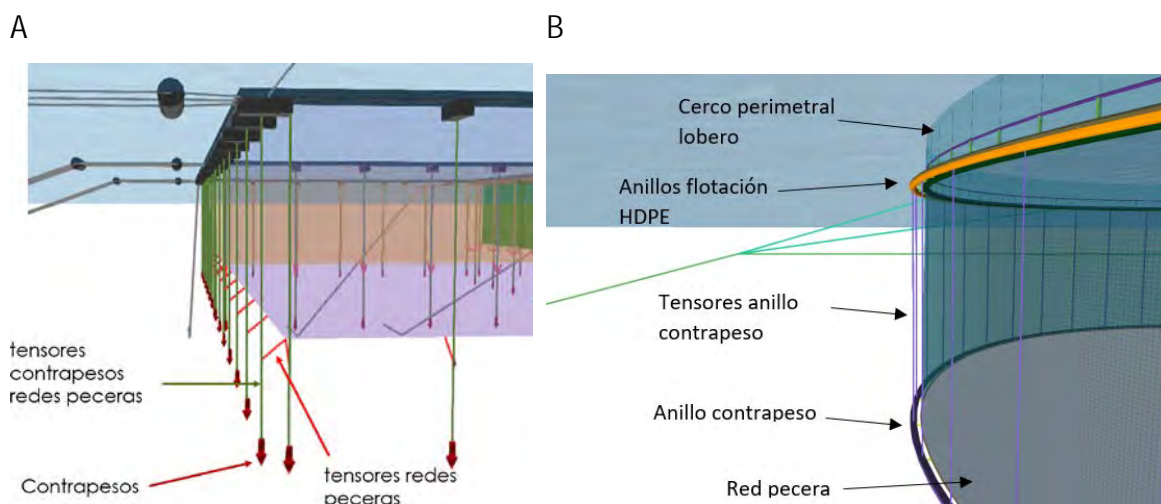


Figura 13. Ejemplo de plano de red pecera cuadrada

## 2.7. Descripción general de operaciones en granjas salmoneras

Existe una gran cantidad de operaciones que se realizan en el proceso productivo de salmónidos en Chile en su fase de engorda en mar. Sin embargo, dada la naturaleza del estudio se mencionan aquellas que están directamente relacionadas con la interacción de las estructuras con los mamíferos marinos, tales como instalación, mantención y revisión de redes, extracción de mortalidad y certificación de sistema de cultivo e inspecciones de redes.

La instalación de redes en un proceso complejo que utiliza recursos como embarcaciones, operarios, maquinaria, robótica, buzos, entre otros. Las redes peceras se instalan adosándose a la baranda de las jaulas. En la parte inferior de la red, se instalan contrapesos o bien se amarran a contrapesos que cuelgan desde el pasillo de las jaulas cuadradas (Fig. 14A). En el caso de jaulas circulares, se utiliza un anillo cortacorriente como contrapeso que cuelga a través de unos tensores de los anillos de flotación y que a su vez se amarran la parte inferior de la red (Fig. 14B). La dimensión de los contrapesos es variable, usualmente en las jaulas cuadradas se utilizan contrapesos de 90 a 1.000 kg cada uno, mientras que, en las jaulas circulares, los anillos de contrapesos utilizan entre 20 y 50 kg/m.



**Figura 14.** Esquema sistemas de contrapesos de jaulas peceras. A: Jaula cuadrada. B: Jaula circular. Elaboración propia

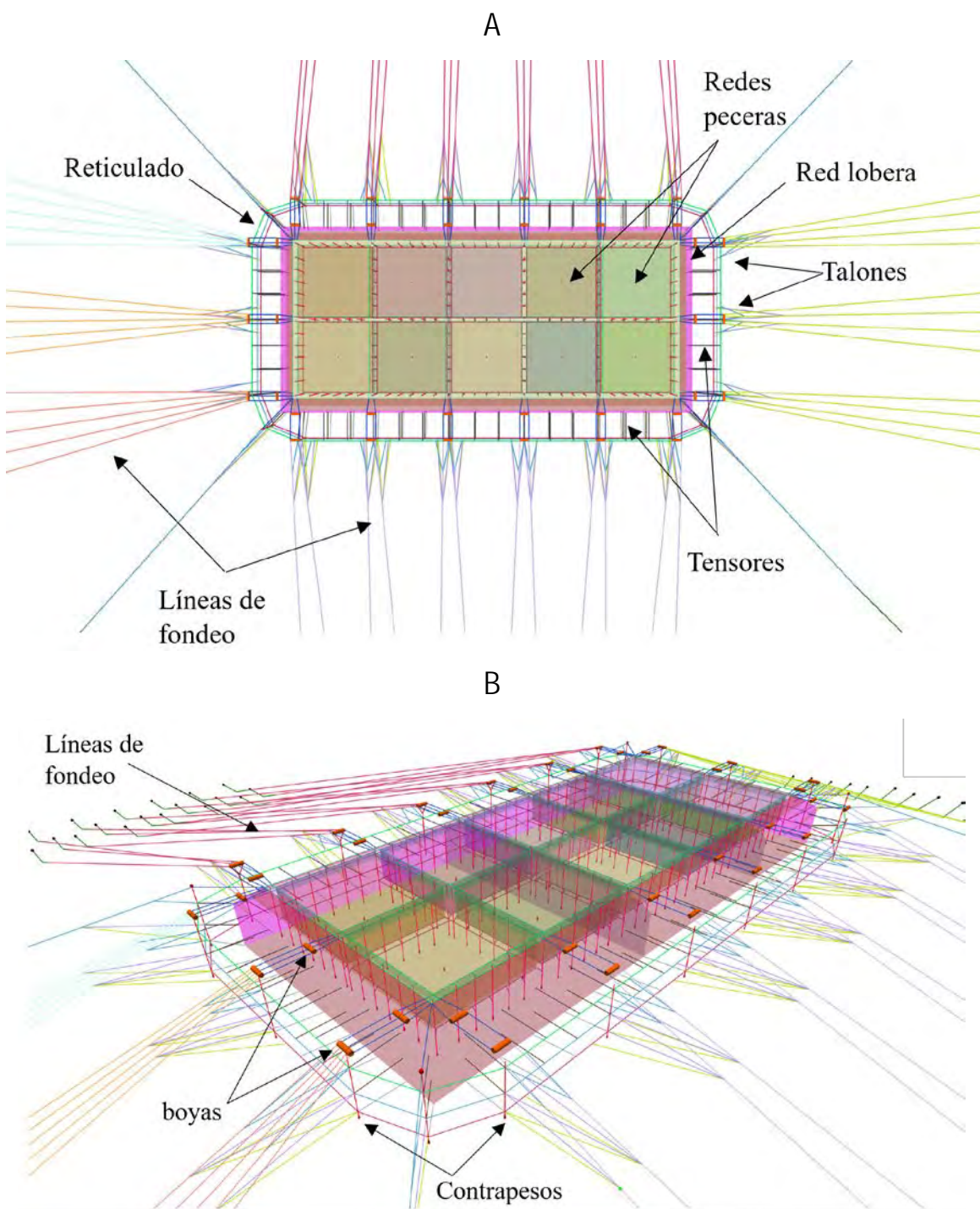
Por otra parte, la instalación de redes loberas implica necesariamente la utilización de tensores, reticulados y talones. Estos componentes son cabos que se conectan junto a boyas y contrapesos de concreto que buscan mantener la red lobera bajo tensión con el fin de impedir que los lobos marinos encuentre secciones de red lobera flojas o sueltas, ya que en estos puntos se les hace más fácil romper la red y acceder a los módulos de cultivo (Fig. 15).

La revisión y mantención de redes implica la constante revisión submarina de las redes peceras y loberas, el objetivo es detectar rápidamente roturas de hilos para reparar rápidamente, dado que constituye un punto crítico al facilitar al lobo la ruptura de más hilos y mallas de red y por ende su ingreso al centro de cultivo. La revisión se realiza utilizando robots submarinos (ROV) y/o buzos. Cabe destacar la creciente utilización de ROVs para realizar estas labores en los últimos años, siendo, hoy en día, la tendencia en los centros de cultivo.

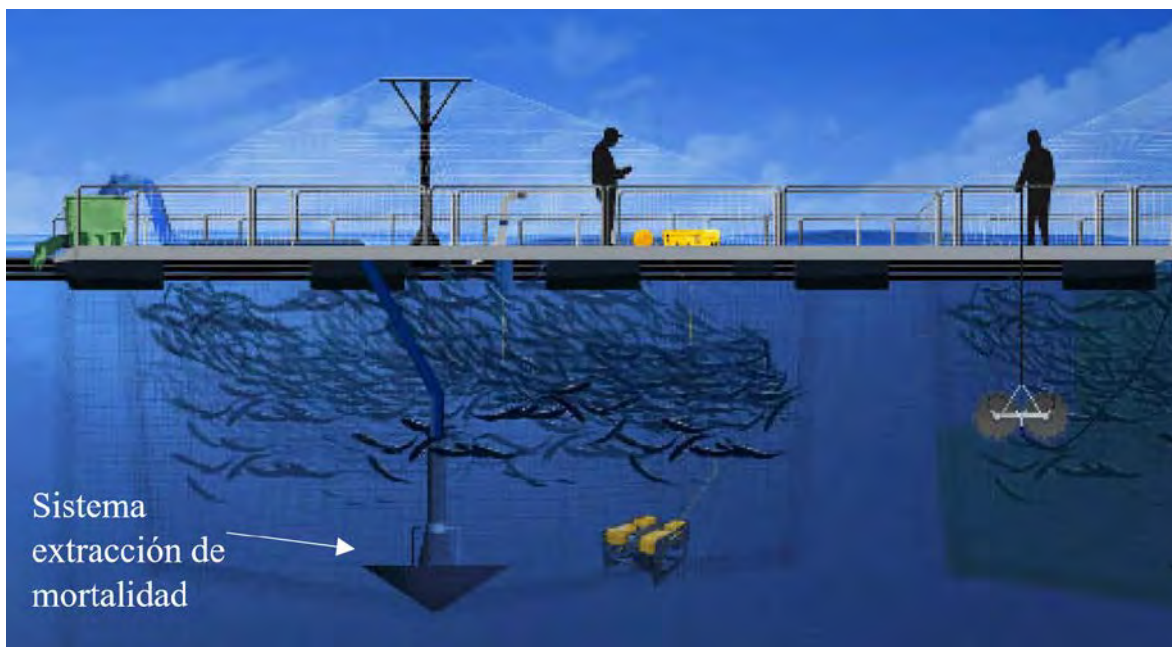
Otro punto a revisar de manera constante (diaria), es la tensión de la red lobera y su conexión a las jaulas, ya que cualquier punto de baja tensión, desamarres, aberturas u otro que facilite el acceso a los lobos, constituyen puntos críticos que deben ser rápidamente subsanado. Al mismo tiempo, la mayor parte del tiempo el personal de los centros de cultivo, están atentos a cualquier mamífero marino que se acerque al centro de cultivo, ya que representa una amenaza para la producción. Ante la presencia de mamíferos marinos alrededor del centro, suelen ahuyentarlos con ruidos y presencia humana en los pasillos de las jaulas.

Por otra parte, la extracción de mortalidad es una labor que normalmente se realiza a diario, ya que la presencia de peces muertos trae consigo problemas sanitarios, además de ser un attractante para los lobos marinos. La extracción de mortalidad se realiza mediante buzos, robos y/o extractor de mortalidad automáticos. Los extractores de mortalidad son ampliamente utilizados por la industria salmonera. Sin embargo, muchas veces requiere del apoyo de buzos o robots submarinos que arrastran los peces muertos al sistema de extracción de mortalidad. El extractor de mortalidad consiste en un cono de plástico ubicado en el centro y fondo de la red de contención de peces conectado a una tubería que sale a la superficie. El sistema funciona por medio de una bomba que succiona agua desde el cono extrayendo los peces muertos que ahí se encuentran (Fig. 16).





**Figura 15.** Redes y Componentes del sistema de tensado de red lobera. A: Vista superior; B: Vista Isométrica. Elaboración propia



**Figura 16.** Sistema de extracción de mortalidad. Foto Quo Chile- Siscontrol.

Finalmente, cabe destacar que la actual Resolución Exenta 1821 y sus modificaciones, establecen la metodología para el levantamiento de información, procesamiento y cálculos del estudio de ingeniería (Memoria de cálculo), así como las especificaciones técnicas de las estructuras que conforman los centros de cultivo intensivos de salmones. En esta resolución, se regula la resistencia a la ruptura que deben tener las redes y las normas que se deben utilizar, como son las ISO 1806, DIN 53844 o JIS L1043-1992. Se establecen los requerimientos técnicos que deben cumplir las redes para ser reutilizadas, incluyendo los estudios de evaluación de resistencia de redes, los cuales se deben realizar durante 12 meses transcurridos desde que son ingresadas al agua. Estos estudios deben ser realizados por empresas externas que cuenten con el equipamiento y certificaciones necesarias que le permitan emitir un certificado de resistencia de redes.

## 2.8. Interacciones entre mamíferos marinos y acuicultura

A nivel mundial, la acuicultura ha generado diversas fuentes de conflictividad, entre las cuales puede mencionarse la interacción con especies nativas, por ejemplo, debido a la depredación que algunas de ellas ejercen sobre parte de la producción, en particular en aquellos casos en que la tecnología productiva implica la mantención del stock cultivado en condiciones de confinamiento en el mar (Heredia-Azuaje *et al.*, 2022). Así, en la mayoría de las regiones la salmonicultura se superpone con áreas de alimentación y/o de reproducción de distintas especies de pinnípedos (focas y lobos marinos), lo cual combinado con la alta concentración de peces en sistemas reducidos, como son las balsas-jaulas, atrae depredadores, tal como ha sido reportado en los principales países en que se cultivan salmones: Chile, Reino Unido (Escocia), Canadá (Columbia Británica), Australia (Tasmania), USA y Nueva Zelanda (Sepúlveda & Oliva, 2005; Oliva *et al.*, 2004; Heredia-Azuaje *et al.*, 2022).

En este sentido, se considera a los pinnípedos como parte integral del problema, destacando especies como el lobo marino australiano (*Arctocephalus pusillus doriferus*) en Tasmania (Pemberton & Shaughnessy, 1993), la foca moteada del Atlántico Occidental (*Phoca vitulina concolor*) en Maine (Morris, 1996), el león marino de California (*Zalophus californianus*) en Puget Sound (Nash *et al.*, 2000) o la foca gris (*Halichoerus grypus*) en Escocia (Moore, 2021). Para los productores, dichas interacciones generan importantes pérdidas económicas, debido a la depredación de los peces cultivados, las que se han estimado en una mortalidad de 1,4 millones de salmones para los productores escoceses a causa de las focas en un período de 10 años, entre 2001 y 2011, los que han sido valorizados en 25 millones de libras esterlinas (Northridge, 2013). Cabe indicar que dicho monto equivale, al tipo de cambio de 2024, a 32,7 millones de USD y que en el mismo período (2001-2011) la cosecha de salmón del Atlántico en Escocia fue 2.395.714 ton (The Scottish Government, 2012).

En Chile, la interacción del lobo marino con las pesquerías ha sido un tema relevante, particularmente para la pesca artesanal (Oliva *et al.*, 2004; Oliva *et al.*, 2008; Durán *et al.*, 2011; Parada & Abades, 2019; Pavés *et al.*, 2022). El lobo marino común posee mayoritariamente hábitos nocturnos de alimentación, aumentando durante la noche el daño a redes y capturas, mientras que durante el día estos se encuentran en mayor proporción en las loberas (Sepúlveda *et al.*, 2001). Por otra parte, estacionalmente, la interacción del lobo con los sistemas de pesca disminuye en los meses de verano y otoño por encontrarse en etapa reproductiva (Sepúlveda *et al.*, 2001; SUBPESCA, 2023). En el período mayo-noviembre se registra un mayor número de ataques a la pesca, siendo su principal objetivo la obtención de energía fácil, consumiendo por lo general sólo la zona ventral de los peces, incluyendo el mayor reservorio energético, las gónadas y el hígado (Durán *et al.*, 2011).

En cuanto a las granjas de cultivo, en países como Canadá, Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda y Escocia, todos productores de salmón, se presentan ataques de las especies locales de lobos marinos o de focas a las balsas de cultivo. En Chile el problema ha sido estudiado por Buschmann *et al.* (2006), Oliva *et al.*

(2003, 2008), Sepúlveda *et al.* (2001), Sepúlveda & Oliva (2005), Vilata *et al.* (2010) y más recientemente Durán *et al.* (2011). El método de ataque utilizado por el lobo, es normalmente a través de la red, succionando la parte ventral y las vísceras de los peces (Durán *et al.*, 2011).

La interacción entre mamíferos marinos y estructura de cultivo considera igualmente especies de cetáceos. Así, en Chile se han reportado el enredo de una ballena jorobada en 2007 (Hucke-Gaete *et al.*, 2013) y de delfines chilenos durante el periodo 2007-2017 (Espinosa-Miranda *et al.*, 2020). En tanto, Ribeiro *et al.* (2007) indican que, en los fiordos del sur de Chile, en donde las estructuras de cultivo son cercanas a la costa, ejemplares de delfín chileno evitan dichas balsas. La mortalidad de cetáceos por enredos o enmalle en estructuras de cultivo, típicamente redes loberas, no ha sido evaluada de manera rigurosa, por lo que se desconoce la relevancia del problema.

## **2.9. Métodos disuasivos empleados en Chile**

En Chile, la interacción entre granjas salmoneeras y el lobo marino común ha sido documentada como una problemática frecuente, debido a la atracción que genera el stock cultivado sobre dichos mamíferos. Ello ha propiciado el empleo de redes que generan una barrera física en torno a las redes que contienen los peces, denominadas localmente como redes loberas, las cuales están provistas de tamaños de malla reducidos, típicamente construidas con hilos tipo Braided con nudo, de 6mm de diámetro, de 10 pulgadas de tamaño de malla (Felipe Hurtado, com. pers) tamaño que se estima previene el enmalle o el ahogo de dichos depredadores, las que han sido reportadas como efectivas (Durán *et al.*, 2011; Sepúlveda & Oliva, 2005, Vilata *et al.*, 2010, Oliva *et al.*, 2004, Oliva *et al.*, 2008). Desafortunadamente, no existe una evaluación sistemática sobre la probabilidad de enmalle y muerte de lobos marinos en las redes loberas. Sin embargo, Vilata *et al.* (2010) reportó la muerte de 10 lobos marinos en tres centros de cultivo en un periodo de un mes, lo que da una alerta de que este problema podría ser relevante.

Cabe señalar que las denominadas redes loberas son de uso común en otros países, en donde son denominadas indistintamente como redes anti depredadores. No obstante, cabe señalar que se ha reportado igualmente el empleo de dispositivos disuasivos basados en el sonido, los que han sido empleados fundamentalmente en Escocia (UK) (Coram, 2022).

## **2.10. El sonido y los mamíferos marinos**

Los mamíferos marinos, tales como ballenas, delfines, focas o lobos marinos, usan el sonido de forma activa y pasiva para comunicarse y sentir su entorno, cubriendo frecuencias desde unos pocos Hertz (Hz) hasta más de 100 kHz, lo que difiere según la especie (Erbe *et al.*, 2018). Más específicamente, las señales de comunicación de los odontocetos (delfines principalmente) suelen incluir frecuencias medias (1-20 KHz) y cuentan con un sistema de ecolocalización que opera a altas y muy altas frecuencias (20-150 KHz), las que son utilizadas para detectar y localizar obstáculos, presas y congéneres, mientras que las señales de

comunicación de los mysticetos (ballenas principalmente) son de frecuencias bajas y medianas (7 Hz a 35 kHz). En los pinnípedos se diferencia entre fócidos y otáridos, debido a rangos de frecuencias de audición que van de 50 Hz a 86 kHz y entre 60 Hz y 39 kHz, respectivamente (Lira *et al.*, 2023; NMFS, 2013, 2018).

El ruido en el mar es un aspecto de creciente interés. De modo natural se genera por procesos físicos o biológicos como la tectónica (sísmica), la actividad en la corteza terrestre (volcanes y terremotos), el viento y las olas, en tanto como ejemplos de fuentes biológicas es posible mencionar las vocalizaciones de mamíferos marinos y peces (Redondo & Ruiz, 2017). No obstante, las actividades del ser humano (antropogénicas), también producen ruido submarino, sobre las cuales hay clasificaciones generales (Tabla 2) y se ha reconocido que en aguas costeras y en mar adentro tiene el potencial para causar lesiones o muerte a los mamíferos marinos (McGarry *et al.*, 2022). Así, este tipo de ruido submarino puede interferir con sus funciones, por ejemplo, en la búsqueda de alimento, apareamiento, descanso o migración, al afectar la sensibilidad auditiva, enmascarar las señales acústicas, provocar respuestas conductuales o causar estrés fisiológico, lo cual genera creciente preocupación (Cox *et al.*, 2006, Wright & Highfill, 2007, Gordon *et al.*, 2019).

En cuanto al impacto sobre los MM, dos temas principales centrales corresponden a los impactos fisiológicos y de comportamiento debido a exposiciones repetitivas de ruido impulsivo de alta intensidad, de pequeña escala y a corto plazo, por ejemplo, ruidos de sonar y de estudios sísmicos, así como exposiciones a largo plazo o exposiciones continuas al ruido de menor intensidad a gran escala, por ejemplo, la navegación (Castellote *et al.*, 2012).

En los MM, los ruidos de alta intensidad pueden producir rotura del tímpano, daños en la cadena de huesecillos del oído medio o sobreestimulación de las células ciliadas que convierten los movimientos de fluido causados por el ruido en impulsos neurológicos que se envían al cerebro (Redondo & Ruiz, 2017). En el caso de exposiciones menores, éstas pueden provocar alteraciones auditivas denominadas desplazamientos de umbrales auditivos (Threshold shift, TS) o “pérdidas de audición”, es decir, un efecto fisiológico en que sólo los sonidos sobre cierto nivel/umbral pueden ser oídos, el cual puede ser permanente (PTS) o temporal (TTS).

Las pérdidas auditivas indicadas previamente pueden afectar la capacidad del animal para reaccionar a los sonidos útiles de su entorno, poniéndolos en peligro. La PTS se considera “daño” y la TTS, “perturbación del comportamiento” (Southall *et al.*, 2007; Redondo & Ruiz, 2017). Cabe indicar que la NMFS (National Marine Fisheries Service) considera que niveles de exposición inferiores a los necesarios para producir TTS (sub-TTS) pueden provocar igualmente otras perturbaciones de comportamiento en mamíferos marinos relacionadas con la migración, la alimentación o la frecuencia de salidas a la superficie NMFS (2013, 2018).

**Tabla 2.** Ruidos submarinos producidos por actividad antropogénica, adaptado de Crawford (2020)

Origen	Descripción	Nivel
Dragado y construcción	Dragado marino, la construcción de túneles y diversas obras marítimas. El ruido generado en este tipo de faenas puede exceder los niveles ambientales en largas distancias	10 Hz a 100 Hz
Perforación y extracción de petróleo	El ruido antropogénico asociado a la extracción de petróleo y/o gas, se genera en la totalidad de sus fases. El rango de sonido generalmente alcanza a 2 km del área de trabajo.  Los múltiples pulsos pueden ser percibidos por sobre el ruido de Fondo a más de 10 km del sitio de operación	200-350 Hz
Hincado de pilotes:		20 kHz
Buques	Son los mayores contribuyentes al ruido subacuático generado por los seres humanos, cuyos niveles y frecuencias varían conforme al tamaño y velocidad de la embarcación	100 Hz a 50 kHz
Ruido generado en investigaciones geofísicas	Las investigaciones geofísicas utilizan, generalmente, fuentes de sonido para generar ondas sísmicas	10 a 70 Hz 200 Hz
Sonares	Ruido generado por sonares activos	12 kHz a 200 kHz
Tronaduras	Esta actividad se encuentra considerada como una de las de mayor potencial dentro de las fuentes de ruido antropogénicas	250 a 300 dB
Dispositivos de hostigamiento	Utilizados en el ámbito de la acuicultura conocidos como AHD (Acoustic Harassment Devices)	10 a 25 kHz

En Chile, el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA, <https://www.sea.gob.cl/>) en conjunto con el Ministerio del Medio Ambiente (MMA, <https://mma.gob.cl/>), en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), integra los potenciales impactos por emisiones de ruido submarino a los que puede estar expuesta la fauna marina presente en el territorio nacional a causa de la ejecución de un proyecto o actividad (SEA, 2022). El SEA, 2022 en su documento *“Criterio de evaluación en el SEIA: predicción y evaluación de impactos por ruido submarino”*, entrega lineamientos técnicos para la elaboración de las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) o Estudios de Impacto ambiental (EIA). En dicho documento se presenta el detalle de los antecedentes e información necesaria que deben presentar los titulares para la predicción y evaluación de impactos por ruido

submarino, incluyendo información referente a la descripción de emisiones, determinación del área de influencia, identificación de impactos, descripción y caracterización de la fauna marina objeto de protección, predicción y evaluación de impactos y medidas para su control y gestión (SEA, 2022).

## **2.11. Ley de protección de mamíferos marinos en Estados Unidos (MMPA)**

El interés por conocer las interacciones entre acuicultura y MM y promover su cuidado, se ha intensificado en particular debido a que una normativa de Estados Unidos, específicamente la Ley de Protección de Mamíferos Marinos de Estados Unidos ("Marine Mammal Protection Act" o MMPA, 1972) (AQUA, 2021) la cual establece que los estados pesqueros que exportan productos del mar hacia dicho país, deben cumplir con los estándares de protección de MM establecidos por los Estados Unidos, y su cumplimiento es de vital importancia para las industrias nacionales como la salmonicultura, ya que Estados Unidos es el primer país importador de salmón nacional (Arancibia, 2022; Felix *et al.*, 2021). Esta norma comenzó a aplicarse en el año 2017, rigiendo a la fecha un período de excepción que aún no culmina, el cual conforme a lo indicado por SUBPESCA (Jorge Guerra, com pers), ha sido comunicado por la NOAA en el siguiente sentido: "Las regulaciones de las Disposiciones de Importación, publicadas en 2016, proporcionaron a las naciones extranjeras un período de exención de cinco años para desarrollar, según corresponda, programas regulatorios que rijan la captura incidental de mamíferos marinos que sean comparables en efectividad a los estándares de los EE.UU. para la mitigación de la captura incidental de mamíferos marinos. El periodo de exención se amplió previamente hasta el 31 de diciembre de 2023 y recientemente hasta el 31 de diciembre de 2025".

Los dos objetivos fundamentales de esta ley atienden a mantener la vida de las poblaciones de mamíferos marinos en condiciones sostenible óptimas, y mantener su papel ecológico en la salud del océano, rigiendo además el principio precautorio, el cual ordena la adopción de medidas inmediatas para reponer cualquier especie o poblaciones de estas que hayan disminuido, quedando por debajo de su población óptima sostenible, aun cuando no exista un conocimiento adecuado sobre la ecología y las dinámicas poblacionales de los MM, así como de los factores que inciden en su capacidad de reproducirse exitosamente (MMPA, 1972). Frente al incumplimiento de las condiciones de protección y conservación de especies impuestas por esta ley, la consecuencia más importante para el infractor es la prohibición de exportación de productos pesqueros y acuícolas a Estados Unidos (Arancibia, 2022).

A fin de dar cumplimiento a los estándares de protección y conservación impuestos en el MMPA, en Chile se han ejecutado algunas modificaciones normativas, en lo relativo a las interacciones de la industria del salmón con MM, como es el Decreto Supremo N°125 de 2019, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, mediante el cual se modificó el Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA), obligando a todos los centros de cultivo de salmónidos, a instalar alrededor de las redes peceras una red lo suficientemente resistente para evitar o minimizar los enmalles de mamíferos marinos. Específicamente, su Art 4, indica:

“Todo centro de cultivo de salmónidos ubicado en río, estuario o mar **deberá instalar alrededor de las redes peceras y en todo su perímetro, una red que deberá estar elaborada de un material y resistencia tal que permita evitar o minimizar los enmalles de mamíferos marinos en las redes peceras y el escape de ejemplares en cultivo producto de la ruptura de las redes peceras por parte de estos organismos. Esta obligación no será exigible a los centros de cultivo que dispongan de redes peceras cuyo material y resistencia sea tal que permita evitar o minimizar los enmalles de mamíferos marinos y el escape de ejemplares en cultivo producto de la ruptura de las redes”.**

No obstante, el mismo artículo indica que dicha obligación puede ser “sustituida o complementada por la implementación de un método o técnica que, cumpliendo el mismo objetivo, sea establecida por resolución de la Subsecretaría.”

Con posterioridad, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) dictó la Resolución Exenta N°2811 de 2021, definiendo el tipo y alcance de las interacciones con mamíferos marinos con la industria, respecto de los cuales se aplicarían los planes de contingencia referidos a las situaciones de enmalles e ingreso de especies a los centros de cultivo. Además, se estableció la obligatoriedad de reportar los avistamientos e interacciones entre mamíferos marinos y las instalaciones de los centros de cultivos (MINECON, 2021). La resolución indicada, define el tipo de alcance de las interacciones con MM respecto de los cuales se deberá aplicar planes de contingencia y se aplica para todo tipo de centro de cultivo de especies de salmónidos emplazados en ríos, lagos, estuarios o mar. Es un total de 41 especies de MM respecto de las cuales se deberán aplicar los planes de contingencia y/o reportes de avistamientos, incluyen pinnípedos, mustélidos y cetáceos (Tabla 3).



**Tabla 3.** Listado de especies de mamíferos marinos incluidos en Resol. 2811 de 2021

<b>Categoría taxonómica</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común CHILE</b>
Superfamilia Pinnipedia (pinnípedos)	<i>Arctocephalus australis</i>	Lobo fino austral
	<i>Arctocephalus gazella</i>	Lobo fino antártico
	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Lobo fino subantártico
	<i>Otaria byronia/Otaria flavescens</i>	Lobo marino común, lobo de un pelo
	<i>Hydrurga leptonyx</i>	Foca leopardo
	<i>Leptonychites weddellii</i>	Foca de Weddell
	<i>Lobodon carsinophaga</i>	Foca cangrejera
	<i>Mirounga leonina</i>	Foca elefante
Familia Mustelidae (mustélidos)	<i>Lontra felina</i>	Chungungo
	<i>Lontra provocax</i>	Huillin
Infraorden Cetacea (cetáceos)	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	Ballena minke o Rorcual pequeño
	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	Ballena minke antártica
	<i>Balaenoptera borealis</i>	Ballena sei
	<i>Balaenoptera musculus</i>	Ballena azul
	<i>Balaenoptera physalus</i>	Ballena de aleta o Rorcual común
	<i>Berardius arnouxii/Berardius arnuxii</i>	Ballena picuda de Arnoux/Zifio de Arnoux
	<i>Caperea marginata</i>	Ballena franca enana
	<i>Cephalorhynchus commersonii</i>	Tonina overa
	<i>Cephalorhynchus eutropia</i>	Delfín chileno
	<i>Delphinus delphis</i>	Delfín común
	<i>Eubalaena australis</i>	Ballena franca austral
	<i>Globicephala melas</i>	Calderón negro
	<i>Grampus griseus</i>	Calderón gris
	<i>Hiporoodon planifrons</i>	Ballena nariz de botella del Sur
	<i>Lagenorhynchus australis</i>	Delfín austral
	<i>Lagenorhynchus cruciger</i>	Delfín cruzado
	<i>Lagenorhynchus obscurus</i>	Delfín oscuro
	<i>Lissodelphis peronii</i>	Delfín liso del sur
	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena jorobada
	<i>Mesoplodon grayi</i>	Zifio de Gray
	<i>Mesoplodon hectori</i>	Zifio de Héctor
	<i>Mesoplodon layardii</i>	Zifio de Layard
	<i>Mesoplodon densirostris</i>	Zifio de Blainville
	<i>Orcinus glacialis/Orcinus orca</i>	Orca antártica/Orca
	<i>Phocoena dioptrica/Australophocoena dioptrica</i>	Marsopa anteojo
	<i>Phocoena spinipinnis</i>	Marsopa espinosa
	<i>Physeter macrocephalus</i>	Cachalote
	<i>Pseudorca crassidens</i>	Falsa orca
	<i>Tasmacetus shepherdii</i>	Ballena picuda de Shepherd
	<i>Tursiops truncatus</i>	Delfín nariz de botella
	<i>Ziphius cavirostris</i>	Ballena picuda de Cuvier

### 3. METODOLOGÍA DE TRABAJO POR OBJETIVO

Para el cumplimiento de los objetivos del estudio, se propuso una metodología general, basada en la generación de insumos de información para ser analizada y evaluada en el marco de un taller de expertos conformado por un grupo de personas con amplia y reconocida trayectoria como investigadores y con conocimientos sobre mamíferos marinos en áreas como comportamiento, distribución, ecología, interacción con actividades antrópicas en el mar y de actividades productivas en el océano, como es la acuicultura.

Los insumos de información corresponden a revisiones bibliográficas y consultas a expertos destinadas a delinear el estado de conocimiento respecto de:

- i) Las especies de mamíferos marinos presentes en las principales zonas en que se desarrolla salmonicultura en el país,
- ii) Las características y efectos del sonido en el mar en la vida marina,
- iii) Las características de las tecnologías y sistemas disponibles en el mercado para evitar interacción con resultado de muerte o daño grave entre mamíferos y centros de cultivo.

Adicionalmente, se consideró la caracterización de las interacciones reportadas entre mamíferos marinos y centros de cultivo de salmones en el país, para lo cual se procedió a la revisión de los reportes realizados por la industria salmonera a SUBPESCA, en el marco de la Resolución 2811 de 2021, así como de literatura publicada.

El análisis de los insumos indicados fue llevado a cabo en una instancia de trabajo, correspondiente a un Taller de expertos, con el fin de evaluar y proponer las mejores alternativas tecnológicas que propendan al propósito indicado en el Objetivo General del estudio.

## **OBJETIVO ESPECÍFICO 1. Analizar la bibliografía nacional e internacional respecto de tecnologías y sistemas que utilizan o se puedan utilizar en el cultivo de peces en balsas jaulas, para evitar la interacción con resultado de muerte o daño grave de los mamíferos marinos con los centros de cultivo.**

---

Para el cumplimiento del objetivo, se consideran las siguientes etapas de trabajo:

### **1. Definición del problema.**

El principal problema a abordar en el estudio corresponde a la búsqueda de tecnologías y sistemas que utilizan o se puedan utilizar en el cultivo de peces en balsas jaulas, para evitar la interacción con resultado de muerte o daño grave de los mamíferos marinos con los centros de cultivo. Conforme a las bases, en el caso específico de tecnologías basadas en disuasivos acústicos, la búsqueda se orientó a los efectos, incluyendo daños que puedan causar en los mamíferos marinos objetivo como en otras especies de mamíferos.

Debido a que se requiere describir la interacción entre tecnología y especies específicas, se realizó una descripción de las especies de mamíferos marinos presentes en zonas adyacentes a centros de cultivo en el sur del país, para lo cual se realizó una revisión bibliográfica orientada a especies de cetáceos, pinnípedos y mustélidos. Las interacciones en tanto se basan en el análisis de información publicada, así como en datos provenientes de las declaraciones, por centro de cultivo, de las interacciones entre centros de cultivo de salmones y mamíferos marinos registradas en 2022 y 2023, conforme a información facilitada por SUBPESCA.

Finalmente, en caso de existir, se rescata desde la revisión cualquier disposición técnica en el uso de tecnologías basadas en disuasivos acústicos en la que se indique que no exista un potencial daño a los mamíferos.

### **2. Búsqueda de la información**

El proceso de búsqueda de información fue llevado a cabo mediante el empleo de motores de búsqueda generales y especializados, tales como SCOPUS, Google Scholar, Analytical Sciences Digital Library, ASDL, Microsoft Scientific Research Engine, PLOS (Public Library of Science), Science Direct, SciELO, Researchgate, entre otros. En la búsqueda, se utilizan combinaciones de diversas palabras clave (tanto en español como en inglés), como por ejemplo AHDs, ADDs, pinnipeds, small cetaceans, salmon farming, nets, entanglement, marine mammals, entre otras.

Cabe indicar que la búsqueda de información incluyó igualmente la denominada literatura gris, fundamentalmente correspondiente a informes de proyectos, tesis o proyectos de titulación de pregrado y postgrado, que eventualmente estén disponibles al menos en la Universidad de Valparaíso, Pontificia

Universidad Católica de Valparaíso, Universidad Mayor, Pontificia Universidad Católica de Chile y en la University of Saint Andrews (UK, Escocia).

### **3. Organización y análisis de la información**

Se planificó que las referencias bibliográficas fuesen debidamente listadas y organizadas, considerando ámbito, además de ubicación geográfica del estudio. La información listada fue clasificada de acuerdo a la temática que aborda respecto de la definición del problema indicado previamente. Los principales datos, relativos a identificación de tecnologías o tipos de daños reportados, fueron debidamente indicados y resumidos. Como parte de este objetivo, pero también como insumo del Objetivo Específico 2, a partir del análisis de la literatura nacional e internacional se confeccionaron tablas resumen con las características, ventajas y desventajas de los distintos sistemas y tecnologías disponibles.

Se consultó a profesionales de la industria salmonera y a investigadores de la Universidad de Saint Andrews sobre el eventual empleo de tecnologías/sistemas de disuasión distintos a las redes loberas en el sur de Chile. Para ello, se realizaron contactos con organizaciones gremiales de empresas productoras en Chile. Igualmente, esa consulta se extendió a investigadores tanto chilenos como extranjeros, conforme a lo acordado con SUBPESCA en el marco de las reuniones de coordinación del estudio (Ver Anexos).

## Análisis georreferenciado de la información

Las siguientes bases de datos fueron identificadas con el fin de llevar a cabo una descripción georreferenciada de la presencia de mamíferos marinos en el área de interés, de la información de mortalidad atribuida a depredadores y de los avistamientos/interacciones por centro de cultivo, en el marco de la Res. 2811 de 2021:

- (1) BD FIPA: Correspondiente a datos proyectos FIPA 95-17, FIPA 99-28, FIPA 2018-41, FIPA 2006-34 y FIPA 2018-54
- (2) BD DIRECTEMAR. Correspondiente a avistamientos georreferenciados de cetáceos entre 2006 y agosto de 2023, conforme a solicitud al Sr. Director de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático del 25/10/2023
- (3) BD de avistamientos de nutria de agua dulce (huillín) en el sur de Chile. BD de Tesis para optar al Grado de Magister en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza "Principales amenazas para la conservación del hábitat del huillín en Chile" de María José Faúndez, de la U. de Chile de 2020 (Faundez, 2020)
- (4) BD del portal GBIF - Sistema de información de biodiversidad de posicionamiento de avistamientos de mamíferos marinos (hasta 2016), generado a partir de datos del Ministerio de Medio Ambiente (MMA). Se accedió a los datos 18/10/2023
- (5) Datos varamientos de cetáceos de SERNAPESCA
- (6) Datos INATURALIST. (<https://inaturalist.mma.gob.cl/>) Se accedió a lo datos 03/11/2023
- (7) Datos fundación MERI. Correspondiente a avistamientos de ballena azul (*Balaenoptera musculus*) entre 2014 y 2018. (<https://fundacionmeri.cl/ecosistemas-marinos-y-de-agua-dulce/#1600205981334-e4edc648-e148>)
- (9) Datos proyecto "Actualización de las bases para una estrategia para la conservación de mamíferos marinos en la región de Magallanes y Antártica Chilena". 2007. Comisión Nacional del Medio Ambiente Región de Magallanes y Antártica Chilena. Fundación CEQUA (<https://www.cequa.cl>) Datos disponibles en: <https://drive.google.com/drive/u/0/folders/0B8x5OwBhqq0HN1I2dGw0QXRwaFE?resourcekey=0--1SLH3Hpl3Z5hXE7-bFSoA>
- (10) Datos de mortalidad por centro SERNAPESCA. Enero 2019 - octubre 2023, conforme a solicitud por ley de transparencia AH010T0004157 del 13/11/2023
- (11) BD de avistamientos/interacciones por centro de cultivo de Resolución 2811 de 2021. Año 2022.

Los datos fueron procesados mediante el programa QGIS o Quantum GIS (<https://qgis.org>), Sistema de Información Geográfica libre y de Código Abierto. Con la finalidad de identificar especies de mamíferos probablemente asociadas a centros de cultivo, a partir de los datos espacialmente posicionados, se procedió a generar un área/buffer en torno al centroide de cada centro de cultivo de salmónidos, conforme a datos obtenidos de SUBPESCA (<https://geoportal.subpesca.cl>) (Fig. 17).



## **OBJETIVO ESPECÍFICO 2. Realizar un análisis de las ventajas y desventajas de los diferentes sistemas y tecnologías disponibles, enfocado a los efectos en los mamíferos marinos, recogiendo las opiniones de expertos nacionales e internacionales sobre el uso de las distintas tecnologías y sistemas.**

---

Para llevar a cabo un análisis de ventajas y desventajas de los diferentes sistemas y tecnologías disponibles, se utilizó la información generada en el Objetivo Específico 1, además de las siguientes fuentes:

- a. Entrevistas a llevar a cabo tanto a personal de empresas que comercializan sistemas de disuasión de mamíferos marinos, como a personal de empresas salmoneras.
- b. Entrevistas a investigadores de la University of Saint Andrews (UK, Escocia)

**a) Entrevistas a personal del sector salmonero.** Se incorporaron con el propósito de considerar la opinión técnica de personas que conocen en terreno los tipos de interacción que se registran con mamíferos marinos, así como sobre el desempeño de dispositivos de disuasión, tanto redes loberas actualmente en uso, como de otros sistemas de disuasión que hayan sido probados o se encuentren actualmente en uso en centros de cultivo.

Se planificó entrevistar a personal de distintas empresas salmoneras como Invermar, Ventisqueros, Mowi, Camanchaca, Australis Mar, AquaChile, Cermaq, Salmones Aysén, entre otros. Con ello, se buscó obtener los aportes de profesionales de la industria que operan principalmente en la Región de Los Lagos, además de Aysén y Magallanes. Se llevaron igualmente a cabo entrevistas a profesionales de empresas comercializadoras de Dispositivos Acústicos de Disuasión de mamíferos marinos que hayan operado en Chile o que tengan interés en participar del mercado, así como a profesionales de empresas proveedoras de la industria salmonera.

**b) Entrevistas a investigadores de la University of Saint Andrews (UK, Escocia).** Tuvieron como propósito recabar información de investigadores internacionales en temáticas de métodos de disuasión de mamíferos marinos y efecto del ruido antrópico sobre mamíferos marinos. Las entrevistas se orientaron a investigadores de la Sea Mammal Research Unit de dicha universidad, que mantienen o han realizado líneas de investigación específicas en métodos de disuasión para mamíferos marinos. Así, se consideró un listado inicial de posibles investigadores. Posteriormente, dicho listado se modificó, conforme a los perfiles de trabajo de cada uno de ellos, y de acuerdo a su disponibilidad para responder la entrevista presencialmente en Saint Andrews. De acuerdo a ello, accedieron a participar, los Sres. Alex Coram, Gordon Harris, Thomas Goetz y Rob Harris. Las entrevistas se elaboraron considerando cuestionario de preguntas conforme a las siguientes etapas:

- i) Generación de cuestionario preliminar. Desarrollado a partir del trabajo conjunto de profesionales del grupo de trabajo.
- ii) Puesta a prueba del cuestionario en un piloto. Aplicando en cuestionario preliminar a un entrevistado del público objetivo

- iii) Generación de cuestionario final, considerando resultados del piloto.
- iv) Aplicación del cuestionario final al público objetivo.

En el caso del personal de la industria salmonera, conforme a los resultados del piloto, se optó por considerar dos herramientas complementarias: i) cuestionario, a ser empleado en entrevistas no presenciales y ii) formulario en línea, a ser compartido con profesionales de la industria. En el caso del cuestionario, fue compartido con varias organizaciones gremiales de la industria tanto directamente como mediante intermediación de SUBPESCA, conforme a lo conversado en Reuniones de trabajo (Ver Anexo), no obstante, no fue posible recabar información mediante dicha herramienta.

En el caso de las entrevistas a actores relevantes del sector salmonero, de acuerdo al esquema ya indicado previamente, se optó por un formulario único, el cual incluyó algunas hipótesis respecto a conceptos de uso, aspectos técnicos, operativos y logístico con el propósito básico corresponde a entender los aspectos técnicos de los sistemas disuasivos de mamíferos utilizados en la salmonicultura, con énfasis en alternativas distintas a las redes loberas empleadas por la industria. Igualmente, se recogieron opiniones de profesionales sobre aspectos técnicos y operativos sistemas de disuasión, con énfasis en alternativas distintas a las redes loberas, tanto en sus requerimientos y características técnicas como en su operación, considerando temas relacionados con su eficiencia, mantenimiento y costos, considerando preguntas abiertas, facilitando la expresión más libre del entrevistado, recogiendo sus experiencias y conocimiento.

En el caso de las entrevistas a investigadores de la University Saint Andrews, el piloto fue puesto a prueba considerando al Dr. Gordon Hastie. Tras revisión del cuestionario, las entrevistas de este grupo consideraron cuatro dimensiones: 1. Mamíferos marinos e interacción con granjas salmoneras (Marine mammal and salmon farm interactions), 2. Disuasivos (Deterrents), 3. Disuasivos acústicos para pinnípedos (Acoustic deterrents for pinnipeds), 4. Redes antipredadores y pinnípedos (Anti-predator nets and pinnipeds) y 4. Disuasivos alternativos (Alternative deterrents). En dichas dimensiones se consideraron variables efecto, fuente, relevancia, tipo, peligrosidad, implementación, eficacia, circunstancias, daño y alternativas.

De acuerdo a solicitud de SUBPESCA durante reuniones de trabajo (Ver Anexo, Actas), los integrantes del Grupo de Expertos de este estudio respondieron igualmente dicha entrevista.

### **Taller de expertos**

Tanto la información proveniente del desarrollo del Objetivo 1, como aquella obtenida en el marco de las entrevistas previas fue sistematizada en resúmenes y presentada a consideración de un panel de expertos, en el marco de un taller *ad hoc*, para su análisis y evaluación en términos de sus ventajas y desventajas.



El Taller de expertos tuvo por finalidad comparar entre distintas opciones de tecnologías y sistemas disponibles, evaluar propuestas innovadoras que permitan evitar el acercamiento y/o interacción con resultado de muerte o daño grave de los mamíferos marinos con las estructuras de cultivo. Conforme a los objetivos planteados, se llevó a cabo un listado de las principales ventajas y desventajas de tecnologías de disuasión de mamíferos, incluyendo aquellas disponibles en el mercado y aquellas que, siendo consideradas innovadoras, permitan evaluar sus ventajas/desventajas, para posteriormente llevar a cabo una comparación entre tecnologías.

Se entendió por experto a quien tuviese características enumeradas por Burgman (2011), tales como calificaciones, reputación, membresía en grupos profesionales. En general, se asume que un experto tiene acceso privilegiado a algún conocimiento, incluyendo habilidades de comunicar información técnica, sintetizar conocimiento y trabajar efectivamente con personas.

Se consideró un grupo conformado por personas con amplio conocimiento y experiencia en ámbitos de: biología y ecología de mamíferos marinos, ruido en el mar en su relación con el comportamiento con la vida marina y de producción acuícola en el mar. Ello, bajo la premisa que el cumplimiento de los objetivos requiere conjugar una visión biológica-ecológica con elementos relacionados con actividad productiva. Es importante destacar que varios de los expertos en Chile en estas temáticas son parte de este estudio: Dra. Maritza Sepúlveda, Dra. María José Pérez, Dr. Alfio Yori, Dr. Iván Hinojosa, Dra. Susannah Buchan y el Dr. Carlos Felipe Hurtado.

Durante el desarrollo del Taller de expertos, el análisis de la información se llevó a cabo considerando dos metodologías: Análisis FODA y Análisis Multicriterio, los que se describen a continuación:

El análisis FODA corresponde a una herramienta empleada en planificación estratégica por parte de empresas para lograr una mejor adaptación al ambiente (Lazzari & Maesschalck, 1998). Este análisis, más cualitativo que cuantitativo, tiene como propósito fundamental el impulsar la generación de ideas con respecto de negocios, en donde se genera una matriz, denominada FODA, como instrumento de análisis organizacional en relación con los factores que determinan el éxito en el cumplimiento de metas (Ponce, 2007). El nombre del método corresponde al acrónimo de formado por las siglas de Fortalezas internas, Oportunidades externas, Debilidades internas y Amenazas externas, entendiendo por Análisis interno al que se enfoca en Fortalezas y Debilidades y Análisis externo al que considera Oportunidades y Amenazas. Dicho análisis se llevó a cabo para cada tecnología, y fue enfocada a determinar sus principales ventajas y desventajas, en términos de sus Fortalezas y Debilidades (Análisis interno). En general, el grupo de expertos realizó la siguiente secuencia:

- a. Identificación de tecnologías
- b. Identificación preliminar de Fortalezas y Debilidades asociadas a cada tecnología
- c. Valoración de Fortalezas y Debilidades.
- d. Identificación de principales Fortalezas y Debilidades

El análisis Multicriterio es un término genérico, pues comprende varios métodos de comparación para apoyar al tomador de decisiones en la tarea de decidir con consistencia, dentro de un marco de racionalidad adoptado. Implica la comparación entre alternativas, separando primeramente un problema en los elementos que lo componen, para luego comparar entre ellos. Descripciones prácticas pueden encontrarse en manuales como Pacheco & Contreras (2008), entre otros.

En concreto, se planteó el empleo del análisis multicriterio denominado Proceso Analítico Jerárquico (AHP) (Saaty, 1986), el cual fue utilizado para determinar el peso relativo o prioridad tanto de los criterios como de las tecnologías a comparar, permitiendo así la obtención de un ranking o priorización de tecnologías de disuasión de MM.

Para expresar en valores los juicios emitidos por los expertos, se empleó una escala discreta de intensidad para la comparación entre elementos bajo el concepto de reciprocidad, correspondiente a una escala numérica y verbal de 1 a 9, conforme a:

- 1: Ambos elementos son de igual importancia
- 3: El elemento es moderadamente más importante respecto al otro.
- 5: El elemento es fuertemente más importante respecto al otro.
- 7: La importancia del elemento es muy fuerte respecto al otro.
- 9: La importancia del elemento es extrema respecto al otro.

Dicha escala considera valores intermedios entre dos juicios adyacentes correspondiente a 2, 4, 6, 8 y el uso de valores recíprocos 1/3, 1/4, 1/5, 1/7, 1/9, cuando el segundo elemento es mayor en el criterio a comparar.

Así, durante la aplicación del AHP, la definición de la preferencia o prioridad entre opciones se realiza en función de comparaciones a pares. Inicialmente dicha comparación se lleva a cabo entre los criterios y posteriormente entre las alternativas, en este caso tecnologías, para cada uno de los criterios definidos. Dicha comparación se ejecuta considerando la escala ya indicada en términos de señalar en cuánto supera un cierto elemento al elemento con el cual se está comparando.

La tarea se ejecutó interrogando a cada integrante del grupo experto con el fin de llenar las matrices de comparación, las que son normalizadas, es decir, dividiendo cada elemento de la matriz por el valor total de su columna lo que permite estimar los vectores de prioridad promediando cada fila de la matriz normalizada. Una vez construida cada matriz, éstas fueron iterada analizando cada valor de la escala numérica, hasta lograr su estabilidad en términos de consistencia, indicador del juicio racional por parte del tomador de decisiones (Mendoza et al., 2019), para lo cual se estima la denominada Razón de Consistencia (CR), la cual debe tener un valor igual o menor a 0,1, donde:

$$\text{Índice de Consistencia (CI)} = (\lambda_{\text{máx}} - n) / n - 1$$

$$\text{Índice aleatorio (IA)} = 1,98 * (n-2) / n$$

$$CR = CI / IA$$

Una vez asegurada la consistencia de las respuestas, se procedió estimar la matriz de valoraciones consensuadas, considerando la media geométrica de las puntuaciones (Saaty & Aczél, 1983)

La jerarquización entre tecnologías se determinó en función del resultado obtenido a partir del producto entre las prioridades o ponderaciones de los criterios y las prioridades o ponderaciones de cada tecnología, donde mayores valores corresponderán a las mayores prioridades

$$PrioT_i = \sum_{i,j=1}^{n,m} PrioT_i * PrioC_j$$

PrioTi= Prioridad de la Tecnología i-ésima

PrioCj = Prioridad del Criterio j-ésimo

n=Número de tecnologías

m=Número de criterios

Básicamente, el proceso AHP puede sintetizarse en:

- a. Modelar el problema a través de una estructura jerárquica,
- b. Utilizar una escala de prioridades basada en la preferencia de un elemento sobre otro
- c. Sintetizar los juicios emitidos
- d. Entregar un ordenamiento de las alternativas de acuerdo a las prioridades obtenidas

Para ello, se lleva a cabo un proceso secuencial, el que puede describirse como:

- a. Establecer nivel superior o Foco, el objetivo amplio y global
- b. Priorizar mediante matrices de comparación, en donde se ingresa el valor de la preferencia de un elemento, por sobre el elemento.
- c. Obtener priorización y consistencia del juicio, empleando valores y vectores propios de la matriz

Conforme a lo solicitado por las Bases del estudio, con posterioridad a la entrega del Preinforme Final se llevará a cabo un Taller de Difusión, en modalidad online, el cual tendrá como objetivo dar a conocer a la comunidad los principales resultados del estudio, previa coordinación con la contraparte técnica y con el director ejecutivo del FIPA.

### **OBJETIVO ESPECÍFICO 3. Evaluar y proponer las mejores alternativas tecnológicas y/o de sistemas para evitar la interacción con resultado de muerte o daño grave de los mamíferos marinos, incluyendo un análisis económico de los costos de implementación para las distintas tecnologías o sistemas seleccionados.**

---

La evaluación de las mejores alternativas tecnológicas se obtuvo de los resultados del Objetivo 2. Dicho análisis fue complementado con información de costos (adquisición, instalación, mantenimiento) de equipos disponibles en el mercado, incorporando eventuales requerimientos de entrenamiento o capacitación de personal, según la información de proveedores o de usuarios que sean identificados durante la ejecución del presente estudio. La información de costos proviene tanto de los proveedores de dichos equipos como desde los usuarios de los mismos, establecidos mediante consultas cotizaciones que serán realizadas en el marco del estudio. Si bien, el grado de detalle depende de la modalidad de agregación o detalle de dichos costos. Se estima a priori que estos podrían diferenciarse en:

- a) Equipos. Incluye tanto el hardware como el software asociado para su funcionamiento y control.
- b) Instalación: Incluye costos asociados a la instalación y configuración de los equipos in situ para su empleo durante la operación de un centro de cultivo. Dicha información se establece en cuanto a sus requerimientos técnicos para su correcto funcionamiento, como respecto de las características de las instalaciones productivas (disposición, tamaño) en las que serán empleados. Se estima a priori, que las fuentes provendrán tanto de proveedores como de datos de la industria salmonera.
- c) Costos de operación: Corresponden a ítem como energía, insumos, equipos de soporte o respaldo para su continuidad de uso (ej. generadores eléctricos, estabilizadores de voltaje, UPS). Dada su naturaleza, dicha información provendrá ya sea de empresas que estén utilizando dichos equipos o de estimaciones basadas en juicio experto.
- d) Mantenimiento equipos: Considera tanto el mantenimiento preventivo (regular realizado de acuerdo con calendarios definidos) como el correctivo (aquel realizado una vez que el equipo presenta falla). Igualmente, se consideran eventuales reparaciones. Consideran tanto el precio de HH, como de repuestos y traslados. Conforme a sus características, la información de mantenimiento preventivo provendrá de recomendaciones o manuales de uso de proveedores, en tanto los restantes ítems de información del sector productivo o de juicio experto.
- e) Personal operativo, técnico y analistas de datos: Considera el personal habitual que es requerido para el correcto funcionamiento y operación de los equipos. Se planifica una estimación de los HH que requiere destinar una empresa a su empleo.

## 4. RESULTADOS POR OBJETIVO

**4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1. Analizar la bibliografía nacional e internacional respecto de tecnologías y sistemas que utilizan o se puedan utilizar en el cultivo de peces en balsas jaulas, para evitar la interacción con resultado de muerte o daño grave de los mamíferos marinos con los centros de cultivo.**

---

### 4.1.1. Mamíferos marinos en Chile. Principales grupos, distribución

De los distintos grupos de mamíferos marinos, se estima que 54 especies pueden encontrarse en aguas chilenas, de las cuales 42 son cetáceos y 12 son carnívoros, lo que indica que Chile alberga el 44% de las especies de MM a nivel mundial (Hucke & Ruiz, 2010). Del total de MM en aguas chilenas, se ha identificado un total de 26 especies de cetáceos, tres de pinnípedos y dos de mustélidos (*Lontra felina* y *Lontra provocax*) distribuidas en las Regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes ("Patagonia chilena"), en donde se concentra la actividad salmonera en el país (Tabla 4). La descripción por especie se incluye en los siguientes párrafos.

**Tabla 4.** Listado de mamíferos marinos que se encuentran en la Patagonia chilena. Tanto para la categorización de la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) y RCE (Reglamento de Clasificación de Especies, MMA, Chile) se utilizaron las siguientes siglas: CR = En peligro crítico, EP = En Peligro, VU = Vulnerable, CA = Casi amenazada, MP = Preocupación menor, DI = Datos insuficientes. Se destaca con asterisco (\*) aquellas especies más frecuentes de avistar en el área de estudio y por tanto, se incluye su ficha descriptiva.

	Familia	Nombre común	Nombre científico	IUCN	RCE
Misticetos	Balaenopteridae	Ballena azul	<i>Balaenoptera musculus</i>	EP	EP
		Ballena fin	<i>Balaenoptera physalus</i>	VU	CR
		Ballena minke antártica	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	CA	MP
		Ballena sei*	<i>Balaenoptera borealis</i>	EP	CR
		Ballena jorobada*	<i>Megaptera novaeangliae</i>	MP	VU
	Balaenidae	Ballena franca austral*	<i>Eubalaena australis</i>	CR	EP
Odontocetos	Neobalaenidae	Ballena franca pigmea	<i>Caperea marginata</i>	MP	DI
	Delphinidae	Delfín chileno*	<i>Cephalorhynchus eutropia</i>	CA	CA (XI-XII)
		Tonina overa	<i>Cephalorhynchus commersonii</i>	MP	EP
		Delfín liso del sur	<i>Lissodelphis peronii</i>	MP	DI
		Delfín austral*	<i>Lagenorhynchus australis</i>	MP	MP
		Delfín oscuro	<i>Lagenorhynchus obscurus</i>	MP	MP
		Delfín nariz de botella*	<i>Tursiops truncatus</i>	MP	MP
		Orca*	<i>Orcinus orca</i>	DI	DI
		Calderón gris	<i>Grampus griseus</i>	MP	MP
		Calderón de aleta larga	<i>Globicephala melas</i>	MP	DI
		Falsa orca	<i>Pseudorca crassidens</i>	CA	DI
	Physeteridae	Cachalote*	<i>Physeter macrocephalus</i>	VU	VU
	Phocoenidae	Marsopa espinosa*	<i>Phocoena spinipinnis</i>	CA	DI
	Ziphiidae	Zifio de Cuvier	<i>Ziphius cavirostris</i>	MP	MP
		Zifio de Layard*	<i>Mesoplodon layardii</i>	MP	DI
		Zifio de Gray	<i>Mesoplodon grayi</i>	MP	DI
		Zifio de Héctor	<i>Mesoplodon hectori</i>	DI	DI
		Zifio de Arnoux	<i>Berardius arnuxii</i>	MP	DI
		Zifio Calderón Austral	<i>Hyperoodon planifrons</i>	MP	MP
		Zifio de Shepherd	<i>Tasmacetus shepherdi</i>	DI	DI
Pinnípedos	Otariidae	Lobo marino común	<i>Otaria flavescens</i>	MP	MP
		Lobo fino austral	<i>Arctocephalus australis</i>	MP	CA
	Phocidae	Foca elefante del sur	<i>Mirounga leonina</i>	MP	VU
Mustélidos	Lutrinae	Chungungo	<i>Lontra felina</i>	EP	EP
		Huillín	<i>Lontra provocax</i>	EP	EP

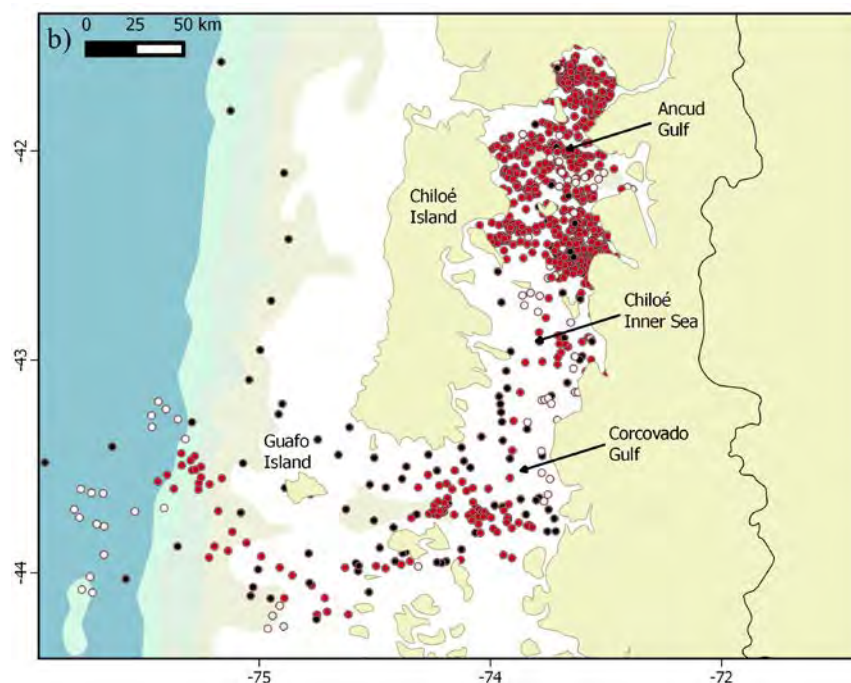
El estado de *Eubalaena australis* se refiere a subpoblación Chile-Perú

Nombre común: Ballena azul (Fig. 18)  
Nombre en inglés: Blue whale  
Nombre científico: *Balaenoptera musculus*  
Medidas máximas  
Largo total: 33 m  
Peso: 50-150 ton  
Estado de conservación: IUCN: En Peligro, RCE: En Peligro



**Figura 18.** Ballena azul (*Balaenoptera musculus*). Ilustración obtenida de Würsig *et al.* (2018)

**Distribución, hábitat y abundancia:** Esta especie tiene un amplio rango de distribución, habitando en todos los océanos. Puede ser encontrada cerca de la costa, en la plataforma continental y en aguas oceánicas (Reeves *et al.* 2002, Bastida *et al.* 2007, Jefferson *et al.* 2008, Sears & Perrin 2009). En Chile, el área de alimentación más reconocida se encuentra en la Patagonia norte (Fig. 19) (Hucke-Gaete *et al.*, 2004), donde en los meses de verano y otoño tienden a congregarse en áreas de alta productividad primaria que se desarrollaron durante la primavera austral y donde se producen fuertes gradientes termales que tienden a agregar a sus presas (Bedriñana-Romano *et al.*, 2018, 2021). En esta misma área se ha registrado el cuidado parental de mayor densidad de ballena azul en el hemisferio sur (Hucke-Gaete *et al.*, 2004). La estimación de tamaño de la población mundial es de 11.200 individuos, siendo esto, una mínima parte de la población original (200 mil individuos aproximadamente). En el Océano Pacífico austral se estiman alrededor de 9.000 ejemplares (Iriarte *et al.*, 2023), aunque recientemente se han reportado estimaciones de abundancia de aproximadamente 923 individuos (media: 923,7, IC95%: [461,7– 2,998,2], para el área chilena de la corriente de Humboldt (Bedriñana-Romano *et al.*, 2022)



**Figura 19.** Puntos de ubicación de ballenas azules en la Patagonia norte, obtenidas mediante tags satelitales. Puntos negros: conducta de tránsito, puntos rojos: conducta de alimentación, puntos blancos: conducta indeterminada. Figura obtenida de Hucke-Gaete *et al.* (2018).

Nombre común: Ballena sei (Fig. 20)

Nombre en inglés: Sei whale

Nombre científico: *Balaenoptera borealis*

Medidas máximas

Largo total: 20 m

Peso: 20 ton

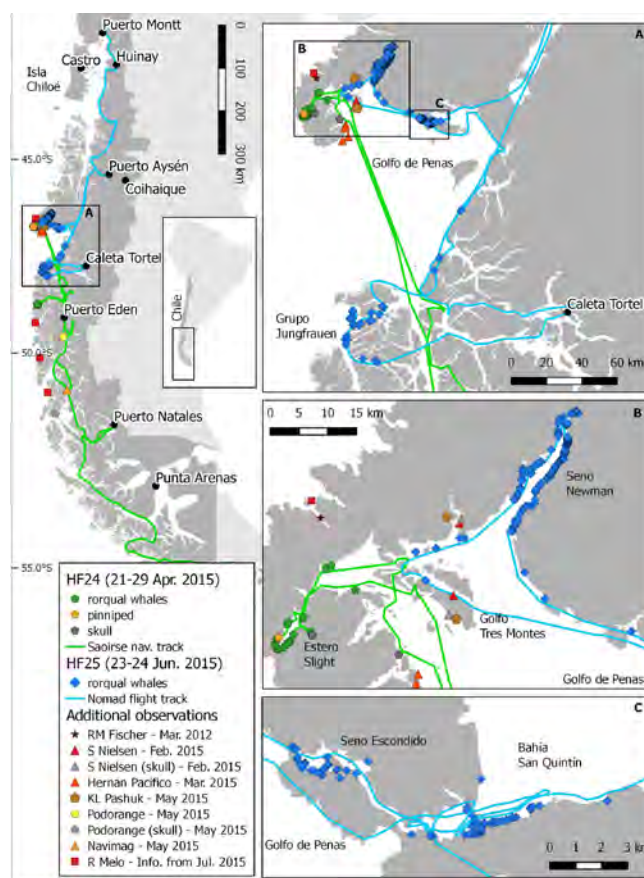
Estado de conservación: IUCN: En Peligro (EP), RCE: En Peligro Crítico (CR)



**Figura 20.** Ballena sei (*Balaenoptera borealis*). Ilustración obtenida de Würsig *et al.* (2018)



**Distribución, hábitat y abundancia:** Es una especie cosmopolita, con hábitos más bien oceánicos. En invierno se ubican en aguas tropicales y subtropicales, y en verano se desplazan a latitudes subpolares llegando a los 60°S. En Chile, los lugares donde se avistan frecuentemente esta especie se encuentra la zona costera frente de Concepción/Talcahuano, costa oeste de isla Grande de Chiloé (Guzmán 2006), golfo Corcovado y canales adyacentes (Hucke-Gaete *et al.*, 2010, Buchan *et al.*, 2021), golfo de Penas (Häussermann *et al.* 2017, Español-Jiménez *et al.* 2019) (Fig. 19), estrecho de Magallanes (Acevedo *et al.* 2017), sector de canal Beagle a cabo de Hornos (Acevedo datos no publicados), y registros acústicos de ballena sei en primavera en las aguas adyacentes al archipiélago de Juan Fernández (Buchan datos no publicados). La estimación poblacional de esta especie para el Hemisferio Sur fue de 10.000–20.000 individuos (Cooke, 2018), mientras que el tamaño efectivo genético ( $N_e$ ) para este Hemisferio fue de SH (media  $N_e$ : 216.028; IC95%: [119.990–297.990], Pérez-Alvarez *et al.*, 2021). Se ha reportado mortalidades masivas de esta especie en el Golfo de Penas. El año 2015 se contabilizaron más de 300 individuos muertos en esa área geográfica (Haussermann *et al.*, 2015).



**Figura 21.** Ubicación de los varamientos de ballena sei en el 2015, en el Golfo de Penas. Los diamantes verdes y azules indican la posición de los individuos registrados. Figura obtenida de Häussermann *et al.* (2017).

Nombre común: Ballena jorobada (Fig. 22)  
Nombre en inglés: Humpback whale  
Nombre científico: *Megaptera novaeangliae*  
Medidas máximas  
Largo total: 17 m  
Peso: 40 ton  
Estado de conservación: IUCN: Preocupación menor (MP), RCE: Vulnerable (VU)



**Figura 22.** Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*). Ilustración obtenida de Würsig *et al.* (2018)

**Distribución, hábitat y abundancia:** Especie cosmopolita, presente en todos los océanos del mundo. Se encuentra habitualmente cerca de la costa, en la plataforma continental. Es una especie altamente migratoria, que se alimenta durante la primavera hasta comienzos del otoño en latitudes medias y altas, y la época de crianza la realiza durante el invierno en zonas tropicales donde no se alimenta. Algunas poblaciones de esta especie presentan una fidelidad de sitio donde anualmente se desplazan entre las mismas zonas de alimentación y de apareamiento (Calambokidis *et al.* 2001; Wedekin *et al.* 2010). En Chile se ha registrado la presencia de esta especie desde Iquique (20°12'S) I Región (Findlay *et al.*, 1998) hasta la Antártica (Aguayo & Torres, 1967), incluyendo el Archipiélago de Juan Fernández e Isla de Pascua (Aguayo-Lobo *et al.*, 1998a). Se ha descrito que la principal zona de alimentación en el Pacífico sureste se encuentra en la costa oeste de la Península Antártica (Stevick *et al.*, 2004) y al sur de la convergencia Antártica. En segundo lugar, en aguas interiores de los fiordos patagónicos y del Estrecho de Magallanes (Gibbons *et al.*, 2003), con las mayores concentraciones ubicadas alrededor de las Isla Carlos III entre verano y otoño (Gibbons *et al.*, 2004). Un tercer lugar de alimentación se encuentra en el área de Chiloé y Corcovado, en Patagonia norte. Actualmente la población presente en el Parque Marino Francisco Coloane estaría compuesta por aproximadamente 2.000-3.000 individuos (Iriarte *et al.*, 2023).

Nombre común: Ballena franca austral (Fig. 23)  
Nombre en inglés: Southern right whale  
Nombre científico: *Eubalaena australis*  
Medidas máximas  
Largo total: 18 m  
Peso: 100 ton  
Estado de conservación: IUCN: En peligro crítico (CR), RCE: En Peligro (EP)



**Figura 23.** Ballena franca austral (*Eubalaena australis*). Ilustración obtenida de Würsig *et al.* (2018)

**Distribución, hábitat y abundancia:** Esta especie tiene una distribución circumpolar en el hemisferio sur, desde los 20°S a los 55°S. Sin embargo, los avistamientos más al norte comienzan desde los 8°S (Santillan *et al.*, 2004). La distribución en invierno, al menos en las zonas de reproducción, se concentra cerca de la costa en la parte norte de la extensión. Las principales áreas de reproducción actuales son cerca de la costa frente al sur de Australia, Nueva Zelanda (Islas particularmente Auckland y las islas Campbell), la costa atlántica de América del Sur (Argentina y Brasil), y el sur de África (principalmente en Sudáfrica). Un pequeño número también se observan en Chile central, Perú, y la costa este de Madagascar (IWC 2001, Rosenbaum *et al.*, 2001). En verano las ballenas francas se encuentran principalmente en las latitudes 40-50°S (Ohsumi & Kasamatsu, 1986). Sin embargo, se han visto, especialmente en los últimos años, en la Antártica por el sur hasta 65°S (IWC 2007, Bannister *et al.*, 1999) y alrededor de Georgia del Sur (Rowntree *et al.*, 2001). En relación al tamaño poblacional, se estima que la población completa del hemisferio sur es de aproximadamente 13.000 individuos. En Chile, se han reportado 232 individuos (193 adultos y 39 crías) mediante un análisis de 124 avistamientos entre los años 1964 y 2008 (Iriarte *et al.*, 2023).

Nombre común: Delfín chileno (Fig. 24)  
Nombre en inglés: Chilean dolphin  
Nombre científico: *Cephalorhynchus eutropia*  
Medidas máximas  
Largo total: 1,67 m  
Peso: 67 kg  
Estado de conservación: IUCN: Casi amenazada (CA), RCE: Casi amenazada (CA) (XI-XII)

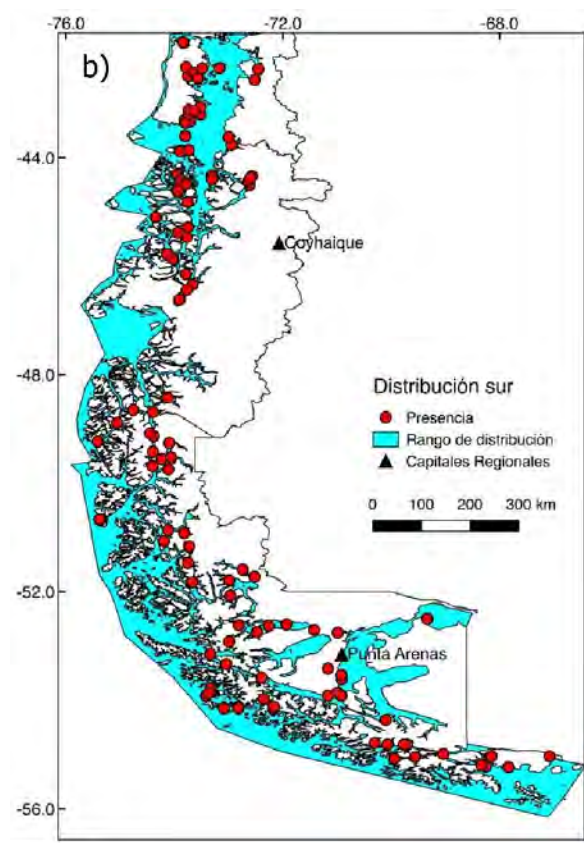


Figura 24. Delfín chileno (*Cephalorhynchus eutropia*). Ilustración obtenida de Würsig *et al.* (2018)

#### Distribución, hábitat y abundancia:

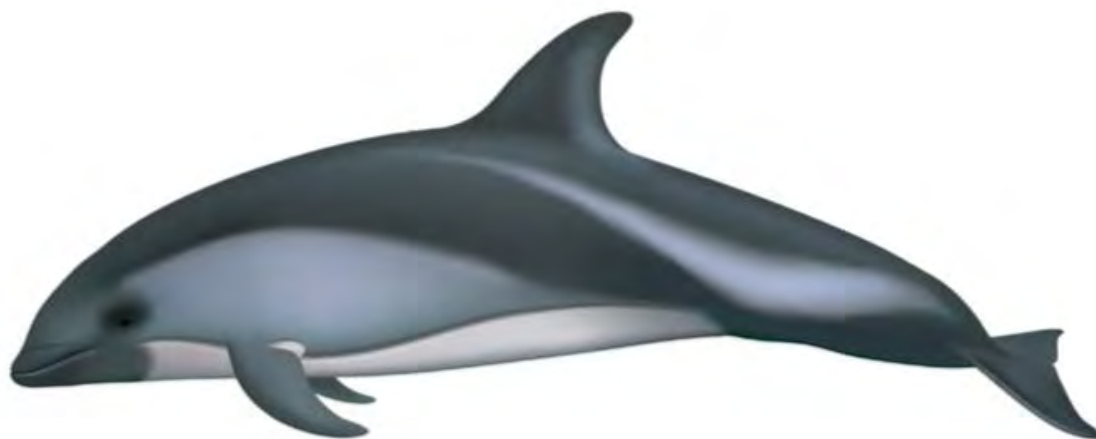
El delfín chileno es la única especie de cetáceo endémica reconocida en Chile. Dos subpoblaciones son propuestas basadas en diferencias genéticas halladas, proponiendo una subpoblación de costa expuesta hacia el norte de la península de Taitao y otra en las aguas protegidas al sur de los fiordos y canales (Pérez-Álvarez *et al.*, 2015) (Fig. 25).

El registro más septentrional se encuentra frente a las aguas de Concón, Valparaíso (33°S) (Aguayo-Lobo *et al.*, 1998) y el más austral, en seno Grandi, isla Navarino (55°15'S) (Norris, 1968). Como es común para otros miembros del género, se encuentra en aguas costeras poco profundas. A pesar de la extensión del área de distribución, esta se cree que es fragmentada y en parches, siendo más frecuente al sur de Valdivia (Goodall, 1994). No existe una estimación de abundancia para la distribución completa de la especie, sin embargo, un estudio reciente estima una abundancia del orden de 2.000 individuos (media: 2.225,8; IC95%: 1.340–3.867) en Patagonia Norte (Brediñana *et al.*, 2023).



**Figura 25.** Mapa de distribución y registros de presencia del delfín chileno. Distribución estimada del delfín chileno (área celeste) y registros de la presencia en la Patagonia chilena (círculos rojos). Los triángulos negros indican las capitales Regionales. Figura extraída de Pérez-Alvarez *et al.* (2020).

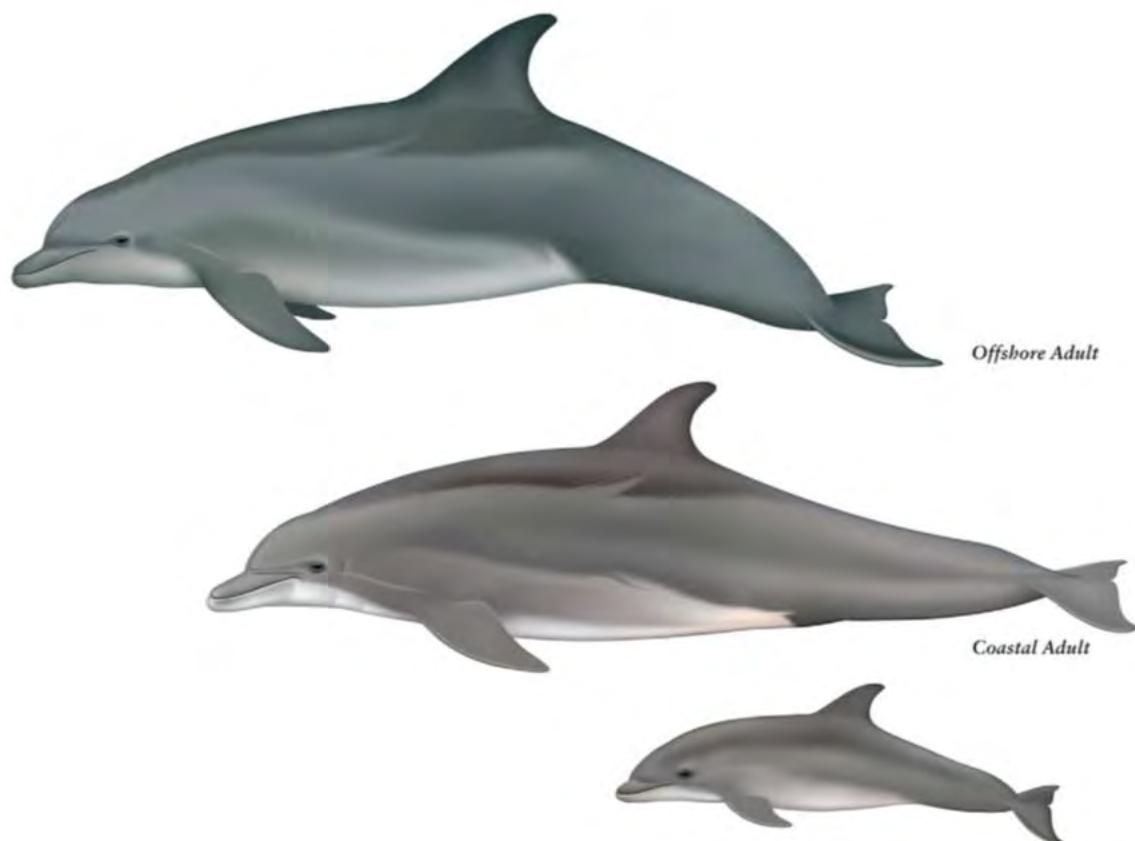
Nombre común: Delfín austral (Fig. 26)  
Nombre en inglés: Peale's dolphin  
Nombre científico: *Lagenorhynchus australis*  
Medidas máximas  
Largo total: 2,18m  
Peso: 115 kg  
Estado de conservación: IUCN: Preocupación menor (MP), RCE: Preocupación menor (MP)



**Figura 26.** Delfín austral (*Lagenorhynchus australis*). Ilustración obtenida de Würsig *et al.* (2018)

**Distribución y hábitat:** En Chile se extiende principalmente desde Valdivia (aprox. 38°S) hasta el cabo de Hornos a lo largo de la plataforma continental y fiordos patagónicos, con registros excepcionales cerca del río Aconcagua en Chile, 32°25'S (Aguayo-Lobo *et al.*, 1998). Además, la especie tiende a ser más común en el sur, particularmente en los canales y fiordos de la Patagonia. No existen estimaciones de abundancia para esta especie en aguas nacionales.

Nombre común: Delfín nariz de botella o tursión (Fig. 27)  
Nombre en inglés: Bottlenose dolphin  
Nombre científico: *Tursiops truncatus*  
Medidas máximas  
Largo total: 3,8 m  
Peso: 0,120 ton  
Estado de conservación: IUCN: Preocupación menor (MP), RCE: Preocupación menor (MP)



**Figura 27.** Delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*). Ilustración obtenida de Würsig *et al.* (2018)

### **Distribución, hábitat y abundancia**

Especie cosmopolita que se encuentra en la mayoría de las costas templadas y tropicales de todo el mundo (Jefferson *et al.*, 2008), llegando a los 45° latitud en ambos hemisferios, a excepción a lo ocurrido en el extremo austral de Chile, donde supera los 53°S (Olavarria *et al.*, 2010). La presencia de esta especie ha sido descrita en hábitats marinos, estuarinos e incluso en ríos (Connor *et al.*, 2000). Son de hábitos principalmente costeros, pero también pueden ser encontrados en aguas oceánicas, cerca de islas oceánicas, y sobre la plataforma continental (Wells & Scott 2009). En Chile, el delfín nariz de botella se ha reportado desde Arica (18°S) (Aguayo-Lobo *et al.*, 1998) hasta el Estrecho de Magallanes (53°S), siendo ésta la distribución más austral de todo su rango (Olavarria *et al.*, 2010).

A pesar de este amplio rango de distribución continua, los reportes de largo plazo sobre la presencia de esta especie está restringida la Isla Choros e Isla de Chañaral (29°S) en la costa centro-norte de Chile, donde una población residente ha sido significativamente documentada y estudiada (Capella *et al.*, 1999, Santos-Carvalho *et al.* 2015, 2018; Van Waerebeek *et al.*, 2017, Pérez-Alvarez *et al.* 2018). No obstante, a mayor esfuerzo de observación, otras áreas han comenzado a tener un número importante de avistamientos, como es en la costa



central (Díaz-Aguirre *et al.*, 2009) y Patagonia (Sanino & Van Waerebeek, 2008; Olavarria *et al.* 2010, Viddi *et al.*, 2010; Huckle-Gaete *et al.*, 2021). Dada la escasez de registros para esta especie en el área entre las regiones de Los Lagos/Aysén y Magallanes (45°S a 53°S) en el Pacífico Sur oriental a lo largo de la costa chilena, y la posible proximidad geográfica de los delfines observados en Magallanes con la población del Atlántico Sur occidental al sur de la costa de Argentina (Goodall *et al.*, 2011), es probable que estos delfines provengan de poblaciones atlánticas. No existen estimaciones de abundancia para aguas nacionales.

Nombre común: Orca (Fig. 28)

Nombre en inglés: Killer whale

Nombre científico: *Orcinus orca*

Medidas máximas

Largo total: 9 m

Peso: 7 ton

Estado de conservación: IUCN: Datos insuficientes (DI), RCE: Datos insuficientes (DI)



Figura 28 Orca (*Orcinus orca*). Ilustración obtenida de Würsig *et al.* (2018)

### Distribución, hábitat y abundancia.

Es uno de los cetáceos más cosmopolita, con un amplio rango de distribución y pueden ser vistos desde el Ecuador hasta zonas polares, cerca de la costa o en aguas oceánicas. Si bien, es común observarlos en áreas cerca de la costa y en latitudes más altas, parece no existir una restricción en cuanto a la temperatura del agua o su profundidad. En Chile, la presencia de ejemplares ha sido informado desde Pisagua (19°35'S.), Región de Tarapacá, hasta el mar de Bellingshausen (70°23'S.), Antártica, (Racovitza, 1903), incluyendo el archipiélago de Juan Fernández (Aguayo - Lobo *et al.*, 1998). No existen estimaciones de abundancia para esta especie en aguas nacionales.



Nombre común: Cachalote (Fig. 29)  
Nombre en inglés: Sperm whale  
Nombre científico: *Physeter macrocephalus*  
Medidas máximas  
Largo total: 16 m  
Peso: 45 ton  
Estado de conservación: IUCN: Vulnerable (VU), RCE: Vulnerable (VU)

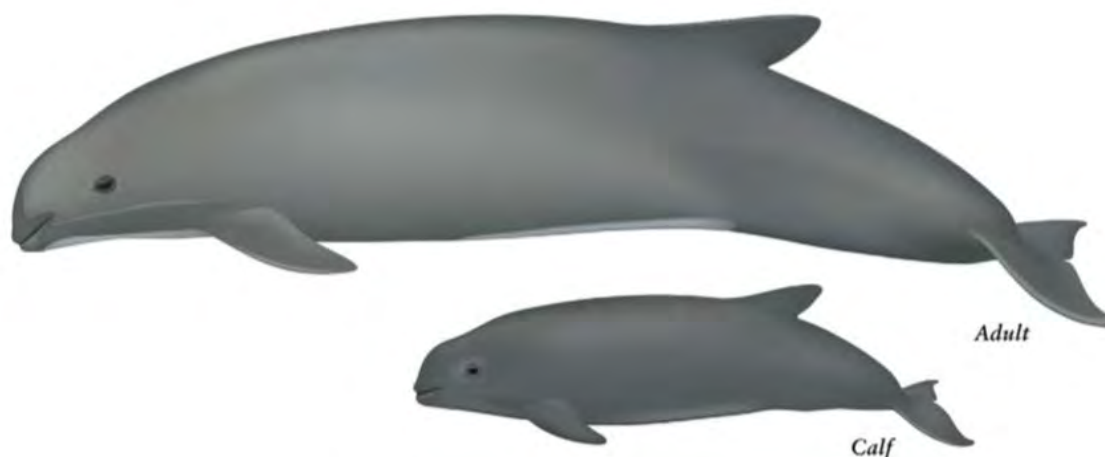


Figura 29. Cachalote (*Physeter macrocephalus*). Ilustración obtenida de Würsig *et al.* (2018)

**Distribución, hábitat y abundancia:** es una de las especies con una amplia distribución, habitando en todos los océanos del mundo, en una amplia diversidad de hábitat, desde el borde de los hielos en ambos hemisferios hasta el Ecuador. Tienden a presentarse en grandes densidades en cañones submarinos, sobre el talud continental. Esta especie se encuentra usualmente en aguas oceánicas donde se encuentran grandes profundidades (superando los 1.000 m), pero también pueden encontrarse cerca de la costa del continente o de islas, pero en presencia de grandes profundidades. Se han documentado marcadas diferencias en los patrones de migraciones de machos y hembras, donde sólo los machos adultos se desplazan hacia altas latitudes para alimentarse, mientras que el resto de las categorías etarias de ambos sexos se desplazan en aguas tropicales y templadas, a su vez los machos se desplazan a lo largo de diferentes cuencas oceánicas en busca de parejas reproductivas (Reeves *et al.*, 2002, Jefferson *et al.* 2008; Whitehead, 2009).

La presencia de cachalotes en aguas chilenas se ha reportado desde Arica (18°29'S.), I Región, hasta los 56°49'S en el paso Drake, incluyendo a la isla Alejandro Selkirk, archipiélago de Juan Fernández e isla de Pascua. La mayor abundancia de ejemplares registrados corresponde a las aguas de la zona norte (Aguayo-Lobo *et al.* 1998b) y recientemente se han reportado estimaciones de abundancia del orden de 2.200 individuos (promedio: 2.236,5, IC95%: [1.289–4.633], para la porción chilena de la corriente de Humboldt (Brediñana *et al.*, 2022).

Nombre común: Marsopa espinosa (Fig. 30)  
Nombre en inglés: Burmeister's Porpoise  
Nombre científico: *Phocoena spinipinnis*  
Medidas máximas  
Largo total: 1,83 m  
Peso: 80 kg  
Estado de conservación: IUCN: Casi amenazada (CA), RCE: Datos insuficientes (DI)



**Figura 30.** Marsopa espinosa (*Phocoena spinipinnis*). Ilustración obtenida de Würsig *et al.* (2018)

### Distribución, hábitat y abundancia

Esta especie de hábitos principalmente costeros encontrándose entre los 100 a 1.000 m desde la costa, en profundidades entre 5 y 25 m, pero sin embargo se han registrado hasta 25 km desde la costa de Argentina en profundidades de 30 a 60 m. Su distribución está restringida sólo a América del Sur, tanto por la costa del Pacífico como por el Atlántico. Por la costa del Pacífico la distribución más al norte registrada es la norte de Perú en la latitud 5°S. Desde aquí la distribución se extiende hasta Cabo de Hornos, para luego continuar por la costa Atlántica llegando al sur de Brasil, cerca de la latitud 28°S (Reeves *et al.* 2002; Jefferson *et al.*, 2008; Reyes, 2009). En Chile, se ha reportado la presencia de ejemplares desde Arica (18°29'S), hasta el Cabo de Hornos (55°25'S.), presentando la mayor cantidad de registros en las aguas de la zona norte del país (Aguayo-Lobo *et al.*, 1998). No existe información relacionada con estimaciones de abundancia para esta especie

Nombre común: Zifio de Layard (Fig. 31)

Nombre en inglés:

Nombre científico: *Mesoplodon layardii*

Medidas máximas

Largo total: 6 m

Peso: 3,2 ton

Estado de conservación: IUCN: Preocupación menor (MP), RCE: Datos insuficientes (DI)



Figura 31. Zifio de Layard (*Mesoplodon layardii*). Ilustración obtenida de Würsig *et al.* (2018)

### Distribución, hábitat y abundancia

Se encuentran principalmente en aguas profundas más allá del borde de la plataforma continental (Taylor *et al.*, 2008). En Chile, los registros de esta especie corresponden a un ejemplar varado y a tres restos óseos hallados en la Región de Magallanes, en el estrecho de Magallanes, bahía Windhond e isla Navarino (Goodall, 1978; Venegas & Sielfeld 1978; Sielfeld 1979). A estos registros se suman los dos individuos que se acercaron a la costa, donde uno pudo ser devuelto a aguas más profundas y el otro, de sexo masculino, murió varado (Español Jiménez *et al.*, 2020). No existen estimaciones de abundancia para esta especie en aguas nacionales

Nombre común: Lobo marino común (Fig. 32)

Nombre en inglés: South American sea lion

Nombre científico: *Otaria flavescens*

Medidas máximas

Largo total: 3m (macho), 2m (hembra)

Peso: 350kg (macho), 160kg (hembra)

Estado de conservación: IUCN: Preocupación menor (MP), RCE: Preocupación menor (MP)



**Figura 32.** Lobo marino común (*Otaria flavescens*). Ilustración obtenida de proyecto Corfo 14BPCR-33451

**Distribución:** El lobo marino sudamericano está ampliamente distribuido en las costas atlántica y pacífica de América del Sur, ocurriendo casi continuamente desde el sur de Brasil hasta el Cabo de Hornos en la costa atlántica, y al norte hasta la costa occidental del continente hasta Zorritos, Perú en la costa del Pacífico (Crespo *et al.*, 2021). Del lado del Atlántico se han visto algunos especímenes tan al norte como Río de Janeiro, en el sureste de Brasil (Rosas *et al.*, 1993), mientras que en el Pacífico se han encontrado algunos individuos en Ecuador y Colombia, e incluso formando pequeñas colonias (Cárdenas-Alayza *et al.*, 2016). A lo largo de la costa chilena esta especie tiene una distribución continua, encontrándose principalmente en roqueríos cerca de la costa. En cuanto a la abundancia, el último censo realizado (2019) establece que, en Chile, entre las Regiones de Arica y Parinacota y la Región de Aysén, se registran 216 loberas, 64 de ellas reproductivas (Oliva *et al.*, 2019). Los datos de dicho censo entregan una estimación poblacional de  $123.301 \pm 4.137$  individuos, de los cuales  $39.256 \pm 2.231$ , se distribuyen en la zona norte (Regiones de Arica & Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo),  $22.201 \pm 571$  en la zona central (Regiones de Valparaíso, O'Higgins, Maule, Ñuble, Biobío y Araucanía) y  $62.044 \pm 3.139$  en la zona sur (Regiones de Los Ríos, Los Lagos y Aysén) (Oliva *et al.*, 2019).

Nombre común: Lobo fino austral (Fig. 33)

Nombre en inglés: South American fur seal

Nombre científico: *Arctocephalus australis*

Medidas máximas

Largo total: 2m (macho), 1,5m (hembra)

Peso: 200kg (macho), 60kg (hembra)

Estado de conservación: IUCN: Preocupación menor (MP), RCE: Casi amenazado (CA)



**Figura 33.** Lobo fino austral (*Arctocephalus australis*). Ilustración obtenida de proyecto Corfo 14BPCR-33451

**Distribución:** El lobo fino austral se distribuye a lo largo del Atlántico sur occidental (sur de Brasil, Uruguay, Argentina y las Islas Malvinas (Falkland), así como en las costas del Pacífico Sur (Chile y Perú) (Cárdenas-Alayza et al. 2016; Cárcamo et al. 2021). En el lado del Atlántico, se pueden encontrar sitios no reproductivos a lo largo de la costa de Rio Grande do Sul en Brasil, mientras que el límite norte de las colonias reproductivas se encuentra en Islas del Castillo, Uruguay. A lo largo de la costa de Argentina, existen varias colonias reproductivas y no reproductivas entre Mar de Plata y Tierra del Fuego (Crespo & Oliveira, 2021). En Chile, tradicionalmente se había descrito un gap de distribución de 16.000 km entre los 29° 02' S a los 43° 36' S. Sin embargo, recientemente se describieron tres colonias en este gap (Punta Curaumilla, Topocalma e Isla Santa María), lo que sugiere una expansión de la distribución de la especie en respuesta a un proceso de recuperación poblacional paulatino (Cárcamo et al. 2021). En cuanto a su abundancia, Cárcamo et al. (2021) establece que la población del norte de Chile alcanza los 21.000 individuos, mientras que la población del sur de Chile sería de aproximadamente de 65.000 individuos.

Nombre común: Foca elefante del sur (Fig. 34)

Nombre en inglés: Southern elephant seal

Nombre científico: *Mirounga leonina*

Medidas máximas

Largo total: 4,5m (macho), 3,5m (hembra)

Peso: 2-4t (macho), 900kg (hembra)

Estado de conservación: IUCN: Preocupación menor (PM), RCE: Vulnerable (VU)



**Figura 34.** Foca elefante del sur (*Mirounga leonina*). Ilustración obtenida de proyecto Corfo 14BPCR-33451

**Distribución.** Esta especie se encuentra solo en el hemisferio sur, con una distribución circumpolar mayormente en la zona subantártica. Se han descrito cuatro poblaciones principales de esta especie, en Kerguelen en el océano indico, South Georgia en el océano Atlántico, en Macquarie en el océano Pacífico, y en la Península de Valdés, en Argentina, donde se encuentra la colonia más importante de Sudamérica (Laws 1994; McMahon *et al.*, 2005; Lewis & Campagna, 2002). En Chile, la foca elefante del sur habita principalmente en tres sitios en la Región de Magallanes: Bahía Ainsworth (54°24'S), Jackson (54°26'S) (ambos ubicados en el Seno Almirantazgo en la Isla Tierra del Fuego) y el Estuario Poca Esperanza (52°14'S) (Cárcamo *et al.*, 2019). La presencia de esta especie en el Seno Almirantazgo se ha reportado desde 1971, que sugiere el asentamiento de animales en Magallanes durante al menos 44 años (Acevedo *et al.*, 2016).

**Chungungo (*Lontra felina*).** Marine otter. Se distribuye a lo largo de la costa del Océano Pacífico, desde el norte del Perú (6°S) a hasta el Cabo de Hornos (56°S) en Chile e Islas adyacentes (Castilla & Bahamondes 1979, Sielfeld 1983, Sielfeld & Castilla 1999). Schlatter & Riveros (1997) no encontraron la especie en las Islas Diego Ramírez. También está presente en poblaciones aisladas en Argentina, especialmente en el Estrecho de Magallanes e Islas de los Estados. Siendo extremadamente amenazada en Cabo de Hornos y al sur de Tierra del Fuego (Cabello, 1978). **Estado de conservación:** IUCN: En Peligro (EP), RCE: En Peligro (EP)

**Tabla 5.** Listado de mamíferos marinos que se encuentran en la Patagonia chilena y estimaciones de abundancia disponibles para el área chilena de las especies más frecuentes de avistar en el área de estudio (\*), s.i.: sin información

Nombre común	Nombre científico	
Ballena azul	<i>Balaenoptera musculus</i>	9.000 océano Pacífico austral (Iriarte <i>et al.</i> , 2023) 923 (462– 2,998) Área chilena (Bedriñana-Romano <i>et al.</i> , 2022)
Ballena fin	<i>Balaenoptera physalus</i>	
Ballena minke antártica	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	
Ballena sei*	<i>Balaenoptera borealis</i>	10.000–20.000 (Cooke, 2018)
Ballena jorobada*	<i>Megaptera novaeangliae</i>	2.000-3.000 (Iriarte <i>et al.</i> , 2023)
Ballena franca austral*	<i>Eubalaena australis</i>	232 (Iriarte <i>et al.</i> , 2023)
Ballena franca pigmea	<i>Caperea marginata</i>	
Delfín chileno*	<i>Cephalorhynchus eutropia</i>	2.000 (1.340–3.867) (Bedriñana <i>et al.</i> , 2023)
Tonina overa	<i>Cephalorhynchus commersonii</i>	
Delfín liso del sur	<i>Lissodelphis peronii</i>	
Delfín austral*	<i>Lagenorhynchus australis</i>	s.i.
Delfín oscuro	<i>Lagenorhynchus obscurus</i>	
Delfín nariz de botella*	<i>Tursiops truncatus</i>	s.i.
Orca*	<i>Orcinus orca</i>	s.i.
Calderón gris	<i>Grampus griseus</i>	
Calderón de aleta larga	<i>Globicephala melas</i>	
Falsa orca	<i>Pseudorca crassidens</i>	
Cachalote*	<i>Physeter macrocephalus</i>	2.237 (1.289–4.633). Porción chilena corriente de Humboldt (Bedriñana <i>et al.</i> , 2022).
Marsopa espinosa*	<i>Phocoena spinipinnis</i>	s.i
Zifio de Cuvier	<i>Ziphius cavirostris</i>	
Zifio de Layard*	<i>Mesoplodon layardii</i>	s.i
Zifio de Gray	<i>Mesoplodon grayi</i>	
Zifio de Héctor	<i>Mesoplodon hectori</i>	
Zifio de Arnoux	<i>Berardius arnuxii</i>	
Zifio Calderón Austral	<i>Hyperoodon planifrons</i>	
Zifio de Shepherd	<i>Tasmacetus shepherdi</i>	
Lobo marino común	<i>Otaria flavescens</i>	62.044 ± 3.139 sur de Chile (Oliva <i>et al.</i> , 2019)
Lobo fino austral	<i>Arctocephalus australis</i>	65.000 (Cárcamo <i>et al.</i> , 2021)
Foca elefante del sur	<i>Mirounga leonina</i>	s.i.
Chungungo	<i>Lontra felina</i>	s.i.
Huillín	<i>Lontra provocax</i>	s.i.

**Huillín (*Lontra provocax*).** Southern River Otter. En Chile, antiguamente, hacia 1880, habitaba al norte desde el río Cachapoal (Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, 36° S). Medina *et al.* (2004) informan que en la actualidad se encuentra solamente desde Cautín (río Toltén, Región de La Araucanía, 39° S) al Estrecho de Magallanes y Tierra del Fuego, habitando sólo en los canales del litoral Pacífico (56° S), desde la costa hasta los 1.000 m de altitud (Medina *et al.*, 2004, Quintana *et al.*, 2009). Se distribuye en forma heterogénea, en asociación con las presas y con ambientes con refugios, ya sean densos en raíces o rocas (Sielfeld & Castilla 1999). El huillín se presenta en poblaciones disjuntas ubicadas en los ríos Cayutue, Cole cole, Enco, Futaleufú, Quinque, Lingue, Llico, Mahuidanche, Negro, Petrohué, Puelo, Pullafquén, Yelcho, y en los lagos Chaiguata, Cucao, Neltume, Panguipulli, Riñihue y todos los Santos (Medina 1996, Lariviere 1999). **Estado de conservación:** IUCN: En Peligro (EP), RCE: En Peligro (EP).

#### 4.1.2. Mamíferos marinos asociados a centros de cultivo de salmones en Chile

Se analizó el detalle de 17.167 reportes de avistamientos de mamíferos marinos en el área circundante a la infraestructura de distintos centros de cultivo, en el marco de la Res. 2811 de 2021, hasta una distancia de 150 m, entre el 01 de enero de 2022 y el 31 de diciembre de 2022. Dichos datos dan cuenta de lo registrado e informado en un total de 260 concesiones de cultivo de salmones de las Regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes.

La información indicada incluye los avistamientos de un total de 71.435 ejemplares de diversas especies de mamíferos marinos. Cabe indicar que los registros incluyen tanto identificación de ejemplares a nivel de especie, como a nivel de grupo, empleando indistintamente términos como "ballena", "mustélido", "lobo marino" o "delfín". Igualmente, señalan avistamientos de especies no incluidas en el listado de la Res. 2811 de 2021, tales como *Delphinus capensis* o "visón".

El 83,8% de los ejemplares avistados durante 2022 correspondió a individuos identificados como lobo marino común (*Otaria flavescens*), el 10,7% como lobo marino y el 1,5% a lobo fino austral (*Arctocephalus australis*), incluyéndose además unos pocos registros (<10) de lobo fino antártico y lobo fino de Juan Fernández. Así, los pinnípedos corresponden al 96% de los ejemplares de mamíferos marinos avistados en 2022 (Tabla 6).

El delfín chileno (*Cephalorhynchus eutropia*), el delfín austral (*Lagenorhynchus australis*), la tonina overa (*Cephalorhynchus commersonii*), la orca (*Orcinus glacialis/Orcinus orca*) y el delfín común (*Delphinus delphis*) fueron las especies de cetáceos con el mayor porcentaje de ejemplares avistados, correspondiendo al 3% del total, específicamente 2.155 ejemplares. En cuanto a los mustélidos, considerando tanto los individuos identificados a nivel de especie (*Lontra felina*, *Lontra provocax* y *Neovison vison*) como aquellos catalogados genéricamente como "Mustélidos", estos corresponden a un total de 28 ejemplares (0,04% de los avistamientos) (Fig. 35).



**Tabla 6.** Número de ejemplares de mamíferos marinos reportados como avistados desde centros de cultivo, por estado de desarrollo, durante 2022. ND indica que el estado de desarrollo es no determinado

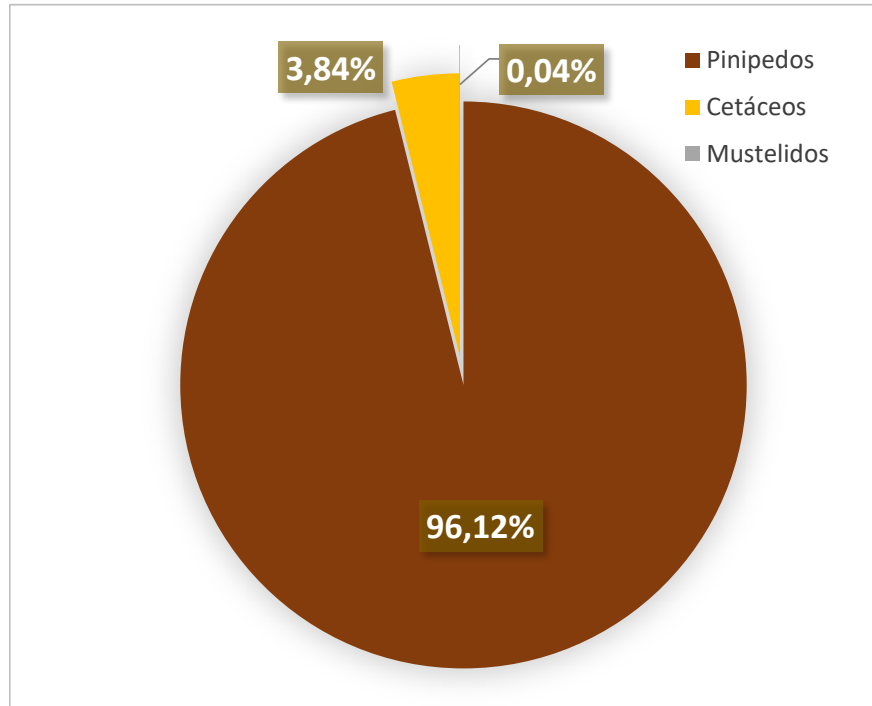
Nombre común	Nombre Científico o grupo	Adulto	Cría	Juvenil	ND	Total
Ballena	Cetáceo				7	7
Ballena jorobada	<i>Megaptera novaeangliae</i>				21	21
Ballena sei	<i>Balaenoptera borealis</i>				2	2
Chungungo	<i>Lontra felina</i>				1	1
Delfín	Cetáceo	19		4	233	256
Delfín	<i>Delphinus capensis</i>	18			46	64
Delfín austral	<i>Lagenorhynchus australis</i>	271		6	168	445
Delfín chileno	<i>Cephalorhynchus eutropia</i>	315	1	36	676	1.028
Delfín común	<i>Delphinus delphis</i>	79		16	114	209
Delfín nariz de botella	<i>Tursiops truncatus</i>	25			3	28
Huillín	<i>Lontra provocax</i>	5		2	1	8
Lobo fino antártico	<i>Arctocephalus gazella</i>	2		2		4
Lobo fino austral	<i>Arctocephalus australis</i>	499	30	99	448	1.076
Lobo fino de Juan Fernández	<i>Arctocephalus philippii</i>				5	5
Lobo marino	Pinnípedo	1113	6	548	5945	7.612
Lobo marino común	<i>Otaria flavescens</i>	18.180	242	7.431	34.035	59.888
Lobo marino y Delfín	Pinnípedo y cetáceo	80				80
Mustélido	Mustélido	5			6	11
Orca antártica/orca	<i>Orcinus glacialis/Orcinus orca</i>	168	1	15	82	266
Tonina overa	<i>Cephalorhynchus commersonii</i>	178		48	190	416
Visón	<i>Neovison vison</i>	5		1	2	8
<b>Total</b>		<b>20.962</b>	<b>280</b>	<b>8.208</b>	<b>41.985</b>	<b>71.435</b>

El 41% de los ejemplares fueron reportados asociándoles algún nivel de desarrollo (Cría, juvenil o Adulto), de los cuales el 71% correspondió a Adultos. A sólo el 7% de los ejemplares que fueron reportados, se les asignó sexo, de los cuales el 61% fueron identificados como machos (Tabla 7).

**Tabla 7.** Número de ejemplares de mamíferos marinos reportados como avistados desde centros de cultivo, por sexo, durante 2022. ND indica no detectado

Nombre común	Nombre Científico	Hembra	Macho	ND	Total
Ballena	Cetáceo			7	7
Ballena jorobada	<i>Megaptera novaeangliae</i>			21	21
Ballena sei	<i>Balaenoptera borealis</i>			2	2
Chungungo	<i>Lontra felina</i>			1	1
Delfín	Cetáceo	3	7	246	256
Delfín	<i>Delphinus capensis</i>			64	64
Delfín austral	<i>Lagenorhynchus australis</i>		5	440	445
Delfín chileno	<i>Cephalorhynchus eutropia</i>	2	13	1.013	1.028
Delfín común	<i>Delphinus delphis</i>		5	204	209
Delfín nariz de botella	<i>Tursiops truncatus</i>			28	28
Huillín	<i>Lontra provocax</i>		1	7	8
Lobo fino antártico	<i>Arctocephalus gazella</i>			4	4
Lobo fino austral	<i>Arctocephalus australis</i>	11	153	912	1.076
Lobo fino de Juan Fernández	<i>Arctocephalus philippii</i>			5	5
Lobo marino	Pinnípedo	33	162	7417	7.612
Lobo marino común	<i>Otaria flavescens</i>	1939	2.806	55.143	59.888
Lobo marino y Delfín	Pinnípedo y cetáceo			80	80
Mustélido	Mustélido			11	11
Orca antártica/orca	<i>Orcinus glacialis/Orcinus orca</i>	9	6	251	266
Tonina overa	<i>Cephalorhynchus commersonii</i>	1	1	414	416
Visón	<i>Neovison vison</i>			8	8
<b>Total</b>		<b>1.998</b>	<b>3.159</b>	<b>66.278</b>	<b>71.435</b>

Desde una perspectiva espacial, el mayor número de avistamientos, se registró en la Región de Aysén, zona en donde el número de concesiones analizadas correspondió al 55% del total. Especies como delfín austral, delfín chileno, delfín común, lobo fino austral y lobo marino común registraron avistamientos en las tres regiones administrativas, en tanto orca antártica/orca, tonina overa, delfín nariz de botella delfín, huillín y mustélidos registraron avistamientos sólo en las Regiones de Los Lagos y de Aysén (Tabla 8).



**Figura 35.** Porcentajes de avistamientos de ejemplares de pinnípedos, cetáceos y mustélidos en centros de cultivo de salmones durante 2022.

**Tabla 8.** Número de avistamientos de mamíferos marinos reportados desde centros de cultivo, durante 2022, por Región administrativa (LLG: Los Lagos, AYS: Aysén y MGL: Magallanes)

Nombre común	Nombre Científico	LLG	AYS	MGL	Total
Ballena	Cetáceo	1	1		2
Ballena jorobada	<i>Megaptera novaeangliae</i>		3		3
Ballena sei	<i>Balaenoptera borealis</i>		1		1
Chungungo	<i>Lontra felina</i>		1		1
Delfín	Cetáceo	76	30	2	108
Delfín	<i>Delphinus capensis</i>	2	8		10
Delfín austral	<i>Lagenorhynchus australis</i>	43	38	30	111
Delfín chileno	<i>Cephalorhynchus eutropia</i>	135	63	56	254
Delfín común	<i>Delphinus delphis</i>	16	39	2	57
Delfín nariz de botella	<i>Tursiops truncatus</i>	1	4		5
Huillín	<i>Lontra provocax</i>	1	6		7
Lobo fino antártico	<i>Arctocephalus gazella</i>		2		2
Lobo fino austral	<i>Arctocephalus australis</i>	45	212	113	370
Lobo fino de Juan Fernández	<i>Arctocephalus philippii</i>	1			1
Lobo marino	Pinnípedo	652	2.406		3.058
Lobo marino común	<i>Otaria flavescens</i>	5.361	6.538	1.056	12.955
Lobo marino y Delfín	Pinnípedo y cetáceo	12			12
Mustélido	Mustélido	7	4		11
Orca antártica/orca	<i>Orcinus glacialis/Orcinus orca</i>	17	54		71
Tonina overa	<i>Cephalorhynchus commersonii</i>	73	41		114
Visón	<i>Neovison vison</i>		6		6
<b>Total</b>		<b>6.443</b>	<b>9.457</b>	<b>1.259</b>	<b>17.159</b>

Un total de 56 Agrupaciones de Concesiones de Salmonicultura (ACS) avistaron lobo marino común y 45 ACS cetáceos. 23 ACS dan cuenta del 80% del total de los avistamientos de lobo marino común (LMC), concentrándose en las ACS 16, 9C, 32, 17A y 2. Un total de 19 ACS dan cuenta del 81% del total de avistamientos de cetáceos, porcentaje que correspondió a 595 avistamientos, de los cuales 594 correspondieron a odontocetos (cetáceos dentados), las que se concentraron en las ACS 2, 3B, 43B, 6, 22D, 33 y 27 (Figs. 36 y 37)

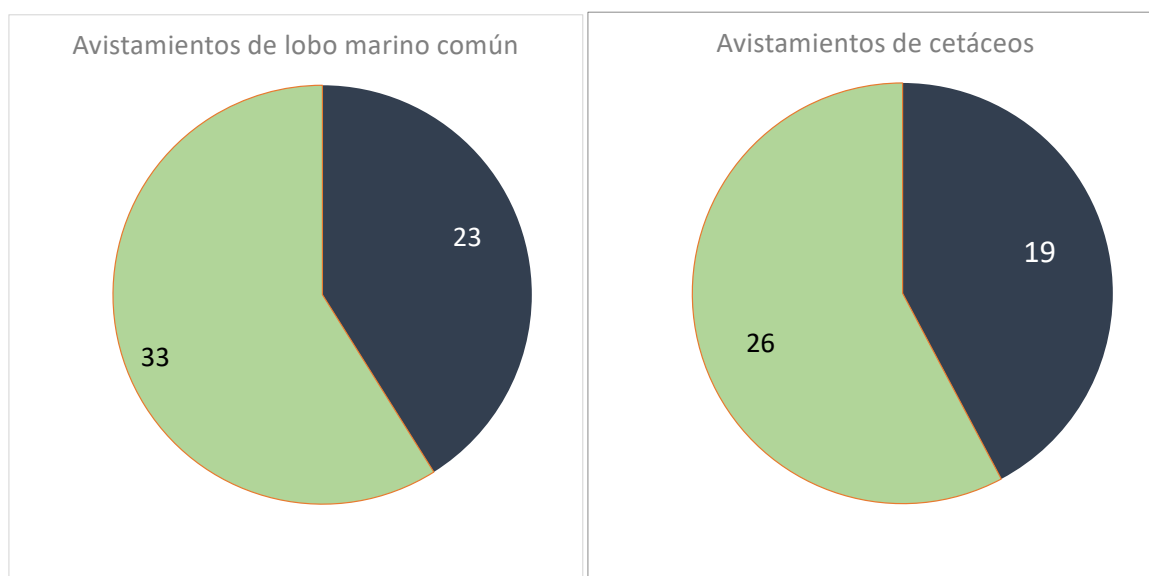


Figura 36. Número de ACS que avistaron lobo marino común y cetáceos. En azul se indica el número de ACS que concentró el 80% y 81% de avistamientos de ambas categorías.

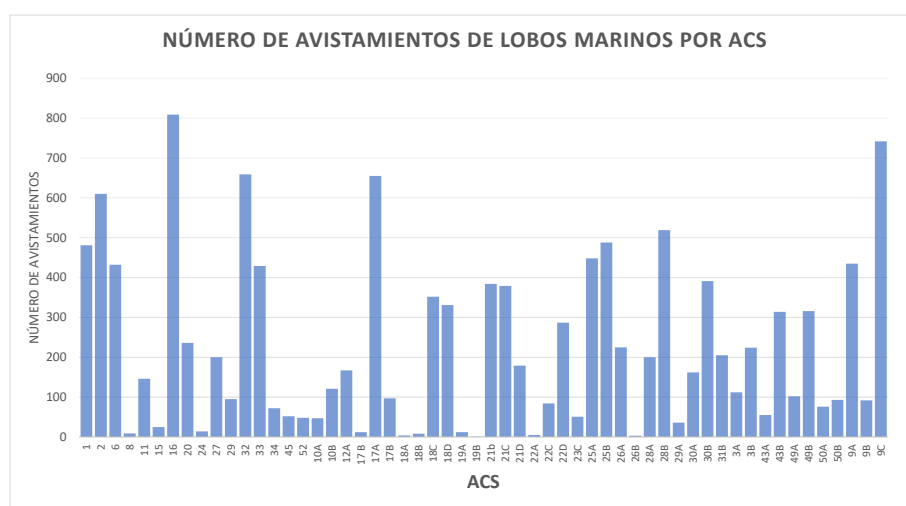


Figura 37. Número de avistamientos de lobo marino común (*O. flavescens*) por ACS, según datos reportados en Res 2811 de 2021

#### **4.1.3 Mortalidad informada a SERNAPESCA atribuida a depredadores**

Los datos de mortalidad facilitados por SERNAPESCA, indican que entre enero de 2019 y octubre de 2023, los productores informaron una mortalidad atribuida a depredadores de 8.689.564 de peces. Ésta correspondiente a la séptima causa de mortalidad, después de Secundaria/infecciosa, Eliminación, Daño mecánico, Ambiental, Desadaptado y Otras. Anualmente, el porcentaje de la mortalidad total informado atribuida a la acción de depredadores varió entre 5,5% y 9,6%, alcanzando para el total del período analizado un 7,4% (Fig. 38).

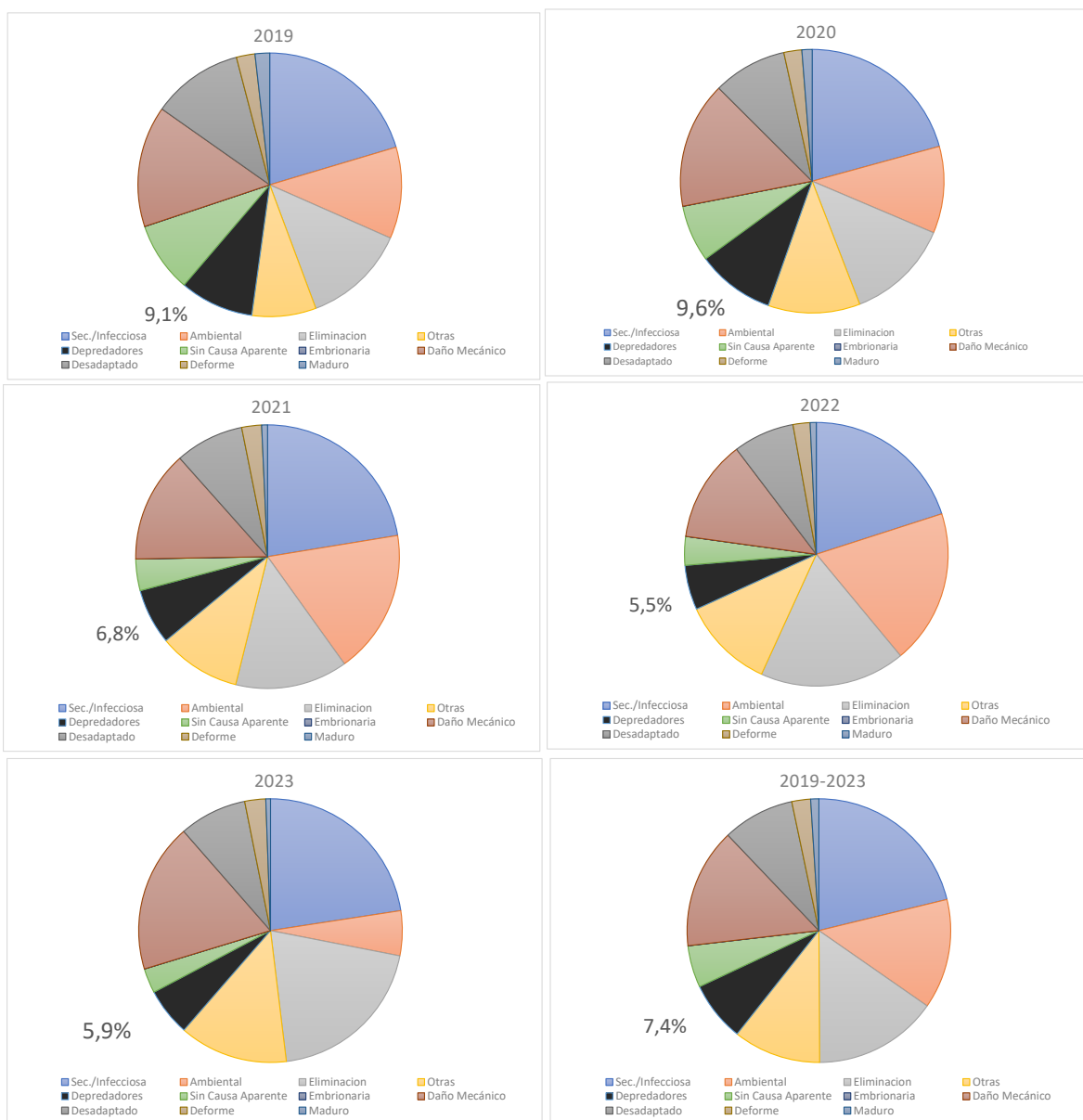
El total de la mortalidad atribuida a depredadores se registró en un total de 82 ACS. Un total de 32 ACS (39% del total de las ACS analizadas) concentraron el 80,7% de la mortalidad para el período.

Las cinco ACS con mayores mortalidades de salmones atribuidas al ataque de depredadores, correspondieron a las asociaciones 21C (Aysén), 2 (Los Lagos), 49B (Magallanes), 18D (Aysén) y 28B (Aysén), concentrando una mortalidad total de 2.020.549 ejemplares para el período analizado (23,3% de la mortalidad total). A nivel de concesiones, de un total de 910 concesiones que reportaron mortalidad, 800 de ellas lo hicieron asociándola a mortalidad de salmones debido a la acción de depredadores. Especialmente, los valores altos se registran en toda el área analizada. En Los Lagos, aunque ubicua, las mayores mortalidades parecen concentrarse preferentemente en la zona central de la Región, en tanto en Aysén, algunos fiordos, por ejemplo, en la zona nororiental del Canal Moreleda, muestran con mayor frecuencia valores altos, en Magallanes en seno Skying (norte de isla Riesco) y frente a Puerto Natales (Fig. 39).

El número total de eventos de depredación, en donde un evento equivale al registro de una jaula con mortalidad por depredación en el lapso de una semana, fue 138.056, lo cual equivale una tasa de 2.380 eventos/mes para el total de las concesiones analizadas. En las cinco concesiones con mayores mortalidades de salmones se registró un promedio de 1.294 eventos, correspondientes a una tasa de 22,3 eventos/mes.

#### **4.1.4. Localización de concesiones salmoneras y colonias loberas**

Se localizaron un total de 298 colonias loberas, 64 en Los Lagos, 92 en Aysén y 142 en Magallanes (Oliva et al., 2012 y 2020). Del total de colonias loberas, 209 correspondieron a lobo marino común y 89 a lobo fino austral. La Figura 40 indica la distribución geográfica de las loberas censadas en los proyectos FIPA 2000-22, FIPA 2018-54 y el proyecto FAP ID 4728-46- LP11. En las regiones donde se concentra la actividad salmonera (Los Lagos y Aysén) el número de colonias georreferenciadas de lobo marino común, la especie de pinnípedo que en Chile es reconocida como depredador de la producción salmonera, correspondió a 60 en la Región de Los Lagos y a 77 en la Región de Aysén, respectivamente (Fig. 40).



**Figura 38.** Composición por causa de la mortalidad de salmones, informada por centro de cultivo entre 2019 y 2023, de acuerdo a datos de SERNAPESCA. Se indica en negro la fracción correspondiente a depredadores y su porcentaje asociado.

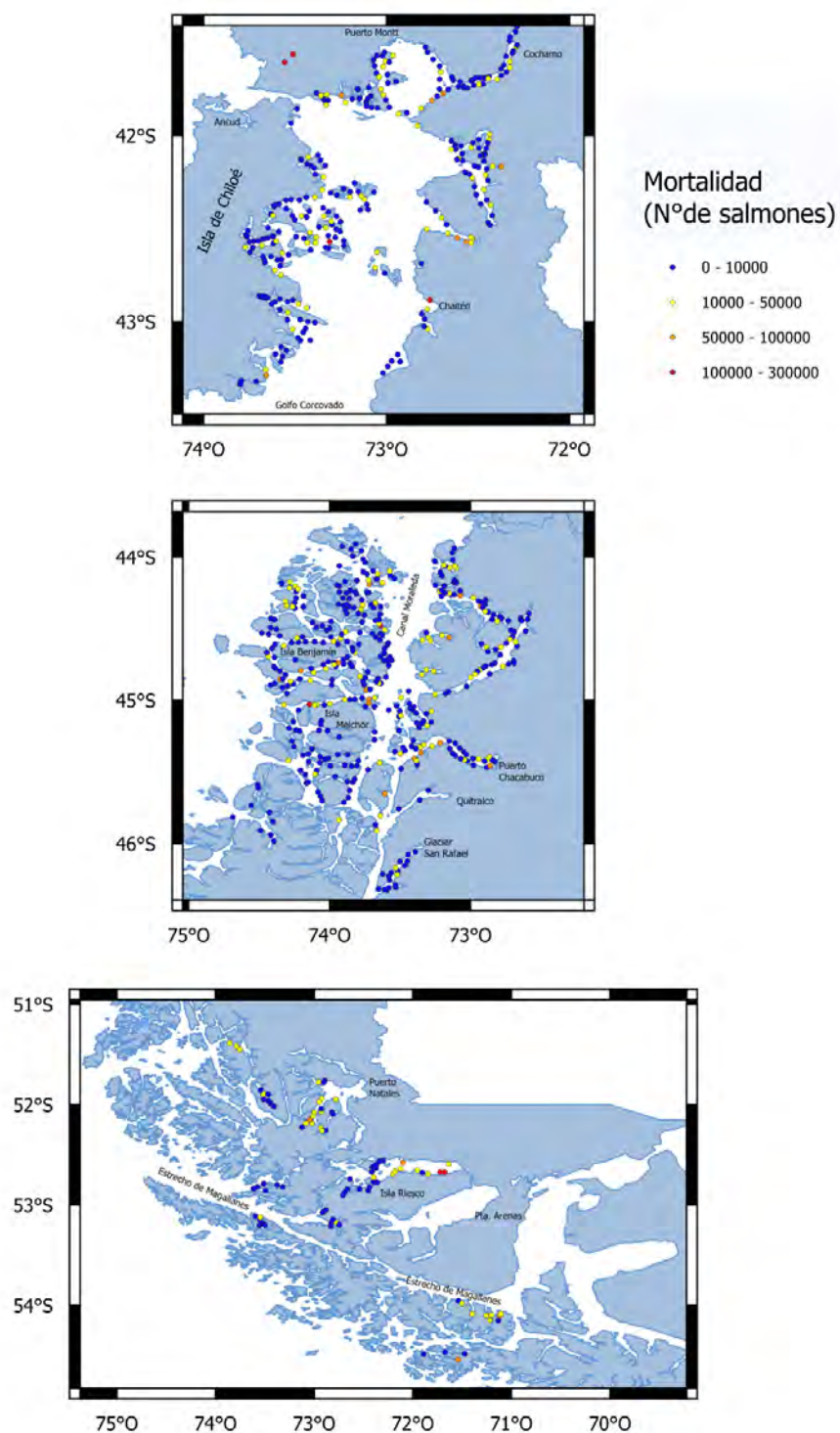
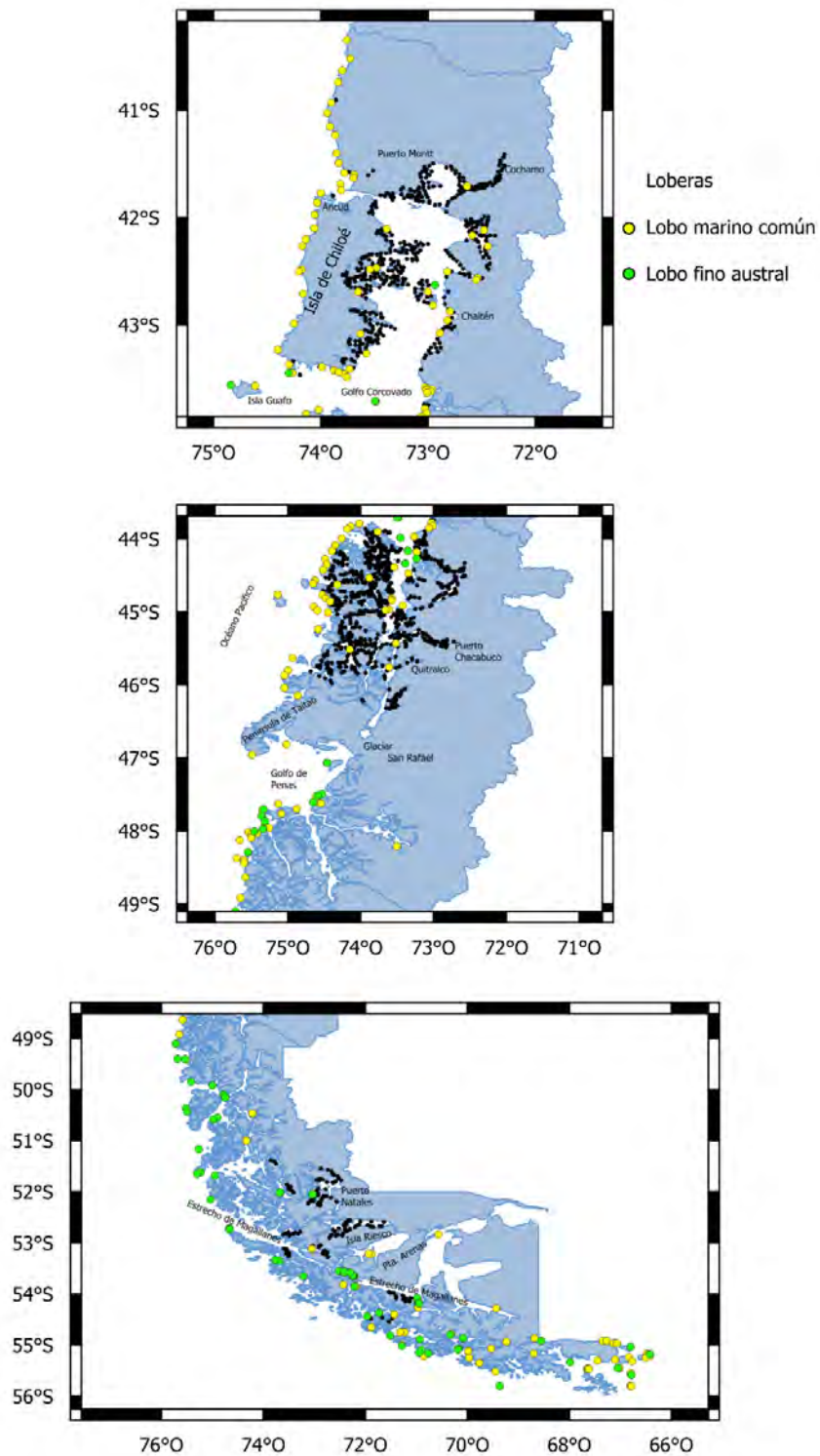


Figura 39. Mortalidad total de salmones atribuida a predadores enero de 2019 y octubre de 2023, por concesión, informada por productores a SERNAPESCA, en Los Lagos, Aysén y Magallanes.



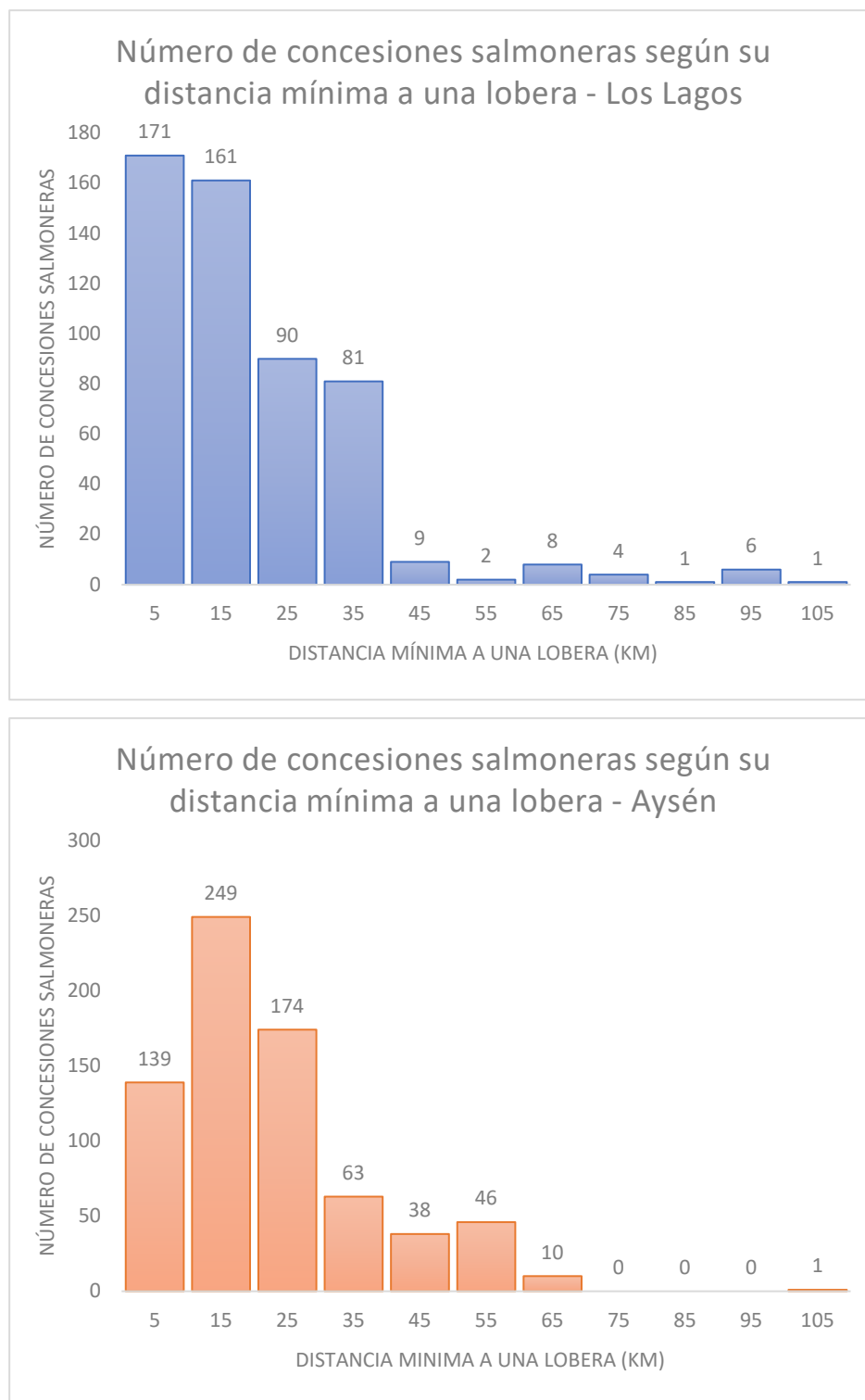


**Figura 40.** Localización de colonias de lobos marinos (amarillo: lobo marino común, verde: lobo fino austral) y de concesiones de acuicultura en Los Lagos, Aysén y Magallanes.

En la Región de los Lagos, se geolocalizaron un total de 534 concesiones salmoneras otorgadas. De ese total, 422 concesiones, el 79% del total de la Región, se ubicaron a una distancia menor o igual a 25 km de la colonia (lobera) de lobo marino común más cercana. De dicho total, 171 concesiones (32%) se ubicaron a una distancia menor o igual a 5 km (Figs. 40 y 41).

En el caso de la Región de Aysén, de un total de 719 concesiones salmoneras otorgadas que fueron geolocalizadas, 562 de ellas (78,1%) se localizaron a una distancia menor o igual a 25 km de la lobera de lobo marino común más cercana, en tanto 139 concesiones (19,3%) se emplazaron a una distancia menor o igual a 5 km (Figs. 40 y 41).

Cabe indicar que el análisis entre las mortalidades atribuidas a depredadores y la distancia entre las concesiones y las colonias de lobo marino común indicó bajas correlaciones (Pearson), las cuales no superaron el 3%. Dicho análisis indicó la existencia de reportes de mortalidad por incidente, atribuidas en depredadores, que alcanzaron hasta 251.664 ejemplares, en tanto el 86% de los datos indicó que las mortalidades atribuidas a dicho ítem no superaron los 20.000 peces de cultivo (Ver Anexo).



**Figura 41.** Frecuencia absoluta del número de concesiones salmoneras otorgadas, según su distancia mínima a una lobera de lobo marino común en las Regiones de Los Lagos y de Aysén.

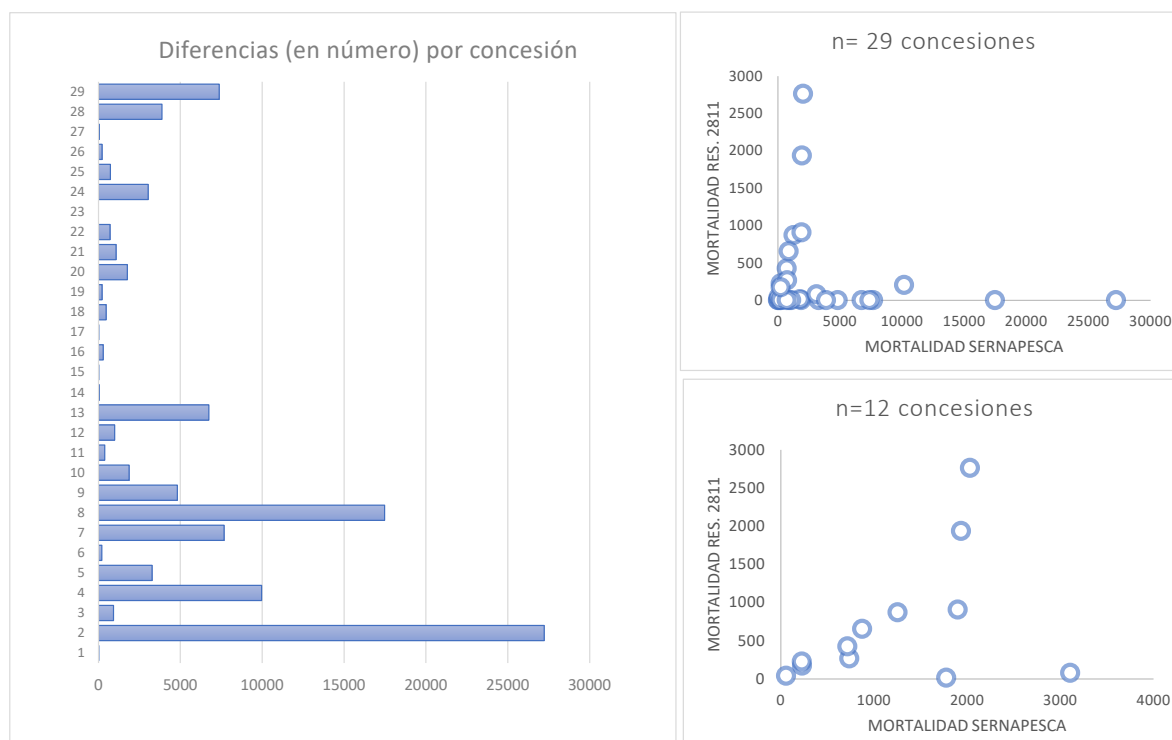
#### 4.1.5. Interacciones reportadas entre mamíferos marinos y centros de cultivo

De acuerdo a la información entregada por centros de cultivo en el marco de la (Res. 2811 de 2021), se reportan un total de 41 interacciones en 2022 y 2023, en su mayoría en la Región de Aysén (22), todas correspondientes a ejemplares de lobo marino común. Del total de las interacciones, 24 de ellas correspondieron a ingresos y 17 a enredos o enmallamientos. En 2023 se registraron 34 interacciones y en 2022, un total de siete. En el total de las interacciones reportadas, se identificaron 106 ejemplares de lobo marino común, de los cuales fueron identificados 70 juveniles y 11 adultos. Se registró un total de 26 ejemplares de lobo marino común muertos, en su mayoría ejemplares juveniles (24) asociados a situaciones caracterizadas como ahogamientos, producidas por enredo o enmallamiento.

Durante las interacciones se reportó una mortalidad total de 8.562 salmones de cultivo atribuida al ataque de lobos al interior de las balsas jaulas, todas en situaciones correspondientes a ingresos. Analizando por interacción, la mortalidad de salmones en las situaciones en que hubo ingreso de lobos a las unidades de cultivo, varió entre cero y 1.936 (promedio: 357, mediana: 188,5). Se reportó un número variable de ejemplares de lobos marinos en cada ingreso, entre uno y 13 ejemplares (promedio: 3,4, mediana: 3,0), los cuales fueron detectados al interior de los módulos de cultivo, ya sea al interior de la red pecera, entre la red pecera y la red lobera o en los pasillos de las balsas.

A nivel de centro de cultivo (29 concesiones), el análisis comparativo entre los reportes de mortalidad atribuidos a depredadores disponibles en registros informados a SERNAPESCA y aquellos realizados en el marco de la Resolución 2811/2021 reveló diferencias importantes. Para el período 2022-2023, en las 29 concesiones, la mortalidad atribuida a la acción de depredadores fue de 108.510 ejemplares, en tanto se informó de la mortalidad de un total de 8.562 ejemplares de cultivo, conforme al marco de la Res. 2811/2021. Por concesión y en términos absolutos, las diferencias en número entre ambas fuentes de información variaron entre cero y 27.222 ejemplares. En términos de correlación, para el total de las concesiones ( $n=29$ ), ésta fue baja y negativa (-0,15), mientras que para una submuestra de concesiones ( $n=12$ ), correspondiente a aquellas que declararon mortalidades distintas a cero en la Resolución 2811 de 2021, la correlación fue 0,38 (Fig. 42).

Entre las causas que podrían explicar las diferencias cabe mencionar: i) Mortalidades informadas a SERNAPESCA asociadas a modalidades de depredación que no implican ingresos a las unidades de cultivo, por ejemplo, a través de paños de red o en las cuales los depredadores no fueron detectados ii) Eventuales subreportes de interacciones en el marco de la Res. 2811/2021, iii) Distintos criterios para asignar la mortalidad de ejemplares cultivados asociada a depredadores entre ambas fuentes de información.



**Figura 42.** Diferencias (en número) entre las mortalidades atribuidas a depredadores en 29 concesiones salmoneras, según información de SERNAPESCA y la información en la Resolución 2811/2021. Se indican gráficos de dispersión entre ambas fuentes de información para 29 concesiones y para una submuestra de 12 concesiones.

La información recopilada en el marco de la Res. 2811 de 2021, indica que los ingresos a los módulos de cultivo se asocian principalmente a roturas en las redes loberas, las que son identificadas tras procesos de revisión, ya sea mediante buceo o utilizando ROV, y en algunos casos debido a cortes de cabos (Fig. 43). Si bien los reportes entregan información general, se menciona el hallazgo de ejemplares de lobo marino común enmallados en el panel inferior de la red lobera, a profundidades en torno a los 30 m. Durante el período analizado, un total de ocho centros de cultivo reportaron más de una interacción, en tanto dos centros de cultivo reportaron tres interacciones. El mayor número de interacciones (18 interacciones, 43,9%) se reportó en concesiones ubicadas en las ACS 21B (Aysén), 10B (Los Lagos) y 22D (Aysén).



**Figura 43.** Rotura de red lobera y derribo de sección de cierre perimetral empleados para el ingreso de lobo marino común a módulos de cultivo. Fuente: SUBPESCA

**Tabla 9a.** Resumen de interacciones informadas en 2022, por centro de cultivo, conforme a Res. 2811 de 2021. NTL: número de ejemplares de lobo marino común involucrados, MRL: número de ejemplares de lobo marino común muertos en la interacción. MRP: Número de peces muertos debido a la interacción

ASC	Comuna	Región	Fecha	Tipo	NTL	MRL	MRP	Descripción
21B	Cisnes	Aysén	12-03-23	I	1	0	35	El ingreso se produce por un cabo que se cortó durante la noche, que amarraba el lobero con el perimetral
21B	Cisnes	Aysén	20-03-23	I	4	0	426	Juveniles. Ingreso a jaula. Rotura lateral lobero
28B	Aysén	Aysén	11-10-23	I	2	0	226	Juveniles. Ingreso de lobos marinos dentro del módulo en bajo pasillo
32	Cisnes	Aysén	23-02-23	I	1	0	267	Salió por una rotura donde previamente había ingresado
22D	Aysén	Aysén	10-08-23	E	1	1	0	Juvenil, de tamaño pequeño enmallado y muerto
22D	Aysén	Aysén	05-01-23	E	1	1	0	Juvenil, de tamaño pequeño enmallado y muerto
26ª	Aysén	Aysén	26-02-23	I	1	0	14	Ingreso por el cerco perimetral cerca de las 11:10 am
30ª	Aysén	Aysén	27-09-23	I	7	0	0	Juveniles o adultos. Entre la red pecera y la red lobera
21B	Aysén	Aysén	02-11-22	E	1	1	0	Juvenil, de tamaño pequeño, muerto. Se soltó de su lugar de enmalle
21B	Cisnes	Aysén	25-04-23	I	4	0	1.936	Juveniles al interior del módulo de cultivo. Se detecta rotura en redes del primer y segundo cuadrante
21C	Aysén	Aysén	14-12-22	I	2	0	80	Adultos. Rotura de red lobera la cual se repara.
21B	Cisnes	Aysén	26-06-23	I	4	0	1.203	Juveniles. Rotura en el fondo de la cabecera del lobero
21B	Cisnes	Aysén	02-04-23	I	4	0	1.214	Juveniles. Ingreso animales juveniles al pasillo. Se detecta rotura
21B	Cisnes	Aysén	10-11-22	I	1	0	57	Juvenil. Ingreso a jaula. Se detecta rotura de unión lateral de paño lobero
21C	Aysén	Aysén	25-11-22	I	3	0	225	Juvenil. Rotura red lobera
21B	Cisnes	Aysén	25-03-23	I	4	0	62	Juveniles. Ingresan al pasillo, no realizando ingreso a las jaulas
21B	Cisnes	Aysén	10-01-23	I	13	0	655	Rotura red lobera
28C	Aysén	Aysén	08-08-23	I	2	0	173	1 juvenil y 1 adulto. Reparación y revisión de la totalidad de las redes loberas
49A	Rio Verde	Magallanes	02-06-23	E	1	1	0	Juvenil, de tamaño pequeño enmallado y muerto
49A	Rio Verde	Magallanes	20-06-23	E	2	2	0	Juveniles, de tamaño pequeño, enmallados y muertos
43A	Natales	Magallanes	05-04-23	E	1	1	0	Animal enmallado, sin vida. El cuerpo se liberó por efecto de corrientes
10B	Chonchi	Los Lagos	25-02-23	E	4	4	0	Juveniles, de tamaño pequeño. Enmallados y muertos
10B	Chonchi	Los Lagos	16-01-23	E	1	1	0	Juvenil, de tamaño pequeño, enmallado y muerto. Instalación no contaba con biomasa

**Tabla 9b.** Resumen de interacciones informadas en 2022, por centro de cultivo, conforme a Res. 2811 de 2021. NTL: número de ejemplares de lobo marino común involucrados, MRL: número de ejemplares de lobo marino común muertos en la interacción. MRP: Número de peces muertos debido a la interacción

ASC	Comuna	Región	Fecha	Tipo	NTL	MRL	MRP	Descripción
3B	Calbuco	Los Lagos	26-01-23	E	1	1	0	Juvenil, de tamaño pequeño, enmallado y muerto
3A	Calbuco	Los Lagos	19-09-22	E	1	1	0	Juvenil. Ahogamiento por Atrapamiento
2	Puerto Montt	Los Lagos	24-09-23	I	4	0	204	3 Adultos. 1 Juvenil. Se rectifica perimetral lobero. No se detectan roturas
17A	Hualaihue	Los Lagos	03-08-23	I	11	0	0	Juveniles
17A	Chaitén	Los Lagos	10-01-23	E	3	3	0	Juveniles. Enmallados en el fondo de la red lobero
10B	Chonchi	Los Lagos	13-01-23	E	2	2	0	Juveniles, de tamaño pequeño, enmallados y muertos
10B	Chonchi	Los Lagos	23-02-23	E	1	1	0	Juvenil, de tamaño pequeño, enmallado y muerto
10B	Chonchi	Los Lagos	04-08-23	E	1	1	0	Juvenil, de tamaño pequeño, enmallado y muerto
16	Chaitén	Los Lagos	13-03-23	I	3	0	0	Adultos. En pasillo lateral, no ingresaron a las jaulas.
1	Cochamó	Los Lagos	05-05-22	I	1	0	0	Juvenil. Se sella cerco perimetral y se sube malla pecera
2	Puerto Montt	Los Lagos	22-03-23	E	1	1	0	Juvenil hembra, enmallado, muerta
28B	Aysén	Los Lagos	11-07-23	I	3	0	872	2 juveniles, 1 adulto. Rotura en lateral del perimetral. Ejemplares al interior de las jaulas
31B	Puerto Cisnes	Los Lagos	28-10-23	I	3	0	378	Juveniles. Inspección indica rotura en malla lobera
31B	Puerto Cisnes	Los Lagos	08-09-22	I	1	0	530	Juvenil. Rotura en el paño lobero.
33	Cisnes	Aysén	31-05-23	I	1	1	0	Cuerpo inflado en jaula por debajo malla pecera. Aparentemente adulto, sin identificar causa de muerte
22D	Aysén	Aysén	03-05-23	E	1	1	0	Juvenil, de tamaño pequeño enmallado y muerto
22D	Aysén	Aysén	19-02-23	E	2	2	0	Juvenil, de tamaño pequeño, enmallado y muerto
21A	Aysén	Aysén	02-03-23	I	1	0	5	Lobo dentro de Jaula. Se refuerza costura de perimetral/Lobero: perimetral/visera.

En el caso de información publicada referida a interacciones con cetáceos, se ha reportado la mortalidad de seis ejemplares de delfín chileno (*C. eutropia*) y dos de ballena jorobada (*M. novaeangliae*) con enredos en redes antipredadores (redes loberas) en granjas salmoneras desde 2007 (Espinosa-Miranda et al., 2020 y Bath et al., 2023).



Delfín chileno:

- i. Enredo de un ejemplar de sexo desconocido en Guaitecas (Aysén) en 2007
- ii. Enredo de un ejemplar de sexo desconocido, encontrado muerto, en Canal Lemuy (Los Lagos) en 2011
- iii. Enredo de una hembra, encontrada muerta, en Canal Cupquellán (Aysén) en 2015
- iv. Enredo de un macho en Seno Skyring, encontrado muerto (Magallanes) en 2015
- v. Enredo de una hembra en Seno Skyring, encontrado muerto (Magallanes) en 2016
- vi. Enredo de un ejemplar de sexo desconocido en Canal Puyuhuapi, encontrado muerto (Aysén) en 2017

Ballena jorobada:

- i. Enredo de ejemplar de sexo desconocido, encontrado muerto, en el Archipiélago de las Guaitecas (Aysén) en 2007.
- ii. Enredo de ejemplar de sexo desconocido en el Canal Memory (Aysén), liberado por trabajadores en 2017.

En 2020 se indica el reporte del varamiento de una ballena sei (*Balaenoptera borealis*), en la Región de Aysén, sector de isla Matilde (Bath *et al.*, 2023), la cual fue destacada en prensa y generó acciones legales de parte de SERNAPESCA (<https://www.sernapesca.cl/noticias/sernapesca-presenta-denuncia-por-ballena-muerta-en-centro-de-cultivo/>). Con respecto a las características o modalidad en que se generó el enredo con las estructuras de cultivo, en 2021, de acuerdo a información del Juzgado de Letras y Garantía de Puerto Aysén, éste dictaminó que se sustentaba la hipótesis que el ejemplar se habría precipitado hacia el módulo de cultivo buscando protección, quedando enmallada y sufriendo el posible ataque de depredadores.

Igualmente, información publicada en la página de SERNAPESCA indica el hallazgo de un ejemplar de ballena sei varado, en canal Puyuhuapi (Aysén) el cual presentaba un cabo (cuerda) alrededor de su cuerpo (Ver: <https://www.sernapesca.cl/noticias/varamiento-de-ballena-en-aysen-moviliza-sernapesca-tomar-acciones-legales-ante-el/>).

Cabe señalar que más recientemente, en octubre de 2024, también información disponible en la página de SERNAPESCA da a conocer el hallazgo de una ballena jorobada que presuntamente se habría enmallado ya muerta en un centro de cultivo en Seno Glacier (Magallanes) (Ver: <https://www.sernapesca.cl/noticias/sernapesca-dispone-antecedentes-ante-fiscalia-de-magallanes-para-iniciar-investigacion-sobre-muerte-de-ballena/>).

#### 4.1.6. Mamíferos marinos probablemente asociados a centros de cultivo de salmones

Las fuentes de información utilizadas en la identificación de los lugares de avistamiento tienen diversos orígenes. A continuación, se listan y detallan las principales características de las bases utilizadas.

(1) **BD FIPA:** La información colectada de estas fuentes de información corresponden principalmente a la ubicación de las loberas tanto de lobo marino común como del lobo fino austral. La información levantada corresponde principalmente a los censos poblacionales de 2011 y 2019. La mayor dificultad con esta fuente de información es la falta de continuidad en el levantamiento de datos, ya que no en todas las campañas se recorren las mismas loberas, así como no en todas su registra la ubicación geográfica, por lo que en algunos casos no fue posible establecer la ubicación exacta de alguna de estas. Dado el origen de la información esta fuente se considera confiable, aunque con algunas reservas en cuanto al número de ejemplares ya que estas difieren de un informe a otro dado correcciones efectuadas por los autores.

(2) **BD DIRECTEMAR:** Dentro de las posibles fuentes de información se identificó el Ordinario N°12.600/339 en el que se "*Informa medidas necesarias para la disminución de los riesgos de colisión entre naves y grandes cetáceos e instruye acerca del registro de sus avistamientos*". Dicho documento enuncia que: "*las embarcaciones deben contar con vigías capacitados en el avistamiento y registro de cetáceos, que desempeñen estas funciones durante las navegaciones e informen de tales hallazgos de manera inmediata al puente de mando, para la adopción de medidas de evasión o de mitigación*". De este registro, solo se obtuvo un número acotado de especies, ya que en general se hace mención a cetáceos de modo genérico, bajo denominaciones como delfines, ballenas o toninas, sin identificar la especie a la que corresponde. A su vez, dada la incertidumbre respecto de la aptitud del observador que realizó el registro, no se puede validar con certeza si la especie está correctamente identificada. Cabe indicar también se observan algunos registros errores en su ubicación geográfica. Dado la incertidumbre en la identificación esta fuente se califica como de baja confiabilidad.

(3) **BD de avistamientos de nutria de agua dulce (huillín) en el sur de Chile:** Los datos fueron solicitados a la Sra. María Jesús Faundez quien para el desarrollo de su tesis de magister realizó una investigación minuciosa y detallada para conseguir registros certeros y confiables de lugares donde se han observado individuos de la especie. Ella obtuvo un total de 229 registros, desde las siguientes fuentes: i) Revisión exhaustiva de publicaciones: Se digitalizaron coordenadas de referencia y mapas de distribución encontrados en publicaciones científicas, ii) Red de colaboración con Maximiliano Sepúlveda, miembro UICN, grupo especialistas en nutrias y Coordinador para la especie en dicho grupo: Se generó un vínculo de trabajo con experto en la especie, con esto, se buscó la facilitación de registros de presencia y fuentes de información. Dada las características de la fuente esta información presenta una alta confiabilidad.

**(4) BD del portal GBIF:** El Sistema Global de Información sobre Biodiversidad–GBIF por sus siglas en inglés– es una red internacional e infraestructura de datos financiada por los gobiernos del mundo para dar a cualquiera, en cualquier lugar, acceso abierto a datos sobre todas las formas de vida en la Tierra. La red GBIF de países —que se estructuran como nodos— y organizaciones participantes, está coordinada a través de su Secretaría en Copenhague y proporciona a las instituciones proveedoras de datos de todo el mundo estándares comunes y herramientas de código abierto que les permiten compartir información sobre dónde y cuándo se han registrado las especies. Este conocimiento procede de diversas fuentes, que incluyen desde especímenes de museos recogidos en los siglos XVIII y XIX hasta fotografías de teléfonos inteligentes geoetiquetadas y compartidas por naturalistas aficionados en los últimos días y semanas.

GBIF Chile es un proyecto nacional de colaboración que agrega datos de biodiversidad de múltiples fuentes, permitiendo que permanezcan disponibles y utilizables gratuitamente en línea. GBIF Chile articula y fomenta la movilización y acceso libre a los datos sobre biodiversidad en el país, aporta herramientas técnicas sobre la administración de datos biológicos, impulsa la colaboración entre iniciativas nacionales e internacionales relacionadas con los datos de biodiversidad, y gestiona financiamiento para facilitar la gestión del conocimiento. En su función facilitadora, colabora con los socios para que puedan publicar sus datos mediante el uso de protocolos y estándares comunes, asegurando la interoperabilidad, el acceso libre y la máxima reutilización de los datos. GBIF Chile permite al país aumentar el rendimiento de las inversiones pasadas, actuales y futuras en investigación sobre biodiversidad y en la recopilación de datos; también contribuye con los compromisos de transparencia y acceso libre a los datos científicos, lo que permite que los proveedores de datos cumplan con cualquier compromiso adquirido o cualquier normativa relacionada con el acceso libre a los datos. La Secretaría de GBIF prepara un programa de trabajo anual dentro de un marco estratégico de cinco años que recibe la revisión y aprobación de la Junta de Gobierno de GBIF. La información recolectada de esta fuente se realiza por nombre científico, el archivo descargado corresponde a un archivo shapfile con la ubicación geográfica del avistamiento. Dado el origen de los datos estas observaciones tienen una alta confiabilidad.

**(5) Datos varamientos de cetáceos de SERNAPESCA:** El Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura brinda apoyo a los varamientos de cetáceos y otras especies protegidas en la costa de Chile. Los datos sobre varamientos de cetáceos en Chile están disponibles en el sitio web del Servicio y corresponde al registro desde 2009 a 2022. Entre los registros se detectaron problemas de geolocalización y falta de normalización de nombres comunes. Se filtraron y ordenaron los datos según el grado de identificación, favoreciendo a aquellas especies que presentaban nombre común y científico concordante. Dado que el dato corresponde a varamientos, esta información se considera como referencial y se trata de forma separada en el presente informe.

**(6) Datos INATURALIST:** iNaturalistCL es el portal de iNaturalist para Chile, impulsado localmente por una colaboración entre el Ministerio del Medio Ambiente. Corresponde a una plataforma de ciencia ciudadana que conecta a las personas con la naturaleza y recoge información sobre biodiversidad de manera colaborativa. Permite cargar observaciones de organismos silvestres y cualquier otra parte del planeta para poder identificarlos, conocerlos y llevar un registro de estas especies. Las observaciones son validadas por la comunidad de usuarios y aportan datos abiertos de valor para la ciencia. Adicionalmente, estas observaciones se pueden listar dentro de proyectos que pueden recolectar datos específicos de forma manual o automática. Todos los datos son abiertos, aunque los usuarios pueden proteger los derechos de sus imágenes. Cada especie o taxón cuenta además con una ficha con información sobre la misma, incluyendo nombres comunes, mapa de distribución, si se trata de una especie introducida o exótica, o su estado de conservación.

La información recolectada desde esta fuente solo consideró aquellas observaciones que presentaban los siguientes filtros: grado calidad: "Investigación"; identificaciones: "La mayoría lo apoya" y revisado: "Sí". Dado el origen de la información, la calidad se cataloga como moderada -alta. Se debe tener cuidado al momento de seleccionar la data a descargar, dando prioridad a aquella información que ya ha sido validada y revisada por pares expertos. INATURALIST podría estar ligada con GBIF, por lo que es posible que parte de la información contenida en esta fuente esté duplicada en ese otro portal.

**(7) Datos fundación MERI:** Fundación Centro Melimoyu Ecosystem Research Institute (MERI) nace el año 2012 con el fin de fomentar la investigación científica para la conservación de ecosistemas únicos y estratégicos, en la Patagonia Norte. El año 2015, incorpora la educación ambiental como motor central para la vinculación con las comunidades, y desde entonces, desarrolla investigación científica y educación ambiental al servicio de la conservación. De esta fuente se obtienen avistamientos de ballena azul (*Balaenoptera musculus*) de los Reportes de Expediciones entre 2014 y 2018, los cuales fueron extraídos de los reportes de cruceros científicos. Valor de la información y su confiabilidad se estima alto.

**(9) Datos proyecto "Actualización de las bases para una estrategia para la conservación de mamíferos marinos en la región de Magallanes y Antártica Chilena / Fundación CEQUA):** El Centro de Estudios del Cuaternario de Fuego – Patagonia y Antártica (CEQUA), creado en 2002 en la región de Magallanes y de la Antártica Chilena, tiene como objetivo principal la generación de datos científicos relevantes sobre los recursos naturales y ecosistemas de la región más austral de Chile. Su enfoque está orientado a promover la conservación, el uso sustentable y la protección del patrimonio natural mediante la transferencia de conocimiento a la comunidad local. CEQUA realiza investigaciones en dos áreas clave: Ecología de Ecosistemas Acuáticos y Estudios Territoriales, con una fuerte componente de educación ambiental y cambio climático. Además, promueve la colaboración entre ciencia, educación, empresas y territorios, fortaleciendo el

sentido de pertenencia de la comunidad a su patrimonio natural. Los datos fueron obtenidos directamente desde una ubicación compartida en DRIVE. Dado el origen y finalidad de los datos estos se consideran de alta confiabilidad.

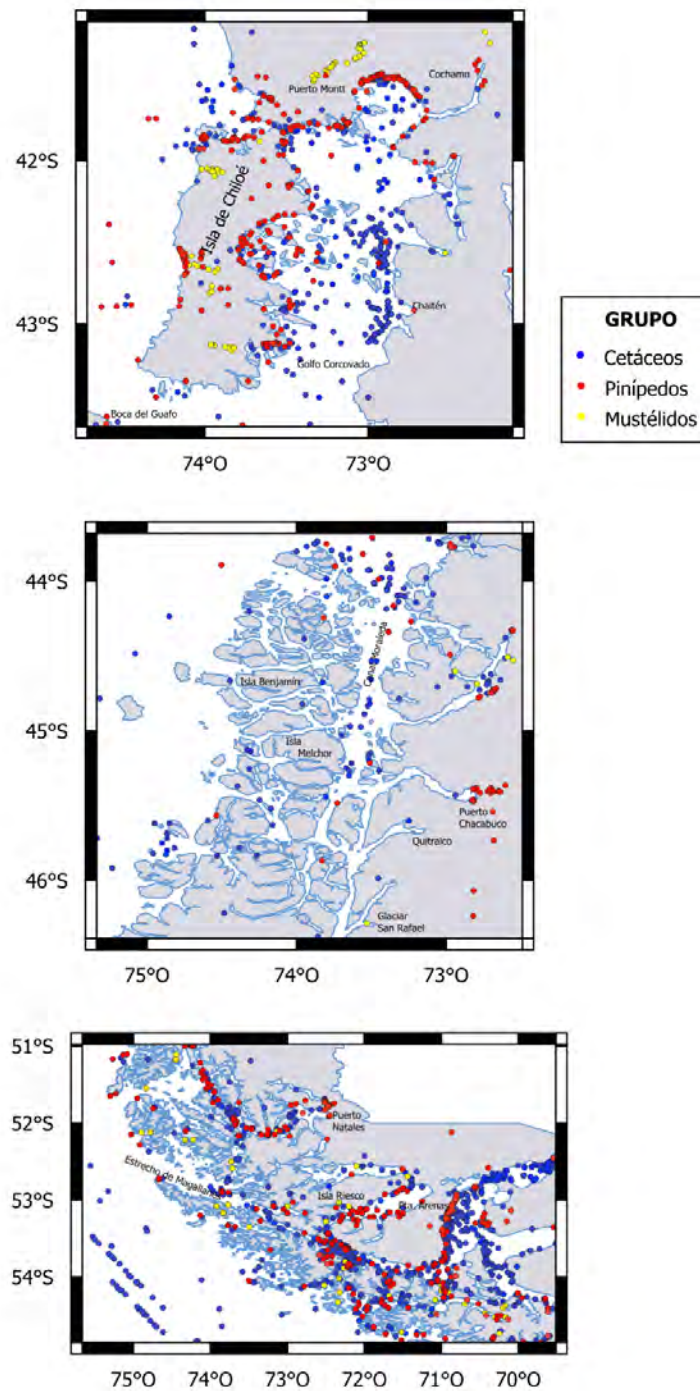
**(11) BD de avistamientos por centro de cultivo de Resolución 2811 de 2021. Año 2022.** Los datos corresponden a la recopilación de distintos informes proveídos periódicamente por empresas salmoneras a la Autoridad, a nivel de centro de cultivo, lo cual genera información con amplia cobertura espacio-temporal. La información es registrada a partir de los lineamientos que establece dicha normativa, por parte de profesionales que realizan labores habituales en los centros de cultivo. Gran parte de la información relativa a cetáceos y pinnípedos está en términos genéricos, tales como delfín, ballena o lobo marino, no a nivel de especie, sin que los registros tengan algún grado de validación a posteriori (ej. a partir de fotografías) por parte de expertos, incluyendo reportes de especies de cetáceos no listadas en dicha Resolución, o no reportadas para el sur de Chile (eg. *Delphinus capensis*), incluso de aves. Igualmente, la proporción de ejemplares sexados es muy baja, en particular en el caso de cetáceos. Dadas las limitaciones de la información, su confiabilidad se consideró baja.

A partir de la revisión de información publicada y de las bases revisadas, se identificaron las especies de mamíferos marinos probablemente asociadas a centros de cultivo de salmones (MMA) (Tabla 10, Fig. 44). Ellos, correspondieron a aquellas especies que, estando reportada su presencia en la Patagonia chilena, presentaron algún ejemplar en las bases de datos analizadas dentro de un radio de 1,5 km en torno al centroide de una concesión salmonera y/o fueron reportados como avistamientos desde algún centro de cultivo de salmones, de acuerdo a la Res. 2811 de 2021.

La Figura 44 indica la información georreferenciada en términos de grupo, vale decir, mustélidos, cetáceos y pinnípedos, en donde resalta el alto número de avistamientos tanto en la región de Los Lagos como en la Región de Magallanes. Los avistamientos de mustélidos están asociados principalmente al huillín, por lo que su presencia está ligada a fuentes de agua dulce, tales como esteros y ríos. El mar interior de Chiloé, evidencia una alta presencia de cetáceos, así como de colonias de pinnípedos, al igual que el área del estrecho de Magallanes y Puerto Natales. Por su parte la Región de Aysén evidencia un menor número de avistamientos o registros, centrados principalmente en la zona de Puerto Chacabuco, en la boca del canal Moraleda, en la conexión con el Golfo Corcovado y en el sector de Puerto Cisnes, en el lado oriental del parque Nacional Isla Magdalena.

**Tabla 10.** Especies de mamíferos marinos reportadas para Patagonia chilena. Se indica el reporte por especie en las bases indicadas a continuación B: BD GIF, C: BD DIRECTEMAR, D: BD CEQUA, E: BD Fundación Meri, F: BD SERNAPESCA Varamientos, G: BD NATURALIST, H: BD Proyectos FIPA, I: Datos Tesis (Faundez, 2020). AV1: Especies con algún ejemplar reportado dentro de un radio de 1,5 km en al menos una concesión salmonera, AV2: Especies reportadas como avistamiento en el marco de la Res. 2811/2021 y MMA: Especies de mamíferos marinos probablemente asociados a centros de cultivo de salmones (en verde).

Nombre común	Nombre científico	B	C	D	E	F	G	H	I	AV1	AV2	MMA
Lobo fino austral	<i>Arctocephalus australis</i>	X		X		X		X		X	X	X
Ballena minke antártica	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	X	X	X			X					
Ballena sei	<i>Balaenoptera borealis</i>		X	X		X	X			X	X	X
Ballena azul	<i>Balaenoptera musculus</i>		X		X	X	X			X		X
Ballena fin	<i>Balaenoptera physalus</i>		X			X	X			X		X
Zifio de Arnoux	<i>Berardius arnuxii</i>			X								
Ballena franca pigmea	<i>Caperea marginata</i>	X	X									
Tonina overa	<i>Cephalorhynchus commersonii</i>			X			X				X	X
Delfín chileno	<i>Cephalorhynchus eutropia</i>			X		X	X	X		X	X	X
Ballena franca austral	<i>Eubalaena australis</i>		X	X		X	X			X		X
Calderón común	<i>Globicephala melas</i>	X		X		X	X					
Delfín de Risso	<i>Grampus griseus</i>	X		X			X					
Calderón austral / Zifio	<i>Hyperoodon planifrons</i>	X		X			X					
Delfín austral	<i>Lagenorhynchus australis</i>	X	X	X		X	X	X		X	X	X
Delfín oscuro	<i>Lagenorhynchus obscurus</i>	X		X			X					
Delfín liso	<i>Lissodelphis peronii</i>	X		X			X					
Chungungo	<i>Lontra felina</i>	X		X							X	X
Huillín	<i>Lontra provocax</i>			X					X	X	X	X
Ballena jorobada	<i>Megaptera novaeangliae</i>		X	X		X	X			X	X	X
Zifio de Gray	<i>Mesoplodon grayi</i>	X		X								
Zifio de Hector	<i>Mesoplodon hectori</i>	X		X								
Zifio de Layard	<i>Mesoplodon layardii</i>	X		X		X						
Foca elefante	<i>Mirounga leonina</i>	X		X		X				X		X
Orca	<i>Orcinus orca</i>	X	X	X		X	X			X	X	X
Lobo marino común	<i>Otaria flavescens</i>			X		X		X		X	X	X
Marsopa espinosa	<i>Phocoena spinipinnis</i>	X		X			X			X		X
Cachalote	<i>Physeter macrocephalus</i>		X	X			X			X		X
Falsa orca	<i>Pseudorca crassidens</i>	X		X								
Zifio de Shepard	<i>Tasmacetus shepherdi</i>	X		X								
Delfín nariz de botella	<i>Tursiops truncatus</i>						X	X		X	X	X
Zifio de Cuvier	<i>Ziphius cavirostris</i>	X		X								



**Figura 44.** Localización de reportes de presencia de mamíferos marinos (MM), por grupo: cetáceos, pinnípedos y mustélidos, conforme a las distintas fuentes de información analizadas, en Los Lagos, Aysén y Magallanes.

Así, y sobre la base de la información previamente descrita, se estimaron en 17 las especies de mamíferos marinos como probablemente asociadas espacialmente a centros de cultivo de salmones, las que incluyen cetáceos misticetos como ballena sei, ballena azul, ballena fin, ballena franca austral y ballena jorobada, así como odontocetos, tales como tonina overa, delfín chileno y delfín austral. Entre los pinnípedos, además del lobo marino común, se incluyó el lobo fino austral y la foca elefante. En términos de conservación, destaca que el lobo marino común, delfín de nariz de botella y delfín austral son considerados como de preocupación menor tanto por criterios IUCN y RCE, en tanto especies como la ballena sei, ballena azul, chungungo, huillín y la ballena franca austral están listadas al menos como especies en peligro por ambos criterios (Tabla 11).

**Tabla 11.** Mamíferos marinos asociados a los centros de cultivo de salmones en sur de Chile. MP: Preocupación menor, CA: Casi amenazado, EP: En peligro, DI: Datos insuficientes. IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) y RCE (Reglamento de Clasificación de Especies, MMA, Chile)

Nombre común	Nombre científico	IUCN	RCE
Lobo fino austral	<i>Arctocephalus australis</i>	MP	CA
Ballena sei	<i>Balaenoptera borealis</i>	EP	CR
Ballena azul	<i>Balaenoptera musculus</i>	EP	EP
Ballena fin	<i>Balaenoptera physalus</i>	VU	CR
Tonina overa	<i>Cephalorhynchus commersonii</i>	MP	EP
Delfín chileno	<i>Cephalorhynchus eutropia</i>	CA	CA
Ballena franca austral	<i>Eubalaena australis</i>	CR	EP
Delfín austral	<i>Lagenorhynchus australis</i>	MP	MP
Chungungo	<i>Lontra felina</i>	EP	EP
Huillín	<i>Lontra provocax</i>	EP	EP
Ballena jorobada	<i>Megaptera novaeangliae</i>	MP	VU
Foca elefante	<i>Mirounga leonina</i>	MP	VU
Orca	<i>Orcinus orca</i>	DI	DI
Lobo marino común	<i>Otaria flavescens</i>	MP	MP
Marsopa espinosa	<i>Phocoena spinipinnis</i>	CA	DI
Cachalote	<i>Physeter macrocephalus</i>	VU	VU
Delfín nariz de botella	<i>Tursiops truncatus</i>	MP	MP



#### 4.1.7. El ruido submarino y su relación con los mamíferos marinos

El ruido submarino en todo el mundo ha aumentado debido al incremento de las actividades antropogénicas, lo que da lugar a un nuevo tipo de contaminación: la contaminación acústica (Kastelein *et al.*, 2008). Diversos estudios indican que el ruido generado por el ser humano puede causar enmascaramiento auditivo, provocando provoca daños en el sistema auditivo, cambios en el comportamiento, alteraciones metabólicas, dificultad en el reclutamiento de la población y, en consecuencia, la salud y las funciones de servicio de los ecosistemas marinos (Peng *et al.*, 2015).

A nivel mundial, una amplia gama de actividades antropogénicas, que introducen sonido en el medio ambiente marino. Algunos son subproductos incidentales de procesos industriales, sin embargo, otros son producidos intencionalmente para advertir a los animales de la presencia de artes de pesca o para asustar a los depredadores lejos de los sitios de acuicultura (Jefferson & Curry, 1996). En términos generales, el ruido submarino es generado por transporte marítimo, exploración de petróleo y gas, actividades militares, investigación científica, actividades pesqueras, actividades recreativas, instalaciones de energía marina renovable (MRE) y dispositivos acústicos desplegados en sitios de acuicultura (Richardson *et al.*, 1995; Shrimpton & Parsons, 2000; Carter, 2007; Linley *et al.*, 2009).

Se sabe relativamente poco sobre los impactos de tales fuentes de ruido en la fauna marina, pero el consenso es que existe potencial para impactos en especies marinas y la necesidad de mejorar la comprensión (ASCOBANS, 2006; MMC, 2007). Hay evidencia de ruidos como el de ejercicios militares, tráfico de embarcaciones o explosiones para exploración petrolera, que superan los 185 decibeles, generan niveles que dañan el oído de varias especies (Toro *et al.*, 2022).

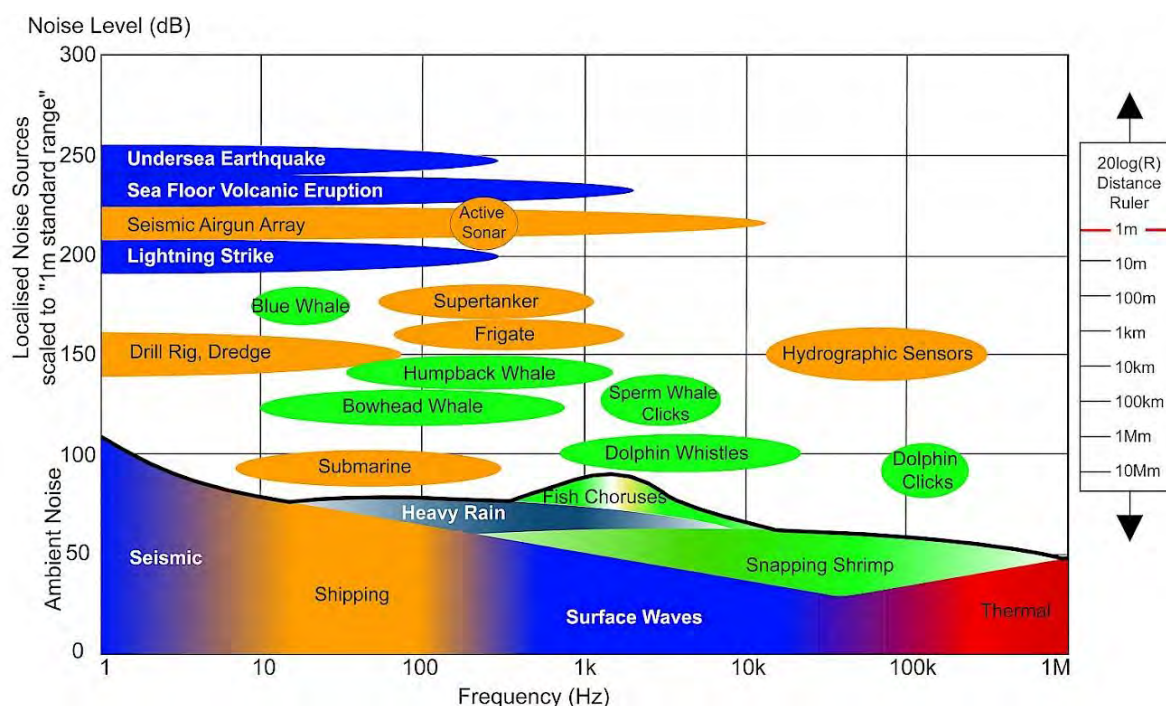
Como se mencionó anteriormente, las actividades acústicas de origen humano pueden repercutir en los habitantes del océano en múltiples escalas, incluyendo los mamíferos marinos. En general los sonidos son intensos, constantes y a menudo se encuentran en el mismo rango de frecuencia en el cual éstos se comunican. De esta forma, la contaminación acústica provoca desde colisiones de cetáceos con embarcaciones, hasta alteraciones en su comportamiento por la sobreposición entre las vocalizaciones y el ruido, incluso cuando las frecuencias son diferentes (Melcon, 2012).

La comprensión de la problemática asociada al ruido submarino, involucra la comprensión de ciertos conceptos relacionados con la caracterización del sonido como de su propagación, en particular en el medio acuático. A continuación, se incluyen algunos de estos conceptos

El sonido es una onda mecánica que se propaga en los medios materiales tales como los fluidos (agua, aire) o los sólidos (en este caso se habla a veces de vibraciones mecánicas) (Buchan *et al.*, 2018). La variable más usada para medir el sonido es la presión, que se evalúa en Pascal (Pa) en el sistema de unidades

internacionales (BIPM, 2006). Entre las cantidades que permiten caracterizar el sonido, conviene destacar unas que son muy relevantes para evaluar el impacto del sonido: se trata de la energía del sonido, producto de la presión por la velocidad y el tiempo que se mide en joule (J), la potencia, energía por unidad de tiempo, en watt (W), la intensidad, flujo de potencia a través de un área, en  $W/m^2$ , el período se define como el tiempo (S) mínimo de repetición. La frecuencia fundamental es el inverso del período y se mide en Hertz (Hz).

**Paisaje acústico submarino:** El paisaje acústico marino se compone por una variedad de señales acústicas que varían en nivel de presión sonora (SPL, dB) y en frecuencia (Hz), ocupando cada uno un “nicho” acústico (Van Opzeeland & Boebel, 2018). Estas señales se pueden clasificar en: sonidos biológicos (principalmente cetáceos, peces e invertebrados), sonidos naturales no-biológicos (ej. viento, oleaje, terremotos), y sonidos antropogénicos (ej. barcos, hincado de pilotes, explosiones). La Figura 45 muestra la intensidad acústica versus la frecuencia de señales biológicas, señales naturales no-biológicas y señales antropogénicas (Ospar, Commission, 2023).



**Figura 45.** Intensidad acústica versus la frecuencia de señales biológicas, señales naturales no-biológicas y señales antropogénicas. Fuente: Underwater Noise | OSPAR Commission.

## 1) Presión sonora y decibeles (Robinson *et al.*, 2014; Möser & Barros, 2009)

Las ondas sonoras son fluctuaciones de presión, compresiones y expansiones, de las moléculas del medio a través del cual la onda sonora se propaga. En el aire, esta fluctuación de presión se produce en torno a la presión atmosférica presente en el lugar.

El ser humano es capaz de percibir sonidos en un rango muy amplio de presiones, desde el sonido mínimo perceptible de  $2 \cdot 10^{-5}$  N/m<sup>2</sup> (donde N: Newton) o 20 µPa (micro pascales), hasta el máximo conocido como umbral del dolor igual a 200 N/m<sup>2</sup> o 200 Pa. Debido a esta gran diferencia entre el valor mínimo y máximo de presión sonora capaz de percibir el ser humano, resulta razonable no utilizar la presión sonora como medida, si no una magnitud logarítmica de ésta, llamada Nivel Presión Sonora  $L_p$ , la que se define como

$$L_p = 10 \log \left( \frac{p}{p_0} \right)^2, \quad dB \quad (\text{ec.1})$$

donde  $p$  es la Presión Sonora Instantánea producida por el evento sonoro y  $p_0$  es la presión de referencia igual a la presión mínima perceptible por el ser humano, igual a  $2 \cdot 10^{-5}$  N/m<sup>2</sup> (20 µPa). De esta forma, el ser humano se expone a situaciones como las indicadas en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Correspondencia entre presión sonora y niveles de presión sonora.

Presión sonora N/m <sup>2</sup>	Nivel de presión sonora, dB, [re 20 µPa]	Situación
$2 \cdot 10^{-5}$	0	Mínimo perceptible
$2 \cdot 10^{-4}$	20	Bosque sin viento
$2 \cdot 10^{-3}$	40	Biblioteca
$2 \cdot 10^{-2}$	60	Oficina
$2 \cdot 10^{-1}$	80	Calle con tráfico
2	100	Martillo neumático
20	120	Despegue de avión a reacción
$2 \cdot 10^2$	140	Umbral del dolor

## 2) Nivel de presión sonora $L_{p_{rms}}$

Cuando se considera un evento sonoro de duración  $T$  segundos, en el cual la Presión Instantánea  $p$  varía constantemente en el tiempo, se emplea la presión sonora RMS o  $p_{rms}$ , la cual entrega un valor de presión sonora promedio que representa el promedio energético de todas las presiones  $p$  dentro del intervalo de tiempo  $T$ . Su expresión es

$$p_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \left( \frac{p(t)}{p_0} \right)^2 dt} \quad (ec.2)$$

donde  $p(t)$  es la Presión Instantánea en función del tiempo. Ahora, si se introduce la presión  $p_{rms}$  de la ecuación 2 en la ecuación 1, se obtiene el Nivel de Presión Sonora RMS o  $L_{p_{rms}}$ , dado por

$$L_{p_{rms}} = 10 \log \left( \frac{p_{rms}}{p_0} \right)^2, \quad dB \quad (ec.3)$$

### 3) Nivel de Presión Sonora $L_{peak}$

Para obtener el Nivel Sonoro  $L_{peak}$ , sólo se debe considerar el valor máximo alcanzado por la Presión Sonora Instantánea  $p(t)$  en el intervalo de tiempo considerado, así este nivel se estima como

$$L_{peak} = 10 \log \left( \frac{p(t)_{peak}}{p_0} \right)^2, \quad dB \quad (ec.4)$$

### 4) Nivel de Presión Sonora Equivalente $L_{eq}$

Cuando se desea medir un evento sonoro con una duración de tiempo  $T$  mayor, a partir de los  $L_{p_{rms}}$  que se van obteniendo en el tiempo, se puede obtener un nivel único, llamado Nivel Equivalente  $L_{eq}$ , el cual representa un nivel sonoro constante que posee el mismo nivel de energía sonora que el evento fluctuante, y en igual intervalo de tiempo  $T$ . Este nivel se define como

$$L_{eq} = 10 \log \log \left( \frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L_{p(t)_{rms}}}{10}} dt \right), \quad dB \quad (ec.5)$$

### 5) Nivel de Exposición Sonora SEL y $SEL_{cum}$

El nivel de exposición sonora SEL nos entrega el nivel de energía que recibe un receptor al estar expuesto a una fuente de ruido por un determinado tiempo de exposición [5][6], utilizando las unidades dB, [re 20  $\mu Pa^2 \cdot s$ ].

A partir de un nivel de presión sonora  $L_{p_{rms}}$ ,  $L_{eq}$ , se puede obtener el nivel SEL empleando la siguiente ecuación,

$$SEL = L_{p_{rms}} + 10 \log \log (T), \quad dB \quad (ec.6)$$

$$SEL = L_{eq} + 10 \log \log (T), \quad dB \quad (ec.7)$$

donde  $T$  es el tiempo total de emisión del nivel  $L_{eq}$  o  $L_{p_{rms}}$ . Estas fórmulas son utilizadas normalmente para eventos sonoros transientes y de corta duración.

Ahora, cuando un mismo evento sonoro de nivel SEL dB, se repite un cierto número de veces dentro de un periodo de tiempo mayor, por ejemplo 24 horas, se puede estimar un nivel acumulado conocido como  $SEL_{cum}$ , el cual representa el nivel acumulado de exposición sonora dentro del tiempo total considerado. El Nivel  $SEL_{cum}$  se calcula a partir de la formula

$$SEL_{cum} = SEL + 10 \log \log (n), \quad dB \quad (ec.8)$$

donde  $n$  es el número de veces que el evento sonoro se repite, dentro de un periodo de tiempo determinado.

#### 6) Nivel de Fuente SL (Robinson *et al.*, 2014)

Los niveles sonoros  $L_{eq}$ ,  $L_{p_{rms}}$ , SEL y  $SEL_{cum}$ , si han sido medidos o estimados para una distancia de 1 metro desde la fuente sonora, se les puede llamar Nivel de fuente SL, ya que es el nivel emitido por la fuente a la distancia de referencia de 1 m (dB ref 1  $\mu$ Pa @ 1m).

#### 7) Métricas de Medición Según Tipo de Sonido (Robinson *et al.*, 2014)

Existen dos clasificaciones para los sonidos según su dinámica de amplitud y duración en el tiempo. Estos son sonidos tipo pulso o impulsivo, y sonidos tipo continuo. Los sonidos tipo pulso, también conocidos como sonidos transientes, se caracterizan por un incremento muy rápido de la presión sonora, alcanzando valores muy altos de nivel, con una muy corta duración total en el tiempo. Ejemplos son el producido por una explosión o el golpe de un martillo hidráulico durante el hincado de pilotes.

Por otra parte, existen los sonidos del tipo continuo que se caracterizan por poseer un nivel sonoro constante, o variable en el tiempo, y presentar duraciones de tiempo del orden de segundos, minutos e incluso horas. Se caracterizan por que su nivel sonoro no baja a cero abruptamente, si no que se mantiene en el tiempo. Es importante señalar que un ruido tipo impulsivo, se puede repetir varias veces en el tiempo, pero esto no lo convierte en un ruido tipo continuo. Los descriptores usados comúnmente para evaluar ruido tipo pulso son  $L_{peak}$ , SEL y  $SEL_{cum}$ ; y para evaluar ruido tipo continuo son  $L_{p_{rms}}$ ,  $L_{eq}$ , SEL y  $SEL_{cum}$ .

#### 8) Cambio de los Niveles Sonoros entre Acústica Aérea y Acústica Subacuática (Robinson *et al.*, 2014, Richardson *et al.*, 1995; Urick, 2013; Medwin 2005)

Debido a que en acústica aérea, la mayoría de las mediciones y normas están dirigidas a la protección del ser humano, se utiliza una presión de referencia  $p_0$  de 20  $\mu$ Pa, la cual coincide con el umbral auditivo del ser humano. En acústica submarina o subacuática, esta presión de referencia ya no tiene sentido, y en lugar de ella se ocupa una presión de referencia  $p_0$  de 1  $\mu$ Pa, la cual no tiene relación con umbral auditivo alguno y fue definida arbitrariamente.

A este cambio en el valor de la presión de referencia  $p_0$ , se le debe sumar la diferencia de oposición que experimente la onda sonora al propagarse bajo el agua respecto al aire, hecho que se manifiesta en el cambio del valor de la Impedancia Acústica Característica, que para el aire tiene un valor de 400 Rayl y para el agua de 1.500.000 Rayl.

Debido a lo anterior, no se pueden relacionar fácilmente los niveles sonoros existentes bajo el agua con los existentes en el aire. Por ejemplo, en nivel de ruido de fondo submarino en ambientes extremadamente silenciosos, puede estar en torno a un  $L_{p_{rms}}$  de 90 dB, [re 1  $\mu$ Pa], y en condiciones de mucho viento, en torno a un  $L_{p_{rms}}$  de 120 dB, [re 1  $\mu$ Pa]. Por otra parte, una fuente sonora como una lancha con motor fuera de borda de 80 Hp, viajando a una velocidad de 10 nudos, alcanza a una distancia de 1 m un nivel  $L_{p_{rms}}$  de 160 dB [re 1  $\mu$ Pa].

En las mediciones de acústica aérea no se indica la presión sonora de referencia que se ha utilizado, ya que se da por hecho que son 20  $\mu$ Pa. Para el caso de acústica subacuática, siempre se indica la presión de referencia y condición de medición. Así, para acústica subacuática o submarina, las métricas habituales deben ser presentadas como

$L_{peak}$ :	dB, [re 1 $\mu$ Pa]
$L_{p_{rms}}$ :	dB, [re 1 $\mu$ Pa]
$L_{eq}$ :	dB, [re 1 $\mu$ Pa]
SEL:	dB, [re 1 $\mu$ Pa <sup>2</sup> ·s]
SEL <sub>cum</sub> :	dB, [re 1 $\mu$ Pa <sup>2</sup> ·s]
SL:	dB, [re 1 $\mu$ Pa·m]; [re 1 $\mu$ Pa <sup>2</sup> ·s·m]; [ref 1 $\mu$ Pa @ 1m]

## 9) Propagación Sonora bajo el Agua (Robinson *et al.*, 2014, Richardson *et al.*, 1995; Urick, 2013; MMO, 2015)

Al contrario de las ondas electromagnéticas (luz, radio, etc.), las ondas mecánicas, y sobre todo la onda sonora, tiene muy buena penetración y propagación en el mar (Jensen, 2011; Campo et al., 2023). La velocidad del sonido en el mar es alrededor de 1500 m/s (Buchan et al., 2008). La atenuación es débil en el agua, aunque eso depende mucho del rango de frecuencia del sonido y del contexto geográfico y oceanográfico (Campo, et al., 2023). La propagación del sonido es afectada por varios efectos, como son los bordes del medio (suelo, superficie) y la heterogeneidad del medio (cambios de presión estática, de salinidad, de densidad y temperatura generando cambios de velocidad) (Buchan et al., 2008).

Los niveles sonoros de una fuente de ruido bajo el agua, van disminuyendo a medida que la onda sonora se aleja de la fuente. Esto se debe a la Curva de Pérdida de Transmisión Sonora TL, la cual depende fuertemente de las condiciones locales del entorno acústico.

Es mucha la información involucrada necesaria para poder estimar la curva de pérdida de transmisión sonora TL propia de un determinado lugar. Para poder estimar los niveles de ruido en torno a una fuente de ruido subacuática y evaluar su impacto en el entorno, se requiere información tal como:

- Nivel de ruido de la fuente sonora ( $L_{p_{rms}}$ ,  $L_{eq}$  o SEL).
- Espectros de frecuencia de la fuente sonora.
- Coordenadas geográficas y profundidad de la fuente sonora.
- Tiempos de operación de la fuente.
- Perfil de velocidad del sonido versus profundidad, característico del sector del proyecto.
- Batimetría del lugar.
- Tipo del fondo marino característico del lugar.
- Características auditivas de las especies marinas consideradas.
- Criterios de impacto fisiológico y de comportamiento de las especies marinas consideradas.

Así, para predecir el nivel de ruido que generará una fuente de ruido a una determinada distancia de ella, es necesario el modelo de propagación específico del lugar de la propagación. Para predecir el nivel a una distancia  $r$  de la fuente, se utiliza la expresión

$$L_r = SL - TL, \quad dB \quad (ec.9)$$

$$L_r = SL - N \log \log (r) - \alpha_f(r), \quad dB \quad (ec.10)$$

Donde

$$TL = N \cdot \log(r) + \alpha_f(r)$$

$L_r$ : Nivel en el receptor, dB [re 1  $\mu Pa$ ]

SL: Nivel de fuente ( $L_{eq}$ ,  $L_{p_{rms}}$ , SEL o SEL<sub>cum</sub>) a 1 m, dB [re 1  $\mu Pa \cdot m$ ] o dB [re 1  $\mu Pa^2 \cdot s \cdot m$ ]

N: razón de atenuación local

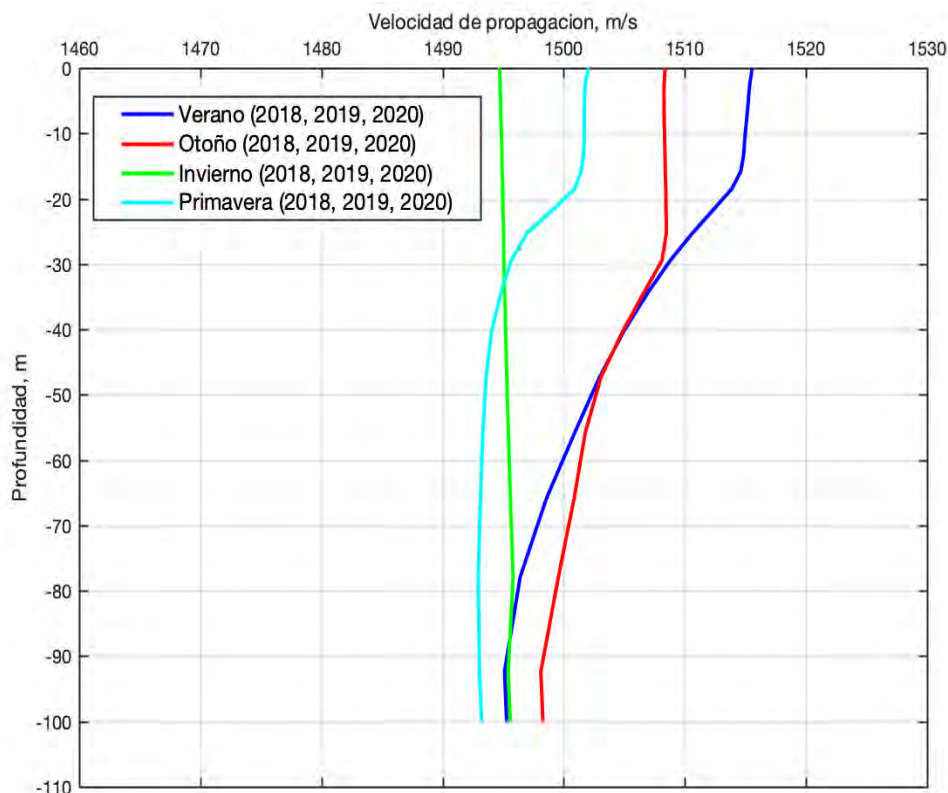
$r$ : Distancia al receptor desde la fuente, m

$\alpha_f$ : Absorción sonora del medio, dB/Km

En aguas profundas y ausencia de canales sonoros, se considera una propagación esférica con  $N=20$ . En presencia de canales sonoros se asume una propagación cilíndrica con  $N=10$ .

Normalmente, para el caso de aguas poco profundas, se realizan mediciones de campo de la atenuación a distintas distancias de una fuente para determinar una aproximación empírica de  $N$ , donde se pueden encontrar valores entre 13 y 35 (Richardson et al, 1995). Un valor de  $N=15$  se ha encontrado que se ajusta a un gran número de mediciones en aguas poco profundas y es utilizado en varias guías técnicas internacionalmente aceptadas (MMO, 2015; NMFS, 2018; Caltrans, 2020). Específicamente, los perfiles de salinidad y temperatura, más la profundidad del fondo marino y el tipo de material que lo compone, determinaran el valor de la razón de

atenuación N con que se propague el sonido en determinado lugar. La Figura 46 muestra un ejemplo de cómo varia la velocidad del sonido en función de la salinidad, temperatura y profundidad.



**Figura 46.** Perfiles de velocidad del sonido para distintas estaciones del año.

#### 10) Nivel ponderado por especie dBht (Nedwell *et al.*, 2007)

Otro concepto de interés en la acústica corresponde al denominado dBht, el cual es un descriptor de ruido equivalente al dBA del ser humano, este último describe el nivel sonoro que percibe el ser humano al ser expuesto a un determinado sonido, el cual depende directamente del umbral auditivo de los humanos. Este criterio de evaluación emplea un nivel de presión sonora ponderado dBth en forma similar a como se emplea el nivel dBA.

El dBht (especie) entrega un valor el cual permite comparar el impacto del ruido sobre una amplia gama de especies. El nivel absoluto de un sonido para una determinada especie puede evaluarse pasando el sonido a través de un “filtro” que imita la capacidad auditiva de esa especie, donde este filtro es el umbral auditivo o audiograma de la especie. Como se dijo anteriormente, este criterio se asemeja a la ponderación dB(A) que se utiliza para evaluar los efectos del ruido en el comportamiento de los seres humanos y puede considerarse



como una generalización de este criterio a otras especies. Así, para pasar de dB a dBA, primero se debe ponderar el espectro del ruido que estamos escuchando por la curva de respuesta auditiva del humano, en tanto en el caso del dBhtse requiere contar con las curvas auditivas de las especies a las que queremos estimarles su nivel de recepción o dBht.

El dBht es una escala de dB donde la presión de referencia es reemplazada por el umbral de audición de un animal, por lo que el nivel está referido al umbral de audición, de ahí el sufijo "ht" (hearing threshold). Dado que las diferentes especies tienen diferentes capacidades auditivas, un sonido determinado tendrá un nivel diferente en esta escala para cada especie. Por lo tanto, se debe especificar el animal para el que se quiere calcular el nivel dBht, como también los niveles en bandas de tercio de octava del ruido.

Así, en este criterio, cuando una determinada fuente de ruido posee componentes de frecuencias dentro del rango auditivos del animal, mientras más alto sea el nivel de estas componentes de frecuencia respecto del umbral auditivo del animal, mayor será el nivel de percepción del animal a ese ruido.

La Figura 47 muestra el caso de las emisiones subacuáticas de ruido durante un hincado de pilotes, con un nivel medido de 177 dB [re. 1μPa], a una distancia de 25 m. En ella se observan los umbrales auditivos de tres especies y podemos ver claramente la diferencia de los niveles umbrales de las especies con los niveles espectrales de la fuente sonora. La especie salmón, presenta niveles umbrales muy superiores a los que presenta la orca, por lo que sus sensibilidades auditivas al ruido son completamente diferentes. Lo mismo sucede entre el lobo marino y la orca. El ruido de 177 dB es percibido por el salmón con un nivel de 61,9 dBht, el lobo marino lo percibe con un nivel de 76,1 dBht y la orca con un nivel de 117,7 dBht. De acuerdo con la Tabla 13, la orca es la única especie de las tres que presenta un riesgo de TTS y PTS según el tiempo de exposición al ruido.

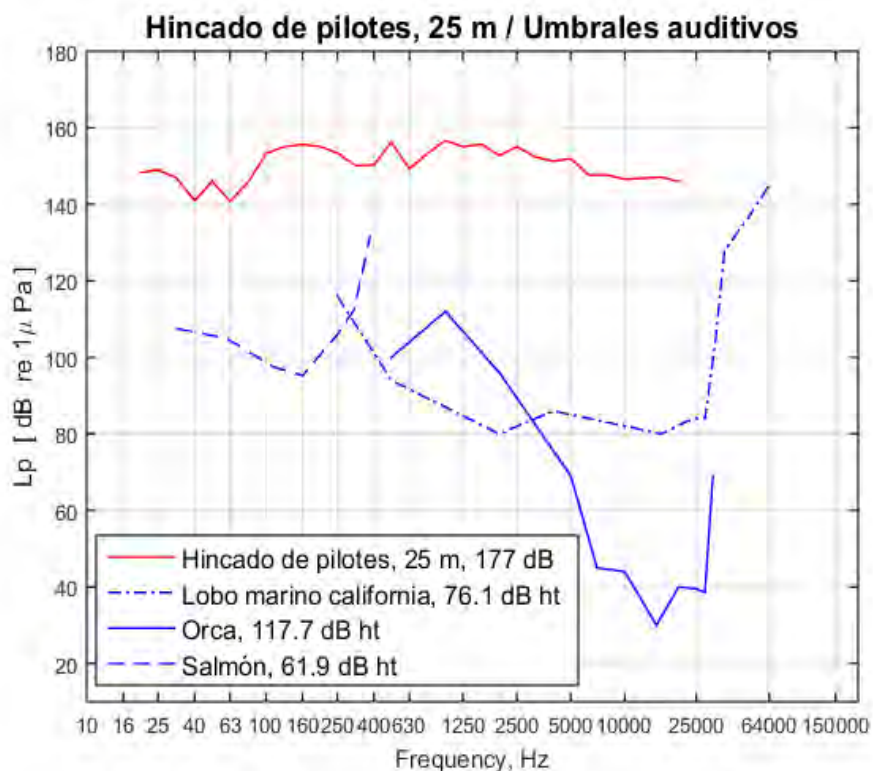


Figura 47. Ejemplo niveles ponderados dBht.

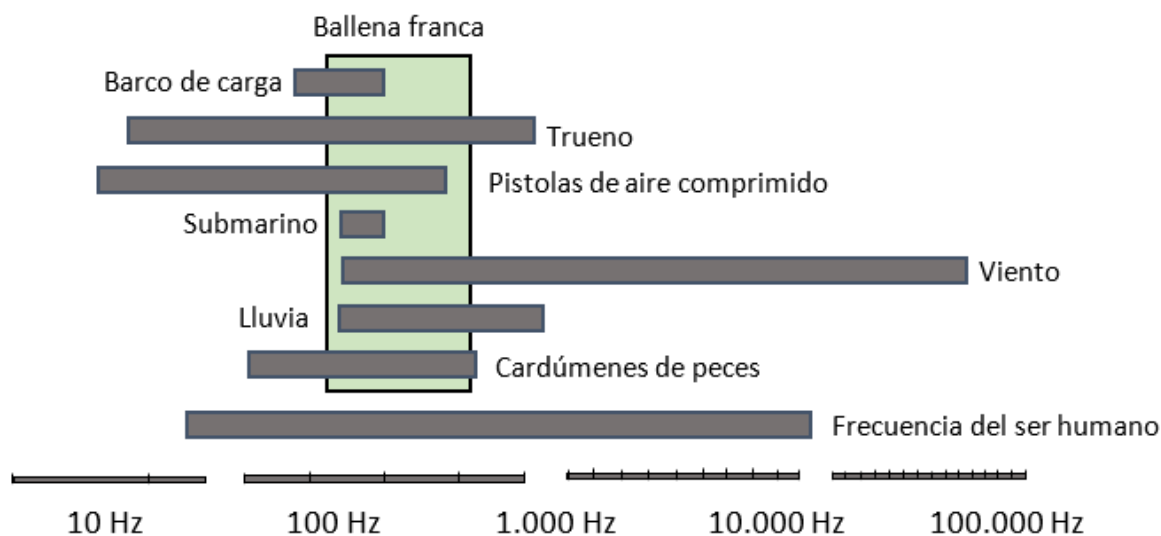
Este criterio de evaluación se basa en:

- La similitud que existe entre la fisiología del oído humano con la de los mamíferos marinos.
- La gran cantidad de información que se tiene sobre la ponderación dBA y su correlación con los efectos del ruido sobre el ser humano.
- La amplia aceptación internacional que tiene el nivel dBA para evaluar el impacto del ruido sobre el ser humano, tanto fisiológicamente como sobre su comportamiento (Decreto Supremo N°38, Norma de emisión de ruidos generados por fuentes que indica Ministerio del Medio Ambiente, 2011).

**Tabla 13.** Niveles de presión sonora ponderados dB<sub>ht</sub> para la evaluación del impacto fisiológico y conductual del ruido submarino.

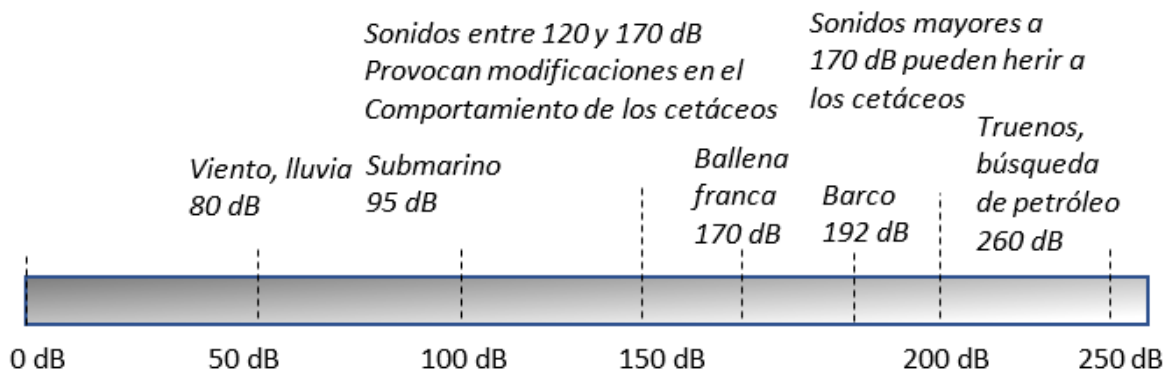
Nivel dB <sub>ht</sub> especie	Efecto
0 a 50	Reacción leve o nula de evitación o alejamiento de la zona de ruido en una minoría de los individuos.
50 a 90	Reacción más fuerte de evitación en un porcentaje de los individuos y en función del nivel. El porcentaje de individuos va aumentando con el incremento del nivel.
90	Fuerte reacción de evitación o alejamiento de la zona de ruido de prácticamente el total de los individuos.
110	Límite de tolerancia del sonido; insoportablemente ruidoso
> 90 a 130	Alta probabilidad de daño auditivo temporal (TTS) para exposiciones frecuentes al ruido. A mayor nivel, menor tiempo de exposición necesario para producir daño. A largo plazo se puede producir una pérdida auditiva permanente (PTS).
> 130	Posibilidad alta de pérdida o daño auditivo permanente (PTS) por exposición breve.

No todas las fuentes de sonido se emiten en el mismo rango de frecuencia, a modo de ejemplo, en el caso de la ballena franca, el ruido de origen humano le impide relacionarse de manera apropiada con su entorno (Fig. 48).



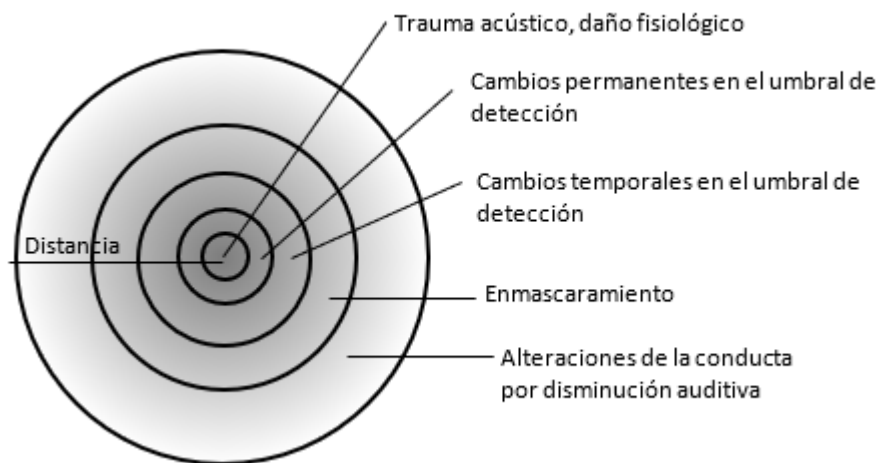
**Figura 48.** Diferentes fuentes de sonido en comparación con la frecuencia de sonidos de la ballena franca. (Fuente: Toro *et al.*, 2022).

Las respuestas de los mamíferos marinos ante el ruido, depende de factores tales como la especie, la edad del individuo, el sexo, la experiencia previa con el sonido y el estado conductual (Weilgart, 2007). Es por ello que individuos con capacidades auditivas similares pueden responder diferenciadamente al mismo estímulo sonoro (Clark, 2009). Cuando la intensidad del ruido supera los 120 decibeles, es posible observar cambios conductuales en los cetáceos, y a medida que se acrecienta el estrés, la respuesta del animal, también lo hace considerablemente, mientras que intensidades por sobre los 170 dB pueden herir a los cetáceos (Toro *et al.*, 2022) (Fig. 49).



**Figura 49.** Diferentes intensidades de ruido medidas en decibeles. (Fuente: Toro *et al.*, 2022)

Otro factor relevante es la distancia entre la fuente acústica y el animal (Fig. 50). De encontrarse cerca, un sonido puede ser lo suficientemente fuerte como para causar la muerte o lesiones graves. Si está un poco más lejos, un animal puede sufrir otras consecuencias importantes, pero menos severas, como la pérdida de la audición. Los animales pueden evitar exposiciones a distancias aún mayores, o pueden no moverse de la zona, pero de igual forma se verían afectadas por el solapamiento o enmascaramiento de señales auditivas. Pueden mostrar perturbaciones del comportamiento observable sólo a distancias comparables con el límite de audibilidad (Nowacek, 2007).



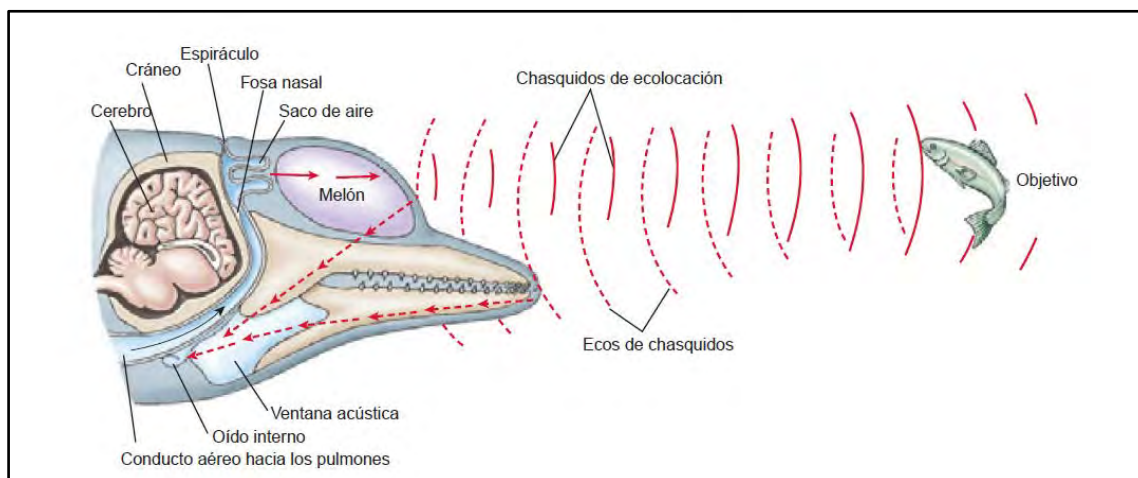
**Figura 50.** Modelo general de los efectos del ruido generando diferentes zonas de influencia en función de las distancias a la fuente (Fuente: Toro *et al.*, 2022)

Todos los mamíferos marinos evolucionaron a partir de ancestros terrestres adaptados al aire (Domning *et al.*, 1982; Barnes *et al.*, 1985) y, al menos en parte, conservan el sistema auditivo periférico tripartito nominal de los mamíferos, es decir, medio auditivo externo, medio lleno de aire oreja y cóclea en forma de espiral. La mayoría de los mecanismos de audición de los mamíferos también se conservan como la estructura básica de palanca de los huesecillos y la organización tonotópica de las células ciliadas a lo largo de la membrana basilar del oído interno. Sin embargo, los sistemas auditivos de los mamíferos marinos difieren en tener algunas adaptaciones que parecen estar relacionadas a la presión, la hidrodinámica y la recepción del sonido en el agua (Wartzok & Ketten, 1999). Por ejemplo, el pabellón auricular se ha reducido o eliminado en la mayoría de las especies, debido a adaptaciones hidrodinámicas.

A través de las vibraciones de la laringe, las ballenas con barbas o misticetos son capaces de producir sonidos a bajas frecuencias, llegando incluso a ser inaudibles para el ser humano (infrasónicas). Por lo general, estos animales emiten sonidos entre 10 Hz y 2 kHz, a excepción de la ballena jorobada que puede alcanzar frecuencias más altas. La baja frecuencia de estas vocalizaciones hace posible la comunicación a largas distancias, debido a que no pierde tanta energía en la propagación (Tyck, 2008). Así, pueden conectarse con sus pares a cientos de kilómetros, lo que puede verse obstaculizado en ambientes ruidosos (Slabbekorn, 2010).

Las vocalizaciones de las ballenas están compuestas por “unidades de sonido”. Cuando estas unidades se repiten en un patrón, se les otorga el nombre de frase y, finalmente, cuando estas frases se repiten en un patrón, se otorga el nombre de “canción”. Existe una gran variabilidad en los sonidos que cada especie puede o no emitir, por ejemplo, para la Ballena sei solo se han descrito algunas unidades de sonido, mientras que las ballenas jorobadas pueden emitir una gran cantidad de unidades de sonido, frases y múltiples canciones (Toro *et al.*, 2022). Cada especie de ballena emite unidades de sonido, frases o canciones diferentes, por lo que actualmente, es posible identificar a la especie que esté vocalizando a través de esos elementos.

Los cetáceos dentados u odontocetos se caracterizan por una gran variedad de sonidos de alta frecuencia, donde los clics y silbidos son los más básicos. Estas vocalizaciones muchas veces alcanzan frecuencias ultrasónicas que no pueden ser oídas por el ser humano. Estos mamíferos tienen la habilidad de la ecolocación al igual que los murciélagos, es decir, utilizan las ondas sonoras para “escanear” el ambiente en el que se encuentran. Los odontocetos emiten sonidos amplificados por el melón, saco de grasa ubicado en la frente del animal, los que luego rebotan en el ambiente y son captados de vuelta por ejemplar, a través de su mandíbula. Esta última estructura lleva las ondas hasta el oído interno y cerebro, donde finalmente son procesadas y transformadas en imágenes del entorno (Fig. 51).



**Figura 51.** Esquema de ecolocalización y recepción de sonidos en odontocetos. Fuente: Castro & Huber (2007).

La ecolocalización no es solo un mecanismo de ubicación espacial, sino que también permite la detección de diferentes objetos y presas (Au, 2000). En concreto, el sonido rebotado llega con diferencias de intensidad, tiempo y frecuencia de cada uno de los oídos, dependiendo de la posición espacial del elemento o ser vivo en cuestión. Debido a estas variaciones, cetáceos como delfines y marsopas pueden crear y percibir el entorno, conociendo de paso el tamaño, lugar, movimiento velocidad y dirección de lo que tengan a su alrededor (Toro et al., 2022). Aunque todas las especies de odontocetos tienen la habilidad de ecolocalizar cada una utiliza diferentes ondas sonoras.

Los pinnípedos presentan un pabellón auricular reducido (Otariidae) o ausente (Phocidae y Odobenidae). El conducto auditivo externo tiene musculatura propia bien desarrollada que le permite cerrarse completamente durante el buceo. Además, presenta tejido cavernoso y cartílagos que compensan las presiones durante el buceo (Mohl 1967; Repenning 1972). El oído medio también posee tejido cavernoso, aunque no tan desarrollado como en los cetáceos. Los huesecillos del oído medio suelen aumentar su tamaño en distinta proporción en las diferentes familias (Doran, 1879). El oído interno en general presenta una cóclea con pocas vueltas, estos animales están adaptados a oír tanto en el aire como en el agua y registrar vibraciones de baja frecuencia. En el aire los sonidos son recibidos a través de ambos oídos desde una u otra dirección en distintos tiempos e intensidades; sin embargo, bajo el agua se pierde en parte la dirección y parte del espectro sonoro, captando principalmente sonidos de baja frecuencia (Loza, 2016).

Las modificaciones de los tejidos pueden permitir la reducción o eliminación de los espacios de gas en el oído medio de algunos mamíferos marinos. En consecuencia, la conducción ósea, en lugar de la cadena de

huesecillos convencional, puede ser una vía de transmisión de sonido adicional (o primaria) a la cóclea (Repenning, 1972; Au, 1993).

Existen audiogramas conductuales o electrofisiológicos para menos de 20 especies de mamíferos marinos de aproximadamente 128 especies y subespecies (Rice, 1998), al combinar estos datos con anatomía comparativa, modelado y respuesta medida en tejidos del oído de especies que son difíciles de estudiar, sin embargo, es posible describir la frecuencia, sensibilidad y adaptaciones críticas para la audición submarina en cada uno de los cinco grupos auditivos funcionales de mamíferos marinos (Tabla 14).

**Tabla 14.** Grupos auditivos funcionales de mamíferos marinos, ancho de banda auditivo, géneros representados en cada grupo y ponderación de frecuencia específica del grupo (M). (Fuente: Southland, 2007). En negrilla se indican géneros reportados para la Patagonia chilena.

Grupo funcional auditivo	Ancho de banda auditivo estimado	Género representado (Número de especies/subespecies)
Cetáceos de baja frecuencia (LF) ( $M_{lf}$ )	7 Hz a 22 kHz	Balaena, Caperea, Eschrichtius, Megaptera, Balaenoptera (13 especies/subespecies)
Cetáceos de media frecuencia (MF) ( $M_{mf}$ )	150 Hz a 160 kHz	Steno, Sousa, Sotalia, Tursiops, Stenella, Delphinus, Lagenodelphis, Lagenorhynchus, Lissodelphis, Grampus, Peponocephala, Feresa, Pseudorca, Orcinus, Globicephala, Orcaella, Physeter, Delphinapterus, Monodon, Ziphius, Berardius, Tasmacetus, Hyperoodon, Mesoplodon (57 especies/subespecies)
Cetáceos de alta frecuencia (HF) ( $M_{hf}$ )	200 Hz a 180 kHz	Phocoena, Neophocaena, Phocoenoides, Platanista, Inia, Kogia, Lipotes, Pontoporia, Cephalorhynchus (20 especies/subespecies)
Pinnípedos en el agua ( $M_{pw}$ )	75 Hz a 75 kHz	Arctocephalus, Callorhinus, Zalophus, Eumetopias, Neophoca, Phoca, Otaria, Erignathus, Phoca, Pusa, Halichoerus, Histriophoca, Pagophilus, Cystophora, Monachus, Mirounga, Leptonychotes, Ommatophoca, Lobodon, Hydrurga y Odobenus (41 especies/subespecies)
Pinnípedos en el aire ( $M_{pa}$ )	75 Hz a 30 kHz	Mismas especies que los pinnípedos en el agua (41 especies/subespecies)

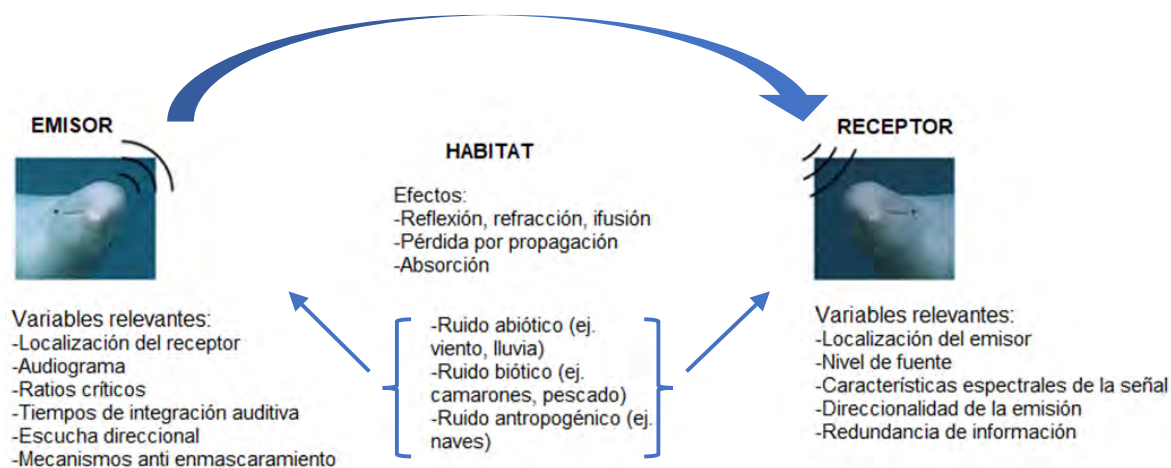


El sonido juega un papel importante en la vida de los mamíferos marinos. Todas las especies de mamíferos marinos producen sonido, y la producción de sonido se ha asociado con una variedad de comportamientos, incluidos aquellos relacionados con apareamiento, crianza de las crías, interacción social, cohesión grupal y alimentación. Por ejemplo, los sonidos de los delfines son específicos de las interacciones sociales, se han identificado el cortejo, el comportamiento agonístico, los viajes y la búsqueda de alimento (Díaz López, 2011; Dudzinski, 1996; Herzing, 1996).

Los cantos de las ballenas de aleta (*Balaenoptera physalus*, Croll *et al.*, 2002), ballenas de Groenlandia (*Balaena mysticetus*, Johnson *et al.*, 2015) y ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) desempeñan un papel en el apareamiento (Darling *et al.*, 2006; Payne & McVay, 1971; Winn & Winn, 1978). Se han descrito llamadas de reconocimiento de madre y cría en focas, leones marinos y morsas. (Charrier *et al.*, 2010; Insley *et al.*, 2003). Delfines mulares (*Tursiops truncatus*) utilizan silbatos característicos que identifican a los individuos (Caldwell & Caldwell, 1965; Janik & Sayigh, 2013). Orcas (*Orcinus orca*, Ford, 1989, 1991) y cachalotes (*Physeter macrocephalus*, Weilgart & Whitehead, 1997) tienen dialectos mediante los cuales se pueden diferenciar las poblaciones que viven en la misma región geográfica.

De todas las formas en que el ruido puede afectar la vida de los mamíferos marinos, el enmascaramiento auditivo es quizás el más generalizado. Ocurre enmascaramiento cuando la capacidad de detectar o reconocer un sonido de interés se degrada por la presencia de otro sonido (el enmascarador). Cuantitativamente, enmascarar se refiere a la cantidad en decibeles por la cual se eleva un umbral de detección auditiva en presencia de un enmascarador ANSI (2013). bien el enmascaramiento es una característica común, si no universal, de sistemas de comunicación naturales, predecir el enmascaramiento es difícil dado la variedad de factores que deben tenerse en cuenta.

La Figura 49 ilustra los factores que desempeñan un papel en la comunicación acústica en entornos naturales. El emisor envía una llamada con ciertas características espectrales en un nivel de fuente determinado. Esta llamada viaja a través del hábitat submarino, donde experimenta pérdidas de propagación, incluidas la dispersión y la absorción. Las características acústicas de la llamada que recibe el animal que escucha dependen de la ubicación tanto del emisor y el receptor, así como el entorno de propagación. El océano es naturalmente ruidoso con sonidos de fuentes físicas como el viento, olas, hielo, precipitaciones y terremotos, y fuentes biológicas como el mordedor de camarones, el canto de los peces y el canto de las ballenas.



**Figura 52.** Factores del hábitat, emisor y receptor, que son relevantes para una comunicación acústica eficaz en ambientes marinos. (Fuente: modificado de Erbe et al., 2016).

En la ubicación del individuo que escucha, el ruido, ya sea de origen antropogénico o natural, puede enmascarar la señal del remitente. Aparte de las características espectrales de la señal y ruido en la ubicación del receptor, ciertas características del sistema auditivo del oyente también afectan el potencial y el grado de enmascaramiento. Estas características auditivas incluyen la sensibilidad absoluta del sistema auditivo, la sintonización de frecuencias, la integración temporal de energía acústica y varios tipos de liberación de enmascaramiento que se conocen que se produzca. Además, la percepción del ruido puede provocar respuestas anti-enmascaramiento en el emisor, quien puede alterar el comportamiento vocal cambiando parámetros de llamada como el nivel, la tasa de repetición o la frecuencia, en conjunto conocido como efecto Lombard (Lombard, 1911).

Los efectos del ruido submarino de origen antropogénico sobre los mamíferos marinos pueden ser divididos en cinco categorías, las cuales dependen de la distancia a la cual se encuentre el receptor desde la fuente. Estas categorías son:

- Detección
- Enmascaramiento
- Cambio de comportamiento
- Cambio auditivo temporal TTS (Temporary Threshold Shift)
- Daño físico o cambio auditivo permanente PTS (Permanent Threshold Shift)

Los rangos de detección del ruido subacuático por parte de los MM dependen fuertemente del nivel de ruido de fondo, como también del umbral auditivo del animal. El umbral auditivo de un animal es su curva audiométrica, la cual indica a partir de qué frecuencia, y a qué nivel sonoro, el animal comienza a percibir el sonido. La Figura 53 muestra en forma comparativa, los umbrales auditivos de varios grupos de mamíferos, donde se aprecia que

los odontocetos son la especie con el umbral auditivo más bajo de todos, ya que comienza a escuchar a niveles comparativamente más bajos y en un amplio rango de frecuencia.

El enmascaramiento es un impacto donde los ruidos enmascaran señales auditivas vitales para la vida de los animales, tales como sonidos de comunicación, detección de obstáculos o depredadores. Los cambios de comportamiento suceden para un gran intervalo de niveles sonoros y son difíciles de evaluar objetivamente.

Los cambios de umbrales auditivos temporales TTS, implican un aumento del umbral auditivo temporal que significa una sordera temporal, la cual desaparece después de un tiempo de descanso auditivo. Los cambios de umbrales permanentes PTS, implican que el daño físico o sordera es irreversible.

No todos los sonidos de gran nivel serán dañinos para todas las especies. Para que un sonido sea dañino, primero, su contenido de frecuencias debe estar dentro del rango de frecuencia en que escucha la especie, y segundo, el nivel debe estar muy por encima del nivel a partir del cual empieza a percibir el sonido la especie

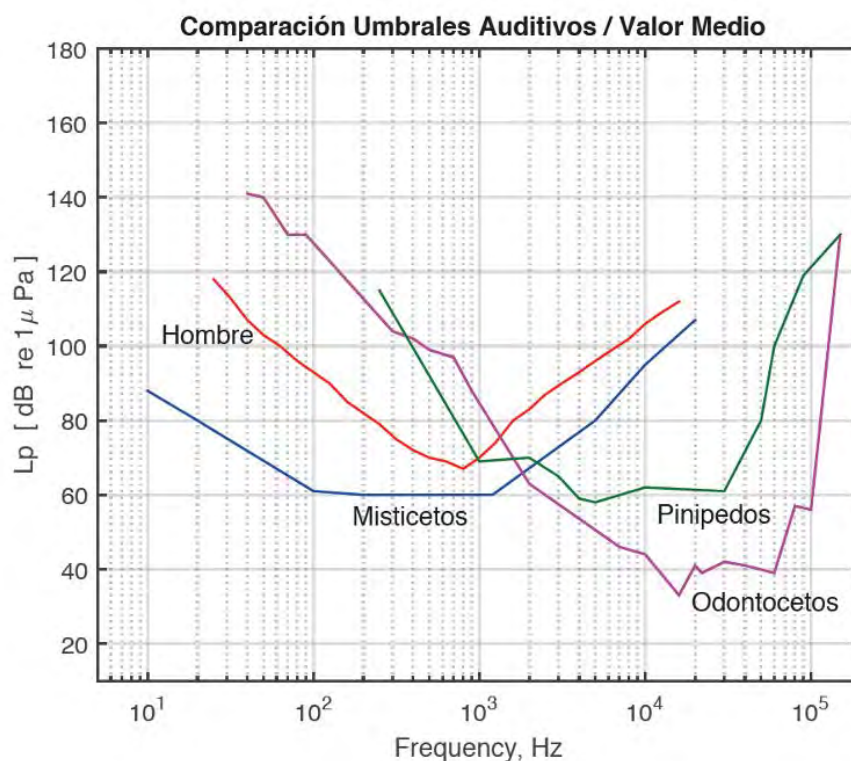
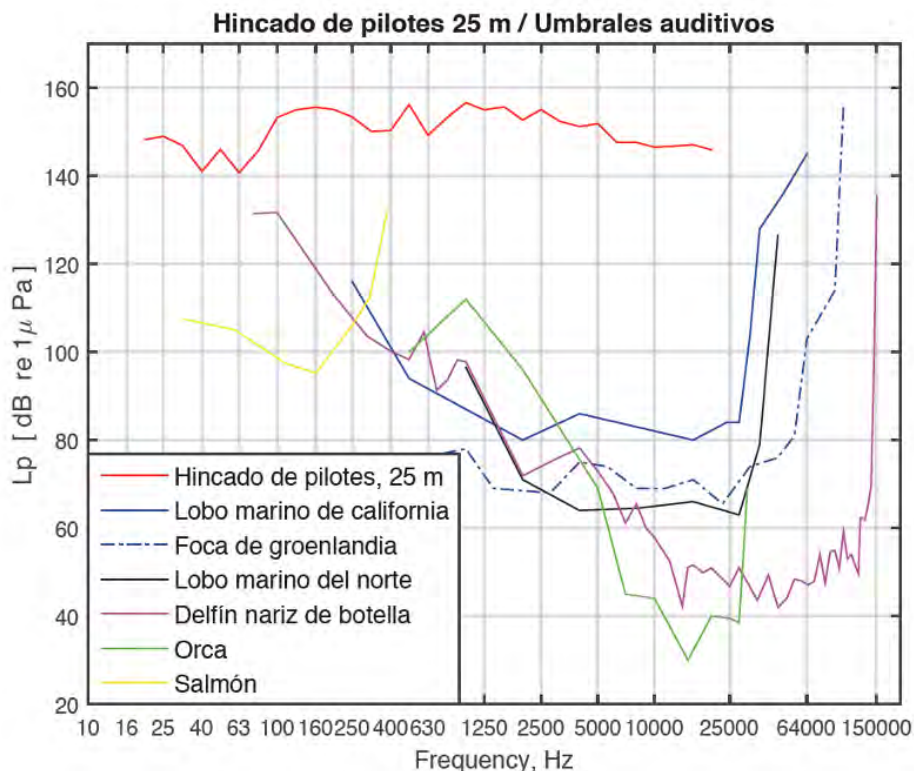


Figura 53. Umbrales auditivos de distintos grupos de mamíferos marinos.

En la Figura 54 se muestra en forma comparativa, el espectro sonoro de un ruido de hincado de pilotes [9], con los umbrales auditivos de varias especies, donde se puede ver que, el nivel del golpe está muy por encima del nivel de las curvas auditivas de los MM.



**Figura 54.** Espectro de frecuencia de un ruido de hincado de pilotes comparado con las curvas de umbrales auditivos de varias especies.

Cuando el sistema auditivo es expuesto a niveles muy altos de energía sonora por un tiempo específico, las células ciliadas ubicadas al interior del oído interno comienzan a fatigarse. Esto significa una disminución de la sensibilidad auditiva o una disminución del umbral auditivo. Las células ciliadas tienen la capacidad de recuperarse después de un tiempo, produciéndose así un cambio temporal o TTS. Ahora, si la exposición al ruido supera los niveles críticos ya sea por niveles de ruido muy altos o por tiempos prolongados de exposición, las células ciliadas del oído interno son dañadas irremediablemente, muriendo y produciéndose el cambio de umbral auditivo permanente o PTS.

Los mamíferos marinos, usan el sonido de forma activa y pasiva para comunicarse y sentir su entorno, cubriendo frecuencias desde unos pocos Hertz (Hz) hasta más de 100 kHz, lo que difiere según la especie (Erbe *et al.*, 2018). Más específicamente, las señales de comunicación de los odontocetos (delfines principalmente) suelen incluir frecuencias medias (1-20 KHz) y cuentan con un sistema de ecolocalización que opera a altas y muy altas frecuencias (20-150 KHz), utilizadas para detectar y localizar obstáculos, presas y congéneres, mientras que las señales de comunicación de los misticetos (ballenas principalmente) son de frecuencias bajas y medianas (7 Hz a 35 kHz). En los pinnípedos se diferencia entre fócidos y otáridos, debido a rangos de frecuencias de audición que van de 50 Hz a 86 kHz y entre 60 Hz y 39 kHz, respectivamente (NMFS, 2013, 2018). Se indican los rangos de audición para reportados para especies de mamíferos marinos presentes en Chile, cabe indicar que en el caso de Reyes (2018), dicho trabajo menciona el rango auditivo para algunos pequeños cetáceos presentes en Chile, como el delfín chileno o el delfín austral, asimilándolas al rango de alta frecuencia según Southall *et al* (2007) (Tabla 15a y 15b).

**Tabla 15a.** Frecuencia de audición de los mamíferos marinos presentes en Chile. LFC (Low-frequency cetaceans: 0.007 a 22 KHz; MFC (Mid-frequency cetaceans: 0.150 a 160 kHz; HFC (High-frequency cetaceans) 0.2 a 180 kHz; PIW: (Pinnipeds in water) 0.075 a 75 kHz Grupo Funcional, según Southall, (2007). MP: Preocupación menor, CA: Casi amenazado, EP: En peligro, DI: Datos insuficientes

Nombre común	Nombre científico	Rango audición (kHz)		IUCN	Fuente	Grupo funcional
		Min	Max			
Lobo fino austral	<i>Arctocephalus australis</i>	?	40	MP	Paitach, et al., 2021	PIW
Lobo fino antártico	<i>Arctocephalus gazella</i>	?	40	MP	Paitach, et al., 2021	PIW
Lobo fino de Juan Fernández	<i>Arctocephalus philippii</i>			MP		PIW
Lobo fino subantártico	<i>Arctocephalus tropicalis</i>			MP		PIW
Ballena minke antártica	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	0,2	19	CA	Risch, et al., 2e019	LFC
Ballena sei	<i>Balaenoptera borealis</i>	1,5	3,5	EP	Erbe, 2002	LFC
Ballena de Bryde	<i>Balaenoptera edeni</i>	0,07	0,9	MP	Erbe, 2002	LFC
Ballena azul	<i>Balaenoptera musculus</i>	0,01	18	EP	Ketten et al., 2006	LFC
Ballena fin	<i>Balaenoptera physalus</i>	0,01	0,75	VU	Ketten et al., 2006	LFC
Ballena minke enana	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	0,02	35	MP	Ketten et al., 2006	LFC
Zifio de Arnoux	<i>Berardius amuxii</i>			MP		MFC
Ballena franca pigmea	<i>Caperea marginata</i>	0,06	0,135	MP	Croll et al., 1999	LFC
Tonina overa	<i>Cephalorhynchus commersonii</i>	0,2	180	MP	Reyes, 2018	HFC
Delfín chileno	<i>Cephalorhynchus eutropia</i>	0,2	180	CA	Reyes, 2018	HFC
Delfín común	<i>Delphinus capensis</i>	?	160	MP	Houser et al., 2022	MFC
Delfín común oceánico	<i>Delphinus delphis</i>	10	100	MP	Ansmann, 2005	MFC
Ballena franca austral	<i>Eubalaena australis</i>	0,03	2,2	CR	Croll et al., 1999	LFC
Orca pigmea	<i>Feresa attenuata</i>	5	120	MP	Erbe, 2016	MFC
Calderón de aleta corta	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	5	120	MP	Erbe, 2016	MFC
Calderón común	<i>Globicephala melas</i>	4	100	MP	Erbe, 2016	MFC
Delfín de risso	<i>Grampus griseus</i>	1,6	150	MP	Erbe, 2016	MFC
Foca leopardo	<i>Hydrurga leptonyx</i>			MP		PIW
Calderón austral	<i>Hyperoodon planifrons</i>			MP		MFC
Cachalote pigmeo	<i>Kogia breviceps</i>	0,2	180	MP	Reyes, 2018	HFC
Cachalote enano	<i>Kogia sima</i>	0,2	180	MP	Reyes, 2018	HFC
Delfín austral	<i>Lagenorhynchus australis</i>	0,2	180	MP	Reyes, 2018	MFC
Delfín cruzado	<i>Lagenorhynchus cruciger</i>	0,2	180	MP	Reyes, 2018	MFC
Delfín oscuro	<i>Lagenorhynchus obscurus</i>	30	130	MP	Todd, 2014	MFC
Foca de Weddell	<i>Leptonychotes weddellii</i>			MP		PIW
Delfín liso	<i>Lissodelphis peronii</i>			MP		MFC
Foca cangrejera	<i>Lobodon carcinophaga</i>			MP		PIW

**Tabla 15b.** Frecuencia de audición de los mamíferos marinos presentes en Chile. LFC (Low-frequency cetaceans: 0.007 a 22 KHz; MFC (Mid-frequency cetaceans: 0.150 a 160 kHz; HFC (High-frequency cetaceans) 0.2 a 180 kHz; PIW: (Pinnipeds in water) 0.075 a 75 kHz Grupo Funcional, según Southall, (2007). MP: Preocupación menor, CA: Casi amenazado, EP: En peligro, DI: Datos insuficientes

Nombre común	Nombre científico	Rango audición (kHz)		IUCN	Fuente	Grupo funcional
		Min	Max			
Chungungo	<i>Lontra felina</i>			EP		---
Huillín	<i>Lontra provocax</i>			EP		---
Ballena jorobada	<i>Megaptera novaeangliae</i>	0,018	30	MP	Ketten et al., 2006	LFC
Zifio de Blainville	<i>Mesoplodon densirostris</i>	5,6	160	MP	Erbe, 2016	MFC
Zifio de Gray	<i>Mesoplodon grayi</i>			MP		MFC
Zifio de Hector	<i>Mesoplodon hectori</i>		120	DI		MFC
Zifio de Layard	<i>Mesoplodon layardii</i>			MP		MFC
Zifio de Perú	<i>Mesoplodon peruvianus</i>			MP		MFC
Zifio de Travers	<i>Mesoplodon traversii</i>			DI		MFC
Foca elefante	<i>Mirounga leonina</i>			MP		PIW
Foca de Ross	<i>Ommatophoca rossii</i>			MP		PIW
Orca	<i>Orcinus orca</i>	0,5	100	DI	Erbe, 2016	MFC
Lobo marino común	<i>Otaria flavescens</i>	0,1	60	MP	Gili et al., 2018	PIW
Marsopa de anteojos	<i>Phocoena dioptrica</i>			MP		HFC
Marsopa espinosa	<i>Phocoena spinipinnis</i>			CA		HFC
Cachalote	<i>Physeter macrocephalus</i>	2,5	60	VU	Todd, 2014	MFC
Falsa orca	<i>Pseudorca crassidens</i>	2	85	CA	Erbe, 2016	MFC
Delfín moteado	<i>Stenella attenuata</i>			MP		MFC
Delfín listado	<i>Stenella coeruleoalba</i>	0,5	160	MP	Erbe, 2016	MFC
Delfín acróbata	<i>Stenella longirostris</i>	12	90	MP	Pacini et al., 2016	MFC
Delfín de dientes rugosos	<i>Steno bredanensis</i>			MP		MFC
Zifio de Shepard	<i>Tasmacetus shepherdii</i>			DI		MFC
Delfín nariz de botella	<i>Tursiops truncatus</i>	0,05	160	DI	Ketten et al., 2006	MFC
Zifio de Cuvier	<i>Ziphius cavirostris</i>	15	80	MP	Todd, 2014	MFC

#### 4.1.8. Reuniones de coordinación

La reunión de coordinación inicial se llevó a cabo el 03 de octubre de 2023, en modalidad no presencial. El Acta respectiva, la cual fue remitida a la Sra. Lilian Troncoso G, en su calidad de Directora Ejecutiva (s) del Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (FIPA), con copia a la Sra. Malú Zavando el día 08 de octubre de 2023. Adicionalmente, se llevaron a cabo reuniones de trabajo periódicas entre SUBPESCA y la PUCV, los días 07/11/2023, 07/12/2023 y 04/01/2023 (Ver Anexo)

#### 4.1.9. Resultados generales de la revisión bibliográfica

La búsqueda y análisis de literatura técnica, académica y científica, se basó en la metodología de Revisión Sistemática de Denyer & Tranfield (2009), la cual incluye los siguientes pasos: alcance, búsqueda, selección, análisis, y reporte. Este tipo de búsqueda consiste en detectar, obtener y consultar bibliografía, documentos y otros materiales que pueden ser útiles para los propósitos de la investigación.

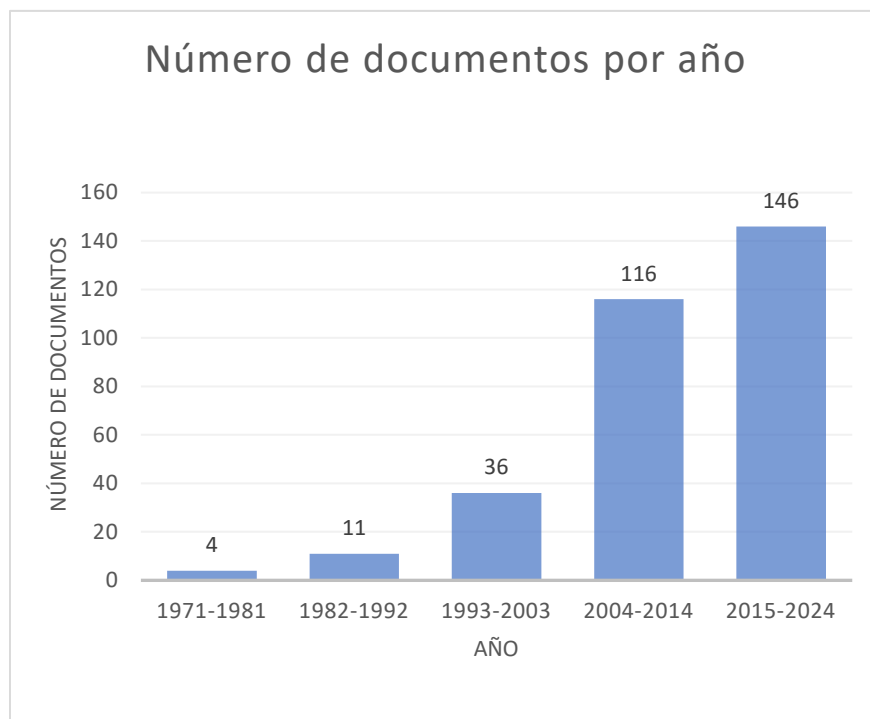
La búsqueda sistematizada de información permitió encontrar la mayor cantidad posible de documentos respecto de los sistemas de disuasión para mamíferos marinos, asegurando la inclusión de los documentos relevantes disponibles en los resultados de la búsqueda y, por último, asegurando también la pertinencia de lo encontrado respecto del objetivo de la búsqueda.

Se realizó la recopilación y sistematización de la información bibliográfica a nivel nacional e internacional de trabajos científicos y técnicos relacionados con sistemas de disuasión de mamíferos marinos tanto para centro de cultivos como para otras actividades. Para ello, en las plataformas Google Scholar, Web of Science (WOS), ScienceDirect, SCOPUS entre otras, se ingresaron combinaciones de palabras claves que facilitaron la búsqueda. Inicialmente se realizó un filtro utilizando los títulos y los resúmenes de cada documento y se seleccionaron trabajos de investigación dentro de los años 2000 y 2024, sin embargo, en consideración a que algunos métodos de disuasión se vienen utilizando desde muchos años antes, se incorporó información menos reciente. Cabe señalar, que las excepciones en la selección de documentos fueron porque se encontraron documentos que entregaban información relevante para la revisión. Para asegurar que el listado final fuera lo más completo posible, además de la revisión sistemática, se realizó una consulta a especialistas y expertos.

Finalmente se construyó una base de datos con el software Excel. La ventaja de usar una base de datos da la posibilidad de actualización constante, siendo una herramienta que puede seguir incluyendo documentos que se estime conveniente durante la revisión. En dicha base de datos, se incorporan campos que permitieron la clasificación de la información, de tal forma que el ingreso de la información permitiera un correcto filtrado de las celdas para su posterior análisis.

A partir de la exhaustiva revisión bibliográfica, se identificaron un total de 313 documentos que contienen información sobre tecnologías de disuasión de mamíferos marinos para la mitigación de interacciones en sistemas de acuicultura, pesca y otros. Los documentos encontrados incorporan información existente desde 1971 hasta el año 2024 (Fig. 55) (Ver Anexo).





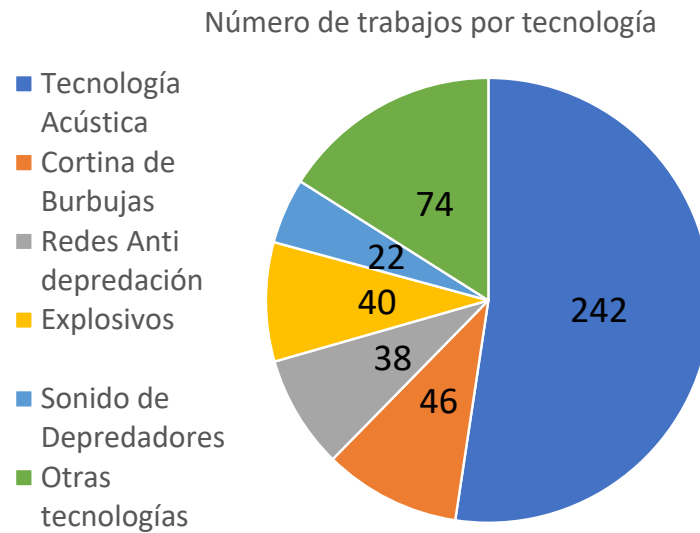
**Figura 55.** Número de documentos obtenidos en la revisión de antecedentes encontrados entre el año de 1971 hasta 2024. N = 313 documentos.

La revisión reveló una amplia variedad de métodos y tecnologías utilizadas para la disuasión de mamíferos marinos. Los documentos recopilados se agruparon en seis grandes categorías:

- i) Tecnologías acústicas,
- ii) cortinas de burbujas,
- iii) redes anti depredación,
- iv) explosivos,
- v) sonidos y formas de depredadores y
- vi) otras tecnologías,

En la categoría de otras tecnologías/métodos se consideraron silbatos para perros, uso de armas de fuego, reubicación, espantapájaros, barreras físicas (distintas a las redes anti depredadores), repelentes químicos, luces led, luces estroboscópicas, hostigamiento con botes, barreras eléctricas, rociadores de agua a presión, caza-sacrificio, pez eléctrico y trampas.

La clasificación de los trabajos según el tipo/tipos de tecnologías estudiadas o analizadas reveló que la gran mayoría de ellos hacen a lo menos mención al uso de tecnologías acústicas (242 documentos). En contraste, el uso de sonidos y formas de depredadores fue el método reportado con menor frecuencia, con solo 22 menciones (Fig. 56).



**Figura 56.** Frecuencia expresada como número de documentos encontrados y clasificados según las siguientes categorías tecnológicas: tecnologías acústicas, cortinas de burbujas, redes anti depredación, explosivos, sonidos de depredadores y otras tecnologías.

Al desglosar la información referente a dispositivos acústicos, se pudo observar que la información se separa en documentos que corresponden a revisiones (100), en los cuales muchas veces solo corresponden a menciones de uso y a documentos que hacen referencia a experimentos (142). Dentro de estas dos subcategorías, un total de 148 documentos tienen alguna relación con aplicaciones de métodos acústicos en pesca o acuicultura, mientras que los 94 documentos restantes hacen mención a su uso en otras actividades que no están relacionadas con estas actividades, sin embargo, entregan información relevante en términos de áreas de afectación, cambios-respuestas conductuales y eficiencia del método (Tabla 16 y Ver Anexo).

**Tabla 16.** Número de documentos relacionado con las tecnologías acústicos, considerando el tipo de documento y la aplicación del método.

<b>Aplicaciones</b>	<b>Experimento</b>	<b>Review</b>	<b>Subtotales</b>
Acuicultura	39	31	70
Pesca	54	25	79
Otra	49	45	94
<b>Total, general</b>	<b>142</b>	<b>100</b>	<b>242</b>

En cuanto a los otros métodos le sigue en número de apariciones la cortina de burbujas, que, aunque no es un método de disuasión propiamente tal, ha mostrado buenos resultados al momento de reducir el impacto sobre mamíferos marinos producto del ruido submarino. En este caso, la revisión arroja que los trabajos que hacen mención a su aplicación en acuicultura, son escasos (9) y se han centrado principalmente a la protección de los centros contra medusas, FAN, parásitos o contaminantes, mientras que el resto de los documentos (37) mencionan su aplicación en otras industrias como las construcciones offshore, aunque igualmente aportan información importante a su aplicación como método de protección de mamíferos marinos (Tabla 17).

**Tabla 17.** Desagregación de la información en términos de aplicación en acuicultura, pesca u otro, por tipo de método/tecnología de disuasión.

<b>Método/tecnología</b>	<b>Acuicultura</b>	<b>Pesca</b>	<b>Otro</b>	<b>Total</b>
Acústicos	74	78	90	242
Cortina de burbujas	9	0	37	46
Redes antidepredadores	29	6	3	38
Explosivos	18	9	13	40
Sonidos/forma de depredadores	8	5	9	22
Otros	32	14	28	74

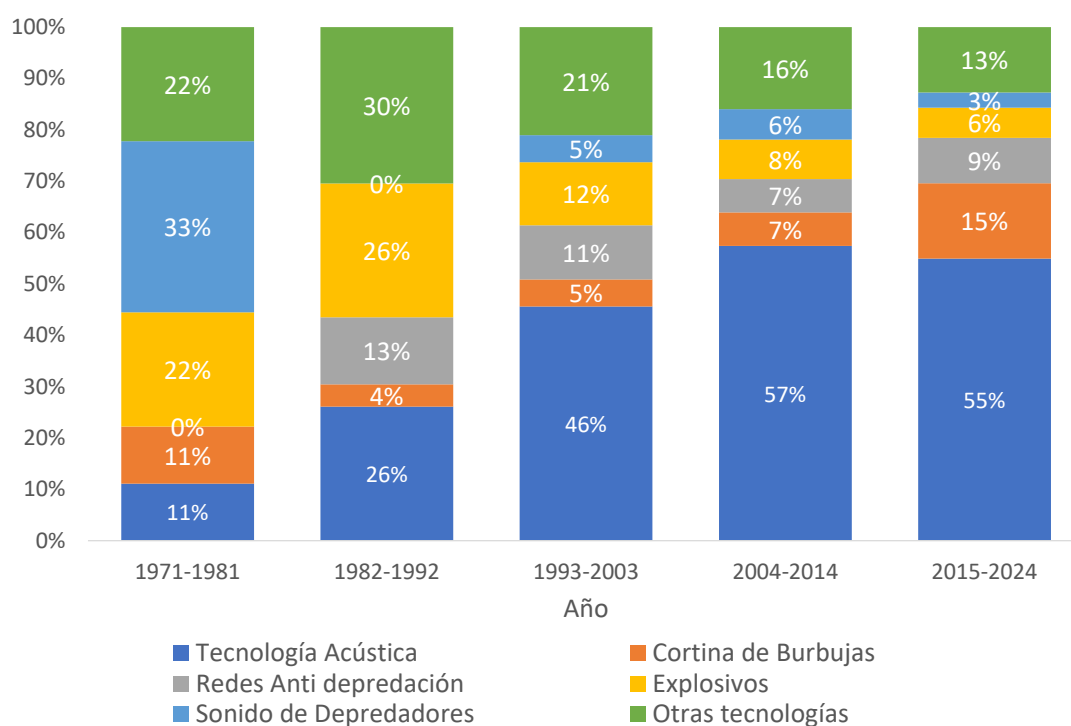
El resto de los métodos, sin considerar la agrupación Otros, sigue una tendencia similar en el que al menos la mitad de los documentos hacen mención directa a aplicaciones o pruebas en acuicultura y pesca, mientras que el resto de los documentos entregan información adicional y por lo general corresponde a revisiones de métodos/tecnologías, experimentos y/o revisiones del problema de la interacción con mamíferos marinos.

Respecto a la categoría otros, agrupa 14 métodos/tecnologías diferentes, los que ya fueron mencionados anteriormente. Cada uno de estos métodos/tecnologías presenta escasa información formal o científica, algunos de ellos solo presentan menciones anecdóticas de su uso o aplicación, principalmente en revisiones de los métodos de mitigación para reducir interacción con mamíferos marinos. Las menciones en documentos formales de estos métodos se limitan a pocos trabajos, que van desde uno a 13 documentos, siendo muy escasas y en algunos casos inexistente información acerca de su efectividad como método de disuasión.

Temporalmente, el número de documentos referentes a métodos de disuasión de mamíferos marinos, evidencia un crecimiento exponencial entre 1971 y 2024 (Fig. 57). Dentro de los métodos que presentan mayores antecedentes son las tecnologías acústicas, como se ilustra en la Tabla 18 y la Figura 57. En la última década el número de trabajos sobre esta tecnología supera los 100 reportes, mientras que en los años iniciales (1971-1992) se registraban menos de 10 documentos. Este crecimiento también se ha reflejado en el uso de cortinas de burbujas y redes anti depredación. En contraste, el número de documentos que reportan el uso de sonidos/formas de depredadores y otras tecnologías es muy escaso, y en repetidas ocasiones solo se hace referencia a menciones de uso.

**Tabla 18.** Número de documentos considerando las distintas tecnologías/dispositivos de mitigación entre en los años de 1971 y 2024.

Tecnología/Dispositivo	Año					Total
	1971-1981	1982-1992	1993-2003	2004-2014	2015-2024	
Tecnología acústica	1	6	26	97	112	242
Cortina de burbujas	1	1	3	11	30	46
Redes antidepredadores	0	3	6	11	18	38
Explosivos	2	6	7	13	12	40
Sonido de depredadores	3	0	3	10	6	22
Otras tecnologías	2	7	12	27	26	74



**Figura 57.** Frecuencia de ocurrencia de los trabajos encontrados y clasificados según categorías tecnológicas: tecnologías acústicas, cortinas de burbujas, redes anti depredación, explosivos, sonidos/formas de depredadores y otras tecnologías.

#### **4.1.10. Aspectos generales de dispositivos de disuasión**

La NOAA, en sus directrices para disuadir de forma segura a los mamíferos marinos, clasifica los elementos disuasorios en dos categorías: "no acústicos" y "acústicos". Los elementos de disuasión no acústicos se dirigen a otros sentidos además de la audición con el objetivo de disuadir a un mamífero marino. Los elementos de disuasión no acústicos pueden ser barreras visuales, físicas, eléctricas, quimiosensoriales o táctiles (NOAA, 2020). Los métodos de disuasión visual se basan en la agudeza visual del mamífero marino y de la percepción de un cambio inmediato cercano para provocar una conducta de huida o evitación. Las barreras físicas impiden que un animal acceda a un área. Los elementos de disuasión quimiosensoriales utilizados en los mamíferos marinos a menudo se centran en el gusto para inducir una respuesta de aversión. Los métodos de disuasión táctil suelen implicar la creación física de dolor o malestar para inducir aversión con el objetivo de provocar conductas de huida. Los elementos disuasorios táctiles pueden impulsarse mediante el uso de dispositivos para extender el potencial disuasorio más allá de lo que sería posible con el uso manual (por ejemplo, arrojar o golpear con la mano) (Fig. 58, Tabla 19).



Figura 58. Tipos de elementos de disuasión (Fuente: NOAA, 2020)

**Tabla 19.** Tipos de elementos de disuasión no acústica (Fuente: NOAA, 2020)

Elementos disuasorios no acústicos	
Visuales	Bailarines aéreos, banderas, molinetes, serpentinas. Cortinas de burbujas. Luces intermitentes o estroboscópicas. Observadores a bordo. Láseres. Animales patrulleros (ej perros embarcados). Formas de depredadores (figuras). Persecución por embarcaciones. Patrulla de embarcaciones. Sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS).
Barreras Físicas	Redes Anti predadores. Barreras de contención/barreras fluviales. Portones / barras espaciadas. Barras horizontales. Vallado rígido en el aire. Protectores de escalones de natación.
Quimiosensoriales	Quimio sensorial Irritantes químicos. Productos químicos corrosivos. Elementos disuasorios del gusto.
Táctil: eléctrico	Picanas para ganado. Cercado eléctrico en el aire. Cercado eléctrico en agua. Pisos electrificados. Redes eléctricas. Tecnología de armas de electrochoque. Barreras eléctricas submarinas.
Proyectiles con armas de fuego	Balas, balas de plástico, balas de goma, casquillos de escopeta con perdigones o pelotas de goma, balines, perdigones, etc.
Proyectiles con armas de aire/gas comprimido	Perdigones, bolas de pintura, granadas de esponja, clavos, lanzas.
Otros proyectiles	Flechas, dardos, lanzas, misiles/proyectiles de espuma, lanzas, rocas.
Objetos punzantes fijos	Clavos, alambre de púas
Manual: afilado	Garfios, palos con puntas afiladas, etc.
Manual: Contundente	Pasillos guiados de madera u otro material, palos con puntas romas, escobas, mangos de fregonas, culata de fusil, etc.
Agua	Manguera, aspersor, pistola de agua



Los elementos disuasorios acústicos, que pueden producir sonido bajo el agua o en el aire, se dividen en dos categorías, impulsivos y no impulsivos, según su potencial para afectar la sensibilidad auditiva de los mamíferos marinos (es decir, provocar un cambio permanente del umbral (PTS)(NOAA, 2020). Los elementos disuasorios acústicos impulsivos (eg., bombas, petardos, golpes de tuberías, cascabeles de pájaros) producen sonidos que suelen ser transitorios, breves (menos de 1 segundo), de banda ancha (producen sonido en un amplio rango de frecuencia) y consisten en máximos de presión sonora altos, con un tiempo de subida rápido y una caída también rápida, el sonido máximo aumenta y se disipa rápidamente, y generalmente tienen una mayor capacidad para afectar la sensibilidad auditiva de los mamíferos marinos. Algunos elementos disuasorios impulsivos contienen explosivos (eg. petardos submarinos) mientras que otros no (eg. golpear tuberías). Los elementos disuasorios acústicos no impulsivos (eg. Pingers, sonidos de depredadores, bocinas de aire) normalmente solo tienen pequeñas fluctuaciones en el nivel de decibelios (dB), lo que los hace menos propensos a afectar la sensibilidad auditiva en comparación con las fuentes impulsivas (Tabla 20)

**Tabla 20.** Tipos de disuasión acústica

Elementos disuasores acústicos	
Impulsivos	
i) Explosivos	Fuegos artificiales; petardos para pájaros; silbadores/gritadores de pájaros; lanzadores de lápices/golpeadores de osos; cañones de propano; dispositivos explosivos (es decir, bombas, petardos submarinos).
ii) Sin explosivos	Golpes de objetos/disuasivos acústicos pasivos en el aire; dispositivos de banda ancha de baja frecuencia; Dispositivos de potencia pulsada
No impulsivos	Alarmas acústicas (es decir, pulsadores, transductores); matracas que hacen ruido en el aire; Sonidos de depredador/vocalizaciones de alarma utilizando parlantes submarinos.

No todos los métodos y sistemas de disuasión mencionados anteriormente se encuentran en uso. Recientemente, el NMFS realiza la validación de los elementos disuasivos no letales para pinnípedos, los cuales se presentan resumidos en las siguientes tablas (Tabla 21 y 22).

**Tabla 21.** Disuasivos No Acústicos para pinnípedos validados por la NMFS (Long, 2021)

Visual	Barreras físicas	Táctil Eléctrica	Táctil Proyectil	Táctil manual	Táctil Agua
Cortina de burbujas	Barrera de contención, Barreras de curso de agua	Cercado eléctrico (en el aire)	Proyectiles de espuma disparados con pistola ad-hoc	Objetos romos, palos de escoba, mangos de mopas	Mangueras de agua, aspersores de agua y pistolas de agua
Luces intermitentes o estroboscópica	Barras horizontales, carriles	Esteras eléctricas de bajo voltaje	Proyectiles de pintura disparado con pistola ad-hoc		
Siluetas de predadores	Cercado rígido (en el aire)		Granadas de esponja con lanza granada de mano		
Asistencia humana	Protector de escalón		Proyectiles romos, lanzados con honda		

**Tabla 22.** Disuasivos acústicos para pinnípedos validados por la NMFS (Long, 2021)

Impulsivos: explosivos	Impulsivos: no explosivos	No Impulsivos: < 170 dB RMS
Pirotécnico aérea/fuegos artificiales	Objetos de percusión, dispositivos acústicos de banda ancha; o dispositivos generadores de pulsos cuando la visibilidad es mayor de 110 m	Alarmas acústicas (pingers/transductores)
Generadores de ruidos (impactos), silbatos/reclamos para pájaros.	Dispositivos acústicos series pasivos (cadenas o latas) colgantes	Predator, vocalizaciones de sonidos/alarma utilizando parlantes submarinos
Espanta osos. lanzadores de bengalas tipo lápiz		Bocinas aéreas, generadores de ruido sobre la superficie del agua y silbatos
Cañones de propano		
Lanza Proyectiles explosivos Bombas espantapájaros; bombas espanta focos, pirotecnia submarina cuando la visibilidad es mayor a 100 m		

Schakner & Blumstein (2013) señalan que el objetivo de un elemento disuasorio es crear un estímulo aversivo que excluya a la vida silvestre de los recursos humanos y/o hábitats. Los mecanismos de detección y respuesta a amenazas de los animales evolucionaron para identificar señales ambientales de peligro y luego activar respuestas de defensa y evitación apropiadas generando una ventaja de supervivencia. Por lo tanto, se espera que los animales sean sensibles a señales de peligro (depredación, agresión específica o características

ambientales peligrosas) ya que corresponden a la evolución propia de amenazas, como aprendizaje y respuesta conductual (Arancibia, 2023).

Así, los estímulos disuasivos capitalizan los mecanismos de detección y evasión ante amenazas. Por su parte Irabor *et al.* (2023) han identificado varias técnicas para evitar la interacción entre mamíferos marinos y peces de presa (Würsig & Gailey, 2002; de Oliveira *et al.*, 2020). Estas técnicas se agrupan en seis: Técnica de Acoso, Condicionamiento, Exclusión, Eliminación No Letal, Eliminación Letal y Control de Población. Estas técnicas han sido ampliamente descritas y evaluadas por numerosos investigadores para determinar su efectividad y sus desafíos (Irabor *et al.*, 2023). Aunque todos se consideran efectivos, se ha informado que la eliminación no letal (como el uso de Dispositivos Disuasores Acústicos - DDA) representaría una amenaza mínima para las especies objetivo y no objetivo.

A continuación, se entrega un resumen de los distintos métodos disuasivos revisados hasta el presente informe.

#### **4.1.11. Sistemas de disuasión no acústicos**

**a) Visuales:** Dentro de los métodos de disuasión visual enunciados por la NOAA (2020) se tiene sistemas tan diversos como bailarines aéreos, banderas, molinetes, serpentinas, cortinas de burbujas, luces intermitentes o estroboscópicas, observadores a bordo, láseres, animales patrulleros (ej. perros embarcados), formas de depredadores (figuras), persecución por embarcaciones, patrulla de embarcaciones y sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS).

La revisión de antecedentes deja en evidencia que muchos de estos métodos son prácticas que no son evaluadas de manera científica para determinar su efectividad, sino que quedan enunciadas como actividades anecdóticas en algún informe técnico. Por lo anterior, en el presente informe se hace descripción solo de los siguientes métodos: Cortina de burbujas, Luces intermitentes o estroboscópicas, Formas de depredadores (figuras) y persecución por embarcaciones (Hostigamiento).

**Cortina de burbujas:** Las cortinas de burbujas han sido ampliamente utilizados, teniendo aplicaciones tan diversas como reducir el ruido durante la operación y mantenimiento de las granjas marinas eólicas (Dähne *et al.*, 2017; Gao *et al.*, 2021; Maxwell *et al.*, 2022; Peng *et al.*, 2021, 2023; Tsouvalas & Metrikine 2016a), en plantas de poder para crear una contracorriente que disuade la vida marina y residuos fluyan hacia la entrada de la central eléctrica (Lawrence *et al.*, 2017), para mitigar los impactos ecológicos de la infraestructura fluvial y estuarina, como las tecnologías hidroeléctricas (Flores, 2021), evitar la estratificación y aireación en lagos (Schladow, 1992), embalses (Sahoo & Luketina, 2006), evitar la intrusión de agua salada (Nakai & Arita, 2002), como barreras para peces esperando un efecto de obstrucción de la cortina de burbujas por ejemplo en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) (Zhou *et al.*, 2023), para detener la propagación de especies invasoras en los estuarios (Welton *et al.*, 2002), el ingreso de parásitos a los cultivos (Cabrera-Alvarez *et al.*, 2021), contención

de material resuspendido (Damgaard, 2023), confinar peces en lagos (Stewart, 1981) y estuarios (Sager *et al.*, 1987) y en zonas costeras con el fin de repoblar y estudiar comunidades de peces herbívoros (Bennett *et al.*, 2017) entre otros.

Estas cortinas se generan mediante difusores de burbujas, los cuales liberan corrientes de aire en el cuerpo de agua, generando una corriente continua de burbujas ascendentes (Lawrence *et al.*, 2018). El equipamiento típicamente consta de un compresor, un difusor y una manguera flexible que los conecta, dispuestos en el fondo del cuerpo de agua, el difusor recibe aire bombeado por el compresor a través de la manguera, liberándose luego en forma de burbujas (Irabor *et al.*, 2023; Gottsche *et al.*, 2013, Tsouvalas & Metrikine, 2016b). Se pueden adaptar el tamaño y la disposición de las burbujas en la cortina mediante la variación del tamaño del poro del difusor, la presión del aire y la velocidad de flujo, permitiendo así una personalización acorde a las necesidades específicas del cuerpo de agua en términos de reducción de ruido y desplazamiento de contaminantes (Irabor *et al.*, 2023; Lawrence *et al.*, 2018; Zhou *et al.*, 2023).

Dado que las burbujas se generan constantemente bombeando aire oxigenado al agua, el nivel de Oxígeno Disuelto del agua, así como otros parámetros fisicoquímicos, se optimizan y esto ayuda a mejorar el bienestar de las especies cultivadas dentro de las jaulas (Irabor *et al.*, 2023).

En la acuicultura, las cortinas de burbujas han sido utilizadas en sistemas de cultivos de salmones con el objetivo de mantener alejadas a las medusas (Bosh-Belmar *et al.*, 2017; Ruane *et al.*, 2011; Marine institute 2013, Haberlin, 2018, 2021), confinar y levantar desperdicios y el pienso no utilizado (Damgaard, 2023) y mantener alejado al piojo de mar (Rodger *et al.*, 2011, Cabrera-Alvarez *et al.*, 2021)

Una de las aplicaciones más interesantes de las cortinas de burbujas es la contención y atenuación del ruido, limitando la expansión del ruido a un área más reducida. Así, el sistema de cortina de burbujas es una de las técnicas de mitigación de ruido más aplicadas (Peng *et al.*, 2023). Este tipo de aplicaciones se ha reportado como "tecnología de silenciamiento del ruido" y ha sido aplicado durante la construcción de granjas eólicas marinas (Dähne *et al.*, 2017; Maxuell *et al.*, 2022; Zucco *et al.*, 2006, Koshinski & Ludemann, 2013) y para reducir el impacto de ruido producido por el hincado de pilotes (Wursig *et al.*, 2000; Shannon *et al.*, 2016; Tsouvalas & Metrikine, 2016; Lucke & Siemens, 2013, Bohne, *et al.*, 2020; Gao *et al.*, 2021, Briebmann & Rolles, 2012). El montaje de un parque eólico implica muchas actividades, algunas de las cuales generan ruido a niveles suficientes para impactar el comportamiento de los mamíferos marinos y perjudicar la audición en rangos considerables (Madsen *et al.*, 2006) incluso ha sido considerada como una alternativa para atenuar la señal de los ADD's utilizando estratégicamente cortinas de burbujas para limitar su efecto (Tompson *et al.*, 2020).

Se ha estimado que las cortinas como mínimo entregan una atenuación sonora de 10 dB. Así, si se tiene una fuente sonora de 180 dB, se reduce a 170 dB. Estos 10 dB de reducción, implican una reducción en el área de

afectación del 78%. De esta forma, se acotan los efectos del ruido dentro de la zona rodeada por las cortinas de burbujas. Si se tiene una zona de afectación de radio 1000 m, ésta se reduce a una zona de radio de 220 m (Yori *et al.*, 2023).

Según estos antecedentes, las cortinas de burbujas de aire se han utilizado con éxito en varios proyectos de construcción para reducir el impacto del ruido submarino en la biota marina y, por lo tanto, se han propuesto como medida para mitigar los efectos adversos del uso de ADDs (Irabor *et al.*, 2023). Sin embargo, no son una solución perfecta, y se necesita más investigación para comprender completamente sus limitaciones potenciales y, a su vez, mejorar su efectividad.

En resumen, las cortinas de burbujas de aire ofrecen una solución efectiva para mitigar el ruido submarino generado por actividades como el hincado de pilotes y la perforación, así como para contrarrestar los efectos nocivos del uso de dispositivos de disuasión acústica (DDA), actuando como una barrera absorbente y dispersante de ondas sonoras, disminuyendo así la cantidad de ruido que se libera al área circundante (Irabor *et al.*, 2023).

**Luces:** el objetivo de un elemento disuasorio es crear un estímulo aversivo que excluya a la vida silvestre de los recursos humanos y/o hábitats (Schakner & Blumstein 2013). Los disuasivos visuales pueden incluir luces intermitentes (estroboscópicas) o de diferentes longitudes de onda que parpadean durante períodos variables en intervalos de tiempo aleatorios. Las luces rojas y los láseres rojos son especialmente efectivos (Belle & Collin, 2008).

La tecnología de luz estroboscópica se utiliza habitualmente para modificar el comportamiento de peces (Sager & Hocutt, 1987; Nemeth & Anderson 1992; Mussen & Cech, 2018; Flaming *et al.*, 2014; Jaewoo & Mandrak, 2017). Debido a que la mayoría de los teleósteos carecen de un iris móvil, tienen una capacidad limitada para responder a cambios rápidos en los niveles de luz. Por lo tanto, las luces estroboscópicas, que producen niveles de luz poco naturales, inducen reacciones de evitación en los peces (Rahel *et al.*, 2020). Aunque las respuestas de peces a luces estroboscópicas pueden ser variables (Popper & Carlson, 1998; Bullen & Carlson 2003; Kim & Mondraker, 2017; Tixier *et al.*, 2020), la tecnología de luz estroboscópica ha demostrado ser útil, particularmente en aplicaciones de desviación de salmónidos. Los investigadores que utilizan luces estroboscópicas subacuáticas suelen estar interesados en disuadir o repeler a los peces. Por ejemplo, Johnson *et al.* (2001) utilizaron con éxito luces estroboscópicas para desplazar verticalmente los smolt de salmón para que no entren en una alcantarilla utilizada para llenar la cámara de una esclusa de navegación. Maiolie *et al.* (2001) utilizaron luces estroboscópicas para disuadir al salmón kokanee (*Oncorhynchus nerka*) lejos de las estructuras de toma de agua en la presa del embalse de Dworshak y para evitar riesgos de colisiones con dispositivos de energía renovable (Wilson *et al.*, 2007). Finalmente, Adams *et al.* (2001) utilizó luces

estroboscópicas para alejar a los salmónidos migratorios de turbinas hacia una ruta alternativa de paso seguro. Otros autores han observado que el zooplancton circundante, frente a la presencia de luces muestra un comportamiento fototáxico negativo hacia las luces estroboscópicas y sugieren se deben ser considerados los posibles efectos en el ecosistema, como alterar las interacciones depredador-presa o afectar la distribución y el crecimiento del zooplancton (Hamel *et al.*, 2010).

Como se ha expuesto, la luz puede actuar como un elemento disuasor para especies fotosensibles y pueden ayudar a percibir un peligro como son cabos, o redes de pesca. A modo de ejemplo, las luces led han sido incorporadas a las redes de pesca para que aves como el pato de cola larga (*Clangula hyemalis*), sean capaces de ver su presencia, con el fin de disminuir la pesca incidental de esta especie en Irlanda (Cantlay *et al.*, 2020).

Esta tecnología suele usarse en conjunto con otros sistemas de disuasión como los pingers, con el fin de reducir las capturas incidentales en pesquerías artesanales con redes, mostrando resultados positivos, especialmente en el caso de las tortugas marinas (Cordova *et al.*, 2020). El uso de dispositivos con luz para la disminución de capturas incidentales de tortugas marinas fue ideado con el simple propósito de aumentar la visualización del arte de pesca en el agua. Los dispositivos, especialmente diseñados en longitudes de onda perceptibles por las tortugas, son fijados a los aparejos de pesca (Fig. 59) y consiguen que las tortugas visualicen el mismo alejándose antes de ser atrapadas (Cordova *et al.*, 2020).



**Figura 59.** Luces Led utilizadas en redes de pesca artesanal en Perú. A la izquierda, luz LED desactivada y a la derecha Luz Led activada. Fuente: Cordova *et al.* (2020)..

Respecto a la megafauna, desde la década de los 80's se ha discutido el uso de luces para disuadir a los pinnípedos y como atrayente de peces (NOAA, 1987). Las luces en las redes de enmalle son la única tecnología que hasta ahora ha resultado en reducciones significativas de la captura incidental en mamíferos marinos, aves marinas y elasmobranquios (Lucas & Berggren, 2023), además de las tortugas marinas (Cordova *et al.*, 2020). Los LED de color verde han mostrado una alta efectividad (entre 66% y 71%) en la disminución de captura de

pequeños cetáceos en redes de deriva de superficie y redes de fondo en Perú (Bielli *et al.*, 2020), y han sido incluidas en el Plan de Mitigación y Monitoreo Ambiental, donde se incluyen pequeños mamíferos como delfines y marsopas (Royal Haskoning, 2020).

Respecto al uso de estos dispositivos, o similares en centros de cultivo de peces, la información es escasa, reduciéndose a unos pocos registros para especies como dorados (*Sparus uratus*) y Lubinas europeas (*Dicentrarchus labrax*), en el mar Egeo turco, durante la década de los 90's, los centros sufrieron ataques de focas monje del Mediterráneo (*Monachus monachus*), en este caso el uso de luces no fue efectivo para disuadir a las focas (Güclüsoy & Savas, 2003). En Tasmania, el uso de luces brillantes sumergidas, funcionaron transitoriamente, siendo efectivas solo mientras estaban encendidas, las focas regresaban cuando las luces se apagaban (Pemberton & Shaughnessy, 1993).

En especies de mamíferos marinos que dependen de la vista para percibir su entorno podría resultar útil para detectar cabos o cables de fondeo donde en ocasiones quedan atrapados.

**Maniqués y formas de depredadores:** Escasa, por no decir casi inexistente, es la información científica acerca de la eficiencia del uso de maniqués, formas de depredadores, bailarines de aire, u otro elemento visual, en superficie, que busca disuadir a los depredadores de acercarse a los sistemas de cultivo. Estos solo son mencionados en algunos documentos como en el capítulo de “Mejores Prácticas de Gestión para el Control y Disuasión de Depredadores” de Belle & Nash (2008), por la NOAA (2020) donde se hace mención a modelos de orcas y tiburones, banderas, bailarines de aire, entre otros. Su efectividad suele ser de corto plazo; frecuentemente, los depredadores se acostumbran a la mayoría de los disuasivos y eventualmente los reconocen como estímulos no amenazantes (Bevan *et al.*, 2002). Por ejemplo, modelos pre-fabricados de búhos, águilas, caimanes y ballenas asesinas han sido utilizados en granjas (Ver Anexos) para ahuyentar ciertos depredadores aviares y mamíferos, pero rápidamente aprenden que estos no son reales y los ignoraran (Bevan *et al.*, 2002). Suelen recomendarse el uso de figuras humanas (espantapájaros) para imitar la presencia de humanos cuando el personal no está en la granja, indicando que estos deben moverse regularmente, retirarlos en momentos aleatorios y ubicarlos durante períodos de tiempo variables para que los depredadores no se acostumbren a su ubicación y presencia (Belle & Nash, 2008; Hutchings, 1999). En general estos sistemas son utilizados para ahuyentar aves, pero también han sido utilizados para espantar focas de los pasillo o muelles de atraque ([https://www.youtube.com/watch?v=s1DKGZwRFAE&ab\\_channel=KOIN6](https://www.youtube.com/watch?v=s1DKGZwRFAE&ab_channel=KOIN6)).

Uno de los modelos más prometedores consistió en el modelo físico de una orca que se instala en las cercanías de los centros de cultivo. Se ha demostrado que este método solo tiene una eficacia temporal ya que los animales pronto detectan que se trata de una orca falsa (Jamieson & Olesiuk, 2001; Oliva *et al.*, 2004; Sepúlveda & Oliva, 2005; Roberts, 2017). Aunque parece un método común, el uso de modelo de orcas no

presenta evidencia científica suficiente para demostrar su eficiencia como método de disuasión para otros mamíferos. Por lo general son más frecuentes su mención en noticias que su presencia en documentos científicos, por ejemplo, un modelo de orca adulta (*Orcinus orca*) que además emite vocalizaciones de orcas se ha utilizado en Escocia para tratar de disuadir a las focas (FishFarmingExpert.com).

**Persecución con embarcaciones (Hostigamiento):** Consiste en la persecución principalmente de pinnípedos en embarcaciones motorizadas para asustarlos, suelen estar acompañadas con el uso de otros métodos de disuasión como son petardos, fuegos artificiales, bombas de focas etc. (Pemberton & Shaughnessy, 1993; Würsig & Gailey, 2002; Brown *et al.*, 2007, 2008, 2009 y 2011; Roberts, 2017). Este método ha sido empleado tanto por pescadores (NOAA, 2008), como medio para proteger a especies nativas tales como el salmón y la trucha arcoíris (*Onchorynchus spp.*) en el río Columbia, especies amenazadas y en peligro de extinción, así como esturión blanco (*Acipenser transmontanus*) del ataque de focas en las cercanías de plantas de energía y represas (Brown *et al.*, 2007, 2008, 2009 y 2011; Tidwell *et al.*, 2018, van der Leeuw & Tidwell, 2022), y en centros acuícolas la persecución y ahuyentamiento del lobo marino común con embarcaciones menores buscan disminuir la interferencia de mamíferos con la actividad (Oliva *et al.*, 2004). A principios de los años '90, en Tasmania, la persecución de focas con botes de alta potencia, fueron más efectivos que los disparos como método de disuasión para disminuir los ataques en sistemas de cultivo de salmón y trucha (Pemberton & Shaughnessy, 1993).

La respuesta de las focas y lobos al hostigamiento con botes suele presentar cambios en el comportamiento por periodos cortos de tiempo, pero solo cuando la actividad de persecución es intensa, evidenciando la poca efectividad del método (Jamieson & Olesiuk, 2001), lo anterior disminuye el tiempo de búsqueda de comida y aumenta el tiempo dedicado a investigar el entorno (Van der Leeuw & Tidwell, 2022). Con el tiempo, este método es poco eficiente ya que los animales evitan las embarcaciones, o si se alejan regresan pronto (Oliva *et al.*, 2004; Jamieson & Olesiuk, 2001), lo que indica habituación (Van der Leeuw & Tidwell, 2022).

En otros casos de uso de hostigamiento en mamíferos marinos, se han utilizado embarcaciones para arrear, acosar e intentar disuadir a los mamíferos marinos en una amplia variedad de contextos. Las embarcaciones se han utilizado durante décadas en el Pacífico tropical oriental para hostigar manadas de delfines por parte de los barcos atuneros cerqueros de aleta amarilla (Joseph, 1994).

Finalmente, el uso del hostigamiento con embarcaciones como elemento disuasivo es una cuestión compleja que puede implicar habituación, enmascaramiento del sonido, escucha y estrés (Petras, 2003). Oliva *et al.* (2004), registra el uso de este método en acuicultura chilena, describiendo que fue considerado de eficacia variable, teniendo la desventaja de ser poco practicable durante la noche que es cuando se registran la mayor parte de los ataques.



**b) Barreras físicas:** Las barreras físicas impiden que un animal acceda a un área determinada. Existen muchas barreras, todas ellas con el mismo fin, incluyen sistemas tan diferentes como redes antidepredadores, barreras de contención/barreras fluviales, portones/barras espaciadas, sistemas para barras horizontales, vallado rígido en el aire, protectores de escalones de natación (NOAA, 2020), redes superiores o red antipájaros, redes o mallas en barandas, cercas alrededor de los pasillos, incluidos cercos eléctricos (Roberts, 2017; Thompson *et al.*, 2020). Todos ellos con múltiples usos, han tenido éxito como medio de disuasión no letal para leones marinos en muelles y embarcaderos de carnada en California (DeAngelis *et al.*, 2008), para evitar que los leones marinos accedan a las jaulas de cultivo escalando sobre los pasillos (Goldsworthy, 2009; Thompson *et al.*, 2020), para evitar que las focas del puerto ingresaran a un canal en el río donde se pensaba que su presencia estaba causando altos recuentos de coliformes fecales (NMFS, 1997), o para evitar la depredación sobre salmón nativo utilizando rejillas metálicas frente a las entradas de las escaleras de peces en la hidroeléctrica Bonneville (Bowen, 2004; Tidwell, 2018; Van der Leeuw & Tidwell, 2022). Cercas rígidas y sólidas de al menos un metro de altura evitan el acceso a las pasarelas de las jaulas y a los collares de las jaulas flotantes por parte de pinnípedos y nutrias para descansar y tomar el sol (Belle & Nash, 2008). En algunas granjas de peces y muelles, se han utilizado cercos eléctricos de corriente continua para disuadir a los leones marinos de subirse a pontones (Thompson *et al.*, 2020). Este último, según Roberts (2017) ha sido un método efectivo en granjas de Nueva Zelanda, con una reducción del 75% en la interacción de focas de Nueva Zelanda que saltaban a las estructuras para acceder a los corrales, pero se consideró ineficaz a largo plazo para las focas australianas (Kemper *et al.*, 2003) y fue considerado poco confiable en condiciones expuestas por Goldsworthy *et al.* (2009). De todas las barreras físicas, las redes son el sistema anti depredación más usado en acuicultura, su finalidad es mantener una barrera física entre el depredador y los peces del cultivo (Oliva *et al.*, 2004; Jamieson & Olesiuk, 2001). Estos se han utilizado tanto en sitios de acuicultura para prevenir la depredación por pinnípedos (Petras, 2003; Quick *et al.*, 2004), siendo un elemento disuasorio eficaz de focas y leones marinos en Columbia Británica (Iwama *et al.*, 1997) como en otros ambientes para proteger a especies nativas, tal es el caso de la trucha arcoiris en las esclusas de Hiram M. Chittenden, donde las redes no fueron eficaces (Scordino & Pfeifer 1993).

El enredo es la principal preocupación para este método, en este sentido, se ha reportado que Ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) han muerto en redes para tiburones en Hawái (Mazzuca *et al.*, 1998). En centros de cultivo, se ha registrado la muerte de pinnípedos en sitios de acuicultura en Washington, donde se provocó el enredo y muerte de dos lobos marinos de California (Norberg, 2000). Situaciones similares, principalmente de juveniles de lobo marino común, se han reportado en centros de cultivos de la región de Aysén (>30 ind.), así como en cetáceos como el delfín chileno y ballena jorobada (Ver sección interacciones reportadas en el presente Informe).

Para los sistemas de cultivos existen varios modelos de redes, pero se pueden dividir principalmente en dos tipos, la red anti depredadores y la pecera (Oliva et al., 2004; Arnold, 1992).

**Red pecera:** Pese a que su finalidad no es evitar los ataques de los pinnípedos, su rigidez limita el acceso de los depredadores (Oliva et al., 2004). En Escocia, se ha encontrado que una tensión adecuada de estas redes es efectiva en disminuir la intensidad de la depredación, con lo que se elimina la necesidad de usar redes anti predatoras (Arnold, 1992).

#### **Red anti depredadores o lobera:**

La red antidepredadores, conocida en Chile como red lobera, es una malla de hilo sintético que bordea la red primaria o pecera que tiene como función proporcionar un aislamiento a las balsas-jaulas con la finalidad de que el lobo marino no pueda acceder a los peces de cultivo. De modo general, este sistema consiste en mallas construidas con fibras multifilamento que se ubican fuera de la red primaria, por un sistema de tensión, que tiene la finalidad de impedir que se adhiera a la red primaria, y así evitar el contacto del depredador con los peces (Oliva et al., 2004). Estos sistemas han sido considerados como los más eficaces, en la medida que se les otorgue una mantención adecuada (Oliva *et al.*, 2004; Quick *et al.*, 2004).

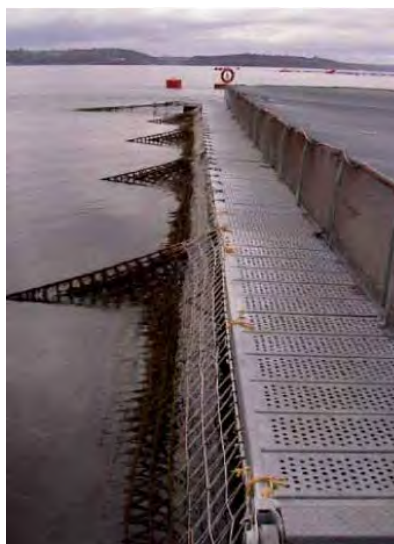
Pueden clasificarse en términos de diseño, de acuerdo a la modalidad en que cubren o protegen las jaulas de peces. En Chile, a inicios de la década del 2000, se reportaron cuatro configuraciones básicas de estas redes son: (1) tipo cajón; (2) tipo falda; (3) en altura; (4) cerco. La red tipo cajón era la más comúnmente usada y se caracteriza por crear un espacio completamente cerrado en torno a la jaula. Consiste en una red colgada a cada lado de la balsa jaula y sobre el fondo marino, a distancias de entre 2 y 8 m de la red pecera (Sepúlveda & Oliva, 2005). Similarmente, Crespo et al. (2012), indican que en Chile, la denominada red lobera se instala de forma perimetral, es decir, tanto en los costados como bajo las balsas-jaulas. Aproximadamente en los mismos años, en Escocia reportaron por lo menos cinco tipos de redes anti predadores, enfocadas tanto a mamíferos marinos como a aves marinas buceadoras (Quick et al., 2004) destacando:

- (i) Red de caja: red sumergida con paneles laterales e inferiores que encierran completamente la red pecera,
- (ii) Red de cono o cónica: red de forma cónica que busca minimizar la zona del fondo de la red pecera donde pueden producirse ataques de pinnípedos,
- (iii) Red de cortina: red sumergida que consiste en paredes de red colgadas alrededor de la jaula y menudo lastrada en la parte inferior, pero sin panel inferior,
- (iv) Red de fondo falso: Jaula con un panel inferior reforzado que separa a los peces de cualquier depredador que ataque desde abajo y
- (v) Redes tensionadas: red que está tensada y no cederá con el movimiento de las mareas, tiene la propiedad de mantenerse rígida.

En Australia, se reportó el empleo de redes antipredadores en torno a toda la concesión, en un perímetro de un kilómetro en Tasmania (Pemberton & Shaughnessy, 1993), en tanto se mencionan redes antipredadores que cuelgan hasta el fondo marino, sin que estén cerradas en su base en la década de 1990 (Kemper & Gibbs, 2001). En seis centros de cultivo del mar Egeo (Turquía) se menciona el uso de cinco redes anti predadores tipo cortina y una del tipo bolsa. La primera corresponde a un paño de red con pesos, suspendida desde varias jaulas conectadas, la cual presenta una extensión de red de 2-3 m de largo para asegurarla sobre el fondo marino, en tanto la segunda está suspendida desde cada jaula, rodeando la red pecera, entorno a sus costados y al fondo. Ambos tipos de red son colgadas desde el margen exterior de los pasillos de las jaulas, a un metro de separación de las redes de contención (Güçlüsoy & Savas, 2003). En Canadá, en la Columbia Británica (BC), se ha indicado que a finales de la década de 1980, más de la mitad de los centros de cultivo usaban redes antidepredadores submarinas, 42,5% redes de bolsa y el 9% redes de cortina, a veces en combinaciones con redes de doble fondo, principalmente contra focas y leones marinos (Rueggeberg & Booth, 1989). En una reciente descripción de las granjas salmoneras en Canadá (BC) se indica que consiste en un grupo de jaulas rodeadas de redes antidepredadores para reducir el consumo de salmones por predadores como focas y leones marinos Storlund (2024).

En términos de su instalación, comúnmente estas redes cuelgan desde los pasillos de las balsas-jaulas, pasando por debajo de ellas (Cardia & Novatelli, 2015) y adicionalmente, se instalan hasta una altura variable, por sobre el pasillo para evitar que el lobo marino pueda ingresar a las balsas por su sección superior. Esta altura se ha indicado que en Chile es de 1,5 - 2 m por sobre el pasillo de la balsa jaula (Crespo, 2021), o entre 2 y 3m sobre la superficie del mar en Nueva Zelanda (McConnell, 2014) (Fig. 60).

La separación entre la red antidepredadores y la red que contiene a los peces (red pecera) es considerada un factor de importancia para prevenir la depredación de salmones, por lo cual se intenta evitar que se ambas redes se aproximen, facilitando que los lobos marinos empujen la red externa, muerdan pliegues o accedan a los peces de cultivo (Bell & Nash, 2008). En Escocia, se reconoce la dificultad de mantener dicha separación, en especial en sectores con fuertes corrientes (Northridge, 2013). En Chile, empleando tensión, en los costados, se ha reportado que en promedio es de 5 m (Crespo et al., 2012). En Nueva Zelanda, se considera una separación ideal de 2 a 3 m y que no sea menor de 1m (McConnell, 2014). En un análisis de diseño de balsas circulares (Polar circle), se menciona la necesidad de mantener una distancia mínima de 2 m entre ambas redes (Schotte & Pemberton, 2002).



**Figura 60.** Red antidepredadores (red lobera), instalada en una balsa metálica en Chile (Fuente: Silva & Phillips, 2007)

En cuanto a materiales de construcción de los paños de redes. En Chile, hasta mediados de la década de 2000 se reportaba como común el uso de redes loberas de Poliamida multifilamento (Nylon) (Oliva *et al.*, 2004), material que ha sido sustituido progresivamente por Polietileno (PE), con hilos de 5 mm de diámetro, comúnmente impregnadas de antifouling, con algunos intentos de uso de Poliéster (PES), mencionándose a la PA como el material promedio hacia 2016 (Ayer *et al.*, 2016), en tanto en la actualidad se detecta una mezcla de materiales como PA, PES, PE y Polipropileno (PP), incluyendo Polietileno de alta densidad (HDPE) (Hurtado *et al.*, 2004) (Ver apartado de Antecedentes). En Canadá, hacia inicios de la década de 2000, se indica que las redes antidepredadores son construidas de Poliamida (Nylon) o Polipropileno impregnadas en antifouling (Jamieson & Olesiuk, 2001).

Autores como Cawthorn (2011), indican la conveniencia de emplear materiales livianos, de alta resistencia como Dyneema. En Chile, información disponible en Reportes corporativos de empresas salmoneras y prensa especializada reporta la incorporación progresiva de materiales como Dyneema, Polietileno (PE) con alma de acero o UHMWPE (PE de peso molecular ultra alto), aproximadamente después de 2008 (Ver Anexo). Se ha destacado el uso creciente de redes de PET (Tereftalato de polietileno) monofilamento para redes anti predadores (Cardia & Novatelli, 2015)

Igualmente, se menciona el uso de redes rígidas, construidas en base a aleaciones de cobre como redes peceras (sin redes loberas) (Ayer *et al.*, 2016). Similarmente, en Australia se ha recomendado el uso de redes de acero (MarineMesh®) para prevenir el ingreso de depredadores a las unidades de cultivo, por ejemplo, como

doble fondo, en tanto se han reportado distintas pruebas con redes de aleaciones metálicas en la acuicultura (Fujita et al., 2023; Kalantzi, 2016).

Así, en general la información indica tres tipos de materiales para la construcción de redes anti predadores: i) Flexibles: con fibras tradicionales tipo Poliamida o Poliester con nudo o con fibras de alta resistencia como Dyneema, ii) Semirrígidas: tipo HDPE, de Poliester tipo KikkoNet (Econet), de Polietileno con alma de acero tipo Garware o de Poliester endurecido tipo K-GRID y iii) Rígidas: metálicas de aleaciones de cobre o de acero

En términos de impactos, se reconoce el riesgo potencial de enredos de pinípedos y otros mamíferos marinos (Callier, 2018). Hay disponibles varios reportes sobre enredos de mamíferos marinos en redes antidepredadores, empleadas tanto en la industria salmonera como en el cultivo de otras especies, por ejemplo, cabe mencionar tres delfines nariz de botella (*Tursiops truncatus*) muertos por enredo en un lapso de 15 meses en Italia en balsas jaula de cultivo de *Dicentrarchus labrax*, *Sparus auratus* y *Sciaena umbra* (Bruno diaz lopez 2007). En la industria salmonera, en Chile, se han reportado mortalidades de cetáceos no cuantificadas por Oporto and Gavilán (1990) y de ocho ejemplares entre 2007 y 2017 (Espinosa-Miranda, 2020), en tanto entre 2022 y 2023 se informó un total de 26 ejemplares de lobo marino común muertos en granjas salmoneras (Ver Apartado). En Australia (Tasmania), en la década de los años noventa, se reportó enredos de delfines en redes antidepredadores de grajas salmoneras, en donde varios casos habrían ocurrido entre la red antidepredadores y la red pecera (Kemper & Gibbs, 2001). En Canadá (Columbia Británica), se reportaron ocho enredos de ballenas jorobadas con centros de cultivo de salmones entre 2008 y 2021, de los cuales seis ocurrieron en redes anti predadores (Storlund et al., 2024).

En este sentido, se ha indicado que la posibilidad de que algún pinnípedo quede atrapado y se ahogue en una red antipredadora es remota en una granja acuícola moderna, debido a que los materiales de construcción son más resistentes y a que sus paredes se mantienen rígidas y tensas (Bell&Nash 2008). En Nueva Zelanda, en donde se reconoce el uso de redes anti predadores para prevenir ataques de lobos marinos en el cultivo de salmón, se ha indicado que los enredos de pinnípedos y delfines son mínimos, correspondientes a cuatro enredos en 25 años (dos lobos marinos y dos delfines) (Halwart, 2007).

Dado el reconocimiento de la posibilidad de muerte por enredos de mamíferos marinos en redes antidepredadores, se han propuesto medidas de mitigación, por ejemplo:

- Ajustar tamaños de malla. use anti-predator nets made of 210 ply and with an on-the-bar size of 6 cm. Schotte and Pemberton (2002)

- Modificar materiales. Evitar materiales suaves que facilitan el enredo de mamíferos marinos, excepto plásticos o metálicos que parecen provocar menos enredos (Würsig & Gailey, 2002). Se ha

mencionado como opción preferida las redes metálicas (cable) por su efectividad (Pemberton et al., 2021)

- Mantener la tensión de la red. Para evitar que red antidepredadores se adhiera a la red pecera (Crespo et al., 2012)

- Mantenimiento, reparación. Revisar y reparar la red continuamente, detectando y cerrando roturas (Crespo et al., 2012, Kemper & Gibbs, 2001).

- Considerar redes antidepredadoras con cierre inferior. Se indica que delfines son capaces de introducirse entre la red antidepredadores y la red pecera, pero no son capaces de llegar a la superficie, lo cual podría generar enredos debido a que entran en pánico (Kemper & Gibbs, 2001)

- Incrementar el diámetro de los hilos de la red. El diámetro de hilo de 3,5 mm para la red antidepredadores (McConnell, 2014)

Existe un amplio uso de este sistema en todos los países en que existe interacción entre salmonicultura y pinnípedos (Arnold, 1992, Ross; 1988, Marine and Marine Industries Council 2002; Oliva et al., 2004).

**c) Quimiosensoriales:** Estos se clasifican en irritantes químicos, productos químicos corrosivos y elementos disuasorios del gusto (NOAA, 2020). Las medidas de disuasión química han reportado altos niveles de eficacia (~100%) y abarcan el uso de cebo nocivo (emético cloruro de litio) que genera aversión hacia la búsqueda de captura (Pemberton et al., 1991; Oliva et al., 2004; Pavés et al., 2022). Dado la escasa información la revisión se generaliza a nivel de disuasivos químicos.

**Disuasores Químicos:** Los métodos químicos buscan generar un condicionamiento aversivo, en este método se busca la aplicación de un estímulo desagradable o doloroso para entrenar a los animales a evitar un comportamiento específico (Kuljis, 1986; Jamieson & Olesiuk, 2001). La aversión al gusto es una forma de condicionamiento que consiste en poner un emético (cloruro de litio) en una especie (presa) para inducir el vómito cuando es consumida (Pemberton, et al., 1991; Pavés et al., 2022). Este método fue probado con leones marinos en las esclusas Ballard en Canadá con poco éxito (Gearin et al., 1986, 1988). Una variación de este método es lanzar cloruro de litio directamente al pinnípedo por medio de dardos cuando éste consume un pez o ingresa a un área determinada (Pemberton et al., 1991), sin embargo, este puede ser un método difícil de implementar si el número de ejemplares a condicionar es muy alto (Jamieson & Olesiuk, 2001).

Las ventajas de este método, son varias: es un medio de control de plagas no letal, el animal está enfermo por un corto período de tiempo y experimenta solo una cantidad mínima de malestar. Los programas de control de plagas mediante aversión alimentaria deberían ser económicos, el tipo de equipo y suministros necesarios pueden variar de un área a otra, pero los costos totales son relativamente bajos. Otra ventaja de esta técnica es que provoca una respuesta interna involuntaria en el animal que no se puede evitar después de la ingestión de una sustancia tóxica. Cuando el consumo de un alimento produce náuseas y/o vómitos, la deseabilidad de

ese alimento se reduce y dado que la única manera de evitar la reacción aversiva es eliminar el consumo de ese tipo de alimento, hay una reducción en el consumo de ese alimento (Kuljis, 1986).

Las referencias existentes se limitan a pocas observaciones de informes técnicos, de finales de los '80, aplicados en lobos marinos de California (*Zalophus californianus*) (Kuljis, 1986; Gearin, et al., 1986; Gearin et al., 1988). A principios de los años 90, se presentan reportes del uso de elementos eméticos en Tasmania, con resultados variables (Pemberton & Shaughnessy, 1993). Más recientemente, Güclüsoy & Savas (2003), describen el uso durante la década de los 90's en el mar Egeo turco, de este método para disuadir ataques de foca Monja mediterránea en granjas de cultivo de dorado y lubina. En dicha ocasión se inyectó pesticidas en peces muertos, los que fueron dispuestos alrededor de los sistemas de cultivos, sin embargo, los peces fueron ignorados por las focas, mostrando preferencia por los peces vivos de las jaulas (Güclüsoy & Savas 2003). Por otra parte, pruebas realizadas en el lobo marino de California y lobo marino australiano, sugieren que los individuos aprenden a que puede haber especies particulares que no constituyen ítems presa, más que, aprender que en esas zonas no debe alimentarse (Kuljis 1984; Pavés, et al., 2022).

Cabe destacar que este método fue analizado por la NMFS, pero no es considerado en las "Directrices propuestas" como elemento disuasorio no acústico para pinnípedos (Long, 2021).

#### 4.1.12. Sistemas de disuasión acústicos

En general, existe escasa información acerca de la efectividad y posibles daños producto de la aplicación de métodos acústicos de disuasión y hostigamiento en especies presentes en aguas chilenas. Una parte importante de los estudios se centran en marsopa común o de puerto (*Phocoena phocoena*), especie del hemisferio norte, además de focas y en menor grado en el delfín nariz de botella y orcas (Fig. 61).

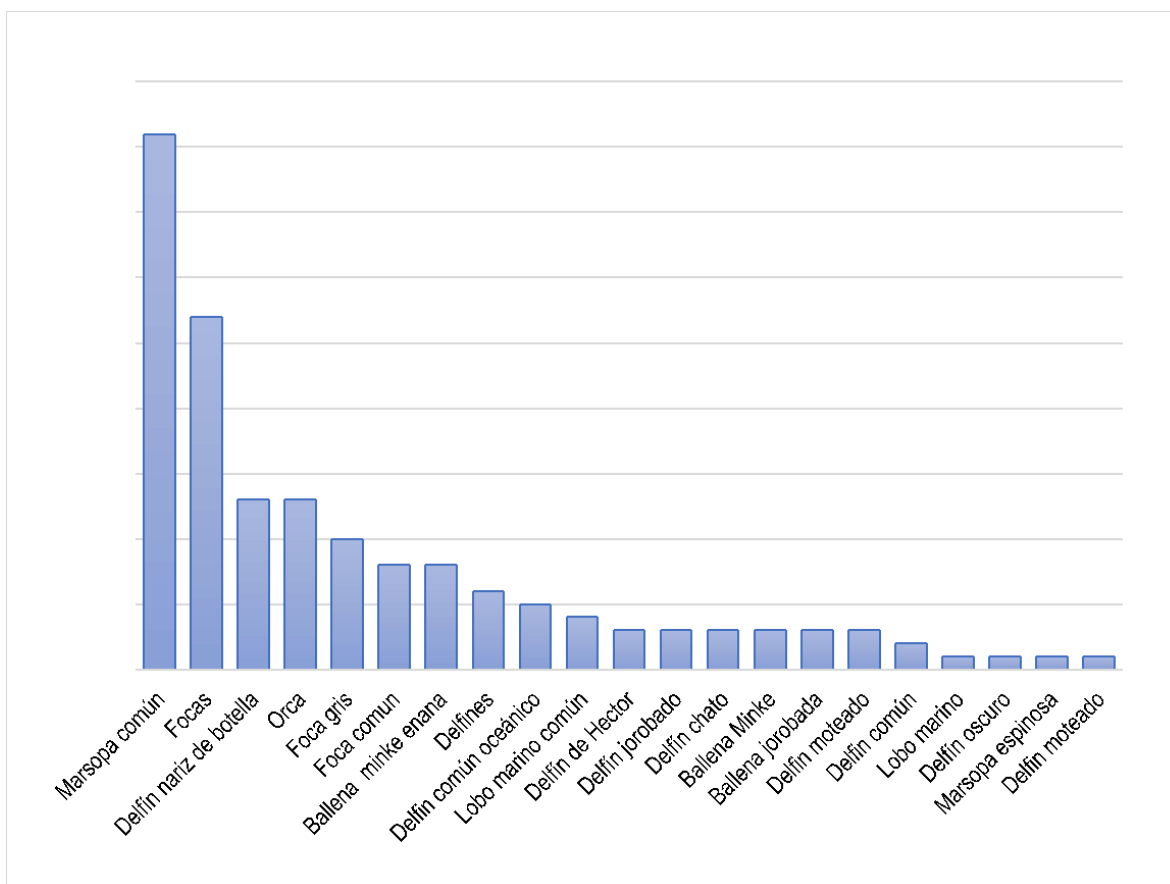


Figura 61. Número de estudios que se han realizado en ADDs y AHDs.

**Acústica en mamíferos marinos:** Los mamíferos marinos, y particularmente los cetáceos, dependen fuertemente del uso del sonido para distintas etapas de sus ciclos de vida (Ketten, 2004; Buchan, 2018; Toro et al., 2022). Estos animales han evolucionado para aprovechar las propiedades naturales del agua de mar como conductor de sonido. Así, la producción y recepción de sonido se vuelve su sentido más importante (Gordon & Tyack 2002; Toro, 2022) y estas especies son particularmente sensibles al ruido antropogénico (Ospar Commission, 2009).

Los odontocetos (delfines, orcas, cachalotes y zifios) producen sonidos de alta frecuencia para la ecolocalización, como un sonar natural, que le permite sondear su entorno, buscar e inmovilizar a sus presas.



Los odontocetos también producen una gran variedad de sonidos complejos, como silbidos, para su comunicación e interacciones sociales (Ketten, 2004; Rendell & Whitehead 2001; Toro, 2022). Las ballenas con barbas (o mysticetos) no tienen la capacidad fisiológica para la ecolocalización, pero sus sonidos de baja frecuencia y alta intensidad, sirven para la comunicación social. Dichas vocalizaciones pueden viajar cientos de kilómetros en el océano (Stafford et al. 1998; Širović et al. 2007).

Southall et al. (2007) y luego el National Marine Fisheries Service (NMFS, 2016), recopilan la sensibilidad auditiva por banda de frecuencia de todos los grupos de mamíferos marinos. El detalle, se entrega en el apartado Criterios de evaluación de exposición al ruido en mamíferos marinos del presente informe.

Es importante tener en cuenta que los mamíferos marinos, tienen una sensibilidad auditiva que varía en función de la frecuencia. Para reflejar esta variación en sensibilidad, se ocupa la ponderación de frecuencia ("frequency weighting" en inglés) (Southall et al., 2007; NMFS, 2016). Sin embargo, es importante saber que hay varias funciones de ponderación de frecuencia que se usan y la elección de dicha función cambiará cómo predecimos el impacto de una fuente de sonido sobre un animal o un grupo de animales (Tougaard & Dahne, 2017).

En cuanto a los impactos, estos dependen tanto de la naturaleza del sonido como de la sensibilidad acústica del organismo. Existen dificultades para cuantificar el alcance y la escala de los impactos, ya que existe una gran variabilidad en las características de los sonidos, las sensibilidades de las diferentes especies y la escala de las actividades generadoras de ruido. El ruido ambiental o de fondo no depende del rango y permanece constante independientemente de la ubicación. La percepción de las fuentes de ruido localizadas se reduce a medida que aumenta la distancia de cada fuente, llegando a ser indistinguible del ruido ambiental (OSPAR, 2023).

**Tipos de impactos acústicos** El ruido subacuático puede producir en mamíferos marinos, un impacto agudo, por ejemplo, una explosión submarina que produce un trauma acústico letal en un instante o un cambio de conducta, o un efecto crónico, por ejemplo, el paso de tráfico marítimo que sobre un tiempo prolongado (meses, años o décadas) produce un cambio conductual que puede afectar la salud del individuo (Richardson et al. 1995). Según Southall et al. (2007) hay solo dos categorías principales de efectos: **Lesión o Perturbación conductual**. Dentro de estas dos pueden haber distintas subcategorías, como las definidas por la OSPAR Commission (2009) para aguas europeas, desde el más agudo al más crónico:

- Muerte
- Lesión
- Pérdida de audición (permanente o temporal)
- Incomodidad
- Cambio conductual

- Enmascaramiento (de vocalizaciones por ruido).

Además, podemos hablar de efectos agudos/puntuales vs. efectos crónicos/persistentes que se definen en función de la escala de tiempo de la fuente emisora (Richardson et al., 1995, Gordon et al., 2003).

**Umbral de prevención impacto conductual y fisiológico en mamíferos marinos:** Existe literatura técnica que determina umbrales para prevenir cambios conductuales, cambios auditivos temporarios y daños auditivos permanentes (Buchan et al., 2018). En la Tabla 23, se detalla los umbrales establecidos para evitar impactos conductuales, cambios auditivos temporarios, daños auditivos permanentes y daños auditivos permanentes por sonidos impulsivos y no-impulsivos, y sus respectivas referencias.

**Tabla 23.** Umbrales para evitar impactos conductuales, cambios auditivos temporarios, daños auditivos permanentes (presión sonora ponderada por frecuencia) y daños auditivos permanentes (presión sonora ponderada por frecuencia acumulada sobre 24h) por sonidos impulsivos y no-impulsivos, y sus respectivas referencias. Fuente (Buchan et al., 2018).

Grupo Auditivo según National Marine Fisheries Service, EEUU (2018)	Umbral para evitar impactos conductuales (presión sonora ponderada por frecuencia) (dB)	Ref.	Umbral para evitar impactos auditivos temporarios (presión sonora ponderada por frecuencia) (dB)	Ref.	Umbral para evitar daños auditivos permanentes (presión sonora ponderada por frecuencia) (dB)	Ref.	Umbral para evitar daños auditivos permanentes (presión sonora ponderada por frecuencia acumulada sobre 24 h) (dB)	Ref.
Cetáceos de baja frecuencia (LF)	90	Valor mínimo de la Tabla 14 de Southall et al. 2007	179	Tabla 3 del Informe del National Marine Fisheries Service, EEUU (2018)	219	Valor mínimo de Tabla 4 del Informe del National Marine Fisheries Service EEUU (2018)	183	Valor mínimo de Tabla 4 del Informe del National Marine Fisheries Service, EEUU (2018)
Cetáceos de mediana frecuencia (MF)	80	Valor mínimo de la Tabla 16 de Southall et al. 2007	178		230		185	
Cetáceos de alta frecuencia (HF)	80	Valor mínimo de la Tabla 18 de Southall et al. 2007	153		202		155	
Pinnípedos fócidos (en agua) (PW)	80	Valor mínimo de la Tabla 20 de Southall et al. 2007	181		218		185	
pinnípedos otáridos (en agua) (OW)	80	Valor mínimo de la Tabla 20 de Southall et al. 2007	199		232		203	

Definidas las características generales del sonido, umbrales y efectos sobre la fauna marina se caracterizan o agrupan los dispositivos de disuasión acústica (DDA). Así, de forma general los sistemas de disuasión acústica se pueden agrupar en **Impulsivos**, los cuales pueden ser explosivos, o no explosivos y los **No Impulsivos** que hace referencia a dispositivos que emiten a menos de 170 dB RMS (NOAA, 2020).

#### a) Acústicos Impulsivos

**Impulsivos Explosivos:** La revisión bibliográfica evidencia el empleo de bombas espanta focas y pirotecnia submarina (Shaughnessy *et al.*, 1981; Jamieson & Olesiuk, 2001). Éstos corresponden a explosivos detonados bajo el agua, los que se han utilizado principalmente para dispersar a los pinnípedos (Oliva *et al.*, 2004; Jamieson & Olesiuk, 2001).

**Bombas espanta focas:** corresponden a explosivos submarinos utilizados para dispersar pinnípedos. Las bombas para foca son explosivos submarinos que producen un destello de luz y un sonido de gran amplitud (Thompson *et al.*, 2020), y en algunos casos se han utilizado con éxito para asustar a los pinnípedos de las actividades de pesca (NOAA, 1987). La mayoría de los tipos son equivalentes aproximadamente a un cuarto de palo de dinamita y cuestan entre 3 y 5 USD, poseen diferentes tiempos de mecha o de encendido (ej. 10-20 segundos) y explotan a profundidades de entre 2 y 3 m (Rueggeberg & Booth, 1989). Se ha indicado que son efectivas a corto plazo, alcanzando niveles de eficacia entorno al 60% (Pavés *et al.*, 2022), no obstante, se ha reportado que a largo plazo se produce acostumbramiento, pues los leones marinos y las focas aprenden a ignorar el ruido (Fraker *et al.*, 1998; Pfeifer *et al.*, 1989; Scordino, 2010). La denominada "bomba para foca" (Fig. 59) fue desarrollada y fabricada comercialmente para asustar a pinnípedos y como un método acústico para mantener a los lobos marinos alejados de las actividades pesqueras (Jefferson & Curry, 1996; Pavés *et al.*, 2022; Shaughnessy, *et al.*, 1981; Simonis *et al.*, 2020), sin embargo, hoy se utilizan en otras áreas como la construcción offshore (Mikkelsen *et al.*, 2017).

Se han utilizado bombas para focas para disuadir a los pinnípedos en diversas aplicaciones, tales como arrear focas comunes (*Phoca vitulina*) en zonas fluviales, en cuyo caso los ejemplares se habituaron a los explosivos (Mate & Miller, 1983), también se han utilizado para disuadir a lobos marinos sudafricanos (*Arctocephalus pusillus pusillus*) a acercarse a redes de pesca en Sudáfrica, donde la de los ejemplares que abandonaron el área regresaron con posterioridad (Shaughnessy *et al.*, 1981). Similares resultados se obtuvieron al intentar mantener a leones marinos de California (*Zalophus californianus*) alejados de las actividades de pesca tanto comercial como deportiva frente a la costa oeste de los Estados Unidos (Jefferson & Curry, 1996). A partir de la segunda mitad de la década de los 80's, este método fue utilizado de manera continua en el programa de investigación sobre el impacto del lobo marino de California, la foca de puerto del Pacífico y de los leones marinos de Steller sobre salmones nativos y esturiones (Brown *et al.*, 2007; Gearin *et al.*, 1986, 1988; Milewski, 2023; Scordino, 2010; Tidwell *et al.*, 2018), siendo empleados intensivamente junto con otros métodos de disuasión como cartuchos explosivos, balas de goma y ahuyentadores en embarcaciones (Brown *et al.*, 2007, 2008, 2009 y 2011). En la mayoría de los casos el

ahuyentar intensivamente no tuvo éxito en reducir el impacto de los leones marinos (Brown *et al.*, 2007; Scordino, 2010) (Fig. 62).



Figura 62. Bombas para focas o dispositivo "Seal cracker".

Se ha reportado que estos dispositivos pueden producir sordera en algunas especies de focas, lo que genera que los dispositivos disuasivos acústicos se vuelvan además ineficaces (Morris, 1996). Los animales que sufren pérdida de audición debido a la exposición a dispositivos acústicos pueden experimentar una disminución en su capacidad para capturar presas en la naturaleza, lo que hace que los sitios de acuicultura sean aún más importantes para satisfacer sus necesidades energéticas (Wursig & Gailey, 2002). Awbrey & Thomas (1986) reportaron que las bombas para foca generaban presiones sonoras de aproximadamente 190 dB re 1  $\mu$ Pa @ 1 m (RMS) (media cuadrática), con la mayor parte de la energía del sonido por debajo de 1 kHz, que está por debajo del rango de máxima sensibilidad auditiva para los leones marinos (Reichmuth & Southall, 2012). Las bombas para foca y los petardos han sido utilizados durante mucho tiempo en Estados Unidos y generalmente se ha asumido que son inofensivos (Scordino, 2010). Leones marinos individualizados que estuvieron expuestos al uso repetido de petardos en las compuertas de Ballard de 1986 a 1988 fueron observados en años posteriores y no mostraron efectos negativos por la exposición (NMFS & WDFW, 1995). Estos mismos leones marinos supuestamente continuaron reaccionando a estímulos auditivos, lo que indica que no tenían sordera por la exposición a dichos dispositivos. Sin embargo, no se informaron detalles de los sonidos de seguimiento, por lo que no se puede descartar el daño auditivo en bandas de frecuencia particulares (Scordino *et al.*, 2010).

Informes recientes sugieren que las bombas para focas pueden representar una mayor amenaza de lesiones de lo que se pensaba. Según Wiggins *et al.* (2019), una bomba de foca típica presenta un nivel estimado de exposición sonora de la fuente (SEL) de 203 dB re 1  $\mu$ Pa2s @ 1 m en una ventana de tiempo de 100 ms, similar al tiempo de integración de los oídos de los mamíferos. Además, se cuestiona la suposición de que la energía se concentra por debajo del máximo de sensibilidad auditiva de los leones marinos (Scordino, 2010). Aunque la mayor parte de la energía está por debajo de los 2 kHz, se informa de

energía de banda ancha por encima de los 10 kHz (Awbrey & Thomas, 1986; Ryan *et al.*, 2016; Meyer-Loebbecke *et al.*, 2017). Al mismo tiempo, existen preocupaciones de que las bombas para foca puedan causar lesiones físicas a distancias cortas de menos de 4 m (Myrick *et al.*, 1990) y lesiones auditivas a distancias mayores (Finneran, 2016; Wiggins *et al.*, 2019). Kerr & Scorse (2018) han documentado lesiones traumáticas en leones marinos de California, aparentemente resultado de explosiones intraorales.

Por otra parte, se cree que los pinnípedos son el objetivo principal del uso de bombas focas, sin embargo, puede haber impactos indirectos en otros mamíferos como las marsopas. Se ha reportado que el área de afectación de las bombas para focas, en el área metropolitana de la Bahía de Monterrey (California), puede sobreponerse con todo el rango de la población de marsopas comunes en la misma bahía, lo que puede generar impactos negativos para esta población (Simonis *et al.*, 2020).

Finalmente, debido a que las bombas para focas son explosivas, existe un peligro inherente de que exploten cuando están siendo manipuladas por personal de las granjas salmoneras (Jamieson & Olesiuk, 2001; Oliva *et al.*, 2004).

**Casquillos explosivos:** Los casquillos explosivos son casquillos de escopeta que contienen un proyectil explosivo, diseñado para explotar a unos 50-75 m del punto de descarga. Aunque el ruido puede asustar a los pinnípedos y hacer que huyan temporalmente, no suele producirse ninguna molestia física para el animal implicado, dado que la explosión ocurre en el aire o en la superficie del agua (Jamieson & Olesiuk, 2001). Estos dispositivos han sido utilizados en conjunto con otros sistemas explosivos como las bombas para focas para intentar controlar la depredación del lobo marino de California, la foca de puerto del Pacífico y de los leones marinos de Steller sobre especies nativas (Brown *et al.*, 2007, 2008, 2009, 2011; Gearin *et al.*, 1986, 1988; Scordino, 2010).

**b) Impulsivos No Explosivos:** Corresponde a sonidos sin explosivos como golpes de objetos/disuasivos acústicos pasivos en el aire; dispositivos de banda ancha de baja frecuencia. No se encontraron antecedentes acerca del uso y eficiencia de estos métodos más que menciones de uso de los mismos en revisiones de métodos de disuasión de mamíferos marinos (Long, 2005; NOAA, 2020)

#### **i. Acústicos No Impulsivos: <170 dB RMS**

**Vocalizaciones de sonidos de depredadores utilizando parlantes submarinos:** La efectividad de las transmisiones de grabaciones de sonidos de depredadores, típicamente llamados de orcas, para disuadir mamíferos marinos se ha considerado variable (Petras, 2003). Las orcas son los depredadores naturales más significativos de muchas especies de mamíferos marinos, producen vocalizaciones características y fuertes, por lo que se ha sugerido que la reproducción de las vocalizaciones de las orcas puede actuar como un disuasivo acústico efectivo para las focas (Thompson *et al.*, 2020).

Ha habido varios intentos de usar la reproducción de las vocalizaciones de las orcas para asustar a los mamíferos marinos con el fin de controlar su comportamiento o distribución (Cumming & Thompson, 1971;

Anderson & Hawkins, 1978; Jamieson & Olesiuk, 2001; Würsig & Gailey, 2002; Quick *et al.*, 2003; Sepúlveda & Oliva, 2005; Scordino, 2010; Nunny, 2020). Este método de disuasión igualmente ha sido utilizado en conjunto con el modelo físico de una orca que se instala en las cercanías de los centros de cultivo (Sepúlveda & Oliva, 2005; Nunny, 2020). Las primeras pruebas en las que se usaron los sonidos de vocalizaciones fueron aplicadas durante la década de los años 70's, para evaluar la respuesta de ballenas grises a dicho estímulos (Cumming & Thompson, 1971; Anderson & Hawkins, 1978). En dicha oportunidad las ballenas grises nadaron exactamente en sentido contrario al punto de emisión del sonido, describiendo una respuesta clara de precaución (Cumming & Thompson, 1971). En la misma fecha, Fish & Vania (1971), reportaron que el uso de sonidos de orcas era un medio eficaz para mantener a ejemplares de ballena beluga o blanca (*Delphinapterus leucas*) fuera del río Kvichak, lo que supondría una reducción significativa del número de smolts consumidos por dichos cetáceos. Contrariamente, durante pruebas realizadas en el río Tweed (UK) con focas grises, el sonido de orca no fue del todo efectivo para asustar a las focas, los ejemplares mostraron un rápido acostumbramiento al sonido (Anderson & Hawkins, 1978). Posteriormente, este método fue utilizado en pesca extractiva para alejar a las focas de las redes de cerco, así las focas respondieron a la reproducción de las vocalizaciones de orca, pero no huyeron del lugar (Shaughnessy *et al.*, 1981). En la década de 1990, Jefferson & Curry (1996), en su revisión de métodos acústicos para reducir la interacción de mamíferos marinos con pesquerías, mencionan que los primeros trabajos que se realizaron en términos de comportamiento, describieron las respuestas de las ballenas grises (*Eschrichtius robustus*) y beluga (*D. leucas*) a las vocalizaciones de las orcas, al mismo tiempo hace mención a experiencias realizadas con la marsopa de Dall (*Phocoenoides dalli*), delfines interactuando con redes de cerco de atún, y de los pinnípedos en general, registrándose por lo general respuestas inmediatas de evitación ante la proyección de grabaciones de sonidos de orcas, pero generalmente con un rápido acostumbramiento. A principios de la década de 2000, estudios llevados a cabo con marsopas (*Phocoena phocoena*) indican que un uso adecuado y sistemático del sonido puede tener un efecto evasivo más eficiente que simplemente transmitir señales de mayor frecuencia (Pavés *et al.*, 2022). Por otro lado, los estudios acerca de la respuesta de las focas comunes (*Phoca vitulina*) a las llamadas submarinas de diferentes poblaciones de orcas (*Orcinus orca*), reiteran los resultados de trabajos previos, indicando que las focas respondieron fuertemente a las llamadas de orcas, aunque la respuesta de las focas estaba condicionada a la familia que emite las vocalizaciones, respondiendo exclusivamente a aquellas orcas que se alimentan de otros mamíferos, mientras que los llamados de las familias de orcas que se alimentaban exclusivamente de peces no parecían alterarles (Deecke *et al.*, 2002). Von Graven & Bisther (2014) observaron similares resultados en el Atlántico Norte en focas, las cuales al ser expuestas a vocalizaciones de familias especializadas en arenque y especializadas en otros mamíferos, presentaban respuestas diferenciadas, en el mismo estudio se observó que las respuestas de las focas eran específicas del contexto, es decir, las focas en aguas abiertas parecían reaccionar nadando de inmediato lejos, mientras

que las focas en aguas poco profundas cerca de la costa tenían menos probabilidades de huir y en cambio parecían estar curiosas.

Estudios en otros mamíferos mayores, como el cachalote (*Physeter macrocephalus*), han mostrado cambios conductuales en el Mar de Noruega, en donde la respuesta al estímulo es, en lugar de aprovechar sus grandes capacidades aeróbicas para alejarse del depredador percibido, interrumpir sus inmersiones de búsqueda de alimento o de descanso y regresar a la superficie, cambiando su producción vocal e iniciando un sorprendente grado de comportamiento social, lo cual es atípico en un animal típicamente solitario (Curé *et al.*, 2013).

Recientemente, Gordon *et al.* (2015) probaron los efectos de sonidos de orcas en focas comunes, y descubrieron que eran menos confiables que los dispositivos electrónicos para provocar algún tipo de respuesta. Los sonidos de la orca evidenciaron respuestas a un alcance máximo de aproximadamente 4,6 km. Estos mismos autores afirman que utilizar sonidos de depredadores para disuadir a los mamíferos marinos no es aconsejable como vía de disuasión, debido al potencial de acostumbamiento, lo que representa una amenaza para los animales que se pretende disuadir, dado que podría tener como consecuencia que eviten en menor medida depredadores en el medio natural. Posteriormente, Gordon *et al.* (2019) llevaron a cabo experimentos de exposición controlada en focas comunes utilizando llamadas de orcas en el Moray Firth y el Sound of Sleat (Escocia, UK), para evaluar su efectividad como sonido aversivo, siendo las respuestas observadas altamente variables y específicas del contexto, concluyendo que era muy posible que las llamadas de las orcas no sea un disuasivo confiable (Gordon *et al.*, 2019; Thompson *et al.*, 2020).

Finalmente, varios autores coinciden en que este método parece tener solo una eficacia temporal ya que los animales pronto detectan que el sonido de orcas y los modelos no son una amenaza (Jamieson & Olesiuk, 2001; Kemper *et al.*, 2003; Oliva *et al.*, 2004; Sepúlveda & Oliva, 2005; National Seal Strategy Group & Carolyn Stewardson, 2007; Gordon *et al.*, 2019; Thompson *et al.*, 2020). En el caso de Wursig & Gailey (2002), dichos autores afirman que las vocalizaciones proyectadas de las orcas son ignoradas después de algún tiempo, ya que los mamíferos marinos acústicamente hábiles aprenden rápidamente a distinguir la alarma real de la falsa, y de cualquier manera se habitúan a los sonidos que no son seguidos por un peligro real. En otros casos este método ha llegado a ser considerado 100% ineficiente (Tixier *et al.*, 2021).



### Dispositivos de disuasión acústica (DDA) y dispositivos de hostigamiento acústico (DHA)

El término "dispositivo de disuasión acústica" se aplica a una variedad de dispositivos diferentes que, aunque difieren en sus características de emisión de sonido, tienen un propósito similar, correspondiente a disuadir/alertar a los mamíferos marinos de un peligro/zona específica (McGarry *et al.*, 2022).

McGarry *et al.* (2022) enuncia que la variedad de aplicaciones de los dispositivos ha dado lugar a una amplia variedad disponible en el mercado. Estos mismos autores exponen que si bien la mayoría emiten sonidos de frecuencia media a alta, las características acústicas de cada dispositivo difieren en otras características técnicas como niveles de sonido producidos, rango de frecuencia, patrón temporal/ciclo de trabajo y armónicos.

Los Dispositivos de Hostigamiento Acústico (DHA) y Dispositivos de Disuasión Acústica (DDA) o más coloquialmente 'espanta focas' o "Pingers", son dispositivos que emiten sonidos aversivos en el medio marino (Todd & Jiang, 2019). Los DDA están diseñados para múltiples aplicaciones, incluyendo pesca, acuicultura, minería submarina y obras civiles, no obstante, su uso primordial es en pisciculturas (Schakner & Blumstein, 2013) y fueron ampliamente utilizados a comienzos de la década de los 80's; estos sistemas cuentan con un sonar hidroacústico que emite sonidos bajo el agua a frecuencias fijas o aleatorias, en promedio la intensidad del sonido es alrededor de 140 dB (Oliva *et al.*, 2014). Durante la década de los años 90', debido a problemas de acostumbramiento, estos sistemas se modificaron con emisiones de sonido de hasta 240 dB, lo que llevó al desarrollo tecnológico de dispositivos denominados DHA o "espantafocas", concebidos como capaces de emitir sonidos que serían dolorosos para las focas y potencialmente también para otras especies (McGarry *et al.*, 2022), sin embargo, no sólo no produjeron el efecto esperado, sino que se ha planteado que este sonido puede afectar a otras especies de mamíferos marinos presentes en el área, particularmente cetáceos (Gordon & Northridge, 2002).

Al respecto, existen varias clasificaciones y definiciones para estos dispositivos de acuerdo a sus niveles de fuente. La terminología de disuasión acústica se basa en distinciones decididas en una reunión de la Comisión Ballenera Internacional (CBI) en Roma (Todd & Jiang, 2019), donde los DDA y Pingers tenían niveles de fuente más bajos (<185 dB re 1  $\mu$ Pa @ 1 m) y los DHA o espanta focas, más altos >185 dB re 1  $\mu$ Pa @ 1 m (Todd & Jiang, 2018).

Otras directrices indicaron que los DDA funcionan normalmente en la banda de 10 a 100 kHz y emiten niveles de fuente (SL) de 150 dB re 1  $\mu$ Pa @ 1 m, mientras que los DHA operan principalmente entre 5 kHz y 30 kHz, a niveles de fuente que a menudo exceden los 170 dB re 1  $\mu$ Pa @ 1 m (Madsen, 2005). Nowacek *et al.* (2007), enuncia que los DDA o Pingers, son generalmente dispositivos de bajo nivel de fuente (<180 dB rms re 1  $\mu$ Pa @ 1 m) desplegados en artes móviles o transitorios, como redes de enmalle y redes fijas, por el contrario, los DHA son generalmente fuentes de sonido de alto nivel de fuente (>180 dB rms re 1  $\mu$ Pa @ 1 m) instalados permanentemente en estructuras como jaulas para peces y presas (Tabla 24).

**Tabla 24.** Características y denominaciones de dispositivos disuasivos acústicos. Se indica Nivel de fuente (dB) y frecuencia de operación (kHz)

Característica	Denominación	Referencia
<185 dB re 1 $\mu$ Pa @ 1 m	DDA, Pingers	Todd & Jiang, 2018
>185 dB re 1 $\mu$ Pa @ 1 m	DHA	
150 dB re 1 $\mu$ Pa @ 1 m, 10 a 100 kHz	DDA	Madsen, 2005
>170 dB re 1 $\mu$ Pa @ 1 m, 5 kHz y 30 kHz	DHA	
<180 dB rms re 1 $\mu$ Pa @ 1 m, móviles, transitorios	DDA, Pingers	Nowacek <i>et al.</i> (2007)
>180 dB rms re 1 $\mu$ Pa @ 1 m, permanentes	DHA	

Los DDA utilizan el sonido para ahuyentar a los mamíferos marinos de las zonas en las que tienen lugar una cierta actividad, por ejemplo, la pesquera o la acuícola. El empleo de dichos dispositivos tiene por propósito alejar mamíferos marinos de una cierta zona mediante la introducción de señales acústicas locales de alerta o que causen molestia (Oliva *et al.*, 2004; MAAMA, 2012; Götz & Janik, 2013; Contreras *et al.*, 2014; Scottish Animal Welfare Commission, 2023; McGarry, 2022). En la pesca, uno de los beneficios de este sistema es la reducción de la captura accidental de cetáceos, alejándolos de la presencia de redes u otros artes en las que pudieran sufrir daños (Todd *et al.*, 2021). Igualmente, los DDA son ampliamente utilizados para prevenir la depredación de pinnípedos en centros de cultivo de peces, aunque desde hace más de 10 años su empleo era motivo de preocupación, debido a su impacto adverso en pequeños cetáceos, un ejemplo de esto es el trabajo de Götz & Janik (2013).

Los dispositivos de hostigamiento acústicos (DHA), fueron diseñados para producir un "ruido blanco" submarino de alta amplitud, pulsado pero irregular, en el rango de 12 a 17 kHz, y como se ha señalado precedentemente, tienen como objetivo causar malestar físico e irritar a los pinnípedos y así alejarlos del área del sonido (Scordino, 2010).

Uno de los primeros DHA, denominado "Sealchaser", fue desarrollado por la Universidad Estatal de Oregon (OSU) específicamente para repeler sin letalidad a pinnípedos en conflictos pesqueros y en otras situaciones. Las pruebas iniciales del Sealchaser con focas de puerto indicaron que podría ser efectivo para repeler ejemplares de dicha especie ciertas áreas (Mate *et al.*, 1987).

Las aplicaciones de los DHA han sido variadas, se han utilizado para reducir la depredación de cetáceos sobre peces silvestres y en piscifactorías (Jameson & Olesiuk, 2001), las capturas accidentales en algunas especies de mamíferos marinos, para disminuir la depredación de pinnípedos en redes o para mantener a los mamíferos marinos a distancias seguras de fuentes de sonido impulsivo de alta amplitud, como las operaciones de hincado de pilotes en alta mar (Kastelein *et al.*, 2017a y 2017b; Fjälling *et al.*, 2014; Schakner & Blumstein, 2013; Todd *et al.*, 2019). Los DHA han sido explorados como métodos potenciales para disuadir especialmente leones marinos sudamericanos (Sepúlveda & Oliva 2005) y lobo fino de Nueva

Zelanda. Sin embargo, los estudios han demostrado que estos métodos suelen ser poco efectivos a largo plazo (NWA, 2017).

Geiger & Jeffries (1986) informaron que el uso de un DHA en redes de pesca comercial resultó en que los dispositivos parecieran actuar como una "campana de cena" ("dinner bell"), atrayendo a los pinnípedos a la red de pesca porque los pescadores encendían los dispositivos cuando tenían peces en sus redes. El problema principal encontrado con los DHA fue que los pinnípedos parecían "aprender" a tolerar el ruido. Se ha indicado que las presiones sonoras de estos DHA probablemente no eran lo suficientemente grandes como para causar suficiente dolor que permitiese superar la capacidad de los pinnípedos de aprender que el estímulo negativo podía ser tolerado (Scordino, 2010).

La investigación realizada por Sepúlveda & Oliva (2005) encontró que los DHA eran en su mayoría ineficaces para los leones marinos sudamericanos. De manera similar, el estudio de Baxter (2012) reveló que, si bien los DHA's pueden tener efectos disuasivos a corto plazo en el lobo fino de Nueva Zelanda, los animales aprenden rápidamente a tolerarlos.

Recientemente, una nueva generación de disuasores acústicos se ha presentado en el mercado con el nombre de "Tecnología de Sobresalto Acústico Dirigido" ("Targeted Acoustic Startle Technology" o TAST, por sus siglas en inglés) fue desarrollada para proteger las granjas de salmones de la depredación de focas sin dañar a las mismas (GenusWave, 2024). El sistema TAST funciona generando una señal auditiva que activa el instinto de huida de las focas, haciéndolas alejarse del área. La respuesta de sobresalto puede ser desencadenada por señales de sonido breves (0,2 s), aisladas y a un nivel de fuente relativamente bajo y, como resultado, el ciclo de trabajo puede ser menor (Götz & Janik, 2015; 2016b), a su vez, el reflejo de sobresalto provoca que los animales eviten una cierta zona, la interrupción del comportamiento de forrajeo y respuestas de huida (Götz & Janik 2011; 2015).

Los dispositivos TAST logran la especificidad del objetivo seleccionando una banda de frecuencia en la cual la sensibilidad auditiva de otras especies, aquellas que no son la objetivo, es mucho menor que la sensibilidad de la especie objetivo (por ejemplo, focas) (Thompson *et al.*, 2020). El diseño para dirigirse específicamente a un grupo de ejemplares, sin afectar a otras especies, se obtiene a partir de las diferencias en las sensibilidades auditivas interespecíficas (Götz & Janik 2016; Layman, 2023). Claramente esto exige tener un conocimiento acabado de las especies, vocalizaciones y audiogramas de las especies involucradas en el proceso de disuasión. Thompson *et al.* (2020) describen que la señal de sobresalto desarrollada por GenusWave para focas tiene una frecuencia máxima de 1 kHz, con un ancho de banda de 2 a 3 octavas, en un rango de frecuencia donde la audición de las focas fócidas es más sensible que la audición en especies no objetivo como la marsopa común (*P. phocoena*) y el delfín mular (*T. truncatus*).

Esta tecnología ha sido evaluada en trabajos recientes como los realizados por Götz *et al.* (2020), quienes probaron las respuestas de sobresalto de los delfines nariz de botella (*T. truncatus*) a señales de sonido de inicio rápido, en un rango de frecuencias de 1 a 32 kHz. Dichos autores, encontraron que la propagación

del sonido de la señal TAST alrededor de una granja de peces era de aproximadamente  $\sim 18 \log(\text{distancia})$ , por lo que el umbral de respuesta de sobresalto del delfín nariz de botella se alcanzaría a una distancia de aproximadamente 18 m desde el dispositivo.

Whyte *et al.* (2021), realizaron pruebas con dispositivos TAST en la pesquería de la caballa en palangre al noreste de Escocia. Los resultados de dicho estudio evidenciaron que un fuerte efecto disuasorio del TAST sobre la actividad de las focas directamente alrededor de los barcos pesqueros, donde la detección de focas en el sonar de las embarcaciones disminuyó en un 97%. Cabe resaltar que los autores destacan que no se evidenció un efecto significativo en los datos de avistamientos visuales, aunque se avistaron menos focas cuando TAST estaba operativo, lo que podría ser el resultado de un rango de disuasión limitado del dispositivo y/o un cambio en los tiempos de inmersión de las focas (Whyte *et al.*, 2021). Más tarde Bogaard (2022) prueba este mismo dispositivo para disuadir a las focas de puerto (*Phoca vitulina*) de depredar el salmón chinook (*O. tshawytscha*) cerca de la escalera de peces de las Esclusas de Ballard en Seattle, Washington (USA). Los resultados de dicho estudio evidencian que la probabilidad de que aparezcan focas dentro de un radio de 50 m disminuye drásticamente cuando el dispositivo TAST está encendido (Bogaard, 2022).

Con posterioridad, Langstein (2023) desarrolla su tesis de master estudiando el efecto de estos nuevos dispositivos TAST sobre la Orca (*O. orca*) y la ballena jorobada (*M. novaeangliae*) durante su interacción con los barcos en la pesquería de cerco para el arenque noruego (*Clupea harengus*) durante primavera en el norte de Noruega. Sus resultados sugieren que el TAST puede ser efectivo en reducir las interacciones negativas de las orcas con la pesquería, pero el efecto no es claro en términos del comportamiento de las ballenas jorobadas. Al mismo tiempo, se destaca que el número de apariciones de las orcas en superficie se redujo en un 85% durante la exposición al TAST, a su vez no se presentaría evidencia de acostumbramiento y el efecto del TAST parece atenuarse rápidamente con la distancia, con una fuerte recuperación (retorno de las ballenas) posterior a la exposición, lo que según Langstein (2023) es positivo para prevenir el daño derivado por evitar el hábitat a largo plazo. Al igual que otros autores, Langstein (2023) estima que existen indicadores de que el TAST puede ser utilizado como una herramienta segura y efectiva para mitigar los conflictos entre ballenas y pesquerías.

Más recientemente, McKeegan *et al.* (2024), realiza un estudio en el arroyo Whatcom (Washington, USA) para disuadir a las focas de puerto (*P. vitulina*) de depredar salmón chum (*O. keta*) y Chinook (*O. tshawytscha*) en Bellingham (Washington, USA), los resultados fueron prometedores, evidenciando que esta tecnología reduce significativamente la depredación de pinnípedos sin evidencia de daño o acostumbramiento, sin embargo, al evaluar la efectividad a largo plazo los autores concluyeron que los TAST pueden ser una herramienta de gestión efectiva a corto plazo, pero los modelos de análisis no mostraron un efecto duradero del TAST en el tiempo.

Se han probado otras formas de señales acústicas submarinas para determinar sus efectos en los mamíferos marinos, incluidas señales destinadas a alertar a las ballenas o disuadirlas de acercarse a barcos en movimiento (eg. Nowacek *et al.*, 2004). La revisión más reciente de los dispositivos existentes en el mercado fue realizada por McGarry *et al.* (2022), en la que se incluye la especie objetivo para la cual fueron diseñados (Tabla 25).

Respecto a los estudios de comportamiento, hay reportes en la literatura de impactos conductuales, gran parte basados en observaciones de campo, pero existen mucho menos sobre los efectos auditivos (por motivos logísticos y éticos evidentes) (Todd & Jiank, 2019).

Los impactos conductuales reportados tienen la complicación de que no indican una sola respuesta frente a una fuente en particular, indicando una alta variabilidad en la respuesta de un individuo frente a una fuente, incluso bajo condiciones estándares (Southall *et al.*, 2007). De acuerdo a Hildebrand (2005), la respuesta que tendrá un individuo frente al ruido depende de varios factores a) la fuente del sonido, en términos del nivel de fuente (dB), su duración, y si es un sonido nuevo o no para el individuo, entre otras cosas; b) el estado físico y conductual del animal; y c) el paisaje acústico del ambiente y sus características ecológicas.

Al momento de desarrollar este informe, la revisión de antecedentes evidencia que buena parte de los estudios conductuales revisados se centran en la marsopa común o marsopa de puerto (*Phocoena phocoena*), y un muy bajo porcentaje de estudios coinciden con especies presentes en aguas chilenas. Los estudios abarcan temas tan diversos como distancia de rango de disuasión, respuesta a los estímulos sonoros, disminución de bycatch, disminución de pérdidas de peces por depredación, daños auditivos entre otros, en algunos casos a nivel de especie o género e incluso a nivel de grupo.

En el caso de las marsopas, existen respuestas conductuales tan diversas como estímulos y dispositivos presentes. En el caso de la marsopa común, durante el uso de dispositivos de disuasión se evidencia una reducción en los encuentros con estos mamíferos (Trippel *et al.*, 1999; Kastelein *et al.*, 2015; Kyhn *et al.*, 2015; Johnston 2002; Hardy & Tregenza 2010; Hardy *et al.*, 2012; Woolmer 2015; Culik & Dorrien, 2017; Culik *et al.*, 2017), así como aumento de la velocidad de nado y saltos durante el uso del dispositivo (Kastelein *et al.*, 2015) y en el menor de los casos no se registraron respuestas (Götz & Janik, 2015, Götz & Janik, 2016, Janik & Götz 2013).

**Tabla 25a.** Dispositivos de disuasión acústica para mamíferos marinos. Modificada de McGarry *et al.* (2022). En negritas dispositivos probados en Chile

Dispositivo	Fabricante	Página Web	Potencial aplicación industria	Especie objetivo
Ace Aquatec Marine Mammal Mitigation Device (MMD) Low frequency deterrent - pinnipeds	Ace Aquatec	<a href="https://www.aceaquatec.com/">https://www.aceaquatec.com/</a>	Perforación de pilotes, vertidos de petróleo, explosivos submarinos, protección de las poblaciones de peces salvajes en los ríos, turbinas submarinas	Pinnípedos
Ace Aquatec Marine Mammal Mitigation Device (MMD) Mid frequency - pinnipeds and cetaceans	Ace Aquatec	<a href="https://www.aceaquatec.com/">https://www.aceaquatec.com/</a>	Perforación de pilotes, vertidos de petróleo, explosivos submarinos, protección de las poblaciones de peces salvajes en los ríos, turbinas submarinas	Pinnípedos y cetáceos de alta frecuencia
Ace Aquatec Marine Mammal Mitigation Device (MMD) High frequency - pinnipeds and Odontocetes	Ace Aquatec	<a href="https://www.aceaquatec.com/">https://www.aceaquatec.com/</a>	Perforación de pilotes, vertidos de petróleo, explosivos submarinos, protección de las poblaciones de peces salvajes en los ríos, turbinas submarinas	Pinnípedos y cetáceos de muy alta frecuencia
Ace Aquatec: Universal Scrammer US2(1)	Ace Aquatec	<a href="https://www.aceaquatec.com/">https://www.aceaquatec.com/</a>	Perforación de pilotes, vertidos de petróleo, explosivos submarinos, protección de las poblaciones de peces salvajes en los ríos, turbinas submarinas	Focas
Ace Aquatec: Universal Scrammer US3(2)	Ace Aquatec	<a href="https://www.aceaquatec.com/">https://www.aceaquatec.com/</a>	Acuicultura	Focas y lobos marinos
Ace Aquatec: RT1	Ace Aquatec	<a href="https://aceaquatec.com/products/predator-control/">https://aceaquatec.com/products/predator-control/</a>	Acuicultura	Focas
Airmar dB plus II (now Mohn Aqua MAG seal deterrent)	Airmar	<a href="http://www.airmartechnology.com/uploads/specapps/dbplus.pdf">http://www.airmartechnology.com/uploads/specapps/dbplus.pdf</a>	Acuicultura	Focas

**Tabla 25b.** Dispositivos de disuasión acústica para mamíferos marinos. Modificada de McGarry *et al.* (2022).

Dispositivo	Fabricante	Página Web	Potencial aplicación industria	Especie objetivo
Airmar: Gillnet Pinger	Airmar	<a href="http://www.airmar.com/productinfo.html?category=AD&amp;name=Acoustic%20Deterrents">http://www.airmar.com/productinfo.html?category=AD&amp;name=Acoustic%20Deterrents</a>	Redes de enmalle	marsopa de puerto
Aquamark 848	Aquatec	<a href="http://www.aquatecgroup.com/11-products/25-aquamark-848">http://www.aquatecgroup.com/11-products/25-aquamark-848</a>	Construcción mar afuera, pesca en el mar.	Mamíferos Marinos
Aquamark 100	Aquatec	<a href="http://www.aquatecgroup.com/">http://www.aquatecgroup.com/</a>	Industria del petróleo y del gas, pero también de la pesca en alta mar	Marsopa de puerto
Aquamark 200	Aquatec	<a href="http://www.aquatecgroup.com/">http://www.aquatecgroup.com/</a>	Industria del petróleo y del gas y and redes de trasmallo tradicionales	Delfines
Aquamark 210	Aquatec	<a href="http://www.aquatecgroup.com/">http://www.aquatecgroup.com/</a>	Donde la depredación es severa se recomienda 20 por red	Delfines
Aquamark 300	Aquatec	<a href="http://www.aquatecgroup.com/">http://www.aquatecgroup.com/</a>	industria del petróleo y del gas y redes de trasmallo tradicionales	Marsopa de puerto
Cetasaver V0.3	IFREMER/IXTrawl	<a href="http://wwz.ifremer.fr/">http://wwz.ifremer.fr/</a>	redes de trasmallo	Marsopa de puerto y delfines
Dolphin Deterrent Devices & Dolphin Interactive Deterrent	STM Products	<a href="http://www.stm-products.com/en/products/fishing-technology/">http://www.stm-products.com/en/products/fishing-technology/</a>	Pesca	Delfines

**Tabla 25c.** Dispositivos de disuasión acústica para mamíferos marinos. Modificada de McGarry *et al.* (2022). En negritas dispositivos probados en Chile

Dispositivo	Fabricante	Página Web	Potencial aplicación industria	Especie objetivo
Dukane NetMark 1000	Dukane Corporation	<a href="http://www.dukane.com/">http://www.dukane.com/</a>	captura incidental	Marsopa de puerto
Future Oceans Porpoise Pinger	Future Oceans	<a href="https://futureoceans.com/pingers/porpoise-pinger/">https://futureoceans.com/pingers/porpoise-pinger/</a>	redes de trasmallo	Marsopa común
Future Oceans Dolphin Pinger	Future Oceans	<a href="https://futureoceans.com/pingers/dolphin-pinger/">https://futureoceans.com/pingers/dolphin-pinger/</a>	redes de trasmallo	Delfines
Future Oceans Whale Pinger	Future Oceans	<a href="https://futureoceans.com/pingers/whale-pinger/">https://futureoceans.com/pingers/whale-pinger/</a>	redes de trasmallo	Ballenas
Banana Pinger (50-120)	Fishtek Marine	<a href="https://www.fishtekmarine.com/product/deterrent-pinger-50-120/">https://www.fishtekmarine.com/product/deterrent-pinger-50-120/</a>	Pesca, reducción de pesca incidental	Marsopas y delfines
Banana Pinger whale (3- 20)	Fishtek Marine	<a href="https://www.fishtekmarine.com/">https://www.fishtekmarine.com/</a>	Pesca, reducción de pesca incidental	Ballenas barbadas y picudas
Banana Pinger Porpoise (10)	Fishtek Marine	<a href="https://www.fishtekmarine.com/">https://www.fishtekmarine.com/</a>	Pesca, reducción de pesca incidental	Marsopas
Dolphin Anti-depredation pinger	Fishtek Marine	<a href="https://www.fishtekmarine.com/anti-depredation-pinger/">https://www.fishtekmarine.com/anti-depredation-pinger/</a>	Mitigar la depredación y la captura incidental en las pesquerías, mitigar las interacciones de los mamíferos marinos con las operaciones de construcción.	Delfines y marsopas
F3 Porpoise – PAL (Programmable Alert system)	F3: Maritime Technology UG Ltd	<a href="https://www.f3mt.net/harbour-porpoise---pal.html">https://www.f3mt.net/harbour-porpoise---pal.html</a>	Pesca, reducción de pesca incidental	Marsopas
F3: 10 kHz – PAL	F3: Maritime Technology UG Ltd	<a href="https://www.f3mt.net/10-khz---pal1.html">https://www.f3mt.net/10-khz---pal1.html</a>	Pesca, reducción de pesca incidental, construcciones marinas	Mamíferos marinos



**Tabla 25d.** Dispositivos de disuasión acústica para mamíferos marinos. Modificada de McGarry *et al.* (2022).

Dispositivo	Fabricante	Página Web	Potencial aplicación industria	Especie objetivo
F3: Wideband PAL	F3: Maritime Technology UG Ltd	<a href="https://www.f3mt.net/wideband---pal.html">https://www.f3mt.net/wideband---pal.html</a>	Pesca, reducción de pesca incidental, construcciones marinas	Mamíferos marinos
F3: Whale PAL	F3: Maritime Technology UG Ltd	<a href="https://www.f3mt.net/whale---pal.html">https://www.f3mt.net/whale---pal.html</a>	Pesca, reducción de pesca incidental, construcciones marinas	Ballenas
Lofitech Seal Scarer/FishGuard	Lofitech	<a href="http://www.lofitech.no/en/seal-scarer.html">http://www.lofitech.no/en/seal-scarer.html</a>	Acuicultura y pesquería	Focas y odontocetos
Genuswave Targeted acoustic startle technology (TAST) Acoustic Startle Device (ASD) 'SalmonSafe'	GenusWave Ltd	<a href="http://www.genuswave.com/">http://www.genuswave.com/</a>	Acuicultura	Pinnípedos
Genuswave Targeted acoustic startle technology (TAST) Acoustic Startle Device (ASD) 'FisheriesSafe'	GenusWave Ltd	<a href="http://www.genuswave.com/">http://www.genuswave.com/</a>	pesquería	La señal de reducción de la captura incidental de pinnípedos (marsopas y delfínidos) puede incluirse para aplicaciones pesqueras.
Genuswave Acoustic Startle Device (ASD) Targeted acoustic startle technology (TAST) 'Mitigation Device' 'TurbineSafe' 'ConstructionSafe'	GenusWave Ltd	<a href="http://www.genuswave.com/">http://www.genuswave.com/</a>	Energías renovables (por ejemplo, mitigación del riesgo de colisión alrededor de turbinas mareomotrices), construcción marina, formación de pilotes, perforación, voladuras, dragado, energía eólica marina.	Pinnípedos Odontocetos

**Tabla 25e.** Dispositivos de disuasión acústica para mamíferos marinos. Modificada de McGarry *et al.* (2022). En negritas dispositivos probados en Chile

Dispositivo	Fabricante	Página Web	Potencial aplicación industria	Especie objetivo
SaveWave SealSalmon Saver (High-impact)	SaveWave	<a href="https://savewave.net/orca-saver/">https://savewave.net/orca-saver/</a>	Acuicultura, mitigación en energía eólica marina	Delfines, focas
SaveWave Orca Saver (High-impact)	SaveWave	<a href="http://savewave.eu/orca-saver-EN.html">http://savewave.eu/orca-saver-EN.html</a>	Pesca con palangre	Orcas
SeaGuard Seal Deterrent	Gael Force	<a href="http://www.gaelforcemarinetechology.com/Aquaculture-Sea/Seal-Deterrents/SeaGuard-Seal-Deterrent.aspx?lang=nb-no">http://www.gaelforcemarinetechology.com/Aquaculture-Sea/Seal-Deterrents/SeaGuard-Seal-Deterrent.aspx?lang=nb-no</a>	Acuicultura	Focas
FaunaGuard – Porpoise Module	Van Oord and Seamarco	<a href="https://www.vanoord.com/en/sustainability/cases/faunaguard-minimising-potential-impact-generated-under-water-sound/">https://www.vanoord.com/en/sustainability/cases/faunaguard-minimising-potential-impact-generated-under-water-sound/</a>	Dragado y construcción marina, incluidos pilotes, perforación y voladuras.	Especies de marsopas
FaunaGuard – Seal-Module	Van Oord and Seamarco	<a href="https://www.vanoord.com/en/sustainability/cases/faunaguard-minimising-potential-impact-generated-under-water-sound/">https://www.vanoord.com/en/sustainability/cases/faunaguard-minimising-potential-impact-generated-under-water-sound/</a>	Dragado y construcción marina, incluidos pilotes, perforación y voladuras.	Focas
Seamaster: Fish Protector	Sea Master Enterprise Co. Ltd	<a href="http://www.seamaster.com.tw/sea-master-protector.htm">http://www.seamaster.com.tw/sea-master-protector.htm</a>	Pesca como la red de enmalle y el arrastre	Delfines, particularmente delfín nariz de botella
SealFENCE 3/4	OTAO	<a href="https://aquaculture.otao.com/products/">https://aquaculture.otao.com/products/</a>	Acuicultura	Focas y leones marinos

Los dispositivos analizados son capaces de disuadir a estos mamíferos en rangos que pueden ir de centenas de metros a varios kilómetros (Cox *et al.*, 2001; ABPmer, 2014; Brandt *et al.*, 2012; Brandt *et al.*, 2013; Northridge *et al.*, 2013; Crosby *et al.*, 2013; Dahne *et al.*, 2017; Mikkelsen *et al.*, 2017; Horschle *et al.*, 2015; Kastelein, 2010; Kastelein *et al.*, 2015; Woolmer 2015; Geelhoed *et al.*, 2017; Johnston, 2002; Larsen *et al.*, 2007; Culik *et al.*, 2001). Sin embargo, varios de los estudios coinciden en que el principal problema es la habituación al impulso sonoro (Cox *et al.* 2001; Northridge *et al.* 2010; Hardy & Tregenza 2010; Sparling *et al.*, 2015).

Respuestas similares se han observado en delfines, con tasas de evasión por sobre el 60% (Barlow *et al.*, 2003; Lepper *et al.*, 2014). También se ha reducido la probabilidad de encuentro (Morizur 2008; Waples *et al.*, 2013; Woolmer 2015; Vella 2016; Ferraro *et al.* 2018) y en otros casos las respuestas no fueron significativas (Stone *et al.*, 2000; Berrow *et al.*, 2008; Read *et al.*, 2010; Soto *et al.*, 2013; Harcourt *et al.*, 2014). Las distancias o rangos de disuasión son diversos y van de pocos metros a unos cuantos cientos de metros (Waples *et al.*, 2013; ABPmer, 2014; Hiley *et al.*, Götz & Janik, 2015, 2016).

Finalmente en el caso de los pinnípedos, los estudios coinciden en que hay una disminución importante en el daño producido en peces por depredación de estos mamíferos (Fjalling *et al.*, 2006; Götz & Janik, 2016 a,b), esto suele venir acompañado de una disminución significativa de la probabilidad de encuentro (Yurk & Trites 2000; Kastelein *et al.*, 2010; Harris *et al.*, 2011; ABPmer, 2014; Harris *et al.*, 2014; Götz 2008; Götz & Janik 2010; Götz & Janik, 2015), una reducción en la muerte de pinnípedos (Whyte, 2015) y en muy pocos casos documentados el uso de dispositivos ha generado un aumento en las observaciones de focas (Jacobs *et al.*, 2002; Mikkelsen *et al.*, 2017). Los desplazamientos descritos por algunas especies, sobrepasan los 1.400 m (ABPmer, 2014). Al igual que en otros mamíferos marinos, evidencias de habituación han sido observadas (Götz & Janik, 2010; Götz, 2008; Götz & Janik, 2010).

Respecto a los posibles daños, Southall *et al.* (2019), calcularon los rangos de cambio de umbral auditivo permanente (PTS) y cambio de umbral auditivo temporal (TTS) de los grupos de audición de mamíferos marinos para las seis marcas comerciales de DDA más frecuentemente usados en la acuicultura escocesa. Posteriormente, Todd *et al.*, (2021) realizaron un modelado de la propagación del ruido basado en los resultados de Southall *et al.* (2019) de los seis modelos comerciales de DDA y un DDA "ficticio". Se predijo el cambio de umbral temporal (TTS) en cetáceos de muy alta frecuencia (VHF) en rangos de 4 a 31 km, y un único dispositivo ficticio que operaba a las salidas más altas probadas causaría TTS a cetáceos VHF a una distancia de hasta 32 km (Todd *et al.*, 2021), adicionalmente se puede destacar que los efectos acumulativos de los DDA reales de piscifactorías produjeron ruido en grandes extensiones de las Hébridas Interiores, siendo más reducidas en aguas interiores (para mayor detalle ver Todd *et al.* (2021).

Por otro lado, dependiendo de las características del dispositivo se pueden observar o estimar posibles daños a distancias tan cortas como 1 m o mucho mayores como una decena de metros. ABPmer (2014) encontró TTS a 4 m (criterios de Southall *et al.*, 2007), potencial para causar exclusión hasta 6 km y

potencial para causar lesiones o mortalidad en las proximidades (1 a 3 m) (basado en modelaciones de ruido).

#### 4.1.13. Reportes de eficiencia/inocuidad para especies objetivo de sistemas de disuasión basados en sonido

Dentro de la revisión y considerando únicamente los trabajos que mencionan tecnologías acústicas (242), se clasificaron los documentos según la respuesta/efecto principal observado al momento de usar estos dispositivos. En este sentido, si el trabajo no hace mención a respuestas/efectos diferente al esperado (disuasión) o posibles daños, se clasificó como Sin Respuesta Adicional (SRA) (198) (Tabla 26), estos documentos en general hacen mención a las características técnicas de los dispositivos, hablan de normativa o corresponden a revisiones de métodos de Disuasión de mamíferos marinos, o corresponden a experimentos que buscan determinar eficiencia del dispositivo sin evaluar daños u otras respuestas o efectos adversos en los mamíferos. El resto de los documentos (44) (Tabla 26), hacen mención a algún efecto adicional distinto al de disuasión, por lo general asociado a perturbaciones o posibles daños producto del uso de estos sistemas acústicos, clasificándose como Otros Efectos/Respuestas (OER).

**Tabla 26.** Número de trabajos que se enfocaron en hacer experimentos y revisión de bibliografía. Complementariamente, se entrega el número de trabajos clasificados según si presenta o no una respuesta o cambio de comportamiento, siendo SRA = Sin Respuesta Adicional y OER= Otro Efecto o Respuesta.

Comportamiento o respuesta			
Enfoque	SRA	OER	Total
Experimento	117	24	141
Revisión	81	20	101
<b>Total, general</b>	<b>198</b>	<b>44</b>	<b>242</b>

A partir de la revisión detallada de los 44 documentos que entregan información adicional en términos de respuesta u otro efecto de los disuasores acústicos, se establece que existen dos ítems de alta preocupación: la exclusión o pérdida de hábitat crítico (alimentación, reproducción, descanso), la que presenta 20 menciones en los documentos revisados y similar número de menciones (18) para el ítem daño acústico. Con menor frecuencia se mencionan efectos como enmascaramiento, que hace mención a barreras acústicas que impedirían/dificultarían la comunicación entre pares, el efecto "*Dinner bell*" que hace referencia al efecto opuesto al deseado, donde los mamíferos marinos reconocen el sonido de los ADD y condicionan el sonido de los mismos con la presencia de alimento y el ítem otros que incluyen estrés y aumento en ritmos cardíacos y velocidad de natación (Tabla 27).

Cabe destacar que en general las menciones de daño hacen referencia a la superación de los umbrales de efectos temporales y permanentes definidos para mamíferos marinos, existiendo escasas pruebas físicas del efecto de los ADD.

**Tabla 27.** Número de menciones de los efectos/respuestas distintas a los de disuasión, identificados en los documentos que hacen mención a los dispositivos de disuasión acústica como OER (44). OER= Otro Efecto o Respuesta.

Enfoque	Efecto/Respuesta				
	Perdida de hábitat	Daño acústico	Dinner Bell	Enmascaramiento	Otro
Experimento	13	9	2	2	7
Revisión	7	9	4	2	1
<b>Total, general</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>8</b>

En términos generales estos trabajos se han centrado en especies como la marsopa común (*Phocoena phocoena*) con 11 menciones, seguido por focas y pinnípedos que en conjunto suman 13 menciones, y en menor grado delfines y ballenas. El listado detallado de las especies identificadas se entrega en la Tabla 28.

Finalmente, se identificaron los sistemas de disuasión acústica utilizados en esta revisión y se tabularon las especies consideradas, así como los posibles efectos/respuestas identificadas para cada caso. Dicha información se entrega en la Tabla 29.

**Tabla 28.** Menciones a especies que presentan una respuesta/efecto o posible daño debido a dispositivos de disuasión acústica.

Grupos/ Especies	Número de menciones	Referencia
Ballena jorobada ( <i>M. novaeangliae</i> )	2	Basran <i>et al.</i> , 2020; Harcourt <i>et al.</i> , 2014
Ballena minke ( <i>B. acutorostrata</i> )	1	Todd <i>et al.</i> , 2021
Delfín ( <i>Delphinus delphis</i> )	1	Carretta <i>et al.</i> , 2011.
Delfín ( <i>Lagenorhynchus obliquidens</i> )	1	Carretta <i>et al.</i> , 2011.
Delfín ( <i>Pontoporia blainvillei</i> )	1	Bordino <i>et al.</i> , 2002
Delfín mular ( <i>Tursiops truncatus</i> )	1	Todd <i>et al.</i> , 2021
Foca ( <i>Cystophora cristata</i> )	1	Bowen, W. D. (2004)
Foca común ( <i>Phoca vitulina</i> )	2	Cronin <i>et al.</i> , 2014; Whyte, K.F. (2015)
Foca de Groenlandia ( <i>Phoca groenlandica</i> )	1	Bowen, W. D. (2004)
Foca gris ( <i>Halichoerus grypus</i> )	3	Bowen, W. D. (2004); Cronin <i>et al.</i> , 2014; Whyte, K.F. (2015)
Lobos Marinos ( <i>O. flavescens</i> )	1	Bordino <i>et al.</i> , 2002
Lobos marinos ( <i>Zalophus californianus</i> )	1	Carretta <i>et al.</i> , 2011.
Mamíferos Marinos	5	Environmental Standards Scotland (ESS). (2022); Lepper <i>et al.</i> , 2014; Link, 2020; Milewski, I. 2005; Sacchi, J. (2021); Carlström <i>et al.</i> , 2002; Brandt, <i>et al.</i> , 2012; Brandt, <i>et al.</i> , 2013; Culik <i>et al.</i> , 2001; Carlström <i>et al.</i> , 2009-, Findlay <i>et al.</i> , 2021; Findlay <i>et al.</i> , 2022; Kyhn <i>et al.</i> , 2015; Strong <i>et al.</i> , 1995; Teilmann <i>et al.</i> , 2006; Todd <i>et al.</i> , 2021;
Marsopa común ( <i>Phocoena phocoena</i> )	11	
Orca ( <i>O. orca</i> )	2	Petras, E. (2003); Tixier <i>et al.</i> , 2014
Pinnípedos	4	Findlay <i>et al.</i> , 2018; Heredia-Azuaje <i>et al.</i> , 2021; Jamieson, G.S. & Olesiuk, P. F. (2001); Janik, V. & Gotz, T. (2013)
<b>Total general</b>	<b>38</b>	

**Tabla 29.** Sistemas de Disuasión Acústica identificados en la revisión bibliográfica, características técnicas y respuestas/efectos observados en los experimentos.

Dispositivo	Frecuencia (kHz)	Nivel de fuente (dB re 1 $\mu$ Pa @ 1 m)	N	Respuestas/efectos	Especie	Referencia
Pinger/ Future Ocean	3	145	7	Reduce tiempos de alimentación en superficie	Ballena jorobada	Basran <i>et al.</i> (2020)
DDA Lofitech AS Ltda	10 a 20	189	9	No evidencia respuestas consistentes/significativas	Ballena Jorobada	Basran <i>et al.</i> (2020)
Future Oceans F3TM3 Whale Pinger®	5	No def.	1	No hubo respuesta detectable	Ballena Jorobada	Pirotta <i>et al.</i> (2016)
Future Oceans F3TM3 Whale Pinger®	2-2.1	No def.	1	No hubo respuesta discernible atribuible a la alarma	Ballena Jorobada	Pirotta <i>et al.</i> (2016)
Whale Pinger®	3	135	1	No hubo respuesta discernible atribuible a la alarma	Ballena Jorobada	Hartcourt <i>et al.</i> (2014)
DHA modelos Airmar	10	194	1	Se alejan de la zona (perdida de hábitat)	Orca ( <i>O. orca</i> )	Morton & Symonds (2002)
DHA	6,5	195	40	Se presumen posibles daños auditivos.	Orca ( <i>O. orca</i> )	Tixier <i>et al.</i> (2015),
Airmar dB Plus II	10,3	194	?	No hubo respuesta discernible atribuible a la alarma	Ballenas jorobadas	Hartcourt <i>et al.</i> (2014)
Pingers Dukane Netmark 1000	10	132	295	Aumento de la depredación por lobos	Lobo marino común ( <i>O. flavescens</i> )	Bordino <i>et al.</i> (2002)
Posseidon Aquaculture (T88)			14-16	Sistema era medianamente eficiente o ineficiente	Lobo marino común ( <i>O. flavescens</i> )	Sepulveda & Oliva (2005)
Ferranti–Thomson (Mk2 y Mk3)	8 a 30	194	?	Efecto temporal acostumbramiento	Lobo marino común ( <i>O. flavescens</i> )	Sepulveda & Oliva (2005)
Airmar dB Plus II	10.3	194	?	Disminución de la depredación de salmones	Lobo marino común ( <i>O. flavescens</i> )	Vilata <i>et al.</i> (2010)
SealFence (Rovscan/Otag).	9 a 11	182	?	Efecto marginal en perdida de capturas	Lobo marino común ( <i>O. flavescens</i> )	Parada & Abades (2019)
LARC1, SOUTHSOONIC	2 a 75	167	?	No existirían riesgos de causar daños auditivos en mamíferos marino	Lobo marino común ( <i>O. flavescens</i> )	Pájaro (2018)
Espantalobos PAGURO		170	?	No se apreciaron daños en el canal auditivo, ni sordera en los lobos marinos	Lobo marino común ( <i>O. flavescens</i> )	Bustos <i>et al.</i> (2011)
Rovscn Bennex	10.3	194	?	No se apreciaron daños en el canal auditivo, ni sordera en los lobos marinos	Lobo marino común ( <i>O. flavescens</i> )	Bustos <i>et al.</i> (2011)
Pingers, modelo Dukane Netmark	10 a 12	120-146	1000	Disminución del 37% de la tasa de captura incidental, Los niveles para generar TTS estuvieron generalmente en el rango de 192 a 201 dB re: 1 mPa. Los delfines comenzaron a exhibir comportamiento alterado a niveles de 178–193 dB re: 1 mPa.	Marsopa espinosa ( <i>P. spinipinnis</i> ).	Mangel <i>et al.</i> (2013)
Experimental	3, 20 y 75	160-193	1		Delfín nariz de botella ( <i>T. truncatus</i> ).	Schlundt & Finneran (2000)
SaveWave	5-90 y 30 a 160	155	83	Menor interacción con redes	Delfín nariz de botella ( <i>T. truncatus</i> ).	Waples <i>et al.</i> (2012)
The Lofitech Seal Scarer dB re 1 $\mu$ Pa re 1m (rms)	14,6	198	1	Si el dispositivo se activa dentro de los 18 m, podría causar un TTS en 5 minutos.	Ballena Minke ( <i>B. acutorostrata</i> )	Boisseau, <i>et al.</i> (2021)

En el caso de las especies de mamíferos, cuya presencia ha sido reportada en Chile, éstos se incluyen en la Tabla 30, la que especifica aquellos mamíferos marinos asociados a centros de cultivo. En este caso, destaca la presencia de estudios asociados a Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), Orca (*Orcinus orca*), Lobo marino común (*Otaria flavescens*), Marsopa espinosa (*Phocoena spinipinnis*) y Delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*). En los párrafos siguientes se detalla lo indicado en dichos artículos.

**Tabla 30.** Estudios de efectos de dispositivos acústicos, por especie de mamíferos marinos probablemente asociados a centros del cultivo en Chile. s.i.: sin información

Especie	Nombre científico	Dispositivo	Referencia
Lobo fino austral	<i>Arctocephalus australis</i>	s.i.	s.i.
Ballena sei	<i>Balaenoptera borealis</i>	s.i.	s.i.
Ballena azul	<i>Balaenoptera musculus</i>	s.i.	s.i.
Ballena franca pigmea	<i>Caperea marginata</i>	s.i.	s.i.
Tonina overa	<i>Cephalorhynchus commersonii</i>	s.i.	s.i.
Delfín chileno	<i>Cephalorhynchus eutropia</i>	s.i.	s.i.
Ballena franca austral	<i>Eubalaena australis</i>	s.i.	s.i.
Delfín austral	<i>Lagenorhynchus australis</i>	s.i.	s.i.
Chungungo	<i>Lontra felina</i>	s.i.	s.i.
Huillín	<i>Lontra provocax</i>	s.i.	s.i.
Ballena jorobada	<i>Megaptera novaeangliae</i>	DDA; Future Oceans: 3 kHz y Lofitech a 0 a 20 kHz; Pinger; Cañón de aire	Basran <i>et al.</i> , 2020; Erbe, 2002; Hartcourt <i>et al.</i> , 2014; Pirotta <i>et al.</i> , 2016
Foca elefante	<i>Mirounga leonina</i>	s.i.	s.i.
Orca	<i>Orcinus orca</i>	DHA	Morton & Symonds, 2002; Tixier <i>et al.</i> , 2015; Todd <i>et al.</i> , 2019
Lobo marino común	<i>Otaria flavescens</i>	Pinger; DHA, DDA	Bordino <i>et al.</i> , 2002; Sepúlveda & Oliva, 2005; Pájaro, 2008; Bustos <i>et al.</i> , 2011; Parada & Abades, 2019; Vilata <i>et al.</i> , 2010.
Marsopa espinosa	<i>Phocoena spinipinnis</i>	Pinger	Mangel <i>et al.</i> , 2013
Delfín nariz de botella	<i>Tursiops truncatus</i>	Pinger, HADs; DDA	Brotans <i>et al.</i> , 2008; Lopez & Mariño, 2011; Cox, <i>et al.</i> , 2004; Dawson <i>et al.</i> , 2013; Mangel <i>et al.</i> , 2013; Waples <i>et al.</i> , 2012; Todd <i>et al.</i> , 2021, Schlundt, <i>et al.</i> , 2000, Leeney 2007



### **Ballena jorobada (*M. novaeangliae*).**

Basran *et al.* (2020), indican que para entregar las bases técnicas con el fin de decidir de los DDA son probablemente efectivos en mitigar enredos en artes de pesca, comparan el comportamiento de ballenas jorobadas sus zonas de alimentación en Islandia, antes, durante y después de su exposición a dos dispositivos acústicos: un Pinger de ballenas Future Oceans (3 kHz, n = 9 exposiciones) y un disuasivo de focas (seal scarer) modelo Lofitech AS Ltda: 10 a 20 kHz, n= 7 exposiciones). Los experimentos se realizaron en dos localidades: en la bahía Skjálfandi Bay y en Eyjafjörður en 2017 y 2018. El Future Oceans genera un tono de 145 dB re 1  $\mu$ Pa @ 1 m de 3 kHz por 300 msec a intervalos de 5 seg. El Lofitech genera un sonido de 189 dB re 1  $\mu$ Pa @ 1 m con una frecuencia fundamental de 14.5 kHz (10-20 kHz) por 500 msec a intervalos entre 5 y 60 seg. El Pinger de ballenas tuvo un efecto significativo al reducir el comportamiento de alimentación en superficie durante la exposición. El disuasivo de focas no mostró respuestas consistentes/significativas entre las variables analizadas.

Pirotta *et al.* (2016) reportan un estudio llevado a cabo en Cabo Solander en Sydney, (Australia). Se comparó el modo en que las ballenas jorobadas respondieron en términos de cambios de su comportamiento en superficie (duración de buceo y velocidad) y cambios en la dirección de nado en respuesta a dos tonos acústicos y cuando no hubo alarma en funcionamiento. Los dos tonos acústicos fueron: tono de 5 kHz (emisiones a intervalos de 5 seg con duraciones de 400 m seg, similar, pero a frecuencia más alta que la señal del equipo Future Oceans F3TM3 kHz Whale Pinger®) y un barrido de tono de 2–2.1 kHz (8 seg de intervalos de emisión y 1.5 seg de duración de la emisión). Los ejemplares no mostraron respuestas detectables debido a ambas alarmas. Se plantea es posible que las ballenas hayan sido efectivamente alertadas, aunque no se desviaron por efecto de las alarmas.

Hartcourt *et al.* (2014) indican la prueba de alarmas de baja frecuencia para ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) (3 kHz Whale Pinger®, 135  $\pm$  5 db, con intervalos de 5 seg entre emisiones de 400 m seg de duración cada una). Empleando un observador ciego al estatus del encendido de la alarma (on/off) ubicada anclada en el centro de la ruta de migración. De un total de 137 pods monitoreados, 82 (60%) pasó dentro del rango que se asumió detectable para la alarma (500 m), 51/78 (65%) cuando estuvo encendida y 31/59 (52%) cuando estuvo apagada ( $p = 0,18$ ). No hubo respuesta discernible atribuible a la alarma. Los pod no presentaron diferencias en dirección o duración del buceo dentro del rango de la alarma, indistintamente si estuvo encendida o apagada, y un número de pods pasó directamente sobre la alarma mientras estuvo operativa.

## Orca (*O. orca*)

Morton & Symonds (2002), en dos estudios independientes sobre orcas (*Orcinus orca*), monitorearon su frecuencia de ocurrencia desde enero 1985 a diciembre de 2000, en dos áreas adyacentes de Columbia Británica (Canadá): el estrecho Johnstone y el archipiélago Broughton. Cuatro dispositivos de alta amplitud, específicamente Dispositivos de Hostigamiento Acústicos (DHA), fueron instalados en 1993 en granjas salmoneras para disuadir los ataques de foca común (*Phoca vitulina*). La ocurrencia de orcas fue relativa en ambas áreas hasta 1993, luego se incrementó levemente en el estrecho Johnstone, declinando significativamente en el archipiélago Broughton, mientras los DHA estuvieron en uso, para recuperar los niveles de la línea base, cuando los DHA dejaron de utilizarse en mayo de 1999. Este estudio concluyó que el desplazamiento de las orcas se debió a la introducción deliberada de ruido en su ambiente. La salida de los dispositivos DHA modelos Airmar fue detectada mediante hidrófono. Se menciona que el dispositivo Airmar de 10 kHz de frecuencia (194 dB  $\mu$ Pa @ 1 m) fue diseñado específicamente para causar daño físico a las focas, en tanto que las características auditivas de la orca la hacen vulnerable al impacto de ese tipo de fuente sonora, en las que ha sido reportada la detección de señales con máximos de 20kHz y de hasta 15 kHz de 30 dB re  $\mu$ Pa @ 1 m, correspondientes a 10 dB menos que los identificados para la mayoría del resto de los mamíferos marinos.

Tixier *et al.* (2015), para determinar la efectividad de un DHA en disuadir la depredación de orcas sobre bacalao de profundidad (*Dissostichus eleginoides*) durante la operación de pesca con espinel en el Océano Índico (islas Crozet), pusieron a prueba un dispositivo acústico compuesto de 40 transductores (195 dB re  $\mu$ Pa @ 6,5 kHz a 1 m desde la fuente). Se monitoreó la distancia de un grupo de 29 orcas mientras el dispositivo estuvo activado y apagado. Inicialmente, los ejemplares se alejaron a más de 700 m de la embarcación, sin embargo, permanecieron a distancias de entre 10 y 300 m y depredaron nuevamente el espinel después de la tercera y séptima activación del dispositivo, respectivamente. Se sugiere que las orcas se habitúan a los DHA y podrían sufrir alteraciones auditivas potencialmente dañinas al acceder al recurso disponible en el longline, sugiriendo que los DHA no son efectivos en disuadir la depredación por orcas y se deberían favorecer otras medidas de mitigación.

Todd *et al.* (2019) reportan pruebas sobre tres dispositivos: AIRMAR DB plus II, Ace Aquatec silent scrammer y Terecos type DSMS-4, utilizados en granjas salmoneras. Utilizaron la denominación Dispositivos de Hostigamiento Acústicos (DHA) (Acoustic Harassment Devices en inglés), considerando que emiten a frecuencias entre 2 y 95 kHz, generalmente con niveles de fuente >185 dB re 1  $\mu$ Pa @ 1 m. El estudio se llevó a cabo en 2003 en la Bahía Fishnish, Seno de Mull, Escocia (UK) y consideró el modelamiento acústico para investigar los rangos en que distintas especies, incluyendo la orca, podrían escuchar las señales de los DHA.

Para la orca, se estimaron rangos potenciales audibles de entre 30 y 100 km, dependiendo del modelo de DHA y del estado del mar.

### **Lobo marino común (*O. flavescens*)**

Bordino *et al* (2002) describen un experimento en 1999 y 2000 para reducir la mortalidad incidental del delfín de la plata o franciscana (*Pontoporia blainville*) en pesquería artesanal de enmalle en Argentina (Cabo San Antonio), empleando Pingers, un total de 309 lances silenciosos y 295 con Pinger activos. Se reporta la reducción de 45 a 7 ejemplares de *P. blainville* capturados y un incremento en la cantidad de peces depredados por *O. flavescens* en las redes con Pinger, con un incremento de dicho daño durante el experimento. Se utilizaron Pingers Dukane Netmark 1000, que emitieron una señal cada cuatro segundos centrada en 10kHz, con un nivel de fuente de 132 dB re 1 pPa @ 1 m

Sepúlveda & Oliva (2005), en un estudio de caracterización de la interacción del lobo marino común (*O. flavescens*) con granjas salmoneras en el sur de Chile, informan de 16 granjas en que se emplean DDA. Se indica el empleo de DDA modelos Ferranti–Thomson (Mk2 y Mk3) y Poseidon Aquaculture (T88) el segundo diseñado específicamente para el lobo marino común. En 14 de 16 granjas, los operadores indicaron que el sistema era medianamente eficiente o ineficiente, señalando que los DDA operaron bien sólo por los primeros 2 a 4 meses.

Vilata *et al.* (2010) evaluaron la eficiencia de los DDA comparando los patrones de depredación por lobo marino común, en granjas salmoneras con y sin dispositivos. Se utilizó un DDA modelo Airmar dB Plus I1w (Airmar Technology Corp., Milford, USA). Se indica que dicho dispositivo genera una secuencia de pulsos, con una frecuencia de 10,3 kHz. Cada emisión de tonos dura 1,4 mseg, con intervalos de 40-mseg. Se detectaron diferencias significativas en la depredación de un mismo centro entre el periodo sin DDA (13,17 ton) y con DDA (7,75 ton). La biomasa de salmón depredada fue significativamente mayor en el centro usado como control al compararla con el centro con DDA ( $V_p < 0,001$ ).

Parada & Abades (2019) informan sobre experiencias de disuasión acústica de lobos marinos durante el desarrollo de faenas pesqueras artesanales en octubre de 2013 y septiembre de 2014 para la captura de merluza común (*Merluccius gayi gayi*) y jibia (*Dosidicus gigas*) en San Antonio (Chile). Se empleó el equipo SealFence (Rovscan/OTAO). Concluyen efecto marginal en la pesca de jibia y de merluza común.

Pájaro (2018) en su informe de pruebas acústicas del sistema de ahuyentamiento acústico LARC1, de la empresa SOUTHSONIC, informa acerca de las pruebas de intensidad realizadas en la Bahía de Talcahuano (Chile), donde concluye que ningún máximo de intensidad de la media de todas las transmisiones supera los 160 dB re 1μPa @1 m. y básicamente establece que utilizando transmisiones no permanentes con intensidades inferiores a 180 dB y 170 db, no existirían riesgos de causar daños auditivos en mamíferos marinos.

Posteriormente, Bustos *et al.*, (2011) en el diagnóstico de sistemas de sonidos utilizados en centros de cultivo para ahuyentar a aves y mamíferos marinos, identificaron cinco centros de cultivo que usaron dispositivos acústicos, 2% de los centros de operación en ese momento, cuyas empresas proveedoras eran dos nacionales Salmodivers y SOUTHSONIC y una internacional ROVSCAN. SalmonDivers contaba con el sistema Espantalobos denominado PAGURO, con un nivel de fuente de 170 dB, Southsonic con su dispositivo LARC 1, cuya frecuencia de transmisión, va de 2-75 kHz, nivel de fuente 167 dB y ROVSCAN, con su dispositivo BENNEX, con su sistema Airmar dB Plus II. En dicho estudio, Bustos *et al.*, (2011), determinan que, no se apreciaron daños en el canal auditivo, ni sordera en los lobos marinos, pero hace la salvedad de que era altamente factible que, para la población de lobos existentes en las cercanías de los centros de cultivo, era necesario realizar una mayor cantidad de exámenes de mayor especialización.

#### **Marsopa espinosa (*P. spinipinnis*).**

Mangel *et al.* 2013, como se indicó previamente, reportan el empleo de Pingers con el propósito de reducir la captura incidental de pequeños cetáceos en la pesca de enmalle de pequeña escala en el norte de Perú. Globalmente, se reporta una disminución del 37% de la tasa de captura incidental, incluyendo marsopa espinosa (5 a 3 ejemplares). Se utilizaron 1000 Pingers, modelo Dukane Netmark, lo que tienen frecuencias fundamentales entre 10 y 12 kHz y emiten sonidos de 300 ms de duración, cada 4 segundos con un nivel de fuente de 120–146 dB (re: 1  $\mu$ Pa @ 1 m).

#### **Delfín nariz de botella (*T. truncatus*).**

Schlundt & Finneran (2000) incluyen un reporte presentando los resultados de una serie de ocho experimentos, diseñados con animales confinados en la Bahía de San Diego, California (USA), para medir la pérdida temporal de audición (TTS) en ejemplares de delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) y ballenas blancas (*Delphinapterus leucas*), expuestos a tonos de un segundo, a frecuencias de entre 0,4 y 75 kHz, entre mayo de 1996 y agosto de 1998, incluyendo datos de otra fuente que indican pérdida temporal de audición para delfines nariz de botella expuestos durante un segundo a frecuencias de 20, 75 y 3 kHz. Se emplearon video cámaras y proyectores de sonido y niveles de entre 160 y 193 dB re:1 mPa-rms. Los niveles para generar TTS estuvieron generalmente en el rango de 192 a 201 dB re: 1 mPa. Los delfines comenzaron a exhibir comportamiento alterado a niveles de 178–193 dB re: 1 mPa.

Waples *et al.* (2012) estudian la interacción entre el delfín nariz de botella en la pesca con enmalle de *Scomberomorus maculatus* en Carolina del Norte (USA), investigando el efecto de un dispositivo acústico SaveWave. Se analizaron 151 lances (68 control, 83 con dispositivo acústico activo). El dispositivo no afectó las capturas, pero los delfines presentaron menor probabilidad de interactuar y más probable de ecolocalizar cuando se tuvo dispositivos activos. Los dispositivos incluyen un intervalo de duración y transmisión aleatorios

para reducir la posibilidad de habituación. Incluyen dos tipos de señal fuente: 5–90 kHz y 30–160 kHz. Con señales cada 4–16 seg y duraciones entre 0,2 y 0,9 seg con señales máximas de 155 dB re 1  $\mu$ Pa 1 m.

En un estudio controlado en 2005, en Irlanda (Estuario Shannon) se reportó que el uso de Pingers generó que ejemplares de *Tursiops truncatus* evitaran la embarcación con más frecuencia en aquellos casos en que los Pinger estuvieron activos. Los resultados no se basan en un análisis estadístico. Los ejemplares evitaron la embarcación con dispositivos activos, tanto continuos y de respuesta. Los continuos (Loughborough University/prototipo Aquatech) emitieron sonido continuamente (<1 seg, cada 5–20 seg a 5–20 kHz). Los dispositivos de respuesta (Aquatec AquaMark) emitían sonidos cuando se detectaban delfines (sonidos de 300 msseg a 35–160 kHz) (Leeney *et al.*, 2007).

#### 4.1.14. Situación de disuasivos acústicos en Escocia

La mayor parte de la producción escocesa de peces en cultivo corresponde a salmón del Atlántico (*Salmo salar*), con una producción de 192.129 ton producidas en 2020. El salmón cultivado en Escocia es el mayor exportador de alimento del Reino Unido, emplea a 2.500 personas y genera exportaciones por 614 millones anuales de libras esterlinas. En 2021, aproximadamente hubo 230 centros de producción, con una duración por ciclo en su fase de agua de mar de aproximadamente 1,5 años (The Scottish Government, 2023).

En las aguas marinas de Escocia se registran al menos 22 especies de mamíferos marinos, incluyendo siete cetáceos de presencia común: *Tursiops truncatus*, *Phocoena phocoena*, *Balaenoptera acutorostrata*, *Lagenorhynchus albirostris*, *Grampus griseus*, *Delphinus delphis* y *Orcinus orca* y dos especies de pinnípedos (fócidos): la foca gris (*Halichoerus grypus*) y la foca común o moteada (*Phoca vitulina*) (Coram, 2022). Se han estimado poblaciones de *H. grypus* y de *P. vitulina* de 157.300 y 37.200 ejemplares, correspondientes al 77% y 85% del total estimado para UK (SCOS, 2021) (Fig. 63).

En un 73% de las granjas de cultivo escocesas se ha registrado depredación por focas, estimándose que la acción de depredadores es la causa del 17,5% de los escapes (88.000 salmones) entre 2009 y 2012 (Northridge *et al.*, 2013). Dicho problema ha sido descrito desde 1985, reportando la acción de depredadores en el 65% de los centros de cultivo (41 de 63 centros), la que en 1988 se estimó en el 96% (92 de 96 centros). Según datos de Northridge *et al.* (2013), en un seguimiento realizado por 129 meses (10 años y 9 meses) en 87 centros, un total de 1,4 millones de peces fueron reportados como pérdidas debido a la acción de las focas. Un reporte de los productores de salmón de Escocia indica que en 2018 los ataques de focas generaron una mortalidad de 525.000 salmones, correspondientes a 861 ton de biomasa (Scottish Salmon, 2021).

Los mamíferos que más a menudo se ubican en la proximidad de centros de cultivo escocesos son focas (*H. grypus* y *P. vitulina*), nutria (*Lutra lutra*), visón americano (*Neovison vison*), delfines y marsopas (*P. phocoena*). Dicha asociación no implica conflictos con los productores la mayor parte del tiempo, excepto por la eventual

acción de focas, ya sea debido a que su presencia en torno a las balsas estresa a los salmones en cautiverio, porque depredan salmones y en algunas pocas ocasiones, debido a que rompen la red de la balsa, permitiendo el escape de los salmones (Northridge *et al.*, 2013 y 2010; The Scottish Government, 2023).

Se reconoce la existencia de un importante solapamiento entre la ubicación de las granjas salmoneras y la distribución de *H. grypus* y *P. vitulina*. No obstante, no se han detectado correlaciones que indiquen que menores distancias entre colonias y centros de cultivo impliquen mayor número de ataques de depredación. Se indica que es posible que una pequeña parte de las poblaciones locales de pinnípedos están involucrados en los ataques o que los ejemplares que se especializan en depredar salmones en cultivo no son necesariamente de la colonia más cercana (SCOS, 2021; Northridge *et al.*, 2013).



**Figura 63.** Arriba: Foca gris (Grey Seal, *Halichoerus grypus*) y Abajo: Foca común o moteada (Harbour seal, *Phoca vitulina*)

Los reportes indican que los peces suelen ser mordidos a través de las mallas, no obstante, su rotura causa escapes de peces, lo cual ha promovido la prueba de otros tipos de materiales de construcción tales como Dyneema o Aquagrid, no obstante, se reconoce también el ingreso de animales a las jaulas por sobre los pasamos (Coram, 2014; The Scottish Government, 2023).

Para controlar la depredación de salmones cultivados por focas se empleó en el pasado control letal, es decir, disparos bajo licencia del gobierno escocés sobre aquellos animales que persistentemente dañaban el pescado o alteraban el bienestar de los peces, entregándose 329 licencias en 2020 para matar un total de 104 focas. Desde febrero de 2021, tras un cambio legal, se suspendió la posibilidad que los ministros de Escocia pudiesen otorgar licencias a salmoneros para matar focas con el fin de prevenir daños serios en la pesca, en el cultivo de peces y para proteger la salud y el bienestar de los peces cultivados. Lo anterior, provocó la búsqueda de alternativas de manejo o tecnológicas, como el retiro periódico de la mortalidad de salmones, el uso de redes reforzadas o el empleo de redes dobles en torno a las balsas (The Scottish Government, 2023).

Al respecto, a finales de la década de 1980, para evitar el ataque de focas se utilizaban redes anti predadores, DDA y disparos, estimándose que el 85% de los centros de cultivo usaba redes anti predadores. No obstante, en 2014 se reportaba que dichos dispositivos de exclusión se utilizan rara vez en Escocia, considerándose no muy efectivas y debido a que ocasionaban problemas operativos, tales como: su dificultad de manejo, la probabilidad de afectar las hélices de las embarcaciones de servicio, el incremento de los problemas de fondeo por mal tiempo, obstaculizar el flujo de agua a las jaulas y por la posibilidad de generar captura o enredo de pájaros, focas y cetáceos (Coram, 2014). En 2010 se reportó el uso de redes anti predadores en sólo uno de un total de 136 centros de cultivo (Northridge et al., 2010).

Otro método utilizado tradicionalmente en Escocia corresponde a los Dispositivos Disuasivos Acústicos (DDA). El gobierno escocés las define como dispositivos que transmiten fuertes sonidos (170-200 db), de frecuencia media desde el centro de cultivo hacia el mar ubicado en su entorno, con el propósito que las focas consideren la frecuencia y el volumen aversos y sean disuadidas de aproximarse a las balsas jaula, reduciendo tanto los ataques como su presencia (The Scottish Government, 2023).

En Escocia, el empleo de DDA para mamíferos marinos pasó de 9,7% de los centros de cultivo en 1985 a 49% en 2019 (Coram, 2022). Se ha indicado que el alto porcentaje de centros que declaraban hacer uso de los DDA se explicaba en parte porque no era común el empleo de redes anti predadores y se consideraba que hacia 2010 los DDA eran el principal método para prevenir la mortalidad por ataques de focas (Northridge *et al.*, 2013). Entre 2014 y 2019 el número de centros que utilizó DDA pasó de 119 a 146, con un máximo de 155 en 2018, lo que implica que entre el 58% y el 71% de los centros utilizó DDA en ese período, registrándose mayor prevalencia en las regiones escocesas de Western Isles y Highland (The Scottish Government, 2021).

En 2010, los equipos de uso más común correspondieron a modelos Airmar (dB Plus II), Terecos (DSMS-4) y Ace Aquatec (US3) (Coram *et al.*, 2022; Benjamins *et al.*, 2018). Entre 2011 y 2015 la mayor parte del ruido submarino fue generado por dispositivos de la marca Airmar (Findlay *et al.*, 2018).

En términos de impactos, la preocupación en Escocia se centra en que el sonido generado por los DDA tiene efectos potenciales en otras especies marinas. Si bien hay varias especies de cetáceos, la preocupación se enfoca en la marsopa común (Harbour porpoise) (*Phocoena phocoena*), la especie localizada de modo más común en aguas escocesas, en términos de efectos como la pérdida del oído por efectos acumulativos y la exclusión de hábitat tanto de focas como de cetáceos en general.

Cabe indicar que, además de las redes anti predadores y los DDA, existen otros métodos utilizados en Escocia para prevenir los ataques de focas, tales como: redes que bloquean la visión de focas hacia el interior de la unidad de cultivo, fondos falsos de balsas jaula, el incremento de la tensión de las redes, cambios en la forma y el tamaño de la red y usos de materiales alternativos (Northridge *et al.*, 2013).

Cabe indicar que, en Escocia, todos los cetáceos se consideran Especies Europeas Protegidas (EPS) bajo normativa legal de 1994, específicamente, bajo las denominadas Regulaciones de Conservación del año 1994 (Conservation (Natural Habitats, &c.) Regulations). Conforme a ello, es un delito capturar, herir, matar o acosar deliberada o imprudentemente un animal silvestre considerado EPS sin que se posea una licencia específica para ello. Así, es un delito perturbar de forma deliberada o imprudente cualquier delfín, marsopa o ballena (cetáceo). No obstante, por otro lado, las compañías acuicultoras igualmente tienen el deber legal de asegurar el bienestar de los peces cultivados, bajo la "Animal Health and Welfare (Scotland) Act 2006" (The Scottish Government, 2023).

En 2014, el uso de DDA era permitido o restringido por las autoridades de planificación locales, como parte del proceso de consentimiento de planificación. Así, la entidad pública encargada del resguardo del patrimonio cultural escocés (Scottish Natural Heritage- SNH) era consultada en la etapa de planeamiento del proyecto, pudiendo objetar el uso de DDA. Es decir, si bien no se requería una licencia específica para utilizar DDA, la SNH podía considerarla necesaria, bajo las Regulaciones de Conservación del año 1994. A esa fecha la SNH había objetado su empleo en relativamente pocos casos, por lo que la mayor parte de los centros de cultivo utilizaba los DDA libremente (Coram *et al.*, 2014).

Acerca del uso de DDA, es interesante señalar que la Comisión Escocesa de Bienestar Animal (Scottish Animal Welfare Commission) entre sus recomendaciones respecto de su uso, publicadas en marzo de 2023 (The Scottish Government, 2023), indica:

-El uso de DDA puede estar justificado en algunas situaciones en las que no existe alternativa satisfactoria.



-Cuando se considera justificado el uso de DDA, se recomienda encarecidamente un uso selectivo o específico. Deberían usarse reservadamente en períodos críticos o como parte de un conjunto de controles empleados en momentos diferentes.

-Los dispositivos debiesen desplegarse sólo cuando ocurre el ataque o la presencia de focas o cuando hay mayor probabilidad de ataques de focas ataquen. Igualmente, cuando se ubiquen cetáceos a una distancia segura.

-Estrategias alternativas debería ser utilizadas siempre que sea posible. Esto incluye estrategias que actualmente emplea o desarrolla la industria como redes de mayor resistencia, redes dobles, eliminación de mortalidades o modificaciones de los diseños de las balsas.

Dicho documento, resalta igualmente que las tecnologías disponibles debiesen revisarse al menos cada cinco años para determinar si el uso de DDA puede eliminarse progresivamente.

Respecto de la información más reciente (años 2022 y 2023), la Comisión escocesa de bienestar animal, en respuesta del 01 de noviembre de 2022 a una consulta de Marine Scotland, indica que la evidencia sugiere que el uso de DDA en un área que contiene cetáceos podría contravenir la legislación relativa a EPS. Agrega que el otorgar una licencia EPS puede llevarse a cabo si se cumplen tres condiciones: i) si la actividad propuesta cae dentro de uno de los propósitos listados en la regulación, ii) si no existe una alternativa satisfactoria y ii) la acción autorizada no es perjudicial para el mantenimiento del población de la especie en un estado de conservación favorable (<https://www.gov.scot/publications/scottish-animal-welfare-commission-proximity-of-seals-to-farmed-fish-response-to-marine-scotland/pages/background/>).

Igualmente, información publicada por la autoridad ambiental escocesa (agosto de 2022), específicamente la de Estándares Ambientales de Escocia (ESS) (ESS, 2022), indica que la ESS recibió una presentación en noviembre de 2021, solicitando que Marine Scotland lleve a cabo medidas para detener el empleo de DDA en centros de cultivo que no cuenten con licencia EPS. Conforme a ello, en la actualidad la Autoridad Escocesa reconoce que los DDA pueden perturbar especies europeas protegidas (EPS), por ejemplo, delfines y marsopas, lo que implica que un DDA que perturba o molesta a EPS sólo puede ser utilizado si el operador posee una licencia EPS, excepto si es posible demostrar que el equipo no perturba especies protegidas. No obstante, información pública disponible en línea, indica que al mes de mayo de 2022, ninguna licencia EPS había sido otorgada a salmicultores y que ningún operador había demostrado que no necesita una licencia EPS para operar un dispositivo acústico disuasivo (ESS, 2022).

Lo anterior ha generado investigación y adaptación de los DDA hacia equipos de baja frecuencia, por ejemplo, menores a 5 kHz. Así, la empresa Genus wave promueve la tecnología denominada Targeted Acoustic Startle Technology (TAST) (<https://genuswave.com/>), señalando que es más avanzada que los DDA tradicionales, la

cual cumpliría con los requerimientos de la Ley de Protección de Mamíferos Marinos de los Estados Unidos (Marine Mammal Protection Act o MMPA).

Cabe indicar que el Código de Prácticas de Acuicultura del gobierno escocés (publicado en septiembre de 2021) (The Scottish Government, 2021b) indica que considera que todos los dispositivos que emiten sonidos con el propósito de mantener un animal alejado de un área, incluyendo “startle devices”, son una forma de DDA. Señala que incluso si se concluye que no se requiere una licencia EPS, por ejemplo si no hay presencia de cetáceos en el área de cultivo, se debe evitar dañar otras especies, tales como focas.

Al respecto, Marine Scotland publica el detalle de sus inspecciones a centros de cultivo (<https://www.gov.scot/publications/marine-and-fisheries-compliance-site-inspections-monitoring-acoustic-deterrent-devices/documents/>), estando disponibles desde el 01 de enero de 2022 al 30 de septiembre de 2023. Dicha información indica que, en 2023, de un total de 51 sitios de cultivos inspeccionados, se detectó la presencia de DDA en dos centros de cultivo, ninguno de ellos en uso, mientras que, en 2022, en 112 centros inspeccionados no se detectaron DDA en uso.

#### **4.1.15. Situación de disuasivos en Australia (Tasmania)**

La acuicultura en Australia es la industria primaria de más rápido crecimiento en el país y representa el 40 por ciento del valor bruto total de la producción de productos del mar. En 2020, el valor total de la producción acuícola fue de 1.600 millones de dólares australianos (1.120 millones de dólares), un aumento del 10% con respecto a 2019. La producción de salmón representa el 80% del volumen de la producción acuícola, y en términos de valor, el 60% del valor total. El departamento responsable de la pesca en Australia es el Departamento de Agricultura, Pesca y Silvicultura (DAFF), el cual se formó en 2022, mediante la fusión del antiguo Departamento de Agricultura, Agua y Medio Ambiente con el Departamento de Silvicultura de Australia. Actualmente, el DAFF supervisa la gestión y regulación de la industria pesquera, así como la protección y conservación de los recursos y ecosistemas marinos (FAO, 2024).

La producción salmonera australiana se concentra en el estado de Tasmania, en donde dicho sector emplea directamente a 2.000 personas e indirectamente a más de 3.000, siendo las principales empresas productoras Tassal, Huon Aquaculture y Petuna. Sus centros de cultivo se ubican alrededor de toda la isla de Tasmania, aunque se concentran principalmente en su zona centro-sur, en lugares como Macquarie Harbour, D'entrecasteaux channel o Huon river, entre otras (<https://salmonfarming.nre.tas.gov.au/>). Las especies salmonídeas cultivadas corresponden principalmente a salmón del atlántico, además de trucha arcoiris. Información del Gobierno de Tasmania indica que 2020/2021 las tres empresas generaron cosechas de 83.056 ton de salmón (<https://nre.tas.gov.au/aquaculture/>).

En Australia, la interacción de las granjas salmoneras con animales silvestres, principalmente pinnípedos ha sido citada por varios autores. Cabe indicar que, adicionalmente, hay información publicada respecto de interacciones en granjas de cultivo de atún. Las pérdidas económicas para los productores que han sido inducidas por lobos marinos se han estimado en un 10% de los costos de producción. Entre 2000 y 2002 de A\$11,5 y A\$12,1 millones, respectivamente (MMIC, 2002).

El lobo marino australiano o "Australian fur seal" (*Arctocephalus pusillus*), es la especie que es considerada en Tasmania (específicamente machos), como la que presenta mayor número de interacciones con la salmonicultura, presentando mayores desafíos de manejo en la infraestructura y las operaciones de los centros de cultivo. Al respecto, sus colonias reproductivas se concentran en islas del estrecho de Bass (entre Australia y Tasmania), estimándose que el 30% del total de las crías nació en Tasmania en 2013–14 (Cummings *et al.*, 2019). Otra especie, el lobo marino de Nueva Zelanda "New Zealand fur seal, Long-nosed Fur Seals o Keneno" (*Arctocephalus forsteri*) puede interactuar igualmente con las granjas salmoneras, aunque con poca frecuencia (Fig. 64).

Se considera que las poblaciones de pinnípedos australianos entraron en una fase de recuperación desde inicios de la década de 1980, reconociéndose una preocupación creciente en la industria alimentaria respecto de los mayores costos asociados al manejo y mitigación de sus interacciones en la acuicultura (Goldworsthy *et al.*, 2019). En 2007, se reportaba que en aguas australianas se estimaba una población de 11.000 leones marinos australianos (*Neophoca cinerea*), 92.000 lobos marinos australianos (*A. pusillus*) y 57.000 lobos marinos de nueva Zelanda (*Arctocephalus forsteri*) (DAFF, 2007). En 2013-2014 se estimó una producción de 18.000 crías de *A. pusillus* y, entre 2010 y 2014, una producción de 24.601 crías de *A. forsteri* (Shaughnessy *et al.*, 2015).



**Figura 64.** Lobo marino australiano (*A. pusillus*) (izq.) y lobo marino de Nueva Zelanda (*A. forsteri*) (der.). Fuente: Animalia (animalia.bio).

En Tasmania, las interacciones entre pinnípedos y granjas de salmones han sido descritas (DAFF, 2007) en base a las siguientes situaciones:

- Empujan las redes antidepredadores y la red pecera juntas comiendo a través de las redes combinadas.
- Entra a las redes y matan o dañan peces o restos de peces, aumentando su estrés lo que inhibe su apetito y reduce su crecimiento.
- Se acercan a las redes o a las estructuras causando potencialmente el aumento del estrés en los peces.
- Dañan los peces generando escapes y reparaciones costosas.
- Pueden ser agresivos con los trabajadores.
- Son atraídos por los escapes de salmón, derrames de aceite provenientes del alimento o aumento de peces silvestres alrededor de las balsas jaulas, fomentando más interacciones.

En Tasmania se han empleado diversos disuasivos para los lobos marinos en la acuicultura. Antes de 1990, se emplearon disparos, desde mediados de 1980 a 2001 barreras físicas (redes antidepredadores, cercos eléctricos), explosivos (seal crackers) y dispositivos acústicos, además de la relocalización de ejemplares de lobos marinos a lugares alejados de los centros de cultivo. A principios de 2000 indican el empleo de redes antidepredadores, el empleo de balsas cuadradas metálicas (System farms) y mallas metálicas anti predadores (Onesteel Marine mesh) (Schotte & Pemberton, 2002). En dicho estado se permitió el uso de disparos como método de control de lobos marinos entre 1987 y 1995 bajo circunstancias excepcionales, tales como la violación de sistemas de protección, bajo consideración de que se instalarían redes anti predadores lo más rápido posible (Hume et al., 2002). En una publicación de 1993 se reporta la depredación de lobos a granjas

salmoneras, la utilización de dispositivos acústicos y otros medios como acoso mediante embarcaciones, luces y explosivos, además de redes antidepredadores (Pemberton & Shaughnessy, 1993).

El uso de trampas y de relocalización de lobos marinos que reiteradamente atacan granjas acuícolas se introdujo en Tasmania en 1990. Entre 1997 y 2001 se reportaron 1.441 relocalizaciones, correspondientes a un total de 667 ejemplares (MMIC, 2002). La mayoría de los ejemplares corresponde a machos de lobo marino australiano y se ha estimado que, entre 1990 y 2000, el 52% de los ejemplares habían sido capturados más de una vez (DAFF, 2007). Una completa descripción de las medidas de mitigación empleadas en Australia entre 1985 y 2001 (MMIC, 2002) se incluye en la Tabla 31.

**Tabla 31.** Medidas de mitigación empleadas en granjas salmoneras de Tasmania.

Año	Medida
1985-1995 principalmente 1987/88	Disparos
1987-2001	Redes antidepredadores
1986-2001	Seal crackers
1999-2001	Defensas eléctricas
1990-2001	Trampas y liberación en el centro de cultivo
1990-2001	Trampas y relocalización
1990-2001	Persecución con botes
1985-2001	Dispositivos acústicos de acoso
1995-2001	Redes tratadas
1987/88	Pruebas de aversión al Cloruro de Litio

Desde la década de 1990 a la fecha, en granjas salmoneras del estado de Tasmania se han empleado como disuasivos la exclusión física (eg. cercos perimetrales, redes antidepredadores) explosivos submarinos y la relocalización de pinnípedos. Por ejemplo, entre 2013 y 2015, la empresa Tassal en su “Tassal Sustainability Report 2015-16” informa la realización de 379 relocalizaciones, un animal sometido a eutanasia, seis animales muertos durante la relocalización y 18 ejemplares muertos por enredos. Igualmente, indica pruebas de empleo de redes antidepredadores semirrígidas tipo KikkoNets, K-Grid Nets y la modificación en la unión entre cercos perimetrales y redes de peces para prevenir el ingreso de lobos marinos (Tassal, 2015).

En el caso de los explosivos submarinos, se indica que los denominados “Seal crackers” han sido empleados en Tasmania desde 1986, los que han sido reportados como efectivos bajo un uso apropiado, aunque se

reconoce que los animales podrían presentar acostumbramiento (MMIC, 2002). Actualmente, la autoridad australiana establece dos requerimientos normativos para operadores de centros de cultivo, el denominado Marco de manejo de focas (Seal Management Framework, disponible en <https://nre.tas.gov.au/Documents/Seal%20Management%20Framework.pdf>) y el llamado Requerimientos mínimos (Minimum Requirements, disponible en línea en <https://nre.tas.gov.au/Documents/Seal%20Management%20Framework%20-Minimum%20Requirements.pdf>). De acuerdo a ello, los operadores de centros de cultivo deben alcanzar o exceder un cierto estándar para excluir vida silvestre de las unidades de cultivo. Igualmente, es posible que se autoricen medidas de manejo secundarias, incluyendo dispositivos disuasivos de focas, si acaso son requeridos. En concreto, la Autoridad precisa:

Exclusión de especies silvestres. Se reconoce que las características de diseño de las jaulas destinadas a excluir animales silvestres evolucionan, debido a que los lobos marinos aprenden a localizar y crear debilidades en las defensas. El cumplimiento de requerimientos mínimos es prerequisite esencial para operar bajo el marco y acceder a las siguientes opciones de manejo.

- a) Dispositivos disuasivos de focas. Podrían ser utilizados para disuadir lobos marinos que presentan un riesgo inaceptable para el personal de la concesión o de interferencia con la infraestructura de cultivo. Sujeto a las condiciones y limitaciones indicadas en el Minimum Requirements 2018a y de permisos relevantes son:
  - i) Seal Control Units (Crackers): cargas explosivas que se arrojan al agua para detonar bajo la superficie
  - ii) Beanbags: proyectiles rellenos de munición de plomo, capaces de ser disparados desde escopetas calibre 12 con cañón o tubo estrangulado.
  - iii) Seal Scare Caps: Dardos de punta redonda disparados desde un arma de fuego aprobada por el Department of Primary Industries, Parks, Water & Environment (DPIPWE), el que detona al impactar en el blanco.

La norma incluye igualmente otras opciones de manejo:

- b) Trampas: para remover lobos marinos desde la concesión o la infraestructura de cultivo, principalmente para limitar la pérdida de peces o minimizar riesgos para el personal del cultivo. Los animales pueden liberarse dentro de la concesión o en alguna instalación costera aprobada por el DPIPWE. No está permitido liberar lobos marinos en otras zonas del estado para evitar impactos en la comunidad local y en otras industrias, como la pesca comercial y recreativa,
- c) Sedación: se permite cuando un ejemplar entra en una jaula, pero no sale de ella. Se utiliza un tranquilizante o sedante, disparado con arma de fuego, bajo la autoridad veterinaria apropiada, y
- d) Destrucción humana: podría ocurrir en caso que un ejemplar identificado ponga en riesgo la salud o la seguridad del personal del cultivo como medida de manejo de última opción y sólo bajo circunstancias específicas con aprobación del DPIPWE.

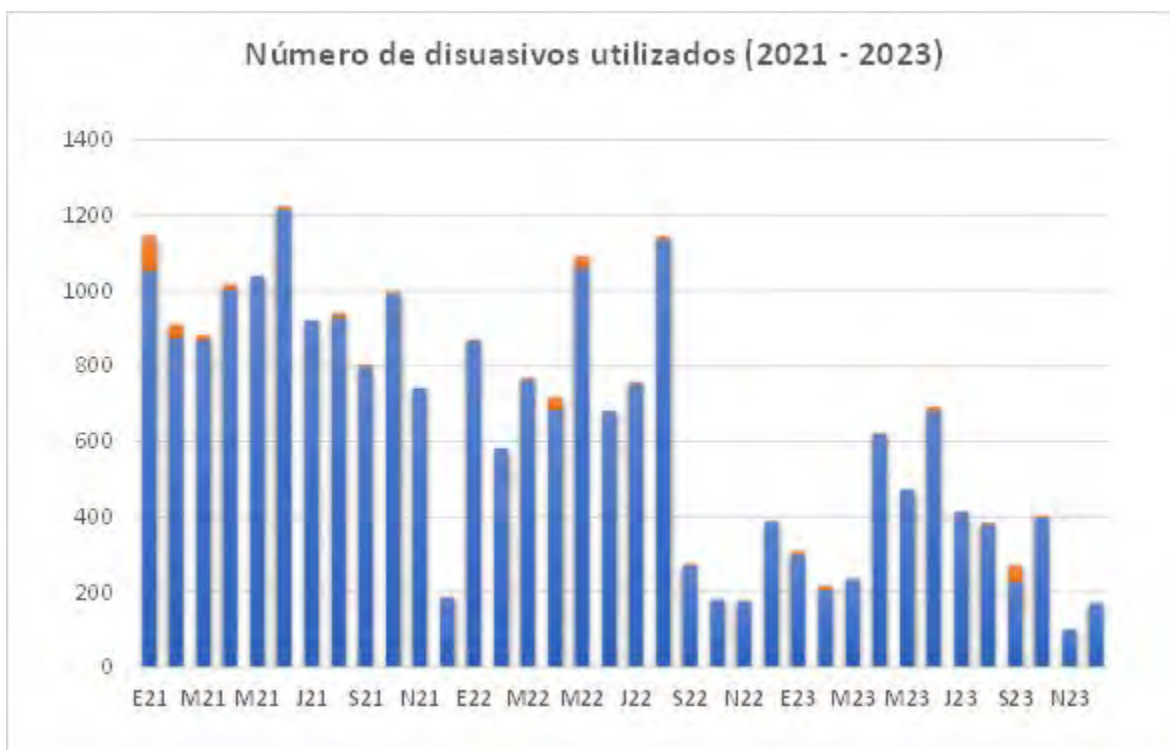
En cuanto a los requerimientos mínimos, la normativa de Tasmania establece estándares que deben cumplirse,

diferenciadamente para distintos modelos de balsas jaula, tales como balsas circulares, para smolt o trenes de balsas, entre otras. Por ejemplo, en el caso de los trenes de balsas (system farm fish pens), establece el uso de dispositivos de exclusión de aves y lobos marinos (barreras físicas) y un cerco eléctrico (12 volt) para la pasarela exterior. La norma establece distintos aspectos de diseño de dichas barreras, tales como dimensiones, tamaños de malla y resistencia a la ruptura, entre otros.

La norma reglamenta igualmente el uso de dispositivos disuasivos con ciertas restricciones, por ejemplo:

- Para su uso solo en lobos marinos *Arctocephalus* spp.
- Dentro de los límites de la concesión o área operaciones definida en el permiso,
- No deben ser empleados para acosar lobos marinos fuera de la concesión,
- No deben emplearse de modo que lesionen animales,
- No deben arrojarse a la cabeza de los animales o aterrizar dentro de dos metros de distancia de un animal o del último lugar en que éste se sumergió,
- No debe usarse en una concesión cuando se detecta una ballena o delfín dentro del área
- Debe usarse sólo como unidades independientes y sin ninguna modificación.

A modo de cuantificar el empleo de disuasivos en Tasmania, cabe indicar que su gobierno indica que las tres principales empresas salmoneeras que operan en ese estado (Tassal, Huon Aquaculture, Petuna) emplearon 22.751 unidades de dispositivos disuasivos entre enero de 2021 y diciembre de 2023. De ese total, 22.354 unidades corresponden a los denominados Seal crackers (98,3%) y 397 a BeanBags (1,7%) sin que se haya reportado el uso de Seal Scare Caps (Fig. 65).



**Figura 65.** Número mensual de disuasivos empleados entre 2021 y 2023 en granjas salmoneeras de Tasmania. En azul: Seal crackers, en anaranjado: BeanBags.

Los operadores tienen por obligación el reportar interacciones con la vida silvestre mensualmente, incluyendo estadísticas de mortalidades y de lesiones a animales silvestres. Las mortalidades son luego evaluadas para definir si pueden ser atribuidas a las actividades de acuicultura y están disponible para la opinión pública debido a que son reportadas por el Departamento de Recursos Naturales y Ambiente de Tasmania (Department of Natural Resources and Environment Tasmania-NRE Tas), de acuerdo a la Ley de Acceso a la Información (RTI) (<https://nre.tas.gov.au/about-the-department/governance-policies-and-legislation/rti-disclosure-log>) (Ver Anexo).

Entre las medidas de mitigación que se han utilizado en Tasmania (DAFF, 2007), cabe mencionar:

- Redes en buen estado
- Modificación estructural de las redes: tamaños de malla de 6 cm, fondos falsos en redes, uso de materiales como Spectra o Dyneema y tensado de las redes pecera y antidepredadores.
- Redes antidepredadores de acero en torno a las redes pecera: MarineMesh, corresponde a una red de alambre tejido de acero. Se puede utilizar como red pecera y antidepredadores.
- Cercos y barandillas (2 m de altura): para evitar que las focas interactúen con el personal de la granja y entren en las jaulas.
- Redes aéreas: para ayudar a evitar que los lobos marinos interactúen con el personal y entren en las jaulas.
- Cerco eléctrico: posiblemente eficaz cuando se utiliza con otras medidas y con trenes de balsas.
- Captura y relocación: como medida temporal y de corto plazo. Se considera más efectiva cuando



los ejemplares han ingresado a las jaulas. No todos los ejemplares pueden ser atrapados, es costoso, no aplicable a gran escala.

- Sedación y remoción en circunstancias excepcionales.
- Explosivos (Seal crackers): Efectivos bajo ciertas circunstancias con un uso apropiado. Se requiere de trabajadores entrenados, además de permisos, capacitación y cumplimiento de los protocolos de implementación. Se reconoce el acostumbamiento de los lobos marinos.

Actualmente, el Plan de la industria de Salmón de Tasmania (Tasmanian Salmon Industry Plan, 2023, disponible en línea <https://nre.tas.gov.au/aquaculture/industry-strategy-and-innovation/tasmanian-salmon-industry-plan>), el cual establece como resultado prioritario 2 a los ecosistemas saludables, señalando como propósito un manejo de las interacciones con la vida silvestre mejorada, mediante la implementación de nuevos estándares que aborden las potenciales interacciones que ocurren con un amplio rango de especies silvestres (incluyendo lobos marinos) con medidas que minimicen el riesgo de salud o seguridad de los animales y trabajadores. Como medida provisional, se indica una actualización de Seal Management Framework y los Minimum Requirements, mencionados previamente.

Conforme a información de la certificadora Aquaculture Stewardship Council (ASC), en diciembre de 2023, la organización recibió una solicitud (Variance Request - VR), a nombre de la empresa Tassal (<https://asc-aqua.org/asc-statement-on-variance-request-from-tassal/>). La VR solicitó a ASC permitir el uso de seal crackers en ocho granjas salmoneras de la compañía que están certificadas por ASC. No obstante, la ASC rechazó permitir el uso de seal crackers. En su página web indica que bajo el Estándar 2.5 (indicador 2.5.1), el uso de Dispositivos Acústicos no está permitido. Textualmente indica *"Dadas las repercusiones asociadas con los ADDs/AHDs y la disponibilidad de otras prácticas disuasorias potencialmente con menos impactos y más efectivas, los requisitos aseguran que los centros no utilicen ADDs/AHDs. Una excepción a este requisito para nuevas tecnologías puede ser otorgada por el Grupo Asesor Técnico de la ASC si existe evidencia científica clara de que la tecnología futura de ADD/AHD presenta un riesgo significativamente reducido para los mamíferos marinos y cetáceos"*. Al respecto, en septiembre de 2022, ASC definió que los seal crackers son un dispositivo acústico. Previo a esa fecha, se consideraba que dichos explosivos alcanzaban el estándar ASC y su uso fue declarado por las compañías certificadas, incluida la empresa Tassal.

Información proveniente de los sitios web de empresas productores, menciona que en el último tiempo, Huon ha desarrollado esfuerzos en un nuevo diseño de balsas jaula denominado “Fortress Pens” busca prevenir el ingreso de lobos marinos empleando como material polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE), Dyneema (Fløysand *et al.*, 2021, Wang *et al.*, 2022), en tanto la empresa Petuna informa que busca minimizar la interacción con animales silvestres mediante mantenimiento a fin de asegurar la integridad de la red con el fin de prevenir el ingreso de pinnípedos bajo la superficie (Ver Anexo).

#### 4.1.16. Criterios de evaluación de exposición al ruido en mamíferos marinos

La NOAA (y la National Marine Fisheries Service, NMFS) con fecha de enero 2023 (disponible en [www.fisheries.noaa.gov](http://www.fisheries.noaa.gov)) presenta un resumen de las fuentes bibliográficas utilizadas definir los umbrales acústicos para determinar impactos auditivos y conductuales en mamíferos marinos:

- 1) Las definiciones de tipos de fuentes acústicas: (NMFS, 2018)
- 2) Los grupos auditivos de mamíferos marinos: (NMFS, 2018)
- 3) Umbrales acústicos para impactos auditivos: (NMFS, 2018)
- 4) Umbrales acústicos para perturbaciones conductuales en el agua: (NMFS, 2005)
- 5) Umbrales acústicos para perturbaciones conductuales en el aire: (NOAA, 2009)
- 6) Umbrales acústicos para impactos auditivos o conductuales productos de explosiones: (NMFS, 2018)
- 7) Umbrales acústicos para daños de tejidos de pulmón o gastro-intestinal por explosiones: (DoN, 2017)

Sin embargo, es importante destacar que, para los siguientes puntos, existe información científica más actualizada, dado que es un área de investigación en desarrollo, que aún no es parte de los criterios de la NOAA, pero podría incorporarse en los siguientes años, por ejemplo:

- i. Los grupos auditivos de mamíferos marinos: (Southall *et al.*, 2019)
- ii. Umbrales acústicos para impactos auditivos: (Southall *et al.*, 2019)
- iii. Umbrales acústicos para perturbaciones conductuales en el agua: (Southall *et al.*, 2021)
- iv. Umbrales acústicos para perturbaciones conductuales en el aire: (Southall *et al.*, 2021).

En esta sección se presentan los grupos auditivos de mamíferos marinos y los criterios de evaluación de exposición al ruido para cada grupo auditivo de mamíferos marinos para impactos auditivos (NMFS, 2018), además de umbrales para perturbaciones conductuales en el agua (NMFS, 2005). No se incluyen en la revisión los umbrales acústicos asociados a impactos por explosiones (puntos 6 y 7 de la lista) (Fernández *et al.*, 2005) ni los efectos asociados al enmascaramiento acústico de vocalizaciones y a la pérdida de espacio de comunicación (Clark *et al.*, 2009).

#### a) Definición de grupos auditivos de mamíferos marinos

La NMFS (2018) clasifica los mamíferos marinos en seis grupos auditivos (siglas en inglés entre paréntesis, conforme a: i) cetáceos de baja frecuencia (LF), ii) cetáceos de mediana frecuencia (MF), iii) cetáceos de alta frecuencia (HF), iv) sirénidos (SI), v) fócidos en el agua (PW) y vi) otáridos en el agua (OW) (Tabla 32).

**Tabla 32.** Grupos de audición de mamíferos marinos, según sus rangos auditivos. Fuente: NMFS (2018)

Grupo de audición	Rango de escucha generalizado
Cetáceos de baja frecuencia (LF) (ballenas barbadas)	7 Hz a 35 kHz
Cetáceos de media frecuencia (MF) (delfines, ballenas dentadas, ballenas picudas, ballenas nariz de botella)	150 Hz a 160 kHz
Cetáceos de alta frecuencia (HF) (marsopas verdaderas, <i>Kogia</i> , delfines de río, Cephalorhynchid, <i>Lagenorhynchus cruciger</i> y <i>L. australis</i> )	275 Hz a 160 kHz
Pinnípedos fócidos (PW) (bajo el agua) (focas verdaderas)	50 Hz a 86 kHz
Pinnípedos otáridos (OW) (bajo el agua) (leones marinos y lobos marinos)	60 Hz a 39 kHz

Para esta clasificación, todas las especies de mamíferos marinos han sido clasificadas según: (a) audiometría de algunas especies, (b) anatomía auditiva de algunas especies, y (c) características de producción de sonido para todas las especies. Así, en base a información sobre la audiometría de algunas especies pertenecientes a cada grupo, se establecen los rangos de audición (frecuencia en kHz) para todo el grupo.

#### b) Criterios de evaluación de daños auditivos

La primera recopilación de criterios de exposición al ruido en mamíferos marinos fue desarrollada por Southall et al. (2007), incluyendo coautores del NMFS. Estos criterios fueron publicados en una guía técnica oficial del NMFS en 2016 (NMFS, 2016). En 2018, esta guía técnica fue actualizada (NMFS, 2018), incorporando información científica actualizada sobre la audiometría de algunas especies, las que fueron compiladas en Finneran (2016), lo que aplica solo para impactos auditivos (no para impactos conductuales). Finalmente, el reciente trabajo de Southall et al. (2019) es la última actualización de criterios de exposición a ruido para los mamíferos marinos utilizada por la NOAA en la guía técnica del NMFS (NMFS, 2018).

La guía del NMFS (2018) establece para cada grupo auditivo umbrales de 1) nivel de presión sonora ( $L_{pk}$  o SPL, las dos siglas en inglés) y 2) nivel de exposición sonora sobre 24 horas ( $L_E$  o SEL) para daños auditivos temporales (TTS) o permanentes (PTS), para sonidos impulsivos y no-impulsivos (Tablas 33 y 34). Esto se realiza estableciendo, para cada grupo auditivo, curvas de ponderación de frecuencia, es decir una curva de

dB ponderada por frecuencia (kHz); en otras palabras, es la variación en sensibilidad auditiva por frecuencia para cada grupo. Estas curvas se basan considerando la audiometría (si está disponible) para algunas especies del grupo, la anatomía auditiva (si está disponible) para algunas especies del grupo y las características de producción de sonido de las especies del grupo. La Tabla 33 indica los umbrales acústicos para PTS para cada grupo auditivo de mamíferos marinos y la Tabla 34 muestra los umbrales acústicos para TTS de cada grupo.

**Tabla 33.** Tabla de umbrales acústicos (nivel de presión sonora,  $L_{pk}$ ; y nivel de exposición sonora sobre 24 horas,  $L_E$ ) para daños auditivos permanentes (PTS), para sonidos impulsivos y no-impulsivos, según (NMFS, 2018).

Grupo de audición	Umbrales acústicos para daños auditivos permanentes (PTS) para fuentes impulsivas	Umbrales acústicos para daños auditivos permanentes (PTS) para fuentes no impulsivas
Cetáceos de baja frecuencia (LF)	$L_{pk, flat}$ : 219 dB $L_E, LF, 24h$ : 183 dB	$L_E, LF, 24h$ : 199 dB
Cetáceos de media frecuencia (MF)	$L_{pk, flat}$ : 230 dB $L_E, MF, 24h$ : 185 dB	$L_E, MF, 24h$ : 198 dB
Cetáceos de alta frecuencia (HF)	$L_{pk, flat}$ : 202 dB $L_E, HF, 24h$ : 155 dB	$L_E, HF, 24h$ : 173 dB
Pinnípedos fócidos (PW) (submarino)	$L_{pk, flat}$ : 218 dB $L_E, PW, 24h$ : 185 dB	$L_E, PW, 24h$ : 201 dB
Pinnípedos otáridos (OW) (submarino)	$L_{pk, flat}$ : 232 dB $L_E, OW, 24h$ : 203 dB	$L_E, OW, 24h$ : 219 dB

**Tabla 34.** Tabla de umbrales acústicos (nivel de presión sonora,  $L_{pk}$ ; y nivel de exposición sonora sobre 24 horas,  $L_E$ ) para daños auditivos temporales (TTS), para sonidos impulsivos y no-impulsivos, según (NMFS, 2018).

Grupo de audición	Umbrales acústicos para daños auditivos temporales (TTS) para fuentes impulsivas	Umbrales acústicos para daños auditivos temporales (TTS) para fuentes no impulsivas
Cetáceos de baja frecuencia (LF)	$L_{pk, flat}$ : 213 dB $L_E, LF, 24h$ : 168 dB	$L_E, LF, 24h$ : 179 dB
Cetáceos de media frecuencia (MF)	$L_{pk, flat}$ : 224 dB $L_E, MF, 24h$ : 170 dB	$L_E, MF, 24h$ : 178 dB
Cetáceos de alta frecuencia (HF)	$L_{pk, flat}$ : 196 dB $L_E, HF, 24h$ : 140 dB	$L_E, HF, 24h$ : 153 dB
Pinnípedos fócidos (PW) (submarino)	$L_{pk, flat}$ : 212 dB $L_E, PW, 24h$ : 170 dB	$L_E, PW, 24h$ : 181 dB
Pinnípedos otáridos (OW) (submarino)	$L_{pk, flat}$ : 226 dB $L_E, OW, 24h$ : 188 dB	$L_E, OW, 24h$ : 199 dB

#### c) Criterios de evaluación de impactos conductuales

Los umbrales acústicos en el agua (en valor medio eficaz o RMS) para perturbaciones conductuales en mamíferos marinos utilizadas por la NOAA se detallan en la Tabla 35 y se indica tienen como fuente a NMFS (2005). Sin embargo, no fue posible obtener una copia de dicha referencia y no está disponible online en el repositorio de documentos de la NOAA ([www.fisheries.noaa.gov](http://www.fisheries.noaa.gov)).

**Tabla 35.** Tabla de umbrales acústicos en el agua (valor medio eficaz, RMS) para perturbaciones conductuales en todos los grupos de mamíferos marinos.

Tipo de fuente	Umbral (RMS)
Continua	120 dB re 1 $\mu$ Pa
No-explosiva impulsiva o intermitente	160 dB re 1 $\mu$ Pa

#### d) Evaluación de criterios de evaluación de daños auditivos

Si bien se estima que los pasos metodológicos en la definición de criterios de evaluación de daños auditivos temporarios y permanentes son correctos y desarrollados por los mejores expertos internacionales en la temática, cabe indicar que los datos que definen los grupos auditivos, que son la base de la definición de umbrales, son escasos. Las referencias principales sobre la temática identifican esta debilidad y enfatizan la falta de datos de audiometría de mamíferos marinos, lo que entrega bastante de incerteza en la definición de curvas de sensibilidad auditiva de cada grupo (Southall et al., 2007, NMFS, 2018). Por ejemplo, no existe ninguna información de audiometría para ninguna especie del grupo LF (ballenas misticetas) y es muy escasa para el grupo HF (cetáceos de alta frecuencia), falencia igualmente detectada en Southall et al. (2019).

Con el fin de evaluar la robustez de la definición de los grupos auditivos y la relevancia para las especies existentes en Chile, se llevó a cabo un contraste entre la información de dos tablas de anexos (A1 y A2) de la guía de NMFS (2018). Así, la Tabla 36 presenta: los grupos auditivos de mamíferos marinos (Tabla A1 de NMFS (2018)), excluyendo el grupo SI que no existe en Chile, indicando las familias, géneros o especies que componen cada grupo, según Tabla A1 de NMFS (2018), las especies, y número de ejemplares estudiadas para la determinación de audiogramas en cada grupo (Tabla A2 de NMFS (2018)). Las especies presentes en aguas chilenas están resaltadas en negrita.

Así, es posible apreciar en la Tabla 36 que solamente para la definición del grupo MF se incluyó audiometría para especies presentes en aguas chilenas. En este sentido, se debe hacer notar que el obtener datos de audiometría en cetáceos es extremadamente difícil, costoso y tiene consideraciones éticas importantes. Frente a esta situación de incerteza asociada a la audiometría de mamíferos marinos, más que recomendar obtener

audiometrías para las especies en aguas chilenas, se recomendaría extrema cautela en la aplicación de umbrales acústicos de los grupos LF, HF, PW y OW dado que la información de audiometría es inexistente o escasa, y no incluyen ninguna especie presente en aguas chilenas.

Por último, existe una actualización más reciente que NMFS (2018) y Southall *et al.* (2007) para los grupos auditivos y la definición de umbrales (Southall *et al.*, 2019), aunque la NOAA sigue guiándose por NMFS (2018) y Southall *et al.* (2007). En este caso, la actualización mayor de Southall *et al.* (2019) en comparación con el NMFS (2018) es la eliminación de la categoría MF, y la incorporación de la categoría muy alta frecuencia (VHF). La mayoría de las especies del grupo MF pasan a ser parte del grupo AF, y algunas especies del grupo HF pasan a ser VHF. Además, se agrega información adicional de audiometría para algunas especies, sin embargo, los umbrales de TTS y PTS no cambian respecto a los criterios del NMFS 2018 (Tablas 37 a 39).

**Tabla 36.** Grupos de audición de mamíferos marinos definidos en NMFS (2018) y las familias, géneros o especies que componen los grupos; y las especies, y número de ejemplares, estudiadas para la determinación de audiogramas de cada grupo. Las especies presentes en aguas chilenas están resaltadas en negrita.

Grupo de audición en mamíferos marinos  (Desde la Tabla A1 del (NMFS, 2018)	Familias, géneros o especies designados al Grupo  (Desde la Tabla A1 del (NMFS, 2018)	Especies para las cuales existe audiometría para determinar criterios del Grupo  (Desde la Tabla A2 del (NMFS, 2018)
Cetáceos de baja frecuencia (LF)	Familia Balaenidae Familia Balaenopteridae Familia Eschrichtiidae Familia Neobalaenidae	Inexistente
Cetáceos de mediana frecuencia (MF)	Familia Ziphiidae Familia Physeteridae Familia Monodontidae Subfamilia Delphininae Subfamilia Orcininae Subfamilia Stenoninae Genus Lissodelphis <i>Lagenorhynchus albirostris</i> <i>Lagenorhynchus acutus</i> <i>Lagenorhynchus obliquidens</i> <i>Lagenorhynchus obscurus</i>	<i>Delphinus leucas</i> (n=2) <b><i>Orcinus orca</i> (n=1)</b> <b><i>Grampus griseus</i> (n=1)</b> <i>Stenella coeruleoalba</i> (n=1) <b><i>Tursiops truncatus</i> (n=6)</b> <i>Sotalia fluviatilis</i> (n=1) <i>Delphinapterus leucas</i> (n=4) <b><i>Pseudorca crassidens</i> (n=1)</b> <i>Lagenorhynchus obliquidens</i> (n=1)
Cetáceos de alta frecuencia (HF)	Familia Phocoenidae Familia Platanistidae Familia Iniidae Familia Pontoporiidae Familia Kogiidae Genus Cephalorhynchus <i>Lagenorhynchus australis</i> <i>Lagenorhynchus cruciger</i>	<i>Inia geoffrensis</i> (n=1) <i>Phocoena</i> (n=3)
Fócidos en agua (PW)	Familia Phocidae	<i>Mirounga angustirostris</i> (n=1) <i>Phoca vitulina</i> (n=3) <i>Phoca larga</i> (n=1) <i>Pusa hispida</i> (n=1)
Otáridos y otros carnívoros en agua (sin osos polares y mustélidos) (OW)	Familia Otariidae Familia Odobenidae <i>Enhydra lutris</i> <i>Ursus maritimus</i>	<i>Callorhinus ursinus</i> (n=2) <i>Odobenus rosmarus</i> (n=1) <i>Zalophus californianus</i> (n=3) <i>Eumetopias jubatus</i> (n=1) <i>Enhydra lutris nereis</i> (n=1)

Tabla 37. Grupos de audición de mamíferos marinos. Modificado de Southall *et al.* (2019)

Grupo de audición de MM	Función audición ponderada	Genero (o especies) incluidas
Baja Frecuencia (LF)	LF	Balaenidae ( <i>Balaena</i> , <i>Eubalanidae</i> spp.); Balaenopteridae ( <i>Balaenoptera physalus</i> , <i>B. musculus</i> )
		Balaenopteridae ( <i>Balaenoptera acutorostrata</i> , <i>B. bonaerensis</i> , <i>B. borealis</i> , <i>B. edeni</i> , <i>B. murai</i> ; <i>Megaptera novaengliae</i> ); Neobalenidae ( <i>Caperea</i> ); Eschrichtiidae ( <i>Eschrichtius</i> )
Alta Frecuencia (HF)	HF	Physeteridae ( <i>Physeter</i> ); Ziphiidae ( <i>Berardius</i> spp., <i>Hyperoodon</i> spp., <i>Indopacetus</i> , <i>Mesoplodon</i> spp., <i>Tasmacetus</i> , <i>Ziphius</i> ); Delphinidae ( <i>Orcinus</i> )
		Delphinidae ( <i>Delphinus</i> , <i>Feresa</i> , <i>Globicephala</i> spp., <i>Grampus</i> , <i>Lagenodelphis</i> , <i>Lagenorhynchus acutus</i> , <i>L. albirostris</i> , <i>L. obliquidens</i> , <i>L. obscurus</i> , <i>Lissdephis</i> spp., <i>Orcaella</i> spp., <i>Peponocephala</i> , <i>Pseudorca</i> , <i>Sotalia</i> spp., <i>Sousa</i> spp., <i>Stenella</i> spp., <i>Steno</i> , <i>Tursiops</i> spp.); Montodontidae ( <i>Delphinapturus</i> , <i>Monodon</i> ); Plantanistidae ( <i>Plantanista</i> )
Muy Alta Frecuencia (VHF)	VHF	Delphinidae ( <i>Cephalorynchus</i> spp.; <i>Lagenorhynchus cruciger</i> , <i>L. australis</i> ); Phocoenidae ( <i>Neophocaena</i> spp., <i>Phocoena</i> spp., <i>Phocoenoides</i> ); Iniidae ( <i>Inia</i> ); Kogiidae ( <i>Kogia</i> ); Lipotidae ( <i>Lipotes</i> ); Pontoporiidae ( <i>Pontoporia</i> )
Sirénidos	SI	Trichechidae ( <i>Trichechus</i> spp.); Dugongidae ( <i>Dugong</i> )
Fócidos en el agua	PCW	Phocidae ( <i>Cystophora</i> , <i>Erignathus</i> , <i>Halichoerus</i> , <i>Histiophoca</i> , <i>Hydrurga</i> , <i>Leptonychotes</i> , <i>Lobodon</i> , <i>Mirounga</i> spp., <i>Monachus</i> , <i>Neomonachus</i> , <i>Ommatophoca</i> , <i>Pagophilus</i> , <i>Phoca</i> spp., <i>Pusa</i> spp.)
Fócidos en el aire	PCA	
Otros carnívoros marinos en el agua	OCW	Odobenidae ( <i>Odobenus</i> ); Otariidae ( <i>Arctocephalus</i> spp., <i>Calorhynchus</i> , <i>Eumetopias</i> , <i>Neophica</i> , <i>Otaria</i> , <i>Phocarcos</i> , <i>Zalophus</i> spp.); Ursidae ( <i>Ursus martitimus</i> ); Mustelidae
Otros carnívoros marinos en el aire	OCA	( <i>Enhydra</i> , <i>Lontra felina</i> )



**Tabla 38.** Umbrales mínimos de TTS y PTS para mamíferos marinos expuestos a ruido no impulsivo: umbrales SEL en dB re 1  $\mu\text{Pa}^2$  seg bajo el agua y dB re (20  $\mu\text{Pa}$ )<sup>2</sup> seg en el aire (grupos PCA y OCA)

Grupo de audición de MM	TTS umbral: SEL(ponderada)	PTS umbral: SEL(ponderada)
LF	179	199
HF	178	198
VHF	153	173
SI	186	206
PCW	181	201
OCW	199	219
PCA	134	154
OCA	157	177

**Tabla 39.** Umbrales mínimos de TTS y PTS para mamíferos marinos expuestos a ruido impulsivo: umbrales SEL en dB re 1  $\mu\text{Pa}^2$  seg bajo el agua y dB re (20  $\mu\text{Pa}$ )<sup>2</sup> seg en el aire (grupos PCA y OCA) y umbrales máximos SPL en dB re 1  $\mu\text{Pa}$  bajo el agua y dB re 20  $\mu\text{Pa}$  en el aire (grupos PCA y OCA)

Grupo de audición de MM	TTS umbral: SEL (ponderada)	TTS umbral: Máximo SPL (sin ponderar)	PTS: SEL (ponderada)	PTS umbral: Máximo SPL (sin ponderar)
LF	168	213	183	219
HF	170	224	185	230
VHF	140	196	155	202
SI	175	220	190	226
PCW	170	212	185	218
OCW	188	226	203	232
PCA	123	138	138	144
OCA	146	161	161	167

#### Evaluación de criterios de impactos conductuales

Como se indicó previamente, si bien la NOAA cita al NMFS (2005) para la definición de umbrales de impactos conductuales, no fue posible obtener una copia de dicha referencia y no está disponible online en el repositorio de documentos de la NOAA ([www.fisheries.noaa.gov](http://www.fisheries.noaa.gov)), lo que dificulta la evaluación de la metodología asociada a la definición de este criterio. Sin embargo, Southall *et al.* (2021) incluye una compilación y actualización extensa de estudios en impactos conductuales y umbrales acústicos asociados. En la Tabla 40 de Southall *et al.* (2021) para los sonidos continuos, se reportan umbrales mayores y menores al umbral establecido por NMFS (2005); no obstante, en la Tabla 27 se aprecian pocos estudios enfocados en determinar umbrales de respuestas conductuales. Se podría considerar de manera preferente esta información más actualizada. Por otro lado, dada la escasa información en general, y la poca factibilidad de realizar experimentos en terreno de exposición al ruido, una posible prioridad a nivel nacional correspondería al establecimiento de umbrales acústicos asociados a impactos conductuales en especies de mamíferos marinos en Chile. En este sentido, la evaluación de impactos de ruido podría priorizarse en algunos grupos de mamíferos marinos frente a fuentes específicas de ruido de particular relevancia, debido al rango de frecuencia de estas fuentes y la cercanía física de las fuentes de ruido al hábitat de estos grupos en Chile:

**Tabla 40.** Compilación de estudios en impactos conductuales y umbrales acústicos asociados (RMS y SEL) por Southall et al. (2021).

Estudio	Tipo de estudio	Especie estudiada	Resumen de evaluación	Sujeto	Ruido Estimulo	Ponderación individual	Puntaje adjudicado	RL asociado en punto de cambio o RL. RL si no hay respuesta	
								RMS	SEL
Malme et al. (1986)	Experimentos de exposición controlada con registros de ruido de naves y perforación. Reporte con detalle extensivo de exposición individual y respuesta	Ballena gris ( <i>Eschrichtius robustus</i> )	Muy buen acuerdo entre los evaluadores sobre la ponderación de las exposiciones individuales. Se requiere cierta decisión entre el inicio de la evitación (5) y la evitación sostenida (6); adjudicado al primero.	Q	Ruido Barco barco de perforación	0.5	5	110	
				Q		0.5	0		
				M		1.0	5		
				W		1.0	0		
				No especificado		1.0	5		
				K		0.5	5		
Gordon et al. (1992)*	estudio observacional de grupo potencial acústica y respuesta de buceo a la presencia de barco	Cachalote	Acuerdo moderado sobre respuesta y forma de informar. Alguna discusión de segregación familiar y lo desconocido ballenas, pero adjudicadas a una sola observación con cambios detectables en el buceo (1) y cambios en el intervalo/tiempo (4) bajo la superficie; datos insuficientes para informar los niveles recibidos (RL).	Grupos de cachalotes	Ruido del barco (multiple buques)	0.0	1	N/A	
						1.0			
Nowacek et al. (2004)	Estudio experimental con buena descripción de las exposiciones y respuestas individuales. Los ruidos de barcos eran familiares, pero el estímulo de alarma probablemente no era familiar para las ballenas.	North Atlantic right whales (Eubalaena glacialis)	Muy buen acuerdo entre evaluadores en ponderación individual, parámetros de exposición y severidad de respuesta. Algunas discusiones requieren resolver diferencias menores en respuesta de búsqueda de alimento e inclusión de cambios menores en el buceo.	02_213g	Alarma	0.3	4	148	
				02_213g	Barco	0.3	0		
				02_213g	Barco	0.3	0		
				02_220f	Alarma	1.0	4		
				Eg2350	Alarma	1.0	4		
				Eg3109	alarma	0.5	4		
				Eg3109	Barco	0.5	0		
				02_232d	Alarma	0.3	4		
				02_232d	Barco	0.3	0		
				02_232d	Barco	0.3	0		
				02_233a	Barco	1.0	0		
				Eg3103	Alarma	0.5	0		
				Eg3103	Barco	0.5	0		
				Eg2145	Barco	1.0	0		
				Eg1142	Barco	1.0	0		
Holt et al. (2009)	Estudio observacional de medición de los potenciales cambios grupales de la respuesta vocal con niveles variables de presencia de embarcaciones	Orcas	Buen acuerdo entre los asesores acerca de la naturaleza de la exposición y su respuesta. Concurrencia en observación única, naturaleza de la breve respuesta vocal, y ausencia de datos suficientes para asignar RL específico de grupo asociado con respuesta.	J-pod	Ruido de barco múltiples barcos	1.0	4	N/A	

#### 4.1.17. Dispositivos disuasivos acústicos y peces

Los dispositivos disuasivos acústicos (DDA) son presentados como solución no letal para ahuyentar o disminuir la presencia de una especie animal en un sitio específico. Estos dispositivos basan su efectividad en la emisión de un pulso acústico o ruido dentro de un rango de frecuencias específico con una alta presión sonora, que, al ser percibida por la especie objetivo, ésta se aleja de la fuente emisora (Findlay *et al.*, 2018). En los ecosistemas marinos, se han utilizado principalmente espantar o alejar a Fócidos y Pinnípedos (focas y lobos marinos respectivamente) que se acercan a centros de cultivo y maniobras de pesca para alimentarse de los peces (principalmente salmónidos y pequeños pelágicos) con distintos niveles de efectividad, sobre todo luego de su uso continuo por más de dos años (Götz & Janik, 2013).

En este contexto, la efectividad de estos dispositivos depende de que los organismos objetivo sean sensibles al sonido, pero también hay que considerar potenciales efectos negativos, no solo en la especie objetivo, sino también en otros organismos marinos que habitan el mismo espacio físico y que eventualmente comparten el mismo nicho acústico (utilizan el mismo rango de frecuencias para la emisión y percepción de sonidos). Por ejemplo, otros tipos de ruidos submarinos, como el tránsito de embarcaciones, se caracterizan por emitir altos niveles de ruido de manera crónica, es decir, están siendo continuamente emitidos desde minutos a horas. El tránsito de embarcaciones emite sonidos entre los 20 – 4000Hz, con frecuencias máximas entre 20 – 200Hz que se solapan con los rangos de audición y emisión de invertebrados (Wale *et al.*, 2021) y peces (100-44000Hz) (Ladich & Fay, 2013; Hawkins & Popper, 2018).

Se ha reportado que la presencia de este tipo de ruido eleva los niveles de presión sonora interfiriendo en la comunicación y alimentación al enmascarar señales acústicas clave en peces (Putland *et al.*, 2018; Popper & Hawkins, 2019). También, se han descritos cambios en la conducta relacionados a la evasión de depredadores en peces (Simpson *et al.*, 2015; Spiga *et al.*, 2017) y selección de hábitat y asentamiento en invertebrados (Wilkens *et al.*, 2012; Simpson *et al.*, 2016; Tidau & Briffa, 2019).

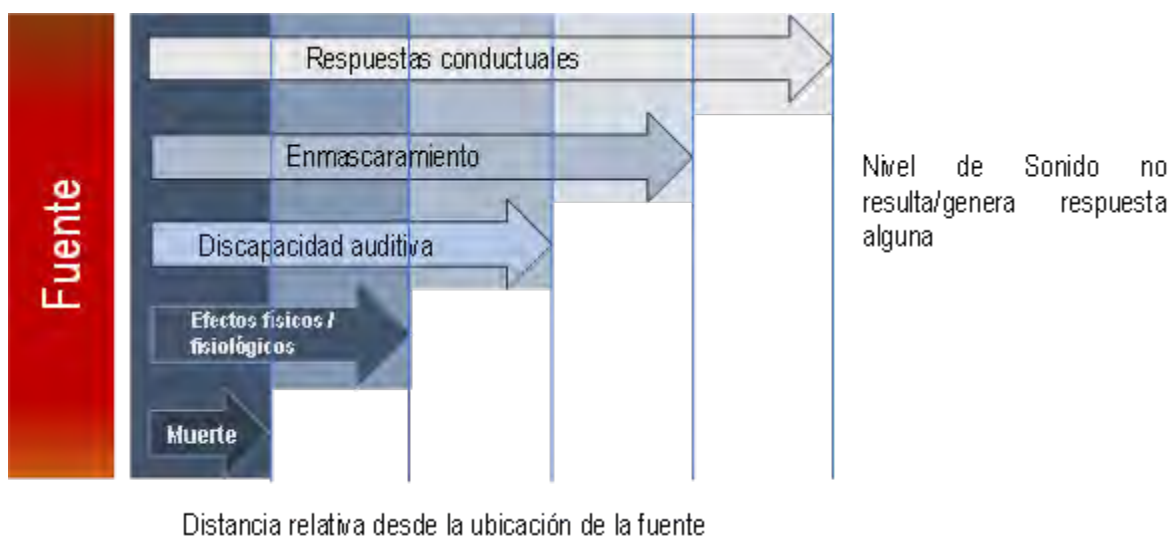
Si los organismos no logran evadir estas señales acústicas, se podrían esperar daños fisiológicos temporales o permanentes en el umbral auditivo (TTS y PTS, siglas en inglés respectivamente), una mayor demanda metabólica producto de soportar los altos niveles de presión sonora (aumento en el consumo de oxígeno), aumento en la secreción de hormonas relacionadas al estrés como el cortisol (Wysocki *et al.*, 2006) y mayor producción de proteínas de estrés térmico (Ruiz-Ruiz *et al.*, 2019). Por otro lado, en el caso de ruidos impulsivos, o puntuales, como las explosiones, hincado de pilotes y prospecciones sísmicas, que se caracterizan por sonidos de alta intensidad en un corto periodo de tiempo (<1s), se esperaría daños en los tejidos del sistema auditivo y en algunos casos mortalidad en peces y en invertebrados (Casper *et al.*, 2013). Por ejemplo, luego de prospecciones sísmicas (sonidos impulsivos de alta intensidad) se ha reportado una elevada la mortalidad del zooplancton, triplicándose al comparar sitios controles (McCauley *et al.*, 2017).

En general, los DDA han tenido distintos niveles de efectividad, sin embargo, se siguen considerando como una opción viable no solo para ahuyentar a mamíferos marinos desde centros de acuicultura, sino que también para evitar la dispersión de algunas especies de peces (Noatch & Suski, 2012; Jesús *et al.*, 2019; Putland & Mensinger, 2019) y para la eliminación de ectoparásitos (Solé *et al.*, 2021b), entre otros. En particular, para eliminar los ectoparásitos, se utilizan sonidos de baja frecuencia (<500Hz) en la salmonicultura, sin efectos adversos aparentes en los salmónidos (Solé *et al.*, 2021a).

Considerando los antecedentes sobre los efectos de otros ruidos antropogénicos, es plausible pensar que los DDA pueden provocar efectos adversos en peces e invertebrados y se vuelven imprescindibles los estudios que evalúen los potenciales efectos de este tipo de ruido en peces e invertebrados, sobre todo en especies que habitan en costas chilenas. Algunos estudios como el de Goetz *et al.* (2015), evalúan el efecto de DDA de 70kHz para asustar delfines que se acercan a las redes de pesquerías de cerco, encontraron un aumento leve pero significativo en los niveles de cortisol del plasma sanguíneo y en la cohesión del cardumen de la sardina europea (*Sardina pilchardus*).

A continuación, se presenta un esquema basado en Popper & Hawkins (2019) donde se ejemplifican los efectos potenciales del sonido antropogénico en peces a diferentes distancias de la fuente de sonido. Las distancias reales dependerán del nivel de sonido y la frecuencia en la fuente, así como de la sensibilidad del pez a esa señal y muy probablemente de varios otros factores. Hay que considerar que en la región más cercana a la fuente (izquierda), los efectos potenciales van desde la muerte hasta las respuestas conductuales (Fig.66).

Estos mismos autores en conjunto a otros investigadores (Popper *et al.*, 2014) definen los criterios de afectación para peces, considerando estas distancias relativas, pero atribuyendo niveles de presión sonora que causan mortalidad. A continuación, se presenta una tabla donde se plantea una idea de las diferentes respuestas de especies de peces a diferentes tipos de sonidos, donde los peces pueden estar a diferentes distancias, cercanas (N), intermedias (I) y lejanas (F) de la fuente emisora (Tabla 41).



**Figura 66.** Efectos del ruido antropogénico, con respecto a la distancia a la fuente. Popper & Hawkins (2019)

**Tabla 41.** Criterios para el posible inicio de efectos de diferentes fuentes antropogénicas en peces, en donde una vejiga natatoria está presente, pero probablemente no participa en la detección de sonido. Las presiones de sonido máximas (peak) y RMS como dB re 1  $\mu\text{Pa}$ ; SEL dB re 1  $\mu\text{Pa}^2$  seg. Cuando los datos no están disponibles, el reporte estimó el riesgo potencial de inicio del impacto como alto, moderado o bajo con animales que se asumen están a tres distancias desde la fuente: cerca (C), intermedia (I) y lejos (L). Fuente: Popper *et al.* (2014).

Fuente	Mortalidad y lesiones potencialmente mortales	Lesión recuperable	Lesión		
			TTS	Enmascaramiento	Conducta
Explosiones	229 – 234 dB peak	(C) Alto (I) Alto (L) Bajo	(C) Alto (I) Moderado (L) Bajo	NA	(C) Alto (I) Alto (L) Bajo
Hincado de pilotos	210 dB SELcum o > 207 dB peak	203 dB SELcum o > 207 dB peak	>186 dB SELcum	(C) Moderado (I) Bajo (L) Bajo	(C) Alto (I) Moderado (L) Bajo
Armas sísmicas de aire	210 dB SELcum o > 207 dB peak	203 dB SELcum o > 207 dB peak	>>186 dB SELcum	(C) Bajo (I) Bajo (L) Bajo	(C) Alto (I) Moderado (L) Bajo
Navegación y sonidos continuos	(C) Bajo (I) Bajo (L) Bajo	(C) Bajo (I) Bajo (L) Bajo	(C) Moderado (I) Bajo (L) Bajo	(C) Alto (I) Alto (L) Moderado	(C) Moderado (I) Moderado (L) Bajo

Actualmente este criterio está en continua evaluación y se piensa que cambios conductuales, a la larga, podrían generar impactos no menores a niveles poblacionales, incluso condicionando procesos evolutivos. En consecuencia, existe un gran interés en desarrollar criterios de comportamiento, lo cual es un reto porque es difícil observar el comportamiento de los peces en la naturaleza, especialmente en el caso de las especies pelágicas como sardinas o las anchovetas, además las respuestas conductuales de estas especies y otras en tanques no necesariamente se comportan de la misma manera en acuarios o estanques.

#### 4.1.19. Visita a terreno centros de cultivo

Se reporta la visita efectuada por el Sr. Alfio Yori, integrante del grupo de expertos, a dos centros de cultivo de salmones, ambos ubicados en la Región de Los Lagos (provincia de Chiloé), los cuales se encuentran separados entre sí por 9,89 km de distancia y tienen igual superficie: 10,12 hectáreas. El primero, llamado Tenaún (en adelante "centro 1"), se encuentra ubicado en Paso Tenaún, al Oeste de Punta Caimo, comuna de Dalcahue, y el segundo, denominado Conev (en adelante "centro 2"), se localiza en Punta Conev, Isla Butachauques, comuna de Quemchi (Fig. 67).



Figura 67. Localización de los centros 1 y 2, en comunas de Dalcahue y Quemchi.

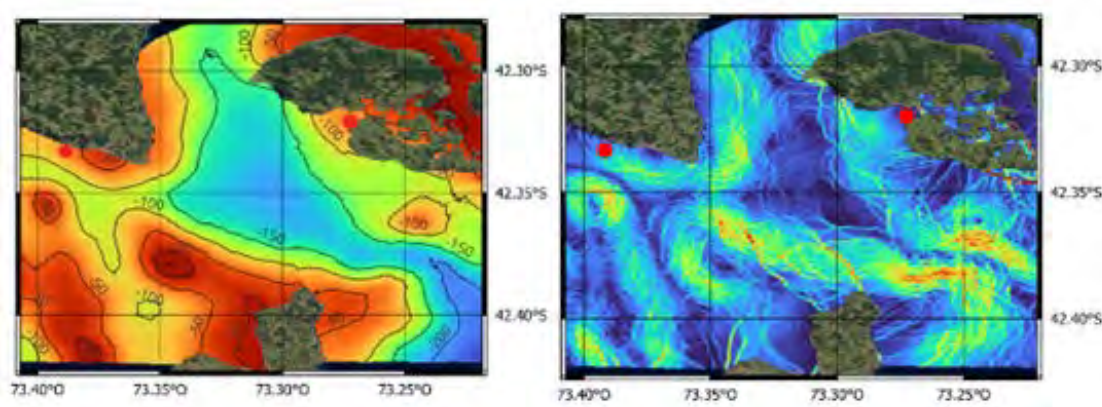


Figura 68. Mapa batimétrico y de pendiente del fondo marino de los centros 1 y 2 (indicados en círculo rojo).

En términos de antecedentes de las características de la zona de emplazamiento de ambos centros, cabe señalar que el sector presenta una plataforma de pendiente baja inferior a 5°, con profundidades entre los 9 y los 150 m de profundidad (Fig. 68). Entre la isla grande de Chiloé y el conjunto de islas Chauques existe un canal que separa ambas localidades que presenta profundidades máximas de 150 m. El centro 2 se encuentran



ubicado en el denominado canal de Añihue, en donde se han registrado datos de sondas entre 9 y 50 m. Por su parte, el centro 1, se ubica al oeste de Punta Tenaún, y presenta profundidades algo mayores entorno a los 55 metros (Fig. 68). Las pendientes de ambas localidades son muy bajas y menores a 5°, el sector donde se emplaza el centro 2, correspondiente a las islas Chauques, se caracteriza por la presencia de bajos fondos con algunas rocas marcadas con sargazos, y grupos de rocas sumergidas que afloran en bajamar (disponible en línea [https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-81599\\_documento.pdf](https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-81599_documento.pdf)). El canal Añihue presenta a lo largo de su costa sur playas de arena y piedra, sin embargo, los sedimentos submareales dan cuenta de sedimentos finos con porcentajes sobre el 40%. Hacia el sur, en el sector de isla Añihue, el fondo se caracteriza por estar constituido por sedimento blando, fango y arena fina principalmente, con presencia de afloraciones de sustrato duro y grupos aislados de rocas. La textura del fondo indica una superficie regular hacia la costa, pero irregular hacia el quiebre, donde se presentan escarpes que provocan grandes diferencias de profundidad. Hacia el borde oriental de la Isla de Chiloé, al sur de Tenaún, los sedimentos son muy similares y están compuesto principalmente por arena fina limosa en porcentajes de arena, limo y arcilla de aproximadamente 70%, 25% y 5%, respectivamente (Pineda, 2008). En 2015, en el estudio de seguimiento del desempeño ambiental acuícola, se realizó un muestreo exhaustivo de los sedimentos costeros desde punta Tenaún al oeste, donde las tres estaciones ubicadas en las cercanías de la localidad de Tenaún presentan un alto contenido de arenas (~99%) y en menor grado fango (~1%) (IFOP, 2016; Schnettler, 2018) (Figs. 69 y 70).

Por otro lado, y de acuerdo a la información de mortalidades reportadas facilitada por SERNAPESCA, entre 2019 y 2023, la acción de depredadores generó en ambos centros una mortalidad de 12.158 y 3.547 ejemplares de peces cultivados, respectivamente. Así, dicho ítem fue la cuarta causa de mortalidad en el centro 1 y la octava en el centro 2, alcanzando porcentajes equivalentes al 7% y 3% de la mortalidad general, respectivamente. Cabe indicar que el centro 1 tiene dos colonias de lobo común situadas a menos de 25 km: Piedra Achao (16,8 km) y Chullec Lleomac (20,7 km), mientras que el centro 2 sólo una: Piedra Achao, ubicada a 23,8 km (Figs. 71 y 72).

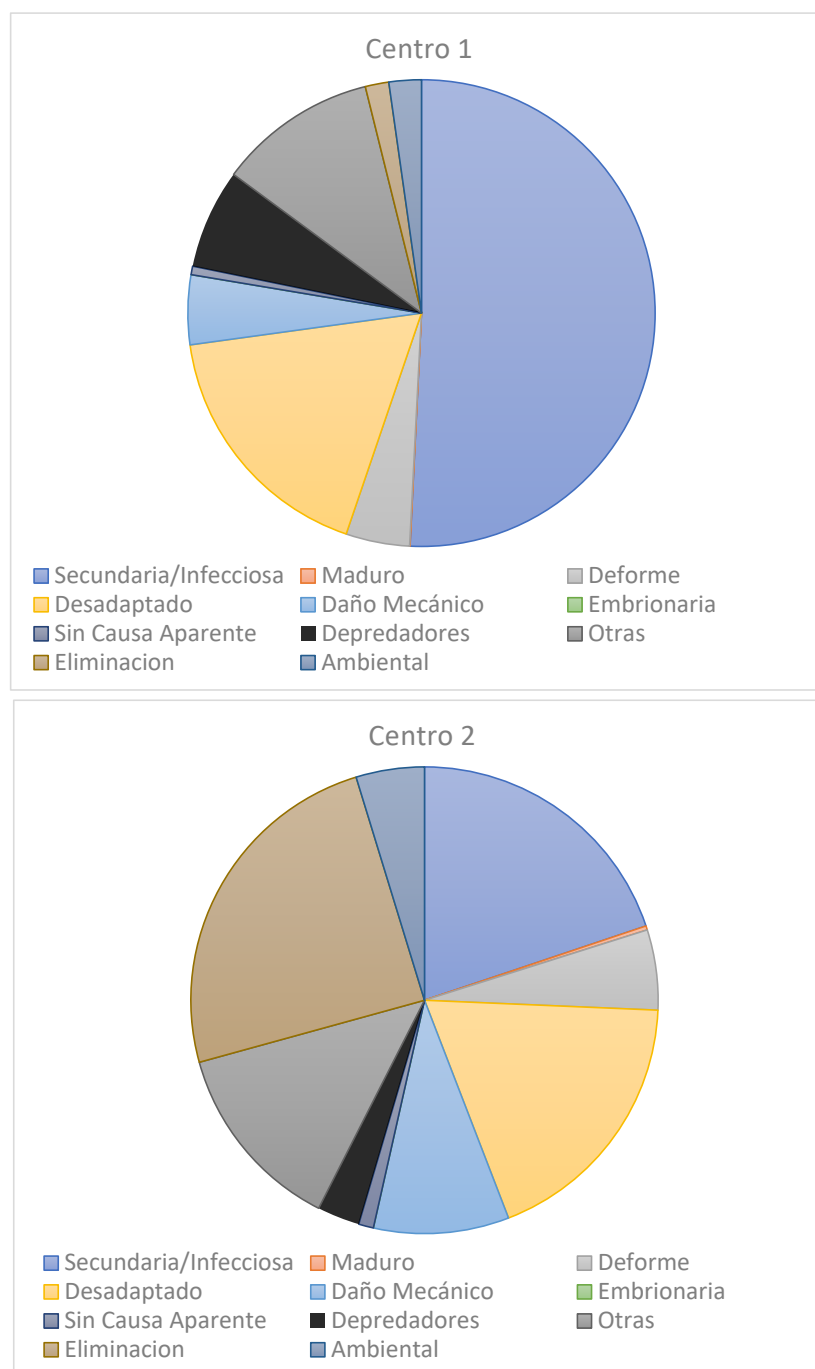
Durante 2024, se realizaron dos visitas a ambos centros, una en periodo verano y otra en periodo invierno. Durante la visita de verano, realizada en el mes de marzo de 2024, se recorrieron ambas concesiones, específicamente los días 7, 8, 9 y 10 de marzo. En la visita en periodo de invierno en tanto, llevada a cabo el 22 de junio, solo se recorrió el centro de cultivo 1, debido a que el centro 2 estaba siendo cosechado y desmantelado en esa fecha.



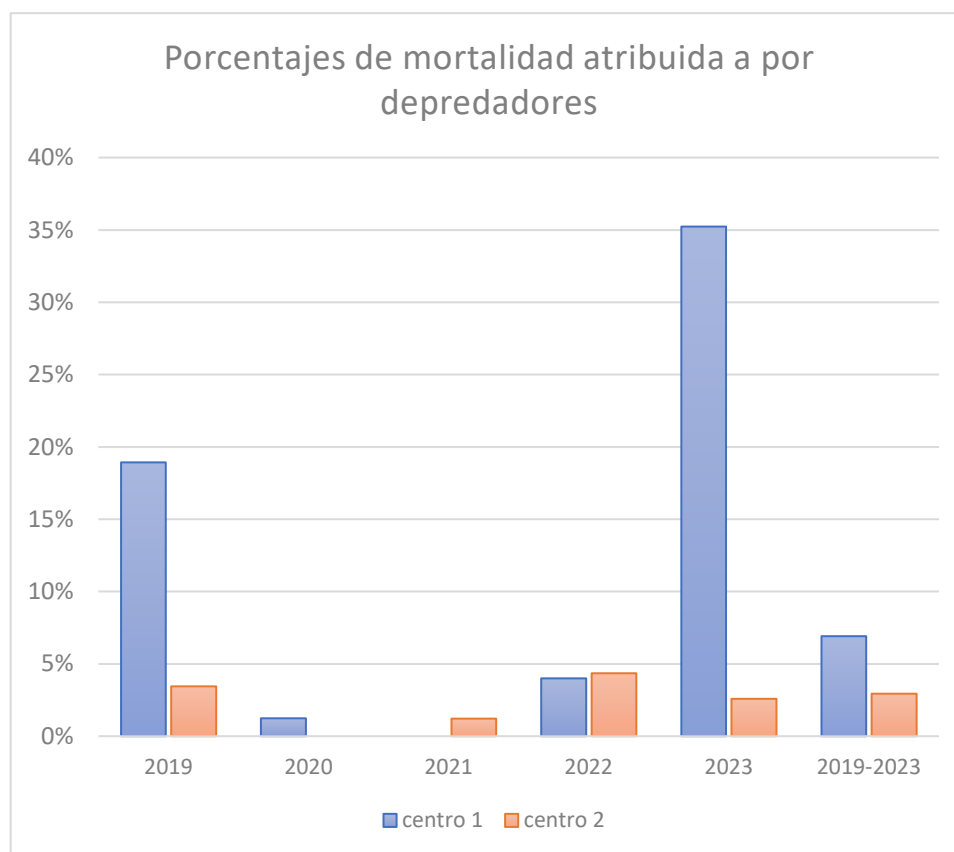
**Figura 69.** Vista del centro 1, desde la playa Tenaún



**Figura 70.** Vista del centro 2, en canal Año (isla Butachauques).



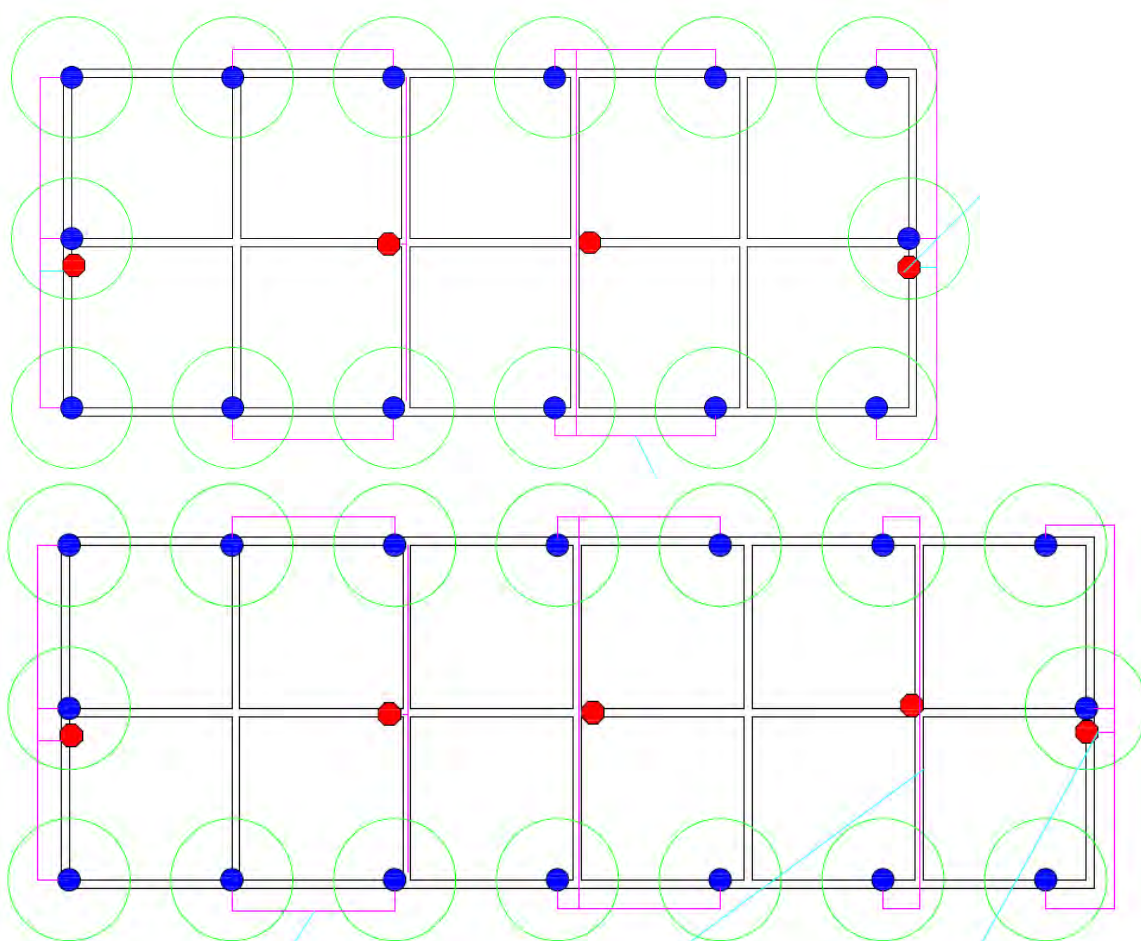
**Figura 71a.** Proporción de la mortalidad informada a SERNAPESCA entre 2019 y 2023, por causa, en ambos centros de cultivo. Se indica en color negro la fracción de la mortalidad atribuida a la acción de depredadores (6,9% y 3,9%, en los centros 1 y 2, respectivamente).



**Figura 71b.** Proporción de la mortalidad informada a SERNAPESCA, atribuida a la acción de depredadores, por año, entre 2019 y 2023, en ambos centros de cultivo.

En la primera visita, el centro 1 operaba con dos trenes de 10 balsas jaula cada (20 balsas jaula en total), en tanto el centro 2 con dos trenes de 12 balsas jaula de 30x30 m cada uno (24 balsas jaula en total).

Ambos centros contaban con el sistema de disuasión acústica SealFence SF4, de la empresa OTAQ. En el centro 1, cada tren contaba con 14 dispositivos (28 en total), separados entre sí por 30 m de distancia, localizados en el contorno de la balsas jaula y con cuatro cajas de derivación eléctrica, a la altura del pasillo central, provistos de mangueras de HDPE para alimentación. Cada dispositivo contaba con un pedestal y poste, fijados mediante pernos a la estructura, dos controladores, dos maletas de baterías para respaldo, un enchufe y un transductor, localizado a 12 m de profundidad. En el caso del centro 2, la disposición fue similar, aunque en ese caso el número de dispositivos fue de 16 por cada tren de balsas (32 en total) (Fig. 72).



**Figura 72.** Características de la distribución (Layout) de los equipos en cada tren de balsas, en azul se indica ubicación de los equipos SealFence, en rojo las cajas de distribución eléctrica y en fucsia los tubos de HDPE para su alimentación. Arriba: centro 1, abajo: centro 2

De acuerdo a la información proporcionada por la empresa OTAQ, los dispositivos para Chile están concebidos como complemento de redes loberas, no como su reemplazo, operan con 189dB, a frecuencias de 10 kHz, con una configuración de operación de 30 segundos apagados y 3 segundos encendidos y con sistemas de baterías de respaldo de 12 V (22 Ah). Los dispositivos son monitoreados 24/7 a distancia y tienen una vida útil de diez años.

La instalación de los dispositivos ya descritos, fue realizada como parte de un requerimiento de SUBPESCA, con el fin de evaluar su eficacia y posibles cambios conductuales. Contempló el siguiente esquema de funcionamiento para el dispositivo SealFence 4:

- a) Fechas en que el dispositivo estuvo desactivado:
  - Tenaún ("centro 1"): 20/01/2024 al 19/02/2024 y del 22/03/2024 al 16/04/2024.
  - Conev ("centro 2"): 17/01/2024 al 16/02/2024 y del 19/03/2024 al 17/04/2024.
- b) Fechas en que el dispositivo estuvo activado:
  - Tenaún ("centro 1"): 20/02/2024 al 21/03/2024.
  - Conev ("centro 2"): 17/02/2024 al 18/03/2024.

La empresa compartió igualmente el informe en el cual se evaluó la eficacia (Cavieres, 2024), el cual concluye que en el centro 1: el dispositivo tiene eficacia en la reducción de la mortalidad asociada a lobos marinos, pero no en la disuasión de lobos en el centro y en el centro 2 tiene eficacia en la disminución de mortalidad asociada a lobos y en la disuasión de los mismos en el centro.

En términos de costos de referencia, el proveedor compartió la siguiente información:

- a. Para un módulo de 12 jaulas de 30X30 matriz 6x2 se deben instalar 32 equipos con un costo de arriendo mensual por centro de \$3.072.000.
- b. Costo de instalación (instalación/configuración), \$2.100.000 instalación y \$1.500.000 desinstalación
- c. Los costos de las visitas en terreno por fallas derivadas de manejo en el centro por personal de este se evalúan respecto a la complejidad de la falla y logística asociada con la lejanía del centro de cultivo.

Cabe indicar que durante la visita se inspeccionó el funcionamiento del sistema de disuasión acústica instalado en ambos centros. Durante la visita del mes de marzo se pudo apreciar en primera instancia que varios de dispositivos disuasivos instalados en los centros estaban desconectados. Se explicó que, debido a la operación habitual en las balsas jaula, es frecuente que se apaguen algunos para evitar molestias en los operarios, y posteriormente olvidan volver a activarlos.

De igual forma, se pudo apreciar que los dispositivos del centro 2 no estaban sincronizados, ya que estos trabajan en un ciclo on-off de 3 segundos de emisión (periodo on) y 30 segundos de silencio (periodo off), lo cual no se estaba cumpliendo, ya que al haber dispositivos emitiendo a destiempo, no se mantenía un tiempo de silencio permanente de 30 segundos, lo cual fue corregido vía remota desde las oficinas de la empresa.

De igual forma se observó y verificó el funcionamiento de los dispositivos en cuanto a sus niveles y frecuencias de emisión sonora. Se corroboró que los dispositivos emitían en una banda de frecuencia centrada en los 10 kHz. Durante la visita se observaron lobos merodeando el lugar, pero no cerca ni sobre las balsas.

## 4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2. Realizar un análisis de las ventajas y desventajas de los diferentes sistemas y tecnologías disponibles, enfocado a los efectos en los mamíferos marinos, recogiendo las opiniones de expertos nacionales e internacionales sobre el uso de las distintas tecnologías y sistemas.

---

### 4.2.1. Entrevistas opinión experta Investigadores Universidad Saint Andrews

Se indican las respuestas a las entrevistas realizadas a los señores Alex Coram (AC), Gordon Harris (GH), Thomas Goetz (TG) y Rob Harris (RH). Entre ellas, cabe mencionar las señaladas a continuación. ¿Qué tipos de disuasivos hay actualmente disponibles para mamíferos marinos? Los cuatro entrevistados coinciden en mencionar a las redes antidepredadores, tres de los cuales indican que éstas incorporan materiales más resistentes, en tanto tres mencionan el empleo de Disuasivos Acústicos. Con relación a la pregunta 4) ¿Que dispositivos disuasivos son menos peligrosos para para mamíferos marinos, ¿por qué?, tres mencionan a las redes antidepredadores, aunque dos de ellos reconocen la existencia de posibles enredos, mencionando que hay dificultad en lograr que éstos puedan ser evitados y que en ocasiones pueden ser inefectivos. Igualmente, cuatro entrevistados indican a los dispositivos acústicos empleados bajo ciertas condiciones, por ejemplo, de manera reactiva en vez de un sonido continuo. La pregunta 6) consultaba acerca del conocimiento de algún centro de cultivo en el que se haya implementado algún disuasivo menos peligroso con efectividad. En este caso, tres respuestas indicaron que básicamente se han modificado los materiales de las redes y mejorado su instalación (tensado) en tanto un entrevistado menciona un sistema de Disuasión Acústico basado en la Tecnología de Sobresalto Acústico Dirigido (TAST).

En términos de Disuasivos alternativos, distintos a dispositivos acústicos y redes antidepredadores (Pregunta 13), se mencionan métodos en donde la efectividad o su aplicación práctica es dudosa, como aversión condicionada al sabor o barreras eléctricas submarinas o la incorporación de algunos sistemas basados en la detección y activación. Uno de los entrevistados menciona que ninguna es factible.

Cabe indicar que el Dr Goetz indica que asesora a la empresa GenusWave (<https://genuswave.com/>) en investigación y desarrollo (I+D), la cual desarrolla una nueva tecnología disuasiva comercial (TAST). Menciona que realiza dicha precisión para revelar algún potencial conflicto de interés. Con posterioridad a la entrevista, el Dr. Goetz enumeró los siguientes trabajos de investigación con el fin de respaldar sus respuestas:

- Goetz and Janik (2010): indica efectividad limitada o no efectividad de dispositivos convencionales
- Goetz and Janik (2011): indica que muestra sensibilización al ruido para generar sobresalto que no había sido implementados en sistemas TAST de Genuswave.
- Goetz and Janik (2013): revisan los dispositivos existentes a esa fecha, resaltando problemas u potenciales soluciones.
- Goetz and Janik (2015): indican eficacia y especificidad (sin efecto en marsopas) del Sistema TAST de Genuswave, mientras se operaba a bajos ciclos de trabajo de 0,8%. No cambios se detectaron



cambios en la distribución de marsopas. El apéndice tiene algún modelamiento de la exposición al ruido. El estudio también provee una muy limitada evidencia, indicando que ningún efecto dramático ocurrió en ballenas barbadas a distancias moderadas.

- Goetz and Janik (2016): indican una reducción en la depredación del 91% al 97% comparados con sitios control y/o pre/post período de exposición. Sugiere revisar el artículo para verificar el tamaño exacto del efecto. El estudio indica efectividad de largo plazo del dispositivo TAST de Genuswave operando por 12 meses a un ciclo de trabajo <1%. Indica que también confirma la especificidad del efecto, por ejemplo, sin efectos en marsopas y provee muy limitada evidencia de la inexistencia de efectos en nutrias.
- NOAA reporta (2023): El reporte NOAA indica efectividad de distintas versiones del dispositivo TAST con otáridos (león marino Steller).

El Dr. Goetz igualmente comparte las siguientes referencias:

- Götz, T. & Janik, V. M. (2013). Acoustic Deterrent Devices to Prevent Pinniped Depredation Efficiency, Conservation Concerns and Possible Solutions. *Marine Ecology Progress Series*. 492, 285–302. <https://doi.org/10.3354/meps10482>
- Götz, T. & Janik, V. M. (2010). Aversiveness of Sounds in Phocid Seals: Psycho-Physiological Factors, Learning Processes and Motivation. *Journal of Experimental Biology*. 213, 1536-48. doi: 10.1242/jeb.035535 <https://jeb.biologists.org/content/213/9/1536.long>
- Götz, T., & Janik, V.M. (2011). Repeated elicitation of the acoustic startle reflex leads to sensitisation in subsequent avoidance behaviour and induces fear conditioning. *BMC Neuroscience*, 12(1). doi: 10.1186/1471-2202-12-30 <https://doi.org/10.1186/1471-2202-12-30>.
- Götz, T., & Janik, V.M. (2015). Target-specific acoustic predator deterrence in the marine environment. *Animal Conservation*, 18(1), 102-111. <https://doi.org/10.1111/acv.12141>
- Götz, T & Janik, V. M. (2016). Non-lethal management of carnivore predation: long-term tests with a startle reflex-based deterrence system on a fish farm. *Animal Conservation*, 19(3), 212-221. <https://doi.org/10.1111/acv.12248>

Se indican a continuación en detalle los resultados de las entrevistas a Investigadores de la Universidad Saint Andrews.

## 1. Interacciones entre Mamíferos marinos y granjas salmoneras

1) ¿Que problemas se generan para las poblaciones de mamíferos marinos debido a las interacciones con granjas salmoneras

**AC.** Pinnípedos: Enredos en redes anti-depredadores, Quedarse atrapados dentro de las redes, Tiros legales/ilegales para proteger el stock o reducir la población general

Cetáceos: Impactos potenciales de la contaminación acústica submarina, ya sea de disuasivos acústicos, infraestructura de granjas o tráfico de embarcaciones, lo que puede causar: Disrupción del comportamiento, Enmascaramiento de la comunicación. Daño auditivo potencial: Cambio temporal o permanente del umbral de audición, Enredos ocasionales en la infraestructura de las granjas

**GH.**

Pinnípedos: Enredos en redes anti-depredadores, Quedarse atrapados dentro de las redes, Disparos, Impactos potenciales de la contaminación acústica submarina: Ya sea de disuasivos acústicos, infraestructura de granjas o tráfico de embarcaciones, lo que puede causar: Alteración del comportamiento, Enmascaramiento de la comunicación y/o Daño auditivo potencial, ya sea cambio del umbral auditivo temporal o permanente (TTS/PTS).

Cetáceos: Impactos potenciales de la contaminación acústica submarina, ya sea de disuasivos acústicos, infraestructura de granjas o por tráfico de embarcaciones, lo que puede causar: Alteración del comportamiento, Enmascaramiento de la comunicación y/o Daño auditivo potencial, ya sea cambio del umbral auditivo temporal o permanente (TTS/PTS). Enredos en la infraestructura de los centros de cultivo.

**TG**

Pinnípedos: Enredos, Daño directo por parte de los operarios de los centros de cultivo, por ejemplo, disparos, Daño auditivo potencial por disuasivos acústicos

Cetáceos: Impactos de la contaminación acústica: disuasivos acústicos, embarcaciones, disrupción del comportamiento y enmascaramiento, Daño auditivo potencial por disuasivos acústicos convencionales, Enredos: raros, hay un caso documentado de una ballena minke durante el mantenimiento de las redes de un centro de cultivo.

**RH**

Pinnípedos: Enredos/quedar atrapados en redes, disparos

Cetáceos: Ruido (disuasivos y operación de los centros de cultivo): alteración del comportamiento, enmascaramiento, daño auditivo, Enredos

2) ¿Que problemas se generan para la industria salmonera por las interacciones entre mamíferos marinos y centros de cultivo?

**AC.** Pérdida directa del stock de peces: Aumento potencial del estrés causado por la presencia de depredadores, asociado con una reducción del consumo de alimento y una menor resistencia a las enfermedades, Reducción del bienestar de los peces y Daño reputacional.

**GH.** Depredación de existencias de peces, Aumento potencial del estrés en los peces causado por la presencia de depredadores: pérdida de existencias de peces o deterioro de su condición, Reducción del bienestar de los peces y Daño reputacional.

**TG.** Depredación de existencias de peces, Estrés debido a la presencia de depredadores, Reducción del bienestar de los peces (más allá de la pérdida de condición/stock, se requiere exhibir bienestar) y Daño reputacional (que también puede surgir del uso de disuasivos acústicos).

**RH.** Pérdida de existencias de peces, estrés por depredadores, Aumento potencial del estrés causado por la presencia de depredadores asociado a la reducción del consumo de alimento y menor resistencia a las enfermedades, Reducción del bienestar de los peces, Daño reputacional.

## 2. Disuasivos

3) ¿Que tipos de disuasivos hay actualmente disponibles para mamíferos marinos?

**AC.** Materiales de red más resistentes: Utilizados como redes antidepredadores, en las redes contenedoras de peces, o como parches adicionales para cubrir la base de la red o contenedores de mortalidad, Métodos de tensado de redes: Por ejemplo, pesos deslizantes, anillos y otros, Dispositivos de disuasión o de acoso acústico: Utilizados de manera continua o reactiva en respuesta a la depredación. Estos dispositivos pueden ser automáticos o manuales cuando se observan mamíferos marinos, idealmente con características de sonido dirigidas a especies particulares, Explosivos/pirotécnicos: Como granadas de luz o disparos, Eléctricos: Sistemas tanto submarinos como aéreos en los pasillos han sido

	<p>probados en Escocia, pero no ampliamente adoptados. Un método utiliza un "pez artificial" con un electrodo.</p> <p><b>GH.</b> Materiales de redes más resistentes, Métodos de tensado de redes</p> <p>Dispositivos acústicos de disuasión/acoso, Explosivos/pirotécnicos, Eléctricos</p> <p>Dispositivos visuales de disuasión, por ejemplo, luces.</p> <p><b>TG.</b> Materiales de red: más resistentes o antidepredadores, Métodos de tensado de redes, Dispositivos acústicos disuasivos, Explosivos (no recomendados debido a que causan daño auditivo), Eléctricos (el Dr. Goetz señala que son ineficaces en la práctica).</p> <p><b>RH.</b> Principalmente la discusión se focaliza en las redes (antidepredadoras) y en los dispositivos acústicos disuasivos. La eficacia puede mejorarse activando los dispositivos acústicos disuasivos en función de la proximidad, lo cual evita la desensibilización</p>
4) ¿Que dispositivos disuasivos son menos peligrosos para para mamíferos marinos, por qué?	<p><b>AC.</b> Los métodos pasivos como los cambios en el diseño de las redes son los menos disruptivos para los mamíferos marinos, pero pueden ser costosos y difíciles/imposibles de hacer efectivos (por ejemplo, en áreas de alto flujo donde pueden ser ineficaces). Las señales acústicas dirigidas utilizadas de manera reactiva probablemente sean menos disruptivas que las señales no dirigidas utilizadas continuamente. Los sistemas acústicos con ciclo de trabajo más bajo tienen menos potencial para causar daño</p> <p><b>GH.</b> Los métodos pasivos como los cambios en el diseño de las redes son los menos disruptivos para los mamíferos marinos, pues sólo surgen problemas de enredos. Los dispositivos acústicos disuasivos utilizados de manera reactiva, en lugar de un sonido continuo no dirigido, resultan en una dosis de sonido más baja. Los dispositivos acústicos disuasivos con especificaciones apropiadas, por ejemplo, bajo ciclo de trabajo que lleva a una dosis de sonido más baja</p> <p><b>TG.</b> Las redes, si se puede asegurar que eviten el enredo, lo cual es difícil de lograr. Existen muchos tipos, con diferentes propensiones a generar enredos. Los dispositivos acústicos disuasivos dependen de los detalles del método, por ejemplo, los ciclos de trabajo (porcentaje del tiempo que se emite sonido), la frecuencia y el tipo de señal, entre otros. Hay muchos puntos clave: El ciclo de trabajo (porcentaje del tiempo que se emite sonido), el rango de frecuencia y el tipo de señal pueden jugar un papel importante. En cuanto al ciclo de trabajo, también importa si se refiere a un 'ciclo de trabajo por unidad' o a un 'ciclo de trabajo por granja', ya que a menudo se utilizan múltiples unidades para proteger toda una granja. De hecho, una unidad por jaula es bastante común. Algunos dispositivos también pueden ajustarse; por lo tanto, es necesario revisar los parámetros acústicos y los ajustes utilizados. En algunos dispositivos convencionales, cuando se utilizan muchas unidades, pueden resultar en efecto en un ciclo cercano al 100% (ensordecimiento permanente). La frecuencia de la señal puede determinar la especificidad del objetivo, es decir, el efecto adverso sobre los odontocetos puede mitigarse. Idealmente, un dispositivo debería emitir la dosis de ruido más baja posible y ser específico para la especie objetivo (solo disuadir a la especie objetivo), es decir, el ciclo de trabajo bajo debería ser bajo, se deberían utilizar señales aisladas cortas con largos tiempos de recuperación entre ellas (esto ha sido implementado por la empresa Genuswave).</p> <p>Pueden utilizarse métodos de activación para reducir la exposición, pero el dispositivo podría activarse con tanta frecuencia que en efecto sería un ciclo de trabajo alto. No se observa esto con frecuencia en la práctica, lo que habla de la eficacia. Por lo tanto, los dispositivos activados no son necesariamente mejores.</p> <p><b>RH.</b> El disuadir a los depredadores puede ser algo muy personalizado, específico: depende de la naturaleza de los animales, la localización, etc. Por ejemplo, un método de disuasión de bajo daño puede ser tan simple como retirar los peces muertos de las redes o los centros de cultivo, ya que estos atraen a los depredadores. Los dispositivos acústicos disuasivos no son particularmente buenos en cuanto a ser de bajo daño, ya que tienen un efecto amplio</p>
5) ¿Que aspectos legales surgen al usar dispositivos disuasivos en la industria salmonera?	<p><b>AC.</b> Dependiente de la localización. En el Reino Unido, la posible perturbación de 'especies europeas protegidas' requiere de una licencia. Sólo los cetáceos están cubiertos, lo cual es importante enfatizar; las focas no son especies protegidas per se en el Reino Unido.</p>

**GH.** Dependiente de la localización, por ejemplo, en el Reino Unido, la perturbación de especies protegidas requiere una licencia; existen diferentes regulaciones para cetáceos versus pinnípedos sobre esta base.

**TG.** Muy dependiente de la localización. Realmente depende de las leyes y regulaciones de cada país. A menudo, los cetáceos están protegidos de manera más estricta, por ejemplo, bajo la Ley de Protección de Mamíferos Marinos (MMPA) en Estados Unidos o mediante la implementación de licencias EPS en Escocia bajo la Ley de Vida Silvestre Escocesa. Si un productor utiliza un dispositivo que tiene el potencial de causar daño auditivo, esto podría considerarse que 'causa lesiones' y, por lo tanto, violar la ley. La cuestión de la perturbación o el acoso también es complicada, ya que las especies objetivo tendrían que ser perturbadas ligeramente, pero idealmente un dispositivo no debería causar perturbación en especies no objetivo. Desde la perspectiva de un piscicultor que no conoce la literatura científica, también es difícil decidir el impacto que diferentes dispositivos pueden tener. Todos los fabricantes se han reconvertido como 'amigables con el medio ambiente', pero pocos han realizado cambios en sus señales o protocolos de exposición al sonido. Cualquier afirmación sobre la eficacia y especificidad del objetivo debería idealmente respaldarse con artículos publicados en la literatura científica y debería estar disponible la modelización de la exposición al ruido.

¿Cómo se regulan los dispositivos disuasivos acústicos (DDA)? ¿Se elabora una lista de dispositivos o una lista (potencialmente compleja) de especificaciones a las que deben cumplir? Desde una perspectiva científica, el mejor enfoque sería especificar una dosis máxima de ruido (por ejemplo, nivel de exposición sonora SEL), pero esto es difícil de monitorear, regular y requiere conocimiento experto para implementarlo. Idealmente, debería existir algún tipo de modelización de la exposición al ruido para un dispositivo antes de que se utilice.

**RH.** Naturalmente dependiente de la ubicación. Los requisitos para realizar trabajo académico o de investigación son notablemente diferentes de los aspectos legales para el uso comercial. Las restricciones académicas o de investigación son notablemente más estrictas; es muy difícil obtener permiso para potencialmente lesionar animales con fines de investigación, en comparación con el uso comercial.

6) ¿Conoce alguna granja salmonera que tenga dispositivos disuasivos que sean menos peligrosos y que hayan sido implementados efectivamente?

**AC.** Los cambios en materiales de las redes y en el tensado redujeron supuestamente la depredación en algunas granjas de salmónes en el Reino Unido. No está claro si estos efectos fueron permanentes o si simplemente las focas se adaptaron con el tiempo. Es posible que especies más grandes de otáridos (como los leones marinos), que no están presentes en el Reino Unido, también sean más difíciles de disuadir de esta manera.

**GH.** La modificación de los materiales y el despliegue de las redes informó de una disminución en la depredación en algunas granjas de salmón en el Reino Unido.

**TG.** Sí, consultar artículos 2015, 2016. Loch Duart & Genuswave actualmente.

**RH.** Acuerdo con lo indicado por AC

### 3 Dispositivos acústicos para pinnípedos

7) ¿Qué tan efectivos son los dispositivos acústicos en disuadir pinnípedos?

**AC.** No está bien estudiado. Algunos resultados prometedores de ciertos dispositivos, pero evidencia de acostumbramiento y falta de efecto en algunos animales. Los estudios generalmente han sido a corto plazo y limitados en alcance. Tenemos un ensayo en curso para probar la eficacia a largo plazo de un dispositivo de baja frecuencia (1 kHz) en el Reino Unido.

**GH.** No está bien estudiado; se ha encontrado cierta eficacia, pero también hay evidencia de disminución con el tiempo (acostumbramiento) y falta de efectividad en todos los animales. Los estudios suelen ser a corto plazo y limitados en alcance.

**TG.** Revisar artículo de 2013 de Goetz. Altamente variable, depende del dispositivo y su implementación. A menudo baja efectividad, pero si se hace correctamente, pueden ser muy efectivos. Hay publicaciones de 2015 y 2016.

**RH.** Muy difícil de estudiar, debido a la gran variación en la forma/áreas en las que se despliegan, es decir, lo que podría ser o no efectivo en un sitio puede no serlo en otros. Se hizo una distinción repetida y clara entre animales transitorios

(animales que pueden estar de paso o aprovechando oportunidades en una granja) y especialistas (animales que frecuentan un centro de cultivo). Si los animales se han adaptado para ser especialistas, son muy difíciles de disuadir.

**8) ¿Qué circunstancias afectan su efectividad?**

**AC.** La información científica disponible es limitada, pero la respuesta de comportamiento parece variar por diversas razones. El contexto de comportamiento es probablemente importante, por ejemplo, la motivación puede variar según la disponibilidad de presas silvestres. Es posible que algunos animales individuales se especialicen en la depredación, lo que los hace más dependientes de una sola fuente de alimento. Algunos animales pueden tener deterioro auditivo natural. Es probable que los animales se habitúen a señales que se utilizan de manera continua, por lo que usarlas de manera reactiva (solo cuando ocurre la depredación) probablemente ayudaría.

Si los dispositivos pudieran activarse de manera confiable, por ejemplo, mediante el uso de sonar o video submarino con reconocimiento automático de imágenes, probablemente aumentaría la eficacia.

Diferentes tipos de señales tienen diferentes grados de aversión (ver el trabajo del Dr. Thomas Gotz). El sonido con tiempos de subida cortos y amplitud recibida lo suficientemente alta puede desencadenar la respuesta de sobresalto en muchos animales (Gotz y Janik trabajan con pinnípedos), pero no se comprende bien si esto puede proporcionar una disuasión efectiva a largo plazo.

**GH.** El contexto de comportamiento probablemente sea importante, por ejemplo, la motivación del animal basada en la disponibilidad de presas. Algunos animales individuales pueden especializarse en la depredación en centros de cultivo. No todos los animales escuchan igual de bien. Es probable que los animales se habitúen a los sonidos; el uso reactivo podría disminuir esto y aumentar la eficacia. Los diferentes tipos de señales tienen diferentes grados de aversión, pero no se conoce bien la eficacia a largo plazo.

**TG.** Factores ambientales. La naturaleza del despliegue (por ejemplo, sombras acústicas, donde el disuasivo no llega a una zona). El diseño del dispositivo y la señal son factores clave para la eficacia.

**RH.** Ver antes lo indicado en cuanto a animales transitorios vs especialistas. Se señaló que protecciones efectivas contra animales transitorios se traducen en niveles más bajos de especialistas, ya que se desalienta su desarrollo. Por lo tanto, se sugiere utilizar dispositivos acústicos disuasivos para animales transitorios, y luego soluciones de redes para especialistas.

**9) ¿En qué circunstancias los dispositivos acústicos causan daños serios o muerte en pinnípedos (y/o cetáceos y nutrias, en caso de conocimiento)?**

**AC.** Poco probable que cause daño grave a los pinnípedos. Teóricamente, es posible el daño auditivo permanente por los dispositivos más ruidosos si los animales pasan largos períodos cerca de la fuente de sonido. Depende de los requisitos del animal: pueden 'necesitar' estar en un área durante períodos de tiempo, lo que significa que no pueden evitarla. Es más probable que los cetáceos sufran daño auditivo, especialmente con las señales de alta frecuencia más comúnmente utilizadas (10-15 kHz).

**GH.** Poco probable que cause daño grave a los pinnípedos. Teóricamente es posible el daño auditivo permanente por los dispositivos más ruidosos si los animales pasan largos períodos cerca de la fuente de sonido. Es más probable que los cetáceos sufran daño auditivo, especialmente con las señales de alta frecuencia más comúnmente utilizadas (10-15 kHz).

**TG.** Algunos dispositivos acústicos disuasorios pueden causar daño auditivo permanente dependiendo de cómo se usen, por ejemplo, cuando se utilizan un gran número de unidades que operan con un ciclo de trabajo alto.

**RH.** Se observó que pérdida auditiva.

#### 4. Redes antidepredadores y pinnípedos

10) ¿Piensas que las redes antipredadores son efectivas en disuadir pinnípedos (lobos marinos, específicamente) en granjas salmoneras?

AC. Bajo algunas circunstancias, creo que pueden ser efectivos para fócidos. Es probable que las especies de leones marinos sean más difíciles de excluir, pero debería ser posible con el uso de materiales robustos. El uso de paneles de material más resistente para reforzar áreas vulnerables de las redes podría ser útil.

GH. Pueden ser efectivos para focas. Es probable que las especies de leones marinos sean más difíciles de excluir, pero debería ser posible con el uso de materiales robustos. El uso de paneles de material más resistente para reforzar áreas vulnerables de las redes podría ser útil.

TG. En equilibrio: depende, la eficacia varía desde 'algo efectivo' hasta 'no muy efectivo'. Se necesita cuidado con respecto a los espacios, por ejemplo, para evitar que los pinnípedos entren entre la red inferior (red antidepredadora) y la red superior (red pajarera).

RH. Puede ser, pero como contexto previo específico.

11) ¿Que circunstancias afectan la eficacia de las redes antipredadores para pinnípedos?

AC. Algunos sitios pueden ser inadecuados para su uso, por ejemplo, donde hay corrientes fuertes. Deben estar hechos de un material resistente con un tamaño de malla lo suficientemente pequeño. Deben estar correctamente tensados para evitar que las dos redes se junten.

GH. Algunos sitios pueden no ser adecuados para su uso, por ejemplo, donde hay corrientes fuertes. Material lo suficientemente resistente con un tamaño de malla lo suficientemente pequeño. Deben estar correctamente tensionados.

TG. El tipo de red y de la especie. Consideración de accesos terrestres hacia las redes, algunas especies pueden usar estos para acceder a las jaulas desde arriba.

RH. Despliegue correcto para el sitio específico.

12) ¿Bajo que circunstancias las redes antipredadores causan daños serios o muerte en pinnípedos (y/o específicamente leones marinos, cetáceos y nutrias, en caso de conocimiento)?

AC. Pueden causar enredo (en pinnípedos y aves) si no están adecuadamente tensionadas, o si los animales pueden meterse dentro de ellas. Para prevenir esto, necesitan tener un tamaño de malla lo suficientemente pequeño y deben cerrar completamente la red pecera o llegar hasta el lecho marino/con suficiente profundidad para que los animales no puedan pasar por debajo.

GH. Enredo de pinnípedos si no están adecuadamente tensadas/desplegadas, o si los animales pueden meterse dentro de ellas, por ejemplo, cuando el tamaño de malla no es lo suficientemente pequeño o no encierran adecuadamente la red pecera.

TG. El enredo es el riesgo principal en los pinnípedos si las redes antidepredadores no están correctamente tensadas. Para los cetáceos, no estoy seguro, pero probablemente el riesgo sea bajo. Ha habido un caso documentado de un minke, pero esto ocurrió en un escenario de cambio de red.

RH. De acuerdo en general con los comentarios de AC

#### 5. Disuasivos alternativos

13) ¿Conoce algún otro método menos dañino, más allá de dispositivos acústicos y redes anti predadores para prevenir interacciones con mamíferos marinos?

AC. Diversos métodos han sido propuestos o probados. Consulte Thompson et al 2021 y Coram et al 2014 para revisiones detalladas. Algunos de los más interesantes/prometedores son la aversión condicionada al sabor (sin ensayos), cercas eléctricas submarinas (demostradas, pero difíciles de implementar a gran escala debido al costo en energía y materiales), y sistemas de detección y disuasión basados en detectores automatizados de sonar y/o video

GH. La eficacia o practicidad no están bien establecidas, pero existen: aversión al sabor, cercas eléctricas submarinas, sistemas de detección y disuasión basados en detección por sonar o video.

TG. No realmente ninguna que sea factible. Pensando en el entorno marino, el sonido no es una mala opción ya que es la forma de energía que menos se atenúa con la distancia. Se han probado algunos otros métodos de aversión, pero se ha encontrado que son ineficaces (por ejemplo, la aversión al sabor es difícil de implementar)

AC. Disuasivos acústicos basados en la proximidad, es decir, los depredadores objetivo son detectados y el disuasivo actúa en respuesta.

#### 4.2.2. Entrevistas opinión investigadores Panel de Expertos

A continuación, se indican los resultados a las entrevistas realizadas a AYF: Dr. Alfio Yori, FHF: Dr. Felipe Hurtado Ferreira, SB: Dra. Susannah J. Buchan, IH: Dr. Iván Hinojosa, MS: Dra. Maritza Sepúlveda y MJP: Dra. María José Pérez-Álvarez.

Con relación a la pregunta 3: ¿Qué tipos de disuasivos hay actualmente disponibles para mamíferos marinos? Cinco entrevistados coinciden en mencionar a las redes antidepredadores o loberas, cuatro de ellos mencionan el empleo de Disuasivos Acústicos.

Con relación a la pregunta 4) ¿Que dispositivos disuasivos son menos peligrosos para para mamíferos marinos, por qué?, cinco mencionan a las redes anti depredadores, aunque dos respondientes señalan que sólo en el caso en que se encuentren correctamente instaladas y mantenidas y uno se refiere al caso de redes rígidas, una de las respuestas menciona el disuasivo de tipo luminoso.

La pregunta 6) consultaba acerca del conocimiento de algún centro de cultivo en el que se haya implementado algún disuasivo menos peligroso con efectividad. En este caso, cinco de los entrevistados mencionan que indican desconocimiento en sus respuestas, mientras uno de ellos especifica que no hay en Chile en la actualidad centros de cultivo que utilicen redes rígidas.

Se indican a continuación los resultados de las entrevistas a los integrantes del Taller de Expertos del presente estudio.

##### 1. Interacciones entre Mamíferos marinos y granjas salmoneras

###### 1) ¿Que problemas se generan para las poblaciones de mamíferos marinos debido a las interacciones con granjas salmoneras

**AYF.** Creo que son múltiples los problemas que se generan, entre los cuales se pueden destacar la introducción de elementos ajenos a su hábitat, como plásticos, basura, la comida de los salmones, etc. Los centros pueden coincidir con rutas de tránsito de las especies, sectores de alimentación y reproducción, y generar cambios conductuales muy difícil de evaluar.

**FHF.** Interferir en alguna zona de apareamiento, un hábitat específico para el MM. Principalmente en los canales (no en los fiordos), alterar el trayecto/comportamiento de cetáceos. En el caso de lobos, hay alteración de los hábitos alimentarios y cambios distribución, por la búsqueda de alimento.

**SB.** En el caso chileno, hay dos perspectivas: lo que sabemos vs. lo que se sospecha sucede. Hay mortalidades de lobos marinos directas intencionales y otras por enredos/enmallamiento. Son problemáticas comunes, aunque van cambiando las especies, según país, por ejemplo, en Escocia son focas. En Chile, también hay enmallamientos de cetáceos, incluyendo cetáceos pequeños. Como no hay censos poblacionales (estimaciones de abundancia) de la mayoría de los MM, no es posible conocer si hay/no hay daño a la población y no podemos determinar los PBR. Habría que avanzar en la estimación y aplicar enfoque precautorio.

**IH.** Es a nivel de individuos, pues conocer la afectación de la población es compleja, porque no hay evaluaciones. En lobo marino, hay dificultad de atribuir causalidad entre el incremento de sus poblaciones vs. mayor disponibilidad alimento en las granjas de cultivo y probablemente no hay consecuencias negativas. Hay mortalidad de enredos de grandes ballenas y pequeños MM,

reportada en literatura. Antes se empleaban armas de fuego, lo que podría persistir en lugares más apartados, con menos comunicaciones.

**MS.** Alteraciones y consecuente modificación del uso de hábitat por parte de las especies, contaminación física (basura, plásticos, redes), química (e.g. antibióticos, químicos de antifouling) y acústica. Peligros de colisiones con embarcaciones (alta frecuencia y velocidad). Alteraciones de las tramas tróficas producto de la depredación de salmones que escapan de los centros de cultivo y que alteran la composición, distribución y abundancia de la fauna nativa de la zona (y presas de los mamíferos marinos). Mortalidad y lesiones de animales asociados al enmalle en redes loberas. Mortalidad directa e intencional de animales en centros de cultivo. Todo lo anterior provoca cambios de comportamiento, estrés, alteraciones de la dieta, alteraciones del uso de hábitat, riesgo de mortalidad. En Chile, sólo se cuenta con registros puntuales de mortalidad de animales en centros de cultivo, pero no existen estudios sistemáticos y objetivos que permitan dimensionar y cuantificar el problema. En lobos marinos se conocen sus abundancias poblacionales (lo que permitiría poder estimar el impacto de esta mortalidad en las poblaciones de esta especie), pero en la gran mayoría de las especies de cetáceos y mustélidos no se cuenta con esta información. En MM con problemas de conservación, es posible suponer alto riesgo generado por cualquier mortalidad. Falta información de fuentes independientes de interacciones/mortalidad.

**MJP.** Los que más interactúan son los pinnípedos, aunque también hay registros de de interacción con cetáceos, a menor escala, principalmente a nivel individual. Los pinnípedos presentan interacción directa en las balsas-jaula. Los cetáceos han presentado colisiones con embarcaciones asociadas a la actividad o con equipamientos (enredos, enmalles). En Chile hay registro de interacción con delfín chileno, y ballenas sei y ballena jorobada. Estos registros han empezado a hacerse más visibles producto de mayor conciencia en observar y a través de las redes sociales, pero aún así, hay una subestimación de ellos. A nivel poblacional la única especie que cuenta con datos de abundancia en el tiempo (censos periódicos) es el lobo marino común, *Otaria flavescens*, especie que no se encuentra con problemas de conservación. El delfín chileno, es una especie con distribución restringida que carece de estimaciones de abundancia a lo largo de su distribución, presentando estimaciones restringidas a algunas áreas. Para esta especie hay registros de muerte y de superposición de hábitat con actividades de acuicultura.

2) ¿Que problemas se generan para la industria salmonera por las interacciones entre mamíferos marinos y centros de cultivo?

**AYF.** Principalmente, lo atractivo que son sus salmones para los lobos marinos

**FHF.** Fundamentalmente ataques de lobos: rompimiento de redes lo que implica manejo/reparaciones/mantenimiento y depredación de salmones cultivados. Además, se genera importante estrés en los peces, especialmente los de pequeño tamaño (eg postsmolt) por la presencia de los lobos, lo cual baja la apetencia de los salmones, afectando su crecimiento, y en casos más extremos, deprimiendo su sistema inmune

**SB.** Pérdida de peces (producción), algunos daños en infraestructura de cultivo (mallas, etc.), problemas de imagen pública por la aparición de noticias de MM enredados/enmallados, probablemente con mayor énfasis si corresponden a cetáceos.

**IH.** Los lobos marinos generan rotura de infraestructura (redes) y depredan salmones cultivados, hay también empleo/ocupación de otras estructuras que podrían generar daños/hundimiento, obliga al manejo continuo de ejemplares de lobos, los que adicionalmente consumen peces cuando hay escapes de salmones.

**MS.** Depredación de lobos marinos sobre los salmones de las balsas-jaulas, estrés de los salmones ante la presencia de lobos marinos, riesgo de escapes de salmones debido a la rotura de redes por parte de lobos marinos, mayor inversión económica en instalación/mantenimiento redes loberas, menor flujo de oxígeno/agua al interior de balsas por acumulación de fouling en redes loberas. Aunque no evaluado, existe el riesgo de que MM sean vectores de enfermedades que se transmitan entre centros de cultivo.

**MJP.** Principalmente por la regulación existente a nivel nacional y que en estos últimos años se ha visto marcada por la presión que existe desde Estados Unidos



mediante las exigencias de exportación de productos que provengan de actividades sin interacción con mamíferos marinos. Lo anterior ha llevado a levantar información relacionada con presencia/ausencia de interacción y su cuantificación. Asimismo, ha llevado a estudiar y/o proponer medidas de mitigación a las amenazas existentes. Adicionalmente, la presión ha aumentado desde la comunidad, ya que las redes sociales han visibilizado el problema. Por otro lado, hay un problema económico debido a los costos asociados a los potenciales daños a los peces por depredación de lobos y el estrés que se genera en el stock cultivado, por la necesidad de invertir en mantenimiento de infraestructura de cultivo o reparaciones debido a la interacción y por el gasto en capacitar personas para realizar avistamientos o identificar especies. Hay literatura que indica eventual menor crecimiento en peces, afectando capacidad inmune, etc.

## 2. Disuasivos

### 3) ¿Que tipos de disuasivos hay actualmente disponibles para mamíferos marinos?

**AYF.** Existen principalmente dispositivos acústicos, luminosos, eléctricos y químicos.

**FHF.** En Chile, básicamente son redes loberas de material flexible. Recientemente, han ingresado al mercado redes semirrígidas (tipo Kikko net o de mezclas de polímeros) y adicionalmente, rígidas (aleaciones metálicas), aunque en menor grado.

**SB.** Mallas antipredadores principalmente. En Chile se han realizado algunas pruebas con Disuasivos Acústicos, los que se utilizan en algunos países. Se mencionan también prácticas no aceptables o ilegales, como disparos, aunque no hay registros actuales que lo avalen. Recomendando leer Coram et al 2022 para el caso escocés.

**IH.** En Chile, las redes loberas. En otros países, disuasivos acústicos (DDA), con dos tipos de señales, con distintas frecuencias/intensidades de señales pulsadas. En Chile, se mencionaba que antiguamente se utilizaron sonidos de orcas. Antiguamente otros métodos posibles: disparos, quizás explosivos.

**MS.** En Chile: Redes anti predadores (redes loberas). Sistemas acústicos se usan en otros países y han sido esporádicamente utilizados en Chile, aunque actualmente dos empresas están buscando realizar pruebas de sistemas acústicos en Chile, las que están siendo evaluadas por SUBPESCA.

**MJP.** Dispositivos acústicos (Pingers), Redes anti-predadores (redes loberas), que actúan por exclusión, no como disuasivos. En el pasado, en Chile se utilizaron además orcas falsas. Probablemente, se utilizan ilegalmente aún armas de fuego.

### 4) ¿Que dispositivos disuasivos son menos peligrosos para mamíferos marinos, por qué?

**AYF.** El Luminoso debido a que no hay contacto físico con el animal y no hay una energía que cause dolor o daño involucrada.

**FHF.** La red rígida es menos peligrosa, porque no permite enmallamiento o enredos, debido a que no requieren tensores (reticulado) y a que la malla no presenta deformación. La más peligrosa de las tres es la red flexible.

**SB.** Las redes anti predadores, siempre que estén bien instaladas y mantenidas, con tensión adecuada. Los disuasivos acústicos no convencen del todo, debido a que hay ambigüedad en su eficacia para disuadir lobos/focas a nivel internacional e ingresan ruidos en el ambiente con efectos desconocidos en los pequeños cetáceos, en especial en Chile. Hay que considerar además el solapamiento de distribución de especies como delfín chileno o marsopa espinosa vs. ubicación de cultivos marinos. Hay especies en Chile de alta frecuencia (HF) con eventuales daños, de las cuales desconocemos audiometría.

**IH.** Las redes anti predadores, dado el desconocimiento actual sobre dispositivos acústicos, los que deberían usarse siempre que se demuestre no hay efecto sobre la fauna local.

**MS.** Ambos tienen riesgos. La red lobera genera peligros por enredos/enmalles, que no han sido evaluados para poder dimensionar si son o no menos riesgosas para los MM. Se sabe que redes loberas bien instaladas, (rígidas/tensas) tendrían un menor riesgo de enmalle, pero faltan datos para evaluar/dimensionar riesgo. Los cabos asociados a la instalación de redes son un riesgo para grandes cetáceos. Los DDA son peligrosos en particular para los pequeños cetáceos (delfines y marsopas), ya que inducen cambios de comportamiento y abandono de ciertas áreas por contaminación acústica.

5) ¿Que aspectos legales surgen al usar dispositivos disuasivos en la industria salmonera?

**MJP.** Las redes anti depredador, al tener una finalidad más preventiva, parecen ser menos riesgosas. En el caso de los dispositivos acústicos, hay algún desconocimiento respecto de sus efectos ya que pareciera que estos son especie-específico. La literatura reporta molestias auditivas, lesiones físicas, interferencia de comunicación social entre los individuos, abandono de áreas. Entiendo que se desconocen efectos a largo plazo

**AYF.** Si se les exige, deben asegurar que sus medidas de mitigación o control para la protección de sus salmones, no causen daños colaterales en las otras especies.

**FHF.** En Chile, se permiten distintos tipos de red lobera (semirrígidas, flexibles), aunque con tamaño de malla mínimo de 10". Es posible usar además redes peceras rígidas, sin necesidad de emplear redes loberas,

**SB.** Básicamente autorizaciones de la autoridad competente, en Chile y USA, por ejemplo.

**IH.** En el caso los DDA, en Chile hay comité control del ruido subacuático, el que ha recibido consultas para uso de dos disuasivos, ya cuya recomendación fue realizar experimentos indicando contenidos mínimos a entregar en sus reportes. En USA hay recomendaciones para el uso de DDA, con simulador disponible en línea, pero su normativa se basa en audiogramas de solo algunas especies y hay muchos vacíos de información, tanto para MM como otras especies.

**MS.** En Chile, la salmonicultura ha realizado acuerdos de buenas prácticas (en 2011 y tal vez posteriores), en que los salmonicultores se comprometen a usar redes loberas de 10" de tamaño de malla para evitar riesgos de enmalle de mamíferos marinos. En el caso de los DDA, se conformó un Comité de Ruido Submarino, en el marco de SUBPESCA, que ha determinado la necesidad de llevar a cabo investigación de efectividad e inocuidad de DDA sobre cetáceos. Todos los MM se encuentran protegidos en Chile por ley. El lobo marino común se cuenta con veda desde el 2021.

**MJP.** -

6) ¿Conoce alguna granja salmonera que tenga dispositivos disuasivos que sean menos peligrosos y que hayan sido implementados efectivamente?

**AYF.** No

**FHF.** Actualmente, no hay en Chile centro de cultivo que utilicen redes rígidas (metálicas).

**SB.** No

**IH.** No conozco ejemplos de ese tipo.

**MS.** No tengo información.

**MJP.** Lo desconozco, aunque no lo he investigado.

### 3 Dispositivos acústicos para pinnípedos

7) ¿Qué tan efectivos son los dispositivos acústicos en disuadir pinnípedos?

**AYF.** Creo que esa respuesta no está clara aún.

**FHF.** -

**SB.** De acuerdo a literatura publicada, la respuesta es ambigua. Hay acostumbamiento del lobo/foca a los dispositivos, entonces baja eficiencia al largo plazo. Coram et al 2022 (en un informe para Marine Scotland) dicen que actualmente la literatura no apoya a su uso largo plazo.

**IH.** Los dos primeros años funcionan bien, luego hay acondicionamiento de los animales y los DDA incluso llegan a atraer lobos marinos, por efecto condicionado. Hay dificultades de evaluar la efectividad de los DDA

**MS.** Efectividad regular, funcionan bien al principio, pero existe acostumbamiento y vuelven las interacciones

**MJP.** Hay registros de que son eficaces sólo en el corto plazo, pues habría un acostumbamiento. Su efectividad podría depender del grupo etario y del nivel de apetencia.

8) ¿Qué circunstancias afectan su efectividad?

**AYF.** El correcto conocimiento del umbral auditivo de la especie objetivo y la correcta selección de la frecuencia de emisión del dispositivo, de forma que cause incomodidad, pero no daño en el animal objetivo.

**FHF.** -

**SB.** Aparentemente, el acostumbamiento. (Ver revisión de Coram et al 2022)

**IH.** El tiempo de utilización o su regularidad (grado de impredecibilidad de las características del sonido, para evitar acostumbamiento)

**MS.** La difusión/propagación del sonido según las características del agua, la topografía del fondo marino en lugar del empleo. Uso no adecuado de los DDA,

ej.: uso continuo que favorece el acostumbramiento por parte de los animales. Pese a la molestia para lobos marinos, el incentivo depredar salmones en centros de cultivo sería más fuerte. Podría asimismo existir un efecto diferenciado asociado a la edad (menor sensibilidad de oído). El lobo marino común es una especie que se adapta fácilmente a los cambios y puede modificar su comportamiento (ej.: dejar de bucear en el momento en que el DDA se encuentra funcionando) para de ese modo evitar la fuente sonora.

**MJP.** El tiempo de utilización, la eventual capacidad de modificar la señal sonora del equipo. La presencia de interferencias o presencia de ruido ambiente en el lugar de uso.

**AYF.** El daño se produciría si el animal es obligado a estar expuesto a altas dosis de energía acústica por largos periodos de tiempo. Esto podría suceder si el animal queda o está imposibilitado de alejarse de la fuente de ruido y la fuente sonora se mantiene emitiendo sonido en forma continua.

**FHF.** –

**SB.** Cuando su sonido supera los umbrales auditivos para las especies, pero hay incertidumbre debido a que los umbrales se han definido en pocas especies y en ningún pequeño cetáceo HF presente en Chile. Además, el desplazamiento/pérdida de hábitat también debiese ser considerado como un daño serio (ej. desaparición de una especie de una bahía). Fundamentalmente, los pequeños cetáceos.

**IH.** Depende de la intensidad y frecuencia del pulso, suelen no ser ruidos permanentes. El pulso podría generar cambios fisiológicos temporales a nivel auditivo (eg. TTS). Se requiere conocer además el área de afectación de los DDA, pues se genera un gradiente de afectación en donde ésta disminuye (de más a menos graves) a medida que se incrementa la distancia a la fuente. Se puede generar cálculo teórico para estimar las áreas que requiere ser complementado in situ, dada la dependencia de factores físicos de mar (eg. salinidad). Primeramente, especies endémicas, como chungungo (considerado MF por extrapolación desde sps. del hemisferio norte), el delfín chileno, en particular especies HF, pues suelen afectar mayormente a las especies de frecuencias medias y altas.

**MS.** En los cetáceos/pinnípedos si el sonido está sobre cierto umbral, que perturbe al animal. Por ejemplo, generando que emerja rápidamente, cambio brusco de presión podría causarle daño grave o muerte. Se desconocen los impactos a mediano-largo plazo de las alteraciones conductuales asociadas a la contaminación acústica. Los pequeños cetáceos (delfines y marsopas), ya que la frecuencia y longitud de onda de sus sonidos se solapan con los emitidos por la frecuencia de trabajo de los DDA. Esto se ha visto a nivel internacional que provoca cambios de comportamiento, perturbación del hábitat y finalmente el abandono del lugar. En Chile, las especies que serían las más afectadas debido a su distribución y comportamiento serían la marsopa espinosa y el delfín chileno, por su estado de conservación, así como el delfín austral.

**MJP.** En caso que las características del sonido produzcan un trauma acústico o un cambio conductual que interfiera, por ejemplo, en su alimentación. Pequeños cetáceos (odontocetos), como marsopas, en donde hay literatura que avalan impactos. En el caso de especies con distribución reducida, que son residentes de una cierta área, como el delfín chileno o la marsopa espinosa, por ser además más costeros. También en el delfín austral, aunque con diferencias, de acuerdo a su distribución. Hay igualmente especies afectadas además por pesca incidental por parte de pesca de pequeña escala. En literatura hay registros de daños por sonido submarino en especies de Zifios, en islas Canarias.

9) ¿En qué circunstancias los dispositivos acústicos causan daños serios o muerte en pinnípedos (y/o cetáceos y nutrias, en caso de conocimiento)?

¿Qué grupo o grupos de mamíferos marinos son particularmente susceptibles a ser impactados por dispositivos de disuasión acústicos? ¿Qué tipos de impactos negativos se aprecian en esos grupos o especies?

#### 4. Redes antidepredadores y pinnípedos

10) ¿Piensas que las redes antidepredadores son efectivas en disuadir pinnípedos (lobos marinos, específicamente) en granjas salmoneras?

**AYF.** No tengo información al respecto, pero creo que, con un buen diseño y permanente mantención, sí lo serían.

**FHF.** Considero que son efectivas, siempre que exista una adecuada mantención. Se requieren revisiones y reparaciones periódicas de la red, específicamente roturas o mantención de tensiones.

**SB.** Entiendo que sí, conforme a su nivel de mantención.

- IH. Imagino que sí, dado que es una barrera física.  
 MS. Si son efectivas.  
 MJP. Son efectivas, actúan preventivamente, pues no asustan, previenen el ingreso.  
 AYF. Mal diseño y falta de mantención.  
 FHF. Un mal mantenimiento. Se requiere una buena limpieza de la red (fouling), para evitar mayor peso o arrastre que genera deformación, hundimiento y daña las fibras, debilitando a la red. Una mayor superficie expuesta del paño favorece la depredación (ej. en balsas circulares). Condiciones oceanográficas de zona expuesta (principalmente corrientes) porque deforma las redes  
 SB. El nivel de mantenimiento a que son sometidas  
 IH. Desconozco.  
 MS. En el caso de que la mantención/instalación sea la adecuada. A esto me refiero con que la rigidez/tensión de la red, la calidad del material (que no facilite roturas) y su modo de instalación (por sobre el nivel del agua para evitar acceso por sobre su sección superior) son factores que afectan la efectividad de las redes loberas.  
 MJP. La existencia de mantenimiento apropiado y lo adecuado de su instalación.  
 AYF. Cuando su diseño permite la ocurrencia de atrapamientos  
 FHF. En el caso de los cetáceos se pudiese dar el caso de algún enredo con el reticulado lobero. Podría haber enmallamiento en el caso de los lobos, especialmente de pequeño tamaño.  
 SB. No lo se.  
 IH. Desconozco, pero imagino alguna rotura, problemas de mantenimiento, falta de inspección  
 MS. De acuerdo a la instalación. Si fuese una suerte de pared rígida, se evitaría o reduciría el riesgo de enmalle. Cabos sueltos, por ejemplo, favorecen enredos de grandes cetáceos.  
 MJP. Si no se mantienen adecuadamente generan enredos o enmallamiento. La ubicación del sitio de cultivo en un lugar de tránsito o de alimentación de mamíferos marinos, aumenta probabilidad de encuentro/enredo.
- 11) Que circunstancias afectan la eficacia de las redes antidepredadores para pinnípedos?**
- 12) Bajo que circunstancias las redes antidepredadores causan daños serios o muerte en pinnípedos (y/o específicamente leones marinos, cetáceos y nutrias, en caso de conocimiento)?**

## 5. Disuasivos alternativos

- 13) ¿Conoce algún otro método menos dañino, más allá de dispositivos acústicos y redes anti predadores para prevenir interacciones con mamíferos marinos?**
- AYF. Los dispositivos luminosos podrían ser menos peligrosos ya que solo afectarían en un rango limitado debido a la opacidad del medio para la luz. Se genera una respuesta de evasión sin potencial daño fisiológico en especies no objetivo  
 FHF. -  
 SB. No conozco  
 IH. El empleo de salmones falsos electrificados/con electrodos, el cual hay que evaluar, considerando que el impulso eléctrico varía según conductividad del agua (dulce, mar, salinidad, etc.). Quizás algún dispositivo que evite el contacto visual (pantallas visuales), por ejemplo, mediante cortinas de burbujas.  
 MS. A nivel de pruebas, sistemas automáticos de vigilancia mediante robots submarinos que ahuyenten a los lobos marinos. En los DDA, contar con algún sistema de alarma que permite que el equipo se active únicamente en presencia de lobos marinos en el centro de cultivo.  
 MJP. Desconozco, no lo he investigado, pero en términos de medidas de manejo, se requiere un registro continuo de las interacciones para así identificar medidas de mitigación por zona/grupo etario/sexo, etc. Adicionalmente, como medidas preventivas siempre se refuerza las "buenas prácticas" en el desarrollo de las actividades, mantención adecuada, campañas de información, monitoreo continuo de presencia de animales y eventos de interacción. En este contexto se refuerza la importancia de talleres de capacitaciones desde identificación de especies de mamíferos marinos, caracterización de interacciones y registro continuo

#### 4.2.3. Entrevistas opinión experta profesionales centros de cultivo

Se entrevistó a doce profesionales que tienen entre 5 y 24 años de experiencia en el área de Operaciones/Producción en centros de cultivo de salmones. Las personas entrevistadas declararon haber desarrollado su actividad profesional en las Regiones de Los Lagos (8), Aysén (6) y Magallanes (1) (Ver Anexo).

La totalidad de los entrevistados mencionó al lobo marino o lobo marino común como el principal depredador causante de mortalidad de salmones en cultivo, daños a estructuras o riesgos para el personal, de los cuales ocho lo indican como el único depredador. Tres de ellos mencionaron mustélidos (huillín, chungungo, nutrias visón) ya sea de modo ocasional o a nivel mínimo. Otras menciones incluyeron aves y orca.

El ingreso de los lobos marino a las unidades de cultivo es descrito que se lleva a cabo principalmente por roturas de la red lobera, debido a desgaste por roces (eg. debido a maniobras de embarcaciones), debido a que los lobos marinos la muerden o empujan hasta romperla o aprovechando su baja tensión o a la existencia de corrientes fuertes, por ejemplo, por cambios de marea. Se indica que igualmente trepan al pasillo de la jaula por sobre la red lobera, en especial en puntos en que los cercos perimetrales se encuentran sueltos.

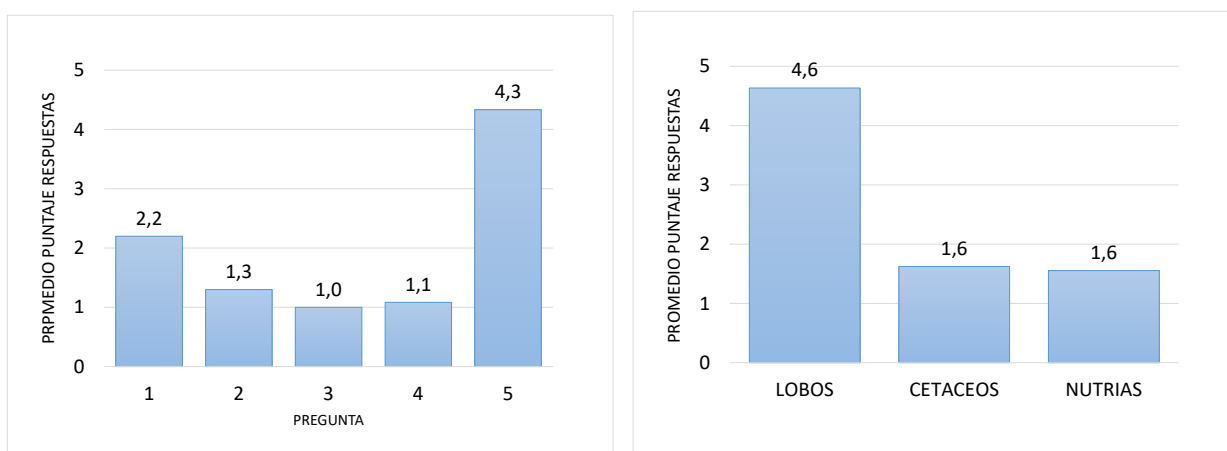
La encuesta incluyó seis preguntas en que se pidió valorar al entrevistado la respuesta, según escala Likert de 1 a 5. Así, en las preguntas 1) a 4) y 6) se consideró una escala tipo Likert Nunca = 1, Algunos meses=2, Algunas semanas=3, Todas las semanas=4, Todos los días=5. En el caso de la pregunta 5, la escala correspondió a correspondió a Nunca =1, Algunos meses=2, Algunas semanas=3, Todas las semanas=4, Todos los días=5.

Las preguntas correspondieron a:

- 1) ¿Con que frecuencia se produce el Ingreso de lobos marinos a los pasillos de las balsas jaula? (Nunca/Algunos meses/Algunas semanas/Todas las semanas/Todos los días)
- 2) ¿Con que frecuencia se producen Enmalles/enredos de lobos marinos en estructuras tales como cabos o tensores de paños loberos (Nunca/Algunos meses/Algunas semanas/Todas las semanas/Todos los días)?
- 3) ¿Con que frecuencia se producen Enmalles/enredos de cetáceos (ballenas, delfines) en estructuras tales como cabos o tensores de paños loberos (Nunca/Algunos meses/Algunas semanas/Todas las semanas/Todos los días)?
- 4) ¿Con que frecuencia se producen Enmalles/enredos de nutrias en estructuras tales como cabos o tensores de paños loberos (Nunca/Algunos meses/Algunas semanas/Todas las semanas/Todos los días)?
- 5) ¿Qué tan eficaces son las redes loberas para evitar interacciones con MM (nula/baja/media/alta/muy alta)?
- 6) ¿Con que frecuencia (Nunca/Algunos meses/Algunas semanas/Todas las semanas/Todos los días) se avistan Lobos/Cetáceos/Nutrias en torno a centros del cultivo?

Hubo 10 respuestas tanto a la Pregunta 1 como a la 2. En tanto el resto de las preguntas tuvo 100% de respuestas (12 respuestas cada una). Las respuestas dan cuenta de la ocurrencia habitual, de “algunos meses” para ingresos de ejemplares de lobo marino común a pasillos de balsas jaula, en tanto sus enredos o enmalles son reconocidos como eventos de muy baja frecuencia de ocurrencia. En el caso de la ocurrencia de enmalles/enredos de cetáceos o mustélidos (Preguntas 3 y 4), las respuestas indican que corresponden a situaciones que nunca han sido observadas por los entrevistados en el caso de cetáceos y de ocurrencia excepcional, prácticamente nula en el caso de los mustélidos (puntaje promedio de 1,3). Las redes anti depredadores o loberas son percibidas como de eficacia alta (puntaje promedio de 4,3) por parte de los entrevistados.

En cuanto a los avistamientos, 11 respondieron a la pregunta respecto del lobo marino común, en tanto ocho y siete respecto de cetáceos y nutrias. La especie que registra mayor frecuencia correspondió al lobo marino común (4,6 en promedio), en tanto cetáceos y nutrias son avistadas en torno al centro con frecuencia menor (1,6 puntos en promedio) (Fig. 73).



**Figura 73.** Puntajes promedio de las respuestas en preguntas con una escala Likert asociada. Izquierda: preguntas 1 a 5. Derecha: pregunta 6.

Se indican a continuación los resultados de las entrevistas a profesionales de la industria salmonera.

## INTERACCIÓN ENTRE MM Y SALMONES

1) ¿Qué especies de predadores causan pérdidas/mortalidad en salmones, daños en estructuras o riesgos para el personal en los centros de cultivo?

E1. Lobos marinos, nutria, huillín, chungungo, entra a las peceras come mortalidad y se va, aves. 1° lobo, 2° aves, 3° otros.

E2. Lobo, orca, pájaros, cuervos, huillín como nutrias

E3. Lobos marinos siempre, nutrias (ocasionalmente) ataca a salmones

E4. Lobos marinos

E5. Lobos marinos principalmente

E6. Lobo común

E7. Lobo marino

E8. En mi experiencia solamente los lobos marinos (*Otaria flavescens*)

E9. Lobo marino

E10. Solo Lobos

E11. Predador principal el lobo en etapa adulta, en siembra de peces las gaviotas y cormorán, a nivel mínimo el visón.

E12. Lobos Marinos

2) Cuando hay depredación de salmones por mamíferos marinos, principalmente ¿cómo y cuándo se produce? (ej. ingreso a las jaulas, desde el exterior y a través de las paredes de la jaula, desde exterior y a través del fondo de la jaula, de día o de noche, tipos de jaulas, época del año, otro).

E1. Por salto directo, trepando por el cerco lobero, por rotura de mallas. Las mallas se rompen por corbata, desgaste, ataques a reparaciones de redes loberas o redes nuevas, corte tensor o talón que afloja la red lobera y luego se va desgastando o es atacado por lobos al ver la zona floja.

E2. El lobo es inteligente, entra por sobre la red o rompiendo la red, donde esté más débil. Si entra por debajo de la red es por mala instalación, redes viejas, este el punto crítico. Los lobos actúan en manada, empujan, trabajan en equipo, mala mantención, el manejo es esencial. El tratamiento de pintura baja 15% la resistencia de la red y puede repararse varias veces, bien instalado es difícil que entre. Ataca en tarde y noche, cuando hay menos presencia humana. Es el mamífero más inteligente que pueda depredar al cultivo de salmones

E3. Los ataques de lobos son todo el año, pero en primavera disminuyen los ataques. Y principalmente en la noche (70%) porque no anda gente circulando. En el día parecen que duermen y en la noche atacan. Principalmente entran por roturas de redes. Suben por fondeos, suben a las boyas. Por lo general los ataques parten por una pequeña rotura. Si se acostumbra a comer en un centro con roturas de mallas, luego puede comenzar a romper las redes para comer.

E4. Los principales ingresos de lobos son producto de roturas en loberas por mal atraque de embarcaciones, por descosturas de paños y/o malas maniobras del personal del centro. Los ingresos son a lo largo de todo el ciclo productivo.

E5. Las formas de realizar el ingreso son: Rotura de lobera (la cual puede ser generada por malas condiciones climáticas que genere algún roce o un sobre esfuerzo en algún punto), por la misma inteligencia o capacidad física de romper la lobera con los dientes o en su defecto saltar para pasar por sobre la perimetral (esta última opción es en menores casos, pero si se genera)

E6. Principalmente por roturas en red lobera ya sea en pared lateral o fondo.

E7. A través de la lobera la rompen y luego entran a las jaulas.

E8. Principalmente por roturas en redes loberas, posteriormente subiendo a pasillo e ingresando a jaula rompiendo redes pajareras. De igual manera por sobre de cercos perimetrales. Ambas sin importar fecha del año.

E9. Hacen ingreso durante todo el año, rompiendo redes loberas, por apegamiento de redes por corriente, escalan la reja perimetral subiéndose a los tensores de cadena.

E10. Rompen la red lobera empujándola hasta rompen, hacen trabajo en equipo, en ocasiones, los más pequeños son los que ingresan apoyados por lobos más grandes que empujan al más pequeño hasta romper un par de mallas de la red donde pueda entrar el más pequeño.

3) En caso que se produzca el Ingreso de mamíferos marinos (MM) a unidades de cultivo o enmalles/enredos de MM con estructuras de cultivo (mallas, cabos), ¿que interferencias operacionales se generan (ej. en la alimentación/limpieza/repación, otro)? ¿Qué protocolos se aplican?

E11. Se produce dependiendo de la mantención de las loberas y cercos perimetrales, al estar en malas condiciones puede ingresar el lobo por sobre las mallas perimetrales e ingresar directamente a la peceras, ahora si los perimetrales de se encuentran en buen estado y las loberas un poco suelta el ataque se produce por apegamiento de lobera con pecera por el fondo,, ahora si tienes todos bien Ordenado y tenso podrías tener ataque de lobo en los camios de mareas o mareas muy altas por apegamiento también

E12. Por lo general es por alguna rotura de la red lobera durante la noche

E1. Para la alimentación, el salmón coho come igual, el salmón salar deja de comer, aunque esté cerca, se asusta fácil el salar.

E2. Cuesta darse cuenta, en algunos peces asustados baja la apetencia

E3. Protocolo de avisar a SERNAPESCA, autopsia. Reparación de rotura por donde se enredó, buscar más hoyos, volver a tensar la malla si es necesario. Los peces se estresan y dejan de comer o disminuyen mucha su apetencia, esto afecta principalmente a la jaula que ingresaron, pero en las jaulas no atacadas igual disminuye su actividad. La jaula atacada no come por la jornada.

E4. Al ingresar un lobo se deprimen los consumos de alimento y se estresan los peces de cultivo. Para sacarlo buscamos espantarlo metiéndole ruido y realizando aberturas en lobo (visibles) para que salga. En simultaneo se revisan los lobo (zonas donde hubo ataque de embarcaciones como inicio de búsqueda) mediante ROV.

E5. Protocolo de avisar a SERNAPESCA, autopsia, Reparación de hoyo donde se enredó, buscar más hoyos, retesar la malla si es necesario, peces se estresan y dejan de comer o disminuyen mucha su apetencia, esto afecta principalmente a la jaula que ingresaron, pero en las jaulas no atacadas igual disminuye su actividad. La jaula atacada no come por la jornada.

E6. La interferencia que se genera es la probabilidad de tener mortalidad de peces por acción de este mamífero; además de tener que destinar personal para aplicar protocolo de liberación, generando perdida de horas hombre. En este caso, se procede a liberar al animal con medios no dañinos. Se abre parte de red /reja perimetral y se procede a guiar al animal para que pueda salir de módulo.

E7. Se bajan las mallas para que el lobo salga de la jaula y luego se aja la lobera para que salga del módulo.

E8. Alimentación, extracción de este del módulo de manera inmediata y si supera más de un día se debe aplicar plan de contingencia enviado al servicio.

E9. Se deja de alimentar la jaula, se da aviso a operaciones, el ROV ingresa en búsqueda de la rotura, el team de buceo repara la rotura

E10. Los peces no comen con lobos dentro del módulo.

Se debe detectar la rotura mediante ROV para sacar al lobo por el mismo lugar y luego reparar la red con team de buceo.

E11. Al momento de ingreso hay que tratar de sacarlo y pillar rotura de ingreso para ser reparada. Interfiere en la alimentación de los peces por la poca actividad y stress producido y aplican protocolos internos de la empresa que principalmente es poder sacar el lobo del módulo.

E12. Se genera estrés en los peces, mala apetencia, mortalidad de peces, aparte de toda la logística operacional tales como: la utilización de buzos, embarcaciones y personal. El protocolo consiste en siempre velar por el bienestar animal y la seguridad de todo el personal.

#### REDES LOBERAS ACTUALMENTE EN USO

4) ¿Qué tipos de redes loberas (ej. con o sin anti fouling, diseños o materiales de construcción) se emplean habitualmente en los centros de cultivo?

E1. Loberas con almas de acero en centros complicados por ataques o muy expuestos, tiene de todas las disponibles, PA impregnada, HDPE, con alma de acero.

E2. Con fouling, HDPE, poliamida, polietileno, las más modernas son redes con almas de acero.



- E3. La mayoría en Magallanes no usa antifouling. Últimamente están usando polietileno Garware, y las tradicionales tipo Braided, usan doble paño en los primeros metros.
- E4. Con antifouling
- E5. Las loberas que se ocupan principalmente son con anti fouling y en los casos donde los centro tienen poca adherencia de mitilidos se puede usar una lobera sin anti fouling y lavar todo el ciclo.
- E6. Red lobera impregnada con anti fouling. Cajón rectangular que rodea jaulas de cultivo
- E7. 30x30 o 40x40 con anti foiling.
- E8. Redes con anti fouling de nylon 210/360 de apertura de malla de 10".
- E9. Red lobera euroline sintética con antifouling.
- E10. Redes sintéticas con alma de acero
- E11. Con antifouling, 10x10 pulgadas
- E12. Redes de hilo con antifouling
- 5) ¿Qué tan eficaces son las redes loberas para evitar interacciones con MM (nula/baja/media/alta/muy alta)?, ¿en qué circunstancias son más eficaces? (ej. con que frecuencia de mantenimiento, grado de tensión, otra)
- E1. Muy Alta con buen manejo, mantención, retensado, contrapesos de lobera pueden dañar la red de HDPE, se realiza retensado a los 2-3 meses de instalado, porque elongan o se acomodan. El trabajo preventivo es vital y debe ser constante para que sea efectiva.
- E2. Si son eficaces, depende de la mantención e instalación, que solo muera el 1% habla de una gran tecnología. El lobo busca centros con peces grandes, es un mamífero selectivo.
- E3. Muy Alta. Cuando está suelta aumenta el ataque. El ancho pasillo influye, mientras más ancho el pasillo, más separada está la red lobera de la pecera, eso contribuye a disminuir la probabilidad de ataques de lobos
- E4. En la medida que la instalación queda bien hecha y las loberas no las rompemos con las embarcaciones. La eficiencia es alta.
- E5. Muy alta. Las redes se realizan mantención mensualmente, se instalan según tensometría por normativa
- E6. Son altamente eficaces, el ingreso de lobos se produce solo cuando se generan roturas en las redes, ya sea por desgaste, o hélices de embarcaciones, fricción con embarcaciones
- E7. Muy alta
- E8. Alta, con mantenciones idóneas, además de no ser muy antiguas.
- E9. Alta eficacia, revisión quincenal, mantención mensual.
- E10. Son eficaces, pero depende de las condiciones en que se encuentra la red, si la red es vieja se rompen con mayor facilidad, ideal 1 o 2 ciclos máximo.
- E11. Altamente eficiente si se encuentran con sus mantenciones, tensores, inspecciones periódicas etc al día.
- E12. Alta
- 6) Según su experiencia, ¿ha presenciado en terreno daños graves o muerte de especies de mamíferos marinos (MM) en algún centro de cultivo de salmones en Chile debidos a enmallamientos o enredos en redes loberas o en sus cabos en los últimos cinco años? ¿que especie? ¿en que zona?
- E1. Muy extraño saber de enmalle de lobo
- E2. Sí, menos ahora
- E3. Sí.
- E4. No he visto enmallamientos de mamíferos
- E5. No he presenciado daño o muerte de especies a raíz de las instalaciones de un centro.
- E6. No, no he presenciado esta situación
- E7. Nunca he visto.
- E8. Nunca
- E9. Sí, tres lobos marinos, Melinka
- E10. Sí, un lobo muerto enmallado intentando entrar por la red lobera.
- E11. Nunca he presenciado

E12. No he presenciado daños graves o muerte de mamíferos marinos

#### DISPOSITIVOS/MEDIDAS DE DISUASIÓN ALTERNATIVAS A REDES LOBERAS

7) ¿Qué dispositivos o prácticas conoce que se hayan probado en Chile, distintos a las redes loberas, para evitar el Ingreso de mamíferos marinos (MM) a unidades de cultivo, la depredación de salmones o los enmalles/enredos de MM con estructuras de cultivo?

E1. Actualmente, viseras de 1,5m en cerco lobo de 3m. Trabajo operacional, inspecciones continuas, todos los días a la relinga perimetral, botes después de las boyas entran con motor apagado, inspección ROV: 2 cada 15 días, 100% del tiempo revisando redes mientras no ocurra otra necesidad.

E2. Antes: Se usaban técnicas poco decorosas que hoy serían inaceptables, además de red lobo y cerco lobo. Ahora: Solo red lobo y cerco lobo

E3. Cercos perimetrales lobo. Alguna vez hubo en la empresa disuasivo sonoro submarino, pero solo funcionó por unas semanas y luego volvió el lobo. Algún pirata una vez ocupó en el pasado cerco eléctrico con muy buenos resultados

E4. Sonido de orcas bajo el agua

E5. En las redes, se trabaja con las aleaciones que permitan resistir mayores puntos de ruptura. Por otro lado se está implementando canastillos para instalar en las boyas para que no se suban a las boyas.

E6. Solo he tenido experiencia con redes lobo

E7. Lo desconozco

E8. Dispositivos de disuasión acústica.

E9. Dispositivos de disuasión sonoro, boyas con forma de orca, boyas con cubierta anti lobos.

E10. Sonido, ballenas artificiales tipo orcas, cama de faquir en boyas para evitar que los lobos descansen sobre estas.

E11. Sondas de sonidos pero al principio son eficiente luego el lobo le pierde el miedo.

E12. Dispositivos sonoros como ruido de orcas

¿Qué dispositivo o práctica conoce, distintos a las redes lobo, que hayan demostrado ser eficaces en Chile para evitar el Ingreso de mamíferos marinos (MM) a unidades de cultivo, a depredación de salmones o los enmalles/enredos de MM con estructuras de cultivo?, ¿considera que evitan daños graves o mortalidad en MM?

E1. Viseras, cerco lobo alto, 3m. Se conoce que los ataques de lobos son por un mal manejo operacional no más que eso. Relinga perimetral tensa, sin espacio en el pasillo al borde de la red perimetral para que no pueda subirse el lobo al pasillo por fuera de la red, ya que, una vez parado puede trepar o hacer peso sobre la red perimetral para saltarla el mismo u otros lobos.

E2. Redes metálicas como las redes de aleación de cobre permite no contar con red lobo; Maquetas de orcas con sonido, ultrasonido, pero no funcionaron; las paredes divisorias en las redes lobo acotan el daño que puede hacer a las jaulas, si entra a un sector solo atacará esas 4 jaulas y no el módulo completo y entrar el lobo rápido. Los ROV ayudan a la prevención, igual que los buzos.

E3. Cercos lobo, metálicos o de nylon, los cuales deben quedar muy tensos para evitar que entre el lobo y revisarlos constantemente, debido a que el constante empuje hace que ceda el paño, hasta lograr pararse en el pasillo y luego carga la red hasta poder saltarla.

E4. Ninguno

E5. En general ahí que buscar que los lobos principalmente no se genere algún lugar para que se pueda subir y descansar ya que asociado a eso se puede quedar por tiempos prolongados permitiendo o aumentando la probabilidad de un ingreso de lobo a las instalaciones.

E6. Solo he tenido experiencia con redes lobo

E7. Lo ignoro

E8. Solamente conozco la disuasión acústica, la cual funciona en un principio, pero conforme avanza el ciclo los lobos se acostumbran a esta y la ignoran.

E9. Ningún otro método ha servido.

E10. Solo lobo, los lobos se acostumbran a lo que sea

E11. Que no sean lobo al menos podría ser las sondas de sonido y los cercos perimetrales metálicos.

E12. Cercos lobo: La presencia de estos dispositivos no generan daños graves o mortalidad a los MM

Podría pensarse que los cabos tensores o reticulados de las redes loberas facilitan que haya enredos con resultado de muerte o con lesiones graves para mamíferos marinos como lobos, ballenas, delfines o nutrias. ¿Está de acuerdo?, ¿por qué?

- E1. No nada, incluso pasan ballenas entre boyas y módulo.
- E2. Reticulado al lobo no le pasa nada, ballenas ha habido más problemas sobre todo en zonas de paso. Pero muy escasos
- E3. No. Utilizan las cadenas para apoyarse y trepar
- E4. No, no tienen nada que ver. Los tensores y reticulados solo sirven para dar forma y hacer que el lobero sea más eficiente.
- E5. Creo que la probabilidad es mínima asociado a que los cabos tienen una tensión alta que impediría un enredo, la única opción que visualizo como opción de enredo es si se cortara algún tipo de cabo y que al pasar el lobo u otro se pudiera enredar, pero en mis 10 años de trabajo nunca he presenciado algún evento de estas características.
- E6. Si, pero tensores y cabos son parte estructural de lobero, por lo cual, resulta difícil pensar en instalar estas mallas sin estos elementos.
- E7. Lo ignoro
- E8. En desacuerdo, personalmente nunca he visto que ocurra, los mamíferos marinos no se acercan tanto a la costa, principalmente se desplazan por el centro de los canales.
- E9. No, la falta de mantenimiento puede provocar un enmalle.
- E10. Nada
- E11. No, negativo. No provocan enredo en mamíferos
- E12. En ningún caso, La tensión del reticulado y redes loberas impide que se genera algún enredo de los MM.

Suponemos que gran parte de la depredación de salmones por parte de lobos marinos son facilitadas por la deformación de las paredes de las redes loberas o peceras si es que no están lo suficientemente tensas. ¿Está de acuerdo?, ¿por qué? ¿Qué otros factores identifica?

- E1. Si, tiene que estar tensa, sin bolsas, revisión constante a la red lobera. Cuentan con ROV permanente en la el centro revisando loberas, tensores, reticulado y apoyando otras labores.
- E2. Absolutamente
- E3. Así es, el lobo empuja y se acerca a las redes peceras, una vez que estas redes hacen contacto, pueden succionar y matar peces
- E4. Gran parte de la depredación ocurre por roturas en loberas producto de las hélices de embarcaciones.
- E5. No estoy de acuerdo, ya que si no están tensas no se generan puntos de tensión que puedan generar una rotura. Lo que visualizo como una falla mayor es la falta de mantención y visualizar tendencias de roturas para poder identificar posibles inconvenientes (problema reticulado, punto de mayor tensión con cambios de marea, entre otros).
- E6. Efectivamente esto es así, se produce ataque de lobo por apegamiento. Esto sucede cuando los tensores loberos no están trabajando adecuadamente. También se produce cuando existen pliegues o paño sobrante en malla, la cual genera que ésta con los cambios de marea pueda llegar a red pecera.
- E7. Lo ignoro
- E8. En gran medida la deformación por mala tensión es un factor a considerar, ya que esto provoca que peceras se encuentren cerca de la red lobera, por lo que el lobo solo debe empujar un poco para atacar.
- E9. Por lo general los tensores de pecera no están trabajando de manera correcta juntando ambas mallas.
- E10. Si, cuando las redes se acercan o juntan (lobera y peceras), los lobos empujan las redes hasta acercarse a los peces y los succionan.
- E11. Afirmativa es totalmente cierto que una mala mantención ayuda la depredación de mamíferos al estar poco tensa las mallas ayuda al apagamiento de estas
- E12. No estoy de acuerdo, esto no ocurre en nuestra compañía ya que constantemente se están revisan las redes peceras y loberas, evitando que se

pierda tensión. Por lo tanto, nunca he presenciado depredación por deformación de las redes.

Se podría pensar que el retiro frecuente de la mortalidad de salmones desde el interior de las jaulas disminuye o evita la depredación por parte de lobos marinos. ¿Está de acuerdo?, ¿por qué?, ¿Qué otros factores de manejo considera que ayudan?

E1. Se reconoce que come mortalidad, pero con buen tensado no debiera ocurrir, no influye mucho porque se retira todos los días

E2. La mortalidad siempre se ha retirado a diario, las mortalidades masivas (>100 / día) se acumulan peces muertos y el lobo puede atacar más a menudo sin romper la red, ya que solo empuja la red hasta que se apegue lobera con pecera y ahí el lobo muerde o succiona.

E3. Puede que atraiga más peces, pero la mortalidad se retira a diario. Mantención a las redes, tensas, usar robot, amarras en pasillos post-temporal, y revisión constante.

E4. El lobo busca todos los días ingresar a las jaulas. Sacar la mortalidad ayuda, pero esto solo evita que los lobos por el fondo busquen succionar la mortalidad del fondo de las peceras.

E5. Si es importante sacar la mortalidad diariamente, pero en general los centros tienen fotoperiodo por lo que los lobos pueden apreciar de día como de noche los peces al interior de las redes por lo que si existe más o menos mortalidad en el fondo de la malla no genera un estímulo extra.

E6. Sí, la extracción de mortalidad se realiza de manera diaria. Esto evita la llegada de depredadores a la proximidad de la jaula, además de mantener un ambiente sanitario óptimo para los peces.

E7. Si por supuesto

E8. De acuerdo, la extracción frecuente evita que haya disponibilidad de biomasa de fácil acceso para los lobos.

E9. El retiro frecuente de la mortalidad se realiza por temas sanitarios, pudiendo ser un foco infeccioso en potencia, además a la mortalidad diariamente se le realiza necropsia.

E10. Si, la mortalidad atrae a lobos para que succionen los peces.

E11. Totalmente de acuerdo ya que al no tener peces de mortalidad ayuda a que el lobo no insista en atacar las jaulas o producir alguna rotura en loberas. Porque no ve peces en la pecera ara atacar y generalmente donde se aposan lo peces en el fondo es la parte más cercana al fondo lobero y tiene más acceso a poder succionar los peces al insistir y empujar la lobera con la pecera. Otro factor que ayudaría es siempre mantener bien tensa la lobera para minimizar el ataque por apegamiento, y lo que es superficie tener instalado un buen perimetral.

E12. Estoy de acuerdo, el retiro de mortalidad diaria es un factor fundamental, pero también hay otros factores como el efecto humano, ya que muchas veces operarios y trabajadores de los centros alimentan a los lobos con salmón.

Suponemos que el abandono del empleo de jaulas circulares en la industria ha disminuido la depredación por lobos. ¿Está de acuerdo? ¿A qué se debería?

E1. La falta de experiencia con el manejo podría complejizar las labores preventiva y posiblemente aumente el ataque de lobos.

E2. Son más propensas, la separación entre lobera y pecera es menor que la jaula cuadrada, cuesta tensarla, tiene poco espacio para poner un cerco perimetral, se usaban cercos, pero no funcionaban igual que la cuadrada. Aunque una vez que ataca, solo ataca 1 jaula y no las otras a diferencia de las jaulas cuadradas.

E3. –

E4. Desconozco si es así.

E5. Si estoy de acuerdo, esto está asociado a que las jaulas circulares por lo general están en lugares de mayor exposición, lo que conlleva a que el sistema de redes perimetrales deba tener una similar exposición, donde es más fácil que los lobos puedan ingresar por la superficie.

E6. Si, en mi experiencia las jaulas circulares presentan mayor deformación, siendo su estructura más vulnerable a fallas estructurales. Actualmente los

módulos metálicos son usados ampliamente en la industria, presentando ventajas por sobre jaulas circulares

**E7.** Desacuerdo, no tiene relación

**E8.** DE acuerdo, ya que estas no contaban con las medidas de prevención necesaria para evitar el ingreso de depredadores.

**E9.** Se debe al uso de cierre perimetral, ya sea con reja o con malla.

**E10.** No lo sé.

**E11.** La verdad no podría responder esta pregunta y que no alcance a trabajar con esta jaulas, ahora por comentarios de los más antiguos efectivamente disminuyo ya que al ser peceras independiente el sistema de loberas y perimetrales eran por jaulas y las mantenciones eran más precarias que ahora adema sumado a esto los pasillos de las circulares eran más angosta y por ende la lobera con la peceras estaban más juntas que las jaulas metálica que tiene de separación en algunos caso dos metros de distancia entre pecera y loberas.

**E12.** De acuerdo, es mucho menor hoy en día. Pero también es probable que este efecto sea debido a la mejora en la calidad de las redes empleadas hoy.

#### 4.2.4. Entrevistas profesionales empresas dispositivos de disuasión acústica

Se realizaron entrevistas a profesionales de tres empresas dedicadas o que se han dedicado a la comercialización de Dispositivos de Disuasión acústicos en Chile, específicamente a los señores Héctor Salomon (OTAO), Andrew Gillespie-McLean (ACEAQUATEC) y Antonio Pájaro (SOUTHSONIC). Una de ellas, la empresa SOUTHSONIC, corresponde a un emprendimiento local que en el pasado comercializó un dispositivo denominado LARC-1, desarrollado específicamente para ahuyentar al lobo marino común, pero que en la actualidad ya no está orientada a la venta de ese equipo a la industria salmonera. En la entrevista, el Sr. Pájaro mencionó como factores determinantes a los obstáculos de las empresas certificadoras para la industria salmonera asociadas al uso de DDA y a la pérdida progresiva de eficacia de su dispositivo, debido al acostumbramiento de ejemplares de lobos marinos. Información compartida por el entrevistado indica que dicho equipo poseía un archivo con 70 sonidos distintos, generaba un nivel de fuente nominal de 170 dB re 1 $\mu$ Pa re 1 m, trabajaba con frecuencias de transmisión de entre 5 y 17kHz y se activaba ante la presencia de lobos marinos en el sitio de cultivo.

En las entrevistas realizadas a las empresas OTAQ y Ace Aquatec, sus profesionales indicaron el interés por participar como proveedores de equipos de DDA en la industria salmonera en Chile. En el caso de OTAQ, el equipo orientado al mercado chileno corresponde al SealFence SF4, el cual se indicó trabaja a 189 dB de presión sonora de referencia y a una frecuencia de 10kHz. En el caso de Ace Aquatec, la respuesta indica se trata de equipos de baja frecuencia que operan a presiones sonoras de referencia de entre 176-182dB y a frecuencias entre 0,8 y 1,2kHz (Tabla 42). Ambas empresas indican en sus respuestas que cumplen con el estándar requerido por Estados Unidos de la ley de protección de mamíferos marinos y adjuntan certificado de aprobación de la NMFS, según herramienta disponible en línea (Ver Anexos y Herramienta disponible en línea de la NMFS en <https://jmlondon.shinyapps.io/NMFSAcousticDeterrentWebTool/>). En el caso de OTAQ, se indicó que dicha empresa ha realizado pruebas *in situ* en las zonas de Chiloé, comunas de Dalcahue y Quemchi, lo cual respaldaron con informe técnico correspondiente a la temporada de verano, el cual concluye que el equipo evaluado cumple con criterio de la NOAA/NMFS (SELcum 1 hora), para los mamíferos marinos LF; MF/HF; SI; OW/OCW y PW/PCW, en tanto para el grupo HF/VHF, se cumple parcialmente con este criterio (en dos de los cuatro transectos evaluados, se supera la distancia máxima permitida) (Yori, 2024a). Igualmente, el informe de invierno de la experiencia desarrollada por OTAQ, indica que los sistemas Sealfence cumplen con el criterio de la NOAA/NMFS para la disuasión no letal de mamíferos marinos (SELcum 1 hora) en los grupos de mamíferos marinos LF; MF/HF; SI; OW/OCW y PW/PCW, en tanto, el grupo HF/VHF lo cumple parcialmente por una diferencia de 1 m (Yori, 2024b).

**Tabla 42.** Resumen de algunas de las principales características técnicas de DDA, conforme a las respuestas de los entrevistados, orientados al mercado chileno de la salmonicultura.

	OTAO	ACE AQUATEC
Nombre de dispositivo	Sealfence SF4 (en sus dos formatos fijo y portátil)	Baja frecuencia y quizás de frecuencia media en el futuro
¿Para disuadir que especie(s) de mamífero(s) marino(s) están diseñados?	Puede disuadir: Cetáceos baja frecuencia, Cetáceos media frecuencia, Cetáceos alta frecuencia, Sirénidos, fócidos carnívoros, otros carnívoros marinos	Focas, leones marinos
Nivel de fuente correspondiente al nivel de presión sonora medido a una distancia de 1 m del dispositivo (dB re 1µPa re 1 m).	189 dB	176-182dB, dependiendo del transductor
Rango de frecuencia en que el sonido emitido por el dispositivo coincide con el rango auditivo de la(s) especie(s) para el cual está diseñado.	10 kHz	Preferencia de 0,8-1,2kHz para focas y leones marinos para evitar la escucha de delfines y marsopas
Continuo o intermitente	Continuo, con pulsos de 30 off y 3 on.	Intermitente; trenes de pulso aleatorizados, con pulsos de tiempos de subida de 3-11 ms, de 2,6 s de duración para crear una respuesta de alarma

## OTAO

1. ¿Que dispositivos de disuasión de mamíferos marinos ofrece la empresa para el mercado chileno de cultivo de salmones?

R. El sistema Sealfence SF4 (en sus dos formatos fijo y portátil)

2. ¿Para disuadir que especie(s) de mamífero(s) marino(s) están diseñados?

R. De acuerdo a las características de emisión de sonido los sistemas Sealfence pueden disuadir: Cetáceos baja frecuencia, Cetáceos media frecuencia, Cetáceos alta frecuencia, Sirenídeos, focidos carnívoros, otros carnívoros marinos

3. ¿Puede compartírnos las siguientes características técnicas de dichos equipos?

a. Nivel de fuente correspondiente al nivel de presión sonora medido a una distancia de 1 m del dispositivo (dB re 1µPa re 1 m). Condiciones en que fue medido u obtenido el nivel de fuente.

R. 189dB

b. Espectro de frecuencia en banda de tercio de octava de la emisión sonora del dispositivo (Nivel de fuente para cada banda de frecuencia (dB re 1µPa re 1 m)).

c. Rango de frecuencia en que el sonido emitido por el dispositivo coincide con el rango auditivo de la(s) especie(s) para el cual está diseñado.

R. La frecuencia de emisión es de 10 kHz

d. Continuo o intermitente. Si la salida se entrega como sonido continuo o si es pulsado con retrasos entre cada pulso.

R. El ruido del Sealfence SF4 es continuo con pulsos de 30 off y 3 on.

e. Variación en el tiempo de las componentes de frecuencia emitidas (si emite a través de un sweep o barrido de frecuencia). Mayor nivel de presión sonora alcanzado durante el barrido (dB re 1µPa re 1 m).

f. Ciclo de trabajo. Descripción del ciclo de funcionamiento de un dispositivo como % tiempo encendido, tiempos de duración de la señal/pulsos y de intervalos/duración entre pulsos.

g. Distancia. El rango en metros de efectividad de un dispositivo, para el cual está previsto su uso

R. La distancia donde se genera un cambio conductual está en relación a los valores mostrados en la siguiente tabla:

Zonas de afectación para efectos conductuales

Grupo	Radio del área de superación, (m)
Cetaceos baja frecuencia LF*/LF**	58
Cetacio media frecuencia MF*/HF**	51
Cetaceos alta frecuencia HF*/VHF**	36
Sirenídeos SI**	75
Focidos carnívoros OW*/OCW**	69
Otrs carnívoros marinos PW*/PCW**	73

\*Criterio NMFS \*\*Criterio Southall 2019

Esta tabla muestra valores promedio respecto de las tablas 21, 22, 23 y 24 (pág. 73 y 74) del informe "Evaluación in-situ del impacto acústico subacuático producido por el Dispositivo de Disuasión Acústica (Dda) Sealfence", adjunto.

h. Batería.



R. Batería 12 V de 22 Ah. El sistema de batería es un sistema de respaldo para generar continuidad en la operación de los sistemas Sealfence, si es que falla la energía continua, las baterías de respaldo continuarán cumpliendo con la emisión de sonido de 24/7, ya que nuestro objetivo es generar un campo acústico homogéneo y que no pierda continuidad en el tiempo.

**i. Requerimientos de entrenamiento. Entrenamiento recomendado por el fabricante, previo al empleo.**

R. El entrenamiento al personal del centro se lo entrega los técnicos de OTAQ, los sistemas son extremadamente sencillos y están monitoreados 24/7 desde las oficinas centrales de OTAQ Chile donde se pueden solucionar la mayoría de los problemas que puedan enfrentar los dispositivos Sealfence en su trabajo diario.

**j. Prueba del dispositivo. Método sugerido para probar el funcionamiento, previo al empleo.**

R. Como control de calidad los dispositivos que se instalarán en un centro de cultivo de salmones son probados en las oficinas de OTAQ Chile asegurándonos de el correcto funcionamiento de cada dispositivo.

**k. Implementación, método de implementación sugerido.**

R. Hoy para Chile se realizará un solo método de implementación que este acorde con la ley de protección de mamíferos marinos y evite la interacción de los mamíferos marinos con los centros de cultivo de salmones. Además de evitar que los mamíferos marinos presentes en la Patagonia Chilena interactúen con los centros de cultivo de salmones, los sistemas Sealfence no presenta peligro para los mamíferos marinos, toda vez que en la herramienta web del NOAA, los sistemas Sealfence de OTAQ consiguen el certificado de aprobación de uso.

**l. Vida útil del dispositivo.**

R. 10 años.

**m. Funcionalidad.**

R. Descripción de cualquier funcionalidad adicional de interés.

**n. Modo de trabajo. Está permanentemente emitiendo o se activa a través de sensores.**

R. El método de trabajo para Chile es 30 segundos de off y 3 segundos de on.

**4. ¿Qué respaldo técnico, como informes o artículos puede compartir para demostrar la eficacia de corto y largo plazo de los dispositivos para disuadir la especie para la cual están diseñados?**

R. Le entregaremos el informe, Evaluación In-Situ Del Impacto Acústico Subacuático Producido Por El Dispositivo De Disuasión Acústica (DDA) Sealfence, realizado por el Dr. Alfio Yori.

**5. ¿Qué estudios respaldan que los dispositivos no generan daños graves o mortalidad en el caso específico de las especies de mamíferos marinos presentes en el sur de Chile como lobos marinos, delfines, ballenas o nutrias?**

R. Le entregaremos el informe, Evaluación In-Situ Del Impacto Acústico Subacuático Producido Por El Dispositivo De Disuasión Acústica (DDA) Sealfence, realizado por el Dr. Alfio Yori

**6. ¿Considera que los dispositivos que comercializan cumplen con el estándar requerido por Estados Unidos de la ley de protección de mamíferos marinos?, ¿Por qué?**

R. Parámetros de operación del equipo cumple con los criterios de la NOAA, de acuerdo a plataforma en línea. Le adjuntaremos certificado para demostrar que cumplimos con criterio del NOAA

## ACEAQUATEC

1. ¿Qué dispositivos de disuasión de mamíferos marinos ofrece la empresa para el mercado chileno de cultivo de salmones?

R. Actualmente de baja frecuencia y quizás de media frecuencia en el futuro.

2. ¿Para disuadir que especie(s) de mamífero(s) marino(s) están diseñados?

R. Focas y leones marinos

3. ¿Puede compartirnos las siguientes características técnicas de dichos equipos?

a. Nivel de fuente correspondiente al nivel de presión sonora medido a una distancia de 1 m del dispositivo (dB re 1 $\mu$ Pa re 1 m). Condiciones en que fue medido u obtenido el nivel de fuente.

R. 176-182dB, dependiendo del transductor

Dispositivo de Baja Frecuencia RT promedio vol = 169.1; máximo vol = 180dB en configuración 1-2kHz – tiene el potencial de alcanzar 198 dB pero hemos agregado un limitador para que no ocurra (máximo es a 1.15kHz)

Dispositivo de Baja Frecuencia FS promedio vol = 171dB; máximo vol = 182dB en configuración 0,8-1,2kHz – tiene el potencial de alcanzar 198 dB pero hemos agregado un limitador para que no ocurra (máximo es a 1,15kHz)

b. Espectro de frecuencia en banda de tercio de octava de la emisión sonora del dispositivo (Nivel de fuente para cada banda de frecuencia (dB re 1 $\mu$ Pa re 1 m)).

R. Menor: 0.8-1.2 kHz; Media: 1-2 kHz; Superior: 1-2 kHz; Completa: 0,8-5 kHz

c. Rango de frecuencia en que el sonido emitido por el dispositivo coincide con el rango auditivo de la(s) especie(s) para el cual está diseñado.

R. Preferencia es 0,8-1,2kHz para focas y leones marinos para evitar la escucha de delfines y marsopas

d. Continuo o intermitente. Si la salida se entrega como sonido continuo o si es pulsado con retrasos entre cada pulso.

R. Intermitente; trenes de pulsos aleatorizados, con 3-11 ms de pulsos en tiempo de subida, de 2.6 s de duración para crear respuesta de sobresalto.

e. Variación en el tiempo de las componentes de frecuencia emitidas (si emite a través de un sweep o barrido de frecuencia). Mayor nivel de presión sonora alcanzado durante el barrido (dB re 1 $\mu$ Pa re 1 m).

R. Longitud de tono promedio = 2,6 s con tiempos de aumento de 10-12ms

f. Ciclo de trabajo. Descripción del ciclo de funcionamiento de un dispositivo como % tiempo encendido, tiempos de duración de la señal/pulsos y de intervalos/duración entre pulsos.

R. 0,9% a 11%; 12-144 scrams por hora en intervalos aleatorios (rangos promedio de intervalos entre 20-300 segundos),

g. Distancia. El rango en metros de efectividad de un dispositivo, para el cual está previsto su uso

R. ~70m de radio

h. Batería. Descripción del tipo de batería que emplea, duración, tiempo de carga.

R. Batería de gel a prueba de derrames de ciclo profundo de 12 V y 50 Ah, que proporciona energía al dispositivo durante 12 a 24 horas. La caja electrónica contiene un cargador rápido de CC.

**i. Requerimientos de entrenamiento. Entrenamiento recomendado por el fabricante, previo al empleo.**

R. Preferiblemente alguien con experiencia eléctrica/electrónica, pero no es necesario.

**j. Prueba del dispositivo. Método sugerido para probar el funcionamiento, previo al empleo.**

R. Idealmente en agua 5-10m con hidrófono, analizador de espectro y sin buzos en el área inmediata, Función de prueba remota disponible. Display de luces de alerta.

**k. Implementación. Método de implementación sugerido.**

R. Electrónica y caja de control montados en un marco, el cual es fijado a la balsa jaula. Dispositivo se asienta en el agua en el espacio entre el pasillo y la red, idealmente a 10 m de profundidad e idealmente conectado a la corriente principal de cada balsa jaula. Monitoreo remoto requiere LAN or 3G/4G.

**l. Vida útil del dispositivo.**

R. 10 años

**m. Funcionalidad. Descripción de cualquier funcionalidad adicional de interés.**

R. Control/Monitoreo remoto, Volumen configurable (9 niveles), aumento de volumen (0-60 min), aumento/disminución de tasa (automático, individual), frecuencia configurable, tasa configurable, selección de tonos configurable, 9 perfiles de tonos disponibles a través de múltiples frecuencias. Contenedor adecuado para mal tiempo, completamente sumergible hasta 100 m. Lecturas de voltaje monitoreados a través de portal.

**n. Modo de trabajo. Está permanentemente emitiendo o se activa a través de sensores.**

R. Actualmente emitiendo permanentemente, sensores en desarrollo

**4. ¿Qué respaldo técnico, como informes o artículos puede compartir para demostrar la eficacia de corto y largo plazo de los dispositivos para disuadir la especie para la cual están diseñados?**

R. Utiliza pulsos de sonido breves y aleatorios que reducen las posibilidades de habituación (Southall et al. 2007) utiliza ráfagas de corta duración que pueden presentarse con seguridad en niveles de fuente más altos que los más largos (Goetz 2008) apunta a especies específicas eligiendo una banda de frecuencia en el rango auditivo sensible de las focas (0,8-1,2 kHz; Olesiuk 2012), pero no el de las marsopas y los delfines (Kastelein et al 2011);

**5. ¿Qué estudios respaldan que los dispositivos no generan daños graves o mortalidad en el caso específico de las especies de mamíferos marinos presentes en el sur de Chile como lobos marinos, delfines, ballenas o nutrias?**

<https://www.sustainableaquaculture.com/projects/project-list/low-frequency-deterrent-impact-on-non-target-species/>

**6. ¿Considera que los dispositivos que comercializan cumplen con el estándar requerido por Estados Unidos de la ley de protección de mamíferos marinos?, ¿Por qué?**

Debido al Certificado de aprobación de la NOAA NMFS Acoustic Deterrents Web Tool (Ver Anexo)

#### 4.2.5. Taller de expertos

La actividad se realizó en dos instancias que contemplaron participación grupal. La primera de ellas, desarrollada el jueves 13 de junio de 2024, entre las 09:00 y las 13:30 horas, mediante modalidad no presencial. Formando parte del grupo experto participaron: Sra. Susannah J. Buchan, Sr. Iván Hinojosa, Sr. Carlos Felipe Hurtado, Sra. María José Pérez, Sra. Maritza Sepúlveda, y el Sr. Alfio Yori. Igualmente, fueron parte de la actividad los Sres. Mauricio Ahumada, Pedro Apablaza y Dante Queirolo de la PUCV.

Al inicio de la actividad se realizaron dos exposiciones, a cargo de los Sres. Pedro Apablaza y Mauricio Ahumada (Ver Anexo), quienes dieron a conocer aspectos relativos a los principales resultados del estudio con el fin de considerarlos como insumos del posterior proceso de análisis y discusión.

En su exposición, el Sr. Pedro Apablaza dio a conocer los resultados de la revisión de tecnologías para disuasión de mamíferos marinos con aplicación en la salmicultura. En este sentido, indicó que el énfasis del trabajo estuvo en tecnologías aplicadas en la acuicultura, no obstante, se revisaron igualmente trabajos desarrollados en otros ámbitos, tales como de desarrollo de obras civiles en el mar (eg. hincado de pilotes en el mar) o de disuasión de pinnípedos para protección de fauna nativa en embalses, en la medida que existiesen trabajos que hiciesen uso de alguna tecnología específica.

Indicó que, como marco general, se empleó la clasificación empleada por Long et al (2015), correspondiente a un documento técnico de la NOAA (NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-50), el cual resume los resultados de un Taller de expertos sobre disuasivos no letales para mamíferos marinos (Summary of the Technical Expert Workshop on Marine Mammal Non-Lethal Deterrents), realizado en 2015 en USA (Seattle, Washington).

Su presentación incluyó los resultados generales de la revisión, señalando el número de trabajos identificados por tipo de tecnología y por evaluación temporal, para posteriormente detallar cada una de las tecnologías en términos de su madurez (experimental, pruebas en operaciones comerciales), eficacia (corto, largo plazo) y reporte de resultados adversos para mamíferos marinos (lesiones, mortalidad). Destacó en su presentación la mención a varias tecnologías/métodos con menciones más bien anecdóticas en documentos técnicos o páginas web, muchas de las cuales no tienen un respaldo técnico sólido en términos de su eficacia o efectos de mediano/largo plazo sobre las especies a disuadir.

La presentación del Sr. Ahumada (Ver Anexo) incluyó los principales resultados del estudio, incluyendo elementos de contexto de la industria salmonera en términos de cobertura espacial, de la distribución de mamíferos marinos en el área de estudio y sobre la interacción de ésta con mamíferos marinos (depredación de la producción de salmones cultivados y enredos con cetáceos). Al respecto, indicó los antecedentes disponibles relativos a la ocurrencia, caracterización y modalidad de las interacciones de lobos marinos (depredación, enmallamientos), de cetáceos como delfín chileno, ballena jorobada y ballena sei, para lo cual se basó en datos de la revisión de los reportes de la industria chilena en 2022 y 2023 efectuados en el marco de la Resolución 2811 de 2021, y en artículos científicos enfocados a la ocurrencia de enredos entre cetáceos y estructuras de cultivo. Su presentación finalizó analizando dos casos de estudio, correspondientes a las interacciones y métodos disuasivos utilizados por las industrias salmoneras en UK (Escocia) y en Australia (Tasmania).

Cabe señalar que tras concluir ambas presentaciones se llevó a cabo un proceso de consultas y observaciones por parte de los integrantes del grupo Experto.

La segunda parte del taller correspondió a la discusión por parte de panel. Consideró dos puntos:

**a) Sobre la definición de daño grave.** Se planteó la inexistencia de una definición clara del concepto de daño grave aplicable a mamíferos marinos. En este sentido, se destacó que conforme a la Marine Mammal Protection Act (MMA) se menciona daño físico (grave o no grave = “serious” o “non-serious injury”) y de acoso (“harassment”), este último concepto aparece igualmente mencionado en la legislación chilena, específicamente el Art.2 de la Ley 20.293 (“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”), lo que ha sido discutido por Prieto (2018). En cuanto a la interpretación del daño físico grave o no-grave, dicho concepto se aclara en el documento de la NMFS denominado “Process for Distinguishing Serious from Non-Serious Injury of Marine Mammals” (disponible en línea en [https://media.fisheries.noaa.gov/2022-02/02-238\\_Policy%20Renewal\\_ready%20for%20Coit%20signature%20-%20signed.pdf](https://media.fisheries.noaa.gov/2022-02/02-238_Policy%20Renewal_ready%20for%20Coit%20signature%20-%20signed.pdf)), en donde se establece un daño físico grave corresponde a una lesión que presente una probabilidad mayor al 50% de dar muerte a un mamífero marino.

No obstante, el grupo experto discutió otras consideraciones que debiesen tenerse en cuenta, tales como:

- i) La necesidad de analizar los daños graves tanto a nivel de ejemplar o individuo como a nivel de población, sobre la base de la estimación del PBR asociado.
- ii) El considerar o no los daños auditivos a nivel temporal (TTS) y/o permanente (PTS) dentro de los daños graves. En este punto, se destacó la existencia de umbrales auditivos estimados por grupo de especies de mamíferos marinos que establecen un marco de referencia para la evaluación del impacto del ruido submarino. No obstante, no hubo consenso sobre si ambos tipos de daños debiesen ser considerados como graves. Igualmente, se mencionó las limitaciones en el proceso de definición de dichos umbrales, debido a que se han llevado a cabo con información limitada, sin datos específicos para especies de mamíferos presentes en Chile, como pueden ser los denominados cetáceos pequeños de alta frecuencia.
- iii) La inclusión o no de los cambios conductuales como daños graves. En este punto, se mencionó sobre la importancia de discriminar entre tipos de cambio conductual, pues en algunos casos podría considerarse como daño grave, por ejemplo, aquellos que generan interferencias en la reproducción o en la alimentación.

Sobre este primer punto, el grupo experto consideró necesario dejar plasmado en el informe tanto sus inquietudes sobre el vacío la inexistencia de una definición precisa de daño grave como de acoso, así como acerca de las consideraciones ya indicadas previamente.

**b) Sobre la identificación de tecnologías a evaluar.** Considerando la revisión de la totalidad de las tecnologías realizada en el marco de este estudio (Objetivo 1) y del conocimiento y la experiencia del grupo experto, el proceso de identificación se inició evaluando una lista preliminar general de tecnologías de disuasión (Tabla 43), a partir de si los expertos las consideraban con aptitud, sobre la consideración de aspectos como

evidencia que avale una baja probabilidad de daño grave para mamíferos marinos, evidencia científico/técnica de efectividad de disuasión en particular en la acuicultura y grado de madurez de la tecnología.

**Tabla 43.** Evaluación de distintas modalidades tecnológicas de disuasión por parte del grupo experto

Dispositivo o tecnología	IH	AY	MJP	MS	SB	FH
<b>Cortina de burbujas</b>	Con aptitud como tecnología complementaria	Con aptitud como tecnología complementaria	Con aptitud como tecnología complementaria	Con aptitud como tecnología complementaria	Con aptitud como tecnología complementaria	Con aptitud como tecnología complementaria
<b>Luces</b>	Sin evidencia de efectividad en acuicultura	Sin evidencia de efectividad en acuicultura, podría evitar enredos en cabos	Sin evidencia de efectividad en acuicultura, podría evitar enredos en cabos, eventual contaminación luminica	Requiere de investigación, probable tecnología complementaria	Requiere de investigación, probable tecnología complementaria	Requiere de investigación, probable tecnología complementaria
<b>Formas de depredadores</b>	Requiere investigación sobre reflejo condicionado	Requiere investigación sobre reflejo condicionado	Requiere investigación sobre reflejo condicionado	Sin aptitud	Requiere investigación sobre reflejo condicionado	Sin aptitud
<b>Hostigamiento</b>	Sin aptitud	Sin aptitud	Sin aptitud	Sin aptitud	Sin aptitud	Sin aptitud
<b>Redes antidepredadores</b>	Con aptitud	Con aptitud	Con aptitud	Con aptitud	Con aptitud	Con aptitud
<b>Quimiosensoriales</b>	Sin aptitud	Sin aptitud	Sin aptitud	Requiere de investigación	Sin aptitud	Sin aptitud
<b>Explosivos</b>	Sin aptitud	Sin aptitud	Sin aptitud	Sin aptitud	Sin aptitud	Sin aptitud
<b>Sonidos de depredadores</b>	Requiere investigación sobre reflejo condicionado	Requiere investigación sobre reflejo condicionado	Requiere investigación sobre reflejo condicionado	Sin aptitud	Sin aptitud	Requiere investigación sobre reflejo condicionado
<b>DHA/DDA/TAST</b>	Requiere investigación específica para sps. chilenas, adicional a normas NOAA	Con aptitud, previa verificación de cumplimiento de normativa NOAA-NMFS	Requiere investigación específica para sps. chilenas, adicional a normas NOAA	Requiere investigación específica para sps. chilenas, adicional a normas NOAA	Requiere investigación específica para sps. chilenas, adicional a normas NOAA	Con aptitud, previa verificación de cumplimiento de normativa NOAA-NMFS
<b>Eléctrico</b>	Requiere investigación	Requiere investigación	Sin aptitud	Requiere investigación	Requiere investigación	Requiere investigación
<b>Pingers</b>	Requiere investigación específica para sps. chilenas, adicional a normas NOAA	Previa verificación de cumplimiento de normativa NOAA-NMFS	Requiere investigación, podrían tener como objetivo disuadir cetáceos	Requiere investigación, podrían tener como objetivo disuadir cetáceos	Requiere investigación específica para sps. chilenas, adicional a normas NOAA	Requiere investigación, podrían tener como objetivo disuadir cetáceos

La cortina de burbujas fue considerada como una tecnología que por sí sola no tendría la capacidad de disuadir la interacción con mamíferos marinos, no obstante, en combinación con tecnologías de disuasión acústica podría generar un efecto de confinamiento del ruido submarino, disminuyendo así su área de afectación.

Se reconoció la evidencia del empleo de luces para disuadir la captura de pequeños mamíferos marinos en tareas de pesca extractiva, sin que se conozca evidencia que avale su empleo en acuicultura. Podría constituir una tecnología a investigar como complemento a otras tecnologías de disuasión y que tenga por objetivo el disminuir la probabilidad de enredos con las estructuras de cultivo por parte de cetáceos.

Formas de depredadores. Se reconoció la existencia de múltiple información que indica su efectividad sólo de corto plazo en la disuasión de pinnípedos. No obstante, se considera que es un método que se basa en el desarrollo de reflejo condicionado, el cual podría llegar a desarrollarse sobre la base de un estudio profundo del comportamiento de la especie objetivo a disuadir y de las condiciones que le generan aversión.

Hostigamiento. Se consideró que en sus múltiples formas es no apta para la acuicultura, dado que requiere activar dichas medidas en horario 24/7, a que genera acostumbramiento y a que genera riesgos de daños tanto para operarios como para los animales a disuadir.

Redes antidepredadores. Como parte de los métodos de exclusión física, es reconocido como el método que presenta mayor eficacia en impedir la depredación de animales cultivados por parte de mamíferos marinos, en particular pinnípedos, además de ser el método que está mayormente validado por parte de la industria salmonera en Chile. Se reconoce igualmente, la existencia de reportes de muertes de cetáceos y pinnípedos, tanto en Chile como en el extranjero, debido a enredos o enmallamientos, con la consiguiente necesidad de mantener buenas prácticas que minimicen dichos riesgos.

Quimiosensoriales. Se reconoce la necesidad de investigación, aunque en su mayoría, los expertos manifestaron no tendría aptitud por los potenciales efectos nocivos derivados del empleo de sustancias químicas tanto para la especie a disuadir como para otras especies presentes en el área de afectación. Se indica igualmente la inexistencia de evidencia que avale su actual empleo como método viable para la acuicultura.

Explosivos. No se consideran como un método con aptitud. Lo anterior, debido a los posibles daños y lesiones a los que se expondrían los animales a disuadir, los peligros para los operarios y a indicios de acostumbramiento, entre otros problemas.

Sonidos de depredadores. Al igual que en el caso de las formas de depredadores, se reconoció la existencia de información algún grado de efectividad de sólo de corto plazo en la disuasión de pinnípedos. No obstante,

se considera que es un método que se basa en el desarrollo de reflejo condicionado, por lo que requeriría de investigación del comportamiento de la especie objetivo a disuadir y de las condiciones que le generan aversión.

Dispositivos disuasivos acústicos (DHA/DDA/TAST). Se reconoce la existencia de umbrales para el ruido submarino utilizados por la NMFS para distintos grupos de mamíferos marinos lo que permite llevar a cabo una evaluación técnica objetiva, por ejemplo, respecto del posible impacto de un dispositivo específico en términos de potencial pérdida temporal o permanente de capacidad auditiva. No obstante, se considera mayoritariamente que se requiere investigación acerca de las características de las especies presentes en aguas nacionales con el fin de acordar/validar alguna norma relativa a umbrales de ruido submarino a emplear como referencia.

Eléctricos. Se mencionan modalidades basadas tanto en su uso en superficie, como refuerzo de cierre perimetral del centro de cultivo como otras tecnologías aptas para su utilización bajo al agua. Se coincide mayoritariamente que se requiere investigación con el fin de verificar su eficacia y descartar eventuales daños a los animales cuya interacción se desea disuadir.

Pinger. Si bien se reconoce corresponden a dispositivos de disuasión acústica, se acuerda evaluarlos separadamente, debido a que se entiende podrían ser empleados como una tecnología complementaria, no orientada a la disuasión de pinnípedos, sino que de cetáceos a fin de minimizar sus riesgos de enredos o enmallamientos con las unidades de cultivo. No obstante, al igual que los restantes dispositivos acústicos, su operación debiese estar supeditada al cumplimiento de normas, ya sea de la NOAA o de una legislación nacional, basada en investigación con especies de mamíferos marinos presentes en aguas chilenas.

Conforme la evaluación preliminar de las tecnologías generales ya mencionada, se generó una discusión en el grupo experto que permitió seleccionar y acordar por consenso un grupo formado por cinco alternativas tecnológicas, que cumpliendo el requisito de poseer las mayores aptitudes para el logro del objetivo de trabajo, fuesen posteriormente evaluadas mediante el análisis interno FyD

AT1. Redes antidepredadores de mayor resistencia (ej. flexibles con alma de acero, materiales de alta resistencia, semirrígidas o rígidas).

AT2. Redes antidepredadores tradicionales + Combinación sistema DDA con cumplimiento de norma para especies de MM chilenas y tecnología de confinamiento de ruido submarino.

AT3. Redes antidepredadores tradicionales + Combinación sistema DDA con cumplimiento de criterios NOAA (PTS a 100 m) y tecnología de confinamiento ruido submarino.

AT4. Redes antidepredadores tradicionales + Combinación sistema de DDA con cumplimiento de criterios NOAA (PTS a 100m).

AT5. Redes antidepredadores tradicionales (ej. flexibles, PA, PES, PE)



La Alternativa Tecnológica AT1 corresponde al empleo de redes antidepredadores o redes loberas construidas con materiales de mayor resistencia que las tradicionales redes flexibles (AT1). Incluye una gama amplia de materiales, varios de los cuales ya son parte del proceso de innovación de la industria, incluyendo tanto materiales flexibles como nuevos polímeros o con la inclusión de alma de acero, así como materiales semiflexibles o rígidos, incluyendo redes metálicas. Se plantea que su empleo, además de minimizar la ocurrencia de roturas que favorecen enmallamientos, podría facilitar un hipotético reemplazo de redes loberas por redes peceras construidas a partir de estos materiales, minimizando la cantidad de cabos o estructuras asociadas a la mantención de la tensión de redes loberas, lo cual bajaría la probabilidad de enredos por parte de mamíferos marinos.

La Alternativa Tecnológica AT2. Corresponde al empleo de las redes loberas de uso tradicional en Chile, complementada con un Dispositivo de Disuasión Acústico para la disuasión de ejemplares de lobo marino común, el cual debería ser evaluado previamente con el fin de verificar el cumplimiento de criterios de establecidos por normativa chilena, sobre la base de investigación específica sobre impactos del ruido submarino en especies de mamíferos marinos presentes en aguas chilenas, complementada con una tecnología de confinamiento de ruido submarino (eg. pared de burbujas submarinas) a fin de reducir confinar el ruido generado por el DDA, reduciendo así el área impactada por la contaminación acústica.

La Alternativa Tecnológica AT3. Corresponde a la Alternativa Tecnológica AT4, complementada con una tecnología de confinamiento de ruido submarino (eg. pared de burbujas submarinas) a fin de reducir confinar el ruido generado por el DDA, reduciendo así el área impactada por la contaminación acústica.

La Alternativa Tecnológica AT4. Corresponde a la Alternativa Tecnológica AT5, complementada con un Dispositivo de Disuasión Acústico para la disuasión de ejemplares de lobo marino común, el cual debería ser evaluado previamente con el fin de verificar el cumplimiento de criterios de la NOAA-NMFS, las que establecen umbrales para evitar la ocurrencia de un PTS en un radio mayor a 100 m de distancia.

La Alternativa Tecnológica AT5 corresponde a una situación base, es decir, correspondiente a redes antidepredadores o redes loberas construidas a partir de materiales flexibles tradicionalmente empleados en Chile, tales como PA, PES o PE. No obstante, considera la necesidad de considerar algún mejoramiento, en términos de que su operación debe considerar algún plan de mantenimiento riguroso, que permita la prevención de roturas, su detección oportuna y su consiguiente reparación, así como la mantención de una tensión adecuada del sistema, con la finalidad de prevenir enmallamientos por parte de mamíferos marinos. Se plantea además la posibilidad de algún tipo de norma que establezca algunas características de diseño generales que permitan minimizar la ocurrencia de interacciones (enmallamientos o enredos) por parte de mamíferos marinos.

La segunda sesión grupal del taller se llevó a cabo el día lunes 01 de julio de 2024, en formato no presencial, entre las 09:00 y las 13:30 horas. Formando parte del grupo experto participaron: Sra. Susannah J. Buchan, Sr. Iván Hinojosa, Sr. Carlos Felipe Hurtado, Sra. María José Pérez-Álvarez, Sra. Maritza Sepúlveda y el Sr. Alfio Yori. Igualmente, participaron los Sres. Mauricio Ahumada y Pedro Apablaza de la PUCV.

La sesión dio inicio con una revisión de la sesión previa, en la cual se dieron a conocer sus avances y acuerdos, llevándose a cabo una revisión general de las alternativas tecnológicas identificadas como etapa previa al desarrollo del análisis de sus Fortalezas y Debilidades, por parte del Taller de expertos.

Con relación a las redes antidepredadores o redes loberas de uso en Chile, se expusieron puntos de vista en relación a la necesidad de avanzar en el análisis o investigación en los siguientes aspectos:

- i) Análisis y definición de características de materiales de construcción utilizados en la construcción de redes loberas, en cuanto a que el considerar el empleo de materiales de mayor resistencia a la ruptura que los materiales tradicionalmente empleados con la finalidad de disminuir la ocurrencia de roturas lo cual podría generar menos cantidad de enmallamiento de algunos ejemplares de lobos marinos como disminuir su ingreso a unidades de cultivo.
- ii) Utilizar materiales con menor elongación que los materiales tradicionalmente empleados en la construcción de redes loberas (ej. PA), con la finalidad de minimizar la deformación de las mallas debido a la acción de lobos, la cual facilita el enmallamiento de ejemplares.
- iii) Entregar un fundamento técnico a la definición de la luz de malla adecuada para las redes loberas, la cual debiera establecerse considerando el propósito de minimizar la ocurrencia de enmallamiento de ejemplares de mamíferos marinos. Para ello, debiese tomarse en cuenta la información disponible, que indica que los enmallamientos y consiguientes ahogos de ejemplares ocurren principalmente en juveniles. No se identificó algún informe técnico que justifique una luz de malla de 10 pulgadas para evitar que ejemplares de mamíferos marinos se enmallen en redes loberas, siendo mencionado dicho valor como resultado de un acuerdo de la industria en el marco de un Acuerdo de Producción Limpia (APL) (Durán et al., 2011).
- iv) Sería importante mejorar el conocimiento de los mecanismos que han generado la muerte por ahogo de cetáceos por su interacción con redes loberas. En el caso de la información disponible, hay indicios que podrán indicar la muerte por enmallamiento (delfín chileno), en tanto en ejemplares de mayor tamaño, se debería a enredos con estructuras (cabos, cadenas). Información de mejor calidad permitiría identificar mejoras a fin de evitar su ocurrencia.
- iv) Incorporar planes de mantenimiento idóneos para las redes loberas que establezcan revisiones periódicas y sistemáticas que permitan la identificación de roturas y su reparación oportuna con la finalidad de minimizar la ocurrencia de eventuales enredos o enmallamientos de mamíferos marinos. Su adecuado funcionamiento, a fin de evitar la muerte de ejemplares debiese basarse en la consideración de su diseño, de su dimensionamiento y de su instalación, empleando así criterios similares a los empleados con la red contenedora de peces.

Con respecto a las tecnologías propuestas para su revisión se reconoció que éstas corresponden básicamente al empleo de dos tecnologías básicas complementarias: redes antidepredadores o redes loberas y tecnologías de disuasión acústica, debidamente evaluadas a fin de asegurar el cumplimiento de normas. Adicionalmente, se plantea que el empleo de paredes de burbujas, correctamente utilizadas, podría plantearse como una tecnología complementaria, a fin de reducir el área de afectación del ruido submarino generad por dispositivos acústicos.

Sobre ambas tecnologías básicas, se reconoce la siguiente información relevante:

#### a) Dispositivos de Disuasión Acústica (DDA)

Hay información disponible que reporta efectos sobre algunas especies de MM, tales como cambios de hábitat, cambios de comportamiento o daños auditivos. Algunas de dichas especies están presentes en Chile, con probabilidad de estar asociadas espacialmente a centros salmoneros.

Hay información ambigua respecto de la efectividad de los DDA para disuadir pinnípedos, existiendo algunos reportes que indican efectividad de corto plazo, debido a acostumbramiento, en tanto otras fuentes no indican dicho efecto.

Certificadoras como ASC o BPA establecen prohibiciones o restricciones de uso de DDA en centros de cultivo certificados por ambas instituciones.

Se han definido umbrales para niveles de ruido por parte de la NMFS, a partir de información científica publicada para prevenir ocurrencia de daño auditivo (TTS, PTS) en grupos de MM.

En Escocia fueron utilizados ampliamente para disuadir fócidos hasta su prohibición de facto. En Chile se probaron en el pasado, pero se han considerado de eficacia en el corto plazo, en tanto a la fecha existe interés de empresas por ingresar al mercado nacional.

#### b) Redes antidepredadores

En Chile son de amplia utilización, su diseño tradicional es de materiales flexibles, como PA o PE.

Siendo un método correspondiente a barrera física, se considera de los medios más eficaces para prevenir interacciones con pinnípedos.

Se ha reportado mortalidad de MM asociados a su empleo, principalmente de pinnípedos, además de algunos reportes de cetáceos.

Se ha verificado la tendencia a incorporar gradualmente materiales de mayor resistencia a su construcción, los que se identifican como alternativas al empleo de DDA o explosivos submarinos en Escocia/Tasmania y que en Chile ha implicado la utilización de redes flexibles de mayor resistencia (ej. almas de acero) o de materiales semirrígidos y rígidos.

En Chile, se ha mencionado que en la década de 2000 habría bajado la mortalidad de LMC, debido a reducciones en tamaños de malla a 10 plg. No obstante, no se han identificado cifras que avalen dicha eventual reducción, ni tampoco algún fundamento técnico que respalde esa luz de malla con el fin de evitar el enmallamiento de mamíferos marinos.

En Chile, en 2022 y 2023 el enmallamiento informado por la industria de MM, correspondió principalmente juveniles de LMC: 26 ejemplares de LMC muertos (24 juveniles), 17 por enredos o enmallamientos.

La información conocida sobre interacciones entre cetáceos y unidades de cultivo de salmones en Chile involucra a tres especies en lapso de diez años: delfín chileno, ballena jorobada y ballena sei. Hay indicios de enmallamiento de delfines y de enredos en cabos/cadenas en ballenas.

Los reportes de interacciones de MM con la industria salmonera en Chile deberían considerarse como un dato mínimo, dado su probable subreporte.

#### 4.2.6. Análisis FyD

Los participantes del Taller se pronunciaron inicialmente indicando una propuesta de las principales Fortalezas y Debilidades de cada alternativa. Con posterioridad, se le solicitó a cada uno de ellos que indicaran las tres Fortalezas y Debilidades que a su juicio resultan más importantes para cada alternativa, sin priorizarlas. Se permitió que los participantes indicaran un mínimo de dos y un máximo de cuatro opciones en caso que solicitara excluir una Fortaleza y/o Debilidad o no diferenciara entre dos de ellas que considerase a un mismo nivel de importancia (Tablas 44 a 48).

**Tabla 44.** Propuesta de Debilidades y Fortalezas, indicando el número de menciones para las debilidades (PD) y las Fortalezas (PF). AT1. Redes antidepredadores de mayor resistencia (ej. flexibles con alma de acero, materiales de alta resistencia, semirrigidas o rígidas).

ID	PROPUESTA DE DEBILIDADES	PD	PROPUESTA DE FORTALEZAS	PF
1	ALTO COSTO ADQUISICION, INSTALACION	5	ALTA EFICACIA EN PREVENIR DEPREDACIÓN	6
2	REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PERIODICO ADECUADO	3	REQUERIMIENTOS Y COSTO DE MANTENIMIENTO MENORES A REDES TRADICIONALES	1
3	SE REQUIERE REVISION DE ABERTURA (LUZ) DE MALLA	6	MENOR PROBABILIDAD DE ENMALLAMIENTO QUE LAS REDES TRADICIONALES	6
4	ALGUNOS MATERIALES REQUIEREN MODIFICACION EN INGENIERIA POR MAYOR PESO	1	SI SE ELIMINAN CABOS EN LA LOBERA, PODRÍA REDUCIR PROBABILIDAD DE ENREDOS	4
5	SE REQUIERE CAPACITAR OPERARIOS PARA OPERACIÓN, MANTENIMIENTO	1	ALTA FACTIBILIDAD DE INCORPORACION DESDE EL PUNTO DE VISTA TÉCNICO	2
6			ALTA VIDA UTIL (10 AÑOS, APP)	0
7			ENTREGA FACILIDADES PARA CERTIFICACIÓN	0

**Tabla 45.** Propuesta de Debilidades y Fortalezas, indicando el número de menciones para las debilidades (PD) y las Fortalezas (PF). AT2. Redes antidepredadores tradicionales + Combinación sistema DDA con cumplimiento de norma para especies de MM chilenas y tecnología de confinamiento de ruido submarino.

ID	PROPUESTA DE DEBILIDADES	PD	PROPUESTA DE FORTALEZAS	PF
1	FALTA DE EVIDENCIA CONSISTENTE DE EFICACIA DE DDA / AMBIGÜEDAD EFICACIA	6	MENOR PROBABILIDAD DE ENMALLAMIENTO POR PRESENCIA DEL DDA	6
2	INTRODUCCION DE RUIDO AL MA	5	MENOR COSTO RELATIVO QUE REDES DE NUEVA GENERACION	6
3	REQUERIMIENTO DE INVESTIGACION NACIONAL (AUDIOMETRIA/CONDUCTA) PARA ESPECIES DE MM	6	MENOR ÁREA DE IMPACTO DE RUIDO POR USO DE CORTINA DE BURBUJAS	6
4	REQUIERE CAPACITACION PARA USO ADECUADO POR INTEGRACION DE TECNOLOGIAS	0		
5	SE REQUIERE ESTANDAR PARA INSTALACION Y USO EFICAZ DE CORTINA DE BURBUJAS	1		
6	DIFICULTAD DE FISCALIZACION DEL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LA CORTINA DE BURBUJAS	1		
7	MAYOR PROBABILIDAD DE FALLOS POR INTEGRACION DE TECNOLOGIAS	3		
8	LIMITANTE BATIMÉTRICA PARA ACOTAR AREA DE AFECTACION POR RUIDO	0		
9	VIDA UTIL ACOTADA DE LA RED LOBERA	0		
10	DIFICULTADES CERTIFICACIÓN POR USO DDA	2		

**Tabla 46.** Propuesta de Debilidades y Fortalezas, indicando el número de menciones para las debilidades (PD) y las Fortalezas (PF). AT3. Redes antidepredadores tradicionales + Combinación sistema DDA con cumplimiento de criterios NOAA (PTS a 100 m) y tecnología de confinamiento ruido submarino.

ID	PROPUESTA DE DEBILIDADES	PD	PROPUESTA DE FORTALEZAS	PF
1	FALTA DE EVIDENCIA CONSISTENTE DE EFICACIA DE DDA / AMBIGÜEDAD EFICACIA	6	MENOR PROBABILIDAD DE ENMALLAMIENTO POR PRESENCIA DEL DDA	6
2	INTRODUCCION DE RUIDO AL MA	5	MENOR COSTO RELATIVO QUE REDES DE NUEVA GENERACION	2
3	REQUIERE CAPACITACION PARA USO ADECUADO POR INTEGRACION DE TECNOLOGIAS	0	MENOR ÁREA DE IMPACTO DE RUIDO POR USO DE CORTINA DE BURBUJAS	5
4	SE REQUIERE ESTANDAR PARA INSTALACION Y USO EFICAZ DE CORTINA DE BURBUJAS	2		
5	DIFICULTAD DE FISCALIZACION DEL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LA CORTINA DE BURBUJAS	1		
6	MAYOR PROBABILIDAD DE FALLOS POR INTEGRACION DE TECNOLOGIAS	3		
7	LIMITANTE BATIMÉTRICA PARA ACOTAR AREA DE AFECTACION POR RUIDO	0		
8	VIDA UTIL ACOTADA DE LA RED LOBERA	0		
9	DIFICULTADES CERTIFICACIÓN POR USO DDA	2		

**Tabla 47.** Propuesta de Debilidades y Fortalezas, indicando el número de menciones para las debilidades (PD) y las Fortalezas (PD). AT4. Redes antidepredadores tradicionales + Combinación sistema de DDA con cumplimiento de criterios NOAA (PTS a 100m).

ID	PROPUESTA DE DEBILIDADES	PD	PROPUESTA DE FORTALEZAS	PF
1	FALTA DE EVIDENCIA CONSISTENTE DE EFICACIA DE DDA / AMBIGÜEDAD EFICACIA	6	MENOR PROBABILIDAD DE ENMALLAMIENTO POR PRESENCIA DEL DDA	6
2	INTRODUCCION DE RUIDO AL MA	5	MENOR COSTO RELATIVO QUE REDES DE NUEVA GENERACION	2
3	REQUIERE CAPACITACION PARA USO ADECUADO POR INTEGRACION DE TECNOLOGIAS	0	ADAPTACION DE USO A LAS NECESIDADES (NO 24X7)	0
4	MAYOR PROBABILIDAD DE FALLOS POR INTEGRACION DE TECNOLOGIAS	2	NORMA VALIDADA INTERNACIONALMENTE (NMFS)	4
5	EL AREA DE AFECTACION NO CONFINADA	6	DEFINE UN AREA DE AFECTACION (RADIO DE 100 M) PARA LA EVALUAR EL DISPOSITIVO	4
6	VIDA UTIL ACOTADA DE LA RED LOBERA	0		
7	DIFICULTADES CERTIFICACIÓN POR USO DDA	2		

**Tabla 48.** AT5. Propuesta de Debilidades y Fortalezas, indicando el número de menciones para las debilidades (PD) y las Fortalezas (PD). Redes antidepredadores tradicionales (ej. flexibles, PA, PES, PE)

ID	PROPUESTA DE DEBILIDADES	PD	PROPUESTA DE FORTALEZAS	PF
1	OCURRENCIA DE ENMALLAMIENTOS DE MM	6	NO INTRODUCCION DE RUIDO AL MA	4
2	REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PERIODICO ADECUADO	4	AMPLIA UTILIZACION POR LA INDUSTRIA	5
3	INEXISTENCIA DE ESTUDIO TÉCNICO PARA LUZ DE MALLA CON PROPOSITO DE REDUCIR ENMALLAMIENTOS DE MM	6	MENOR COSTO RELATIVO DE ADQUISICION	2
4	VIDA UTIL ACOTADA DE LA RED LOBERA	1	EXISTENCIA DE PROVEEDORES LOCALES	3
5			MENOR PROBABILIDAD DE FALLO POR MENOR COMPLEJIDAD TECNOLÓGICA	0

Posteriormente, se solicitó a cada participante que priorizara las Fortalezas y Debilidades para cada una de las Alternativas Tecnológicas, asignando la mayor puntuación a la alternativa más importante. Los resultados de la priorización se indican en la Tabla 49.

En el caso de la AT1, sus principales fortalezas se relacionan con la probabilidad de disminuir interacciones con resultado de muerte en MM, debido a la mayor resistencia de sus materiales de construcción, a que en algunos casos se estima el empleo de materiales más rígidos podría facilitar la eliminación de algunos cabos, los que se complementa con el reconocimiento de su alta eficacia en prevenir la depredación. Sus principales debilidades se relacionan con la necesidad de dar sustento técnico a la definición de la luz de malla para evitar enredos de MM, así como su mayor costo relativo y a que no se eliminaría la necesidad de mantenimiento periódico.

En el caso de la AT2, sus principales fortalezas se relacionan con que podría haber disminución en la probabilidad de enredos de MM debido a la presencia del DDA, y a hay antecedentes que indican que el área impactada por el ruido podría reducirse mediante el uso adecuado de medidas como paredes de burbujas, además de un menor costo relativo que la AT1. Sus principales debilidades se relacionan con la falta de evidencia sólida respecto de la eficacia de corto y largo plazo de los DDA, con la introducción de ruido adicional al medio ambiente y a que el establecimiento de una norma basada en el estudio específico de especies de MM presentes en aguas nacionales requiere de un proceso de investigación, el cual probablemente no se desarrollaría en el corto plazo y que podría enfrentar dificultades metodológicas de difícil superación (eg. determinación de audiometrías) en algunos casos.

Las principales fortalezas de la AT3 se relacionan con la menor probabilidad de enredos debido a la presencia de DDA, a la posibilidad de acotar el área impactada por ruido submarino mediante el uso adecuado de cortinas de burbujas submarinas y a que, al considerar el cumplimiento de los criterios de la NMFS (NOAA pesquerías) define un área máxima de afectación para la evaluación del DDA. Sus principales debilidades radican en la falta de evidencia sólida respecto de la eficacia de corto y largo plazo de los DDA, en la introducción de ruido adicional submarino al medio ambiente y a que se estima se requeriría de algún estándar para la instalación y uso adecuado de la cortina de burbujas como método de atenuación del ruido.

Las principales fortalezas de la AT4 se relacionan con la menor probabilidad de enredos debido a la presencia de DDA, a que al considerar el cumplimiento de los criterios de la NMFS (NOAA pesquerías) define un área máxima de afectación para la evaluación del DDA y a que se cuenta con un criterio ya validado y establecido internacionalmente para la evaluación del DDA. Sus principales debilidades radican, en la introducción de ruido adicional submarino al medio ambiente, en la falta de evidencia sólida respecto de la eficacia de corto y largo plazo de los DDA y a que el ruido submarino no sería confinado mediante una tecnología complementaria.



Las principales fortalezas de la AT5 se relacionan con que su uso no genera la introducción de ruido submarino adicional al medio ambiente, a que su uso está validado y asimilado por parte de la industria y a que tienen un menor costo relativo, debido a que tres de las restantes alternativas tecnológicas consideran agregados (DDA, burbujas submarinas) a esa tecnología base. Entre sus debilidades resalta la ocurrencia de enmallamientos de MM, la inexistencia de sustento técnico al establecimiento de una luz de malla para la red lobera y el requerimiento de un plan de mantenimiento adecuado, desarrollado de modo sistemático a fin de asegurar su buen funcionamiento.

**Tabla 49.** Principales Fortalezas y Debilidades para cada una de las Alternativas Tecnológicas analizadas. Se indica el puntaje para las Fortalezas (PF) y Debilidades (PD) asignadas en el Taller de Expertos

	FORTALEZAS	PF	DEBILIDADES	PD
AT1	MENOR PROBABILIDAD DE ENMALLAMIENTO QUE LAS REDES TRADICIONALES	40	SE REQUIERE REVISION DE ABERTURA (LUZ) DE MALLA	23
	ALTA EFICACIA EN PREVENIR DEPREDACION	37	ALTO COSTO ADQUISICION, INSTALACION	16
	SI SE ELIMINAN CABOS EN LA LOBERA, PODRÍA REDUCIR PROBABILIDAD DE ENREDOS	28	REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PERIODICO ADECUADO	13
AT2	MENOR PROBABILIDAD DE ENMALLAMIENTO POR PRESENCIA DEL DDA	24	FALTA DE EVIDENCIA CONSISTENTE DE EFICACIA DE DDA / AMBIGÜEDAD EFICACIA	25
	MENOR ÁREA DE IMPACTO DE RUIDO POR USO DE CORTINA DE BURBUJAS	17	INTRODUCCION DE RUIDO AL MA	25
	MENOR COSTO RELATIVO QUE REDES DE NUEVA GENERACION	12	REQUERIMIENTO DE INVESTIGACION NACIONAL (AUDIOMETRIA/CONDUCTA) PARA ESPECIES DE MM	21
AT3	MENOR PROBABILIDAD DE ENMALLAMIENTO POR PRESENCIA DEL DDA	30	FALTA DE EVIDENCIA CONSISTENTE DE EFICACIA DE DDA / AMBIGÜEDAD EFICACIA	32
	MENOR ÁREA DE IMPACTO DE RUIDO POR USO DE CORTINA DE BURBUJAS	21	INTRODUCCION DE RUIDO AL MA	31
	DEFINE UN AREA DE AFECTACION (RADIO DE 100 M) PARA LA EVALUAR EL DISPOSITIVO	17	SE REQUIERE ESTANDAR PARA INSTALACION Y USO EFICAZ DE CORTINA DE BURBUJAS	19
AT4	MENOR PROBABILIDAD DE ENMALLAMIENTO POR PRESENCIA DEL DDA	20	INTRODUCCION DE RUIDO AL MA	26
	DEFINE UN AREA DE AFECTACION (RADIO DE 100 M) PARA LA EVALUAR EL DISPOSITIVO	15	FALTA DE EVIDENCIA CONSISTENTE DE EFICACIA DE DDA / AMBIGÜEDAD EFICACIA	25
	NORMA VALIDADA INTERNACIONALMENTE (NMFS)	15	EL AREA DE AFECTACION NO CONFINADA	19
AT5	NO INTRODUCCION DE RUIDO AL MA	19	REPORTES DE ENMALLAMIENTOS DE MM	23
	AMPLIA UTILIZACION POR LA INDUSTRIA	16	INEXISTENCIA DE ESTUDIO TÉCNICO PARA LUZ DE MALLA CON PROPOSITO DE REDUCIR	19
	MENOR COSTO RELATIVO DE ADQUISICION	15	REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PERIODICO ADECUADO	11

#### 4.2.7. Proceso de jerarquía analítica (AHP)

El proceso de jerarquía analítica (AHP) se ejecutó considerando trabajo individual con cada uno de los integrantes del Taller de expertos. Para ello, se consideró como objetivo general Identificar las mejores tecnologías para evitar la interacción con resultado de muerte o daño grave en mamíferos marinos en la salmonicultura.

Para obtener el Objetivo ya indicado, se consideraron tres Criterios, indicados a continuación (Fig. 74):

1. Criterio Inocuidad. Que la tecnología presente grados de inocuidad altos, idealmente nula mortalidad y que no genere daños graves en mamíferos marinos objetivo y no objetivo.
2. Criterio Eficacia. Que la tecnología sea eficaz, capaz de evitar la interacción entre centros salmoneros y mamíferos marinos, principalmente pinnípedos.
3. Criterio Factibilidad. Que exista una probabilidad alta de que la tecnología sea adoptada por la industria, incluyendo principalmente un criterio de costo, además de otros como grado de complejidad.

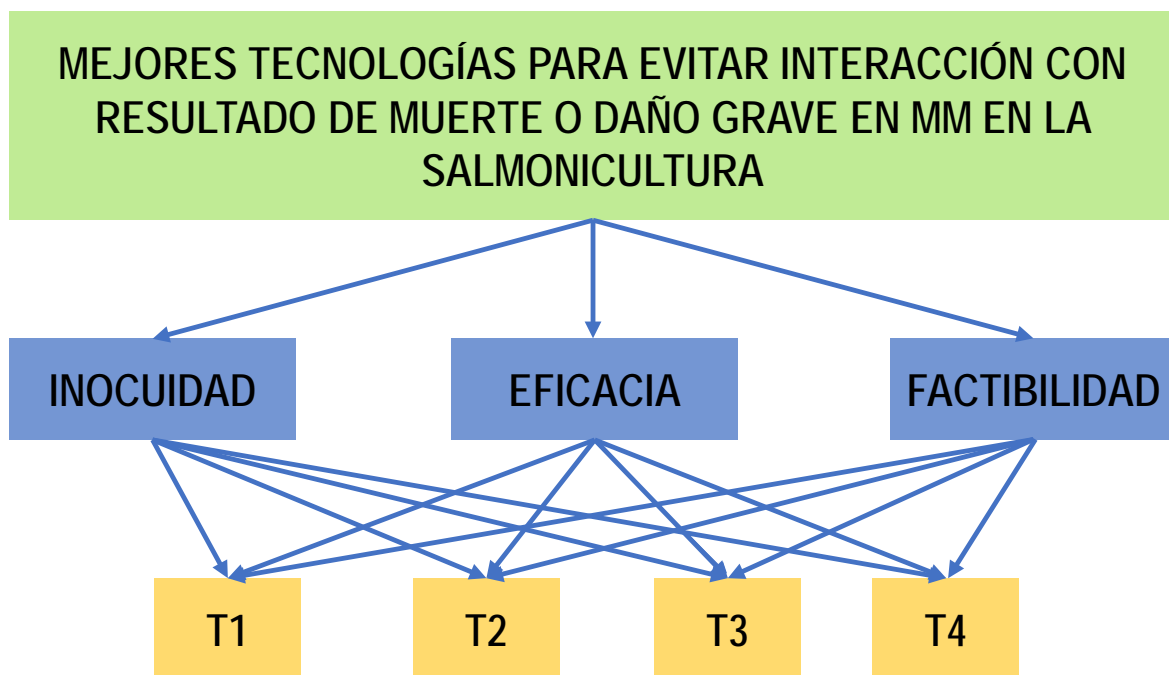
Tomando en cuenta las alternativas tecnológicas analizadas previamente en el análisis interno del método FODA, se procedió al análisis opciones, denominadas genéricamente tecnologías:

T1. Redes antidepredadores o loberas de mayor resistencia que las tradicionalmente empleadas en Chile, tales como flexibles como alma de acero, de materiales flexibles de alta resistencia, semirrígidas o rígidas.

T2. Redes antidepredadores o loberas de materiales flexibles, tradicionales o de uso común en Chile, complementadas con un Dispositivo de Disuasión Acústica (DDA), el que previamente debiera ser sometido a pruebas para verificar el cumplimiento de normas, considerando adicionalmente el empleo de una tecnología que propenda al confinamiento de ruido submarino a un área acotada, tal como ha sido sugerido para paredes de burbujas submarinas.

T3. Redes antidepredadores o loberas de materiales flexibles, tradicionales o de uso común en Chile, complementadas con un Dispositivo de Disuasión Acústica (DDA), el que previamente debiera ser sometido a pruebas técnicas in situ para verificar el cumplimiento de criterios de la NMFS, los que consideran el no generar un cambio de umbral acústico permanente (PTS) a especies de mamíferos marinos más allá de un radio de 100 m en torno al centro de cultivo.

T4. Redes antidepredadores o loberas de materiales flexibles, tradicionales o de uso común en Chile. Se reconoce en este punto que dicha alternativa, aunque correspondiente a la situación base, tiene márgenes de mejora, por ejemplo, dando sustento técnico a la definición de una luz de malla para evitar el enmallamiento de mamíferos marinos, incorporando criterios adecuados de diseño, dimensionamiento e instalación, además de la ejecución de protocolos idóneos de mantenimiento.



**Figura 74.** Esquema general del método de proceso de jerarquía analítica (AHP) empleado.

El análisis consideró inicialmente el análisis pareado de criterios para luego llevar a cabo la comparación entre las cuatro tecnologías propuestas, independientemente para cada uno de los criterios. La comparación entre alternativas, tanto de criterios como de las tecnologías cumplió con los criterios de consistencia de cada una de las matrices, de acuerdo al indicador razón de consistencia (RC), considerado un indicador del juicio racional por parte del tomador de decisiones (Tabla 50).

**Tabla 50.** Indicadores de Razón de Consistencia (RC) durante el proceso de comparación pareada de criterios y alternativas (Tecnologías) para cada experto.

Experto	Comparación entre criterios	Comparación entre alternativas		
		INOCUIDAD	EFICACIA	FACTIBILIDAD
1	0,0085	0,0750	0,0265	0,0198
2	0,0041	0,0945	0,0944	0,0183
3	0,0000	0,0936	0,0253	0,0544
4	0,0996	0,0535	0,0249	0,0551
5	0,0495	0,0866	0,0573	0,0766
6	0,0124	0,0782	0,0471	0,0919

La comparación pareada entre los tres criterios utilizados indicó que el criterio con una mayor ponderación y prioridad corresponde al de Inocuidad (47%), seguido de Eficacia (39%) y de Factibilidad (14%) (Tablas 51 y 52).

La comparación entre tecnologías, en lo relativo al criterio de Inocuidad indicó la mayor prioridad para T1 (61%), en tanto T2 y T1 alcanzaron 17 y 13%, respectivamente y T3 un 8%. Respecto del criterio Eficacia, se consideró que T1 presenta la mayor prioridad (53%), seguida por T2 y T3, con prioridades similares (21% y 18%, respectivamente). Finalmente, el criterio factibilidad, la mayor prioridad la obtuvo T4 (49%), seguida de T3 (26%) y de T2 y T1 (14% y 10%, respectivamente).

Conforme a lo indicado previamente, la priorización de las tecnologías corresponde 51% para T1, 18% para T2, 16% para T4 y 15% para T3 (Fig. 76)

Tabla 51. Matriz normalizada y vector de prioridad en la comparación de criterios

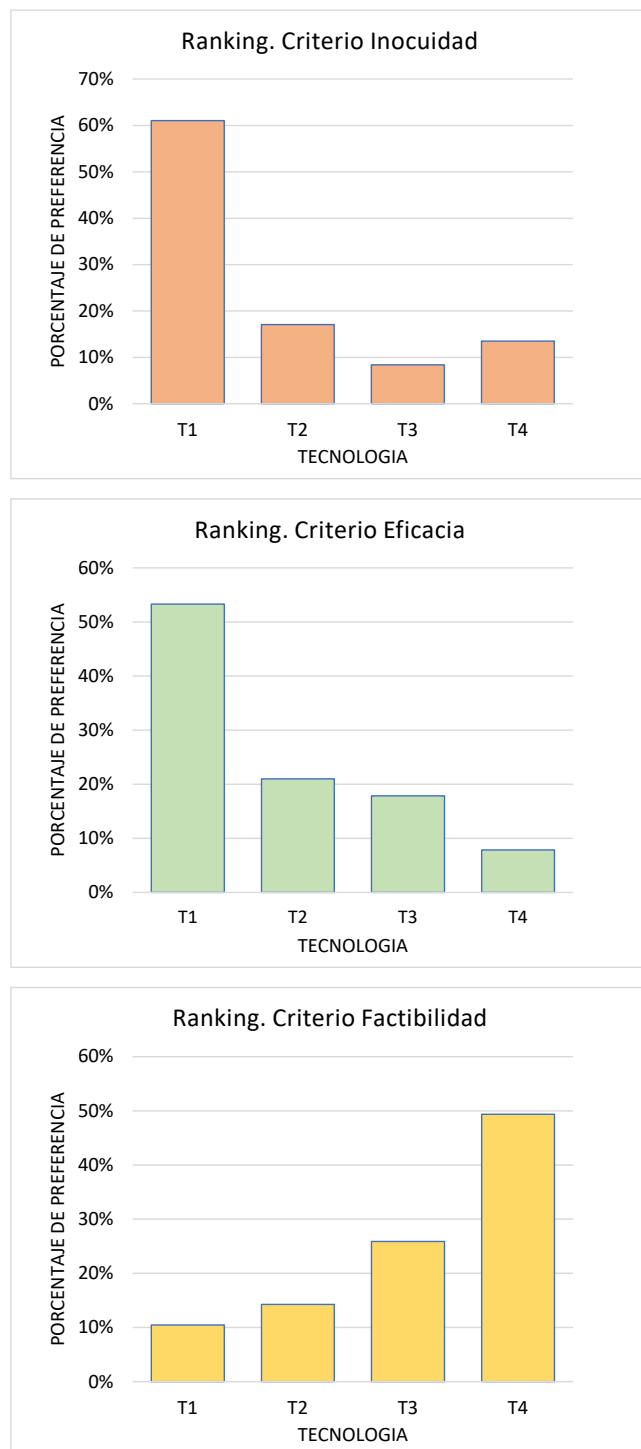
CRITERIOS	INOCUIDAD	EFICACIA	FACTIBILIDAD	PRIORIDAD
INOCUIDAD	0,47	0,49	0,44	0,47
EFICACIA	0,38	0,39	0,42	0,39
FACTIBILIDAD	0,15	0,13	0,14	0,14
TOTAL	1	1	1	1

Tabla 52. Matrices normalizadas y vector de prioridad en la comparación entre alternativas (tecnologías) para cada criterio.

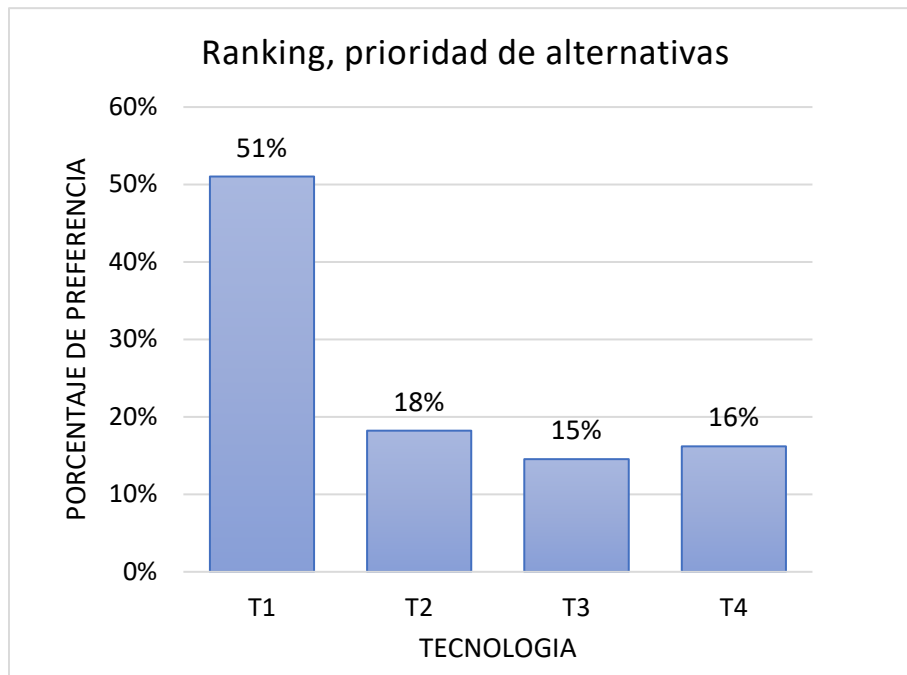
INOCUIDAD	T1	T2	T3	T4	PRIORIDAD
T1	0,62	0,67	0,51	0,64	0,61
T2	0,14	0,15	0,25	0,15	0,17
T3	0,11	0,05	0,09	0,08	0,08
T4	0,13	0,13	0,15	0,13	0,13
TOTAL	1	1	1	1	1

EFICACIA	T1	T2	T3	T4	PRIORIDAD
T1	0,55	0,59	0,53	0,46	0,53
T2	0,18	0,19	0,23	0,24	0,21
T3	0,18	0,14	0,17	0,22	0,18
T4	0,10	0,07	0,06	0,08	0,08
TOTAL	1	1	1	1	1

FACTIBILIDAD	T1	T2	T3	T4	PRIORIDAD
T1	0,11	0,08	0,09	0,14	0,10
T2	0,19	0,13	0,09	0,16	0,14
T3	0,28	0,35	0,22	0,19	0,26
T4	0,41	0,44	0,61	0,52	0,49
TOTAL	1	1	1	1	1



**Figura 75.** Ranking de Prioridades de las tecnologías analizadas por criterio.



**Figura 76.** Ranking de Prioridades de las tecnologías analizadas mediante AHP.

#### **4.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3. Evaluar y proponer las mejores alternativas tecnológicas y/o de sistemas para evitar la interacción con resultado de muerte o daño grave de los mamíferos marinos, incluyendo un análisis económico de los costos de implementación para las distintas tecnologías o sistemas seleccionados.**

---

Los costos de referencia se generaron a partir de un supuesto de un tren de balsas cuadradas de 30x30 m, específicamente un total de 12 jaulas, dispuestas en una matriz de 6X2 jaulas. Los valores fueron obtenidos a partir de consulta directa a proveedores de equipos de dispositivos acústicos y recurriendo a juicio experto de profesionales del área acuícola.

En el caso de los DDA, éstos son arrendados por las empresas proveedoras, por lo cual se indicó como costo de referencia una estimación correspondiente a un año de arrendamiento. Las distintas modalidades (arrendamiento en DDA y venta en redes depredadoras) debiesen considerarse en una eventual evaluación financiera formal entre ambas opciones.

Para valorizar una opción de redes loberas con mayor resistencia, se considera el valor de una red semirrígida, considerando un valor de referencia de 35,7 USD/m<sup>2</sup> para material tipo PET, monofilamento torcido en dos hebras, formando mallas hexagonales, considerando una red lobera de 34.100 m<sup>2</sup> de área total, considerando cinco cuerpos (dos laterales, dos frontales y un fondo).

Los costos de instalación de las redes loberas incluyen ítems como conexiones, abertura de reticulado, costurado de secciones, el cual es realizado por personal con supervisión empleando una embarcación por aproximadamente un período de 30 días a un valor de \$1.200.000 diarios. Se supuso que el valor de instalación de la red lobera de tradicional es idéntico al correspondiente al de la red tipo PET.

Los valores de mantenimiento para la red lobera tradicional se obtuvieron considerando el empleo de una embarcación durante una semana al mes apta para realizar re-tensado y provista de personal (buzos) para llevar a cabo reparaciones. En el caso de la red tipo PET se supuso un valor de mantenimiento anual del 10% del correspondiente a la red lobera tradicional.

Se consideraron dos alternativas para valorizar los DDA. Conforme a sus distintas características técnicas, la alternativa 1 considera el empleo de 32 equipos, en tanto la alternativa 2 un total de 12 equipos. El valor de mantenimiento se estimó en un 10% del valor del equipo.

Los costos de operación de los DDA incluyen el consumo eléctrico, estimado en 38,4 kWh y 14,4 kWh, para las alternativas 1 y 2, respectivamente. La valoración de los costos de operación en base anual se llevó a cabo considerando el empleo de los DDA empleo por un período de 15 días al mes, por un lapso de seis meses en el año y un valor de \$300 kWh.



La tecnología de cortina de burbujas se arrienda o puede venderse. En el caso del precio de venta, ésta corresponde a un valor de referencia de USD 31.000. El valor de mantenimiento anual se estimó en un 10% del valor del equipo.

Sus costos de operación consideran el precio del diésel para accionar compresores y generadores, los cuales tienen un consumo estimado de 50 lt/h, equivalentes a 1200 lts/24 horas para la configuración de referencia. Para la estimación de los costos anuales de operación se consideró empleo por un período de 15 días al mes, por un lapso efectivo de seis meses en el año.

La estimación de costos asociados a personal consideró a un operario con sueldo de \$600.000 asociados a tareas de inspección de redes, operación de DDA y de sistema de cortina de burbujas.

Habida cuenta de las consideraciones previas, los respectivos costos estimados se indican a continuación:

	LOBERA TRADICIONAL	LOBERA TIPO PET	CORTINA BURBUJAS
COSTO EQUIPO	\$108.000.000	\$1 217 833 190	\$31 000 000
COSTO INSTALACION	\$43.200.000	\$43 200 000	
<b>TOTAL EQUIPOS E INSTALACION</b>	<b>\$151.200.000</b>	<b>\$ 1.261.033.190</b>	<b>\$31 000 000</b>
MANTENIMIENTO ANUAL	\$7.000.000	\$700.000	\$27 000 000
PERSONAL ANUAL	\$7.200.000	\$7.200.000	\$3 100 000
<b>COSTO ANUAL</b>	<b>\$14.200.000</b>	<b>\$7.900.000</b>	<b>\$30.100.000</b>

#### DISPOSITIVOS ACÚSTICOS (DDA)

	Alternativa 1	Alternativa 2	PROMEDIO
COSTO EQUIPO (*)	\$36.864.000	\$21.600.000	\$29.232 000
COSTO INSTALACION	\$2.100.000	\$1.440.000	\$1.770.000
<b>TOTAL EQUIPOS E INSTALACION</b>	<b>\$38.964.000</b>	<b>\$23.040.000</b>	<b>\$31.002.000</b>
COSTO DE OPERACIÓN ANUAL	\$1.036.800	\$388.800	\$712.800
MANTENIMIENTO ANUAL	\$3.686.400	\$2.160.000	\$2 923 200
PERSONAL	\$7.200.000	\$7.200.000	\$7 200 000
<b>COSTO ANUAL</b>	<b>\$11.923.200</b>	<b>\$9.748.800</b>	<b>\$10.836.000</b>

(\*) Valor de arrendamiento de equipos para el centro durante el período de un año.

Las estimaciones de costo, asociadas a las cuatro tecnologías evaluadas mediante AHP, se indican a continuación. Cabe indicar que los mayores costos de equipo e instalación corresponden a la Tecnología T1, con una estimación de referencia de \$ 1.261.033.190, en tanto dicho ítem en las restantes tres tecnologías evaluadas varía entre \$151.200.000 y \$213.202.000. En cuanto a las estimaciones de referencia de los costos anuales, éstos variaron entre un mínimo de \$7.900.000 (T1) y un máximo de \$55.160.000 para T2.

a) T1. Redes antidepredadores o loberas de mayor resistencia que las tradicionalmente empleadas en Chile, tales como flexibles como alma de acero, de materiales flexibles de alta resistencia, semirrígidas o rígidas.

	LOBERA TIPO PET
COSTO EQUIPO	\$1 217 833 190
COSTO INSTALACION	\$43 200 000
<b>TOTAL EQUIPOS E INSTALACION</b>	<b>\$ 1.261.033.190</b>
MANTENIMIENTO ANUAL	\$700.000
PERSONAL ANUAL	\$7.200.000
<b>COSTO ANUAL</b>	<b>\$7.900.000</b>

b) T2. Redes antipredadores o loberas de materiales flexibles, tradicionales o de uso común en Chile, complementadas con un Dispositivo de Disuasión Acústica (DDA), el que previamente debiera ser sometido a pruebas para verificar el cumplimiento de normas, considerando adicionalmente el empleo de una tecnología que propenda al confinamiento de ruido submarino

	LOBERA TRADICIONAL	DDA	CORTINA BURBUJAS	TOTAL
COSTO EQUIPO	\$108.000.000	\$29.232.000 (*)	\$31.000.000	\$168.232.000
COSTO INSTALACION	\$43.200.000	\$1.770.000		\$44.970.000
<b>TOTAL EQUIPOS E INSTALACION</b>	<b>\$151.200.000</b>	<b>\$31.002.000 (*)</b>	<b>\$31.000.000</b>	<b>\$213.202.000</b>
COSTO DE OPERACIÓN ANUAL		\$712.800	\$27.000.000	\$27.712.000
MANTENIMIENTO ANUAL	\$7.000.000	\$2.923.200	\$3.100.000	\$13.023.200
PERSONAL ANUAL	\$7.200.000	\$7.200.000		\$14.400.000
<b>COSTO ANUAL</b>	<b>\$14.200.000</b>	<b>\$10.836.000</b>	<b>\$30.100.000</b>	<b>\$55.160.000</b>

(\*) Valor de arrendamiento de equipos para el centro durante el período de un año. El costo total incluye además el costo de instalación.

c) T3. Redes antidepredadores o loberas de materiales flexibles, tradicionales o de uso común en Chile, complementadas con un Dispositivo de Disuasión Acústica (DDA), el que previamente debiera ser sometido a pruebas técnicas in situ para verificar el cumplimiento de criterios de la NMFS

	LOBERA TRADICIONAL	DDA	TOTAL
COSTO EQUIPO	\$108.000.000	\$29.232 000 (*)	\$137 232 000
COSTO INSTALACION	\$43.200.000	\$1.770.000	\$44 970 000
<b>TOTAL EQUIPOS E INSTALACION</b>	<b>\$151.200.000</b>	<b>\$31.002.000 (*)</b>	<b>\$182 202 000</b>
COSTO DE OPERACIÓN ANUAL		\$712.800	\$712.800
MANTENIMIENTO ANUAL	\$7.000.000	\$2.923.200	\$9.923.200
PERSONAL ANUAL	\$7.200.000	\$7.200.000	\$14.400.000
<b>COSTO ANUAL</b>	<b>\$14.200.000</b>	<b>\$10.836.000</b>	<b>\$25.036.000</b>

(\*) Valor de arrendamiento de equipos para el centro durante el período de un año. El costo total incluye además el costo de instalación.

d) T4. Redes antidepredadores o loberas de materiales flexibles, tradicionales o de uso común en Chile. Se reconoce en este punto que dicha alternativa, aunque correspondiente a la situación base,

	LOBERA TRADICIONAL
COSTO EQUIPO	\$108.000.000
COSTO INSTALACION	\$43.200.000
<b>TOTAL EQUIPOS E INSTALACION</b>	<b>\$151.200.000</b>
MANTENIMIENTO ANUAL	\$7.000.000
PERSONAL ANUAL	\$7.200.000
<b>COSTO ANUAL</b>	<b>\$14.200.000</b>

#### 4.4. Taller de Difusión de Resultados

El Taller de Difusión de Resultados se llevó a cabo el día jueves 19 de diciembre de 2024, en formato no presencial y transmitido vía ZOOM, entre las 09:00 y las 13:30 horas, previa definición de fecha y modalidad con la contraparte técnica y en coordinación con el director ejecutivo del FIPA. La Agenda de la actividad correspondió a:

- 09:10. Bienvenida y presentación
- 09:15. Presentación Susannah Buchan. La acústica y los cetáceos
- 09:50. Presentación María José Pérez-Álvarez. Los cetáceos en la Patagonia chilena
- 10:15. Presentación Alfio Yori. El ruido submarino antrópico
- 10:50. Presentación Maritza Sepúlveda. Interacción lobo marino común-salmonicultura
- 11:25. Presentación Pedro Apablaza. Resultados revisión métodos disuasión
- 12:10. Presentación Mauricio Ahumada. Análisis de casos y taller de expertos
- 12:55. Consultas y discusión
- 13:30. Cierre

Durante la actividad participaron sectorialistas de SUBPESCA, investigadores y profesionales del sector público y del sector salmonero, contando con una participación de 56 personas conectadas (Fig. 77). En Anexo a este informe se incluyen las diapositivas de cada una de las presentaciones.

**Identificación**

- Rorcual muy rápido
- 300-410 Barbas (gris oscuro)
- Barbas miden hasta 80 cm
- Tamaño Cría 4,5 m (725 kg.)
- Tamaño Adulto 12-15 m (20m) (20 ton)
- No arquea pedúnculo
- Aleta dorsal alta y falcada
- 1 Cresta longitudinal en rostro
- Salto Horizontal

Estado de conservación: IUCN: En Peligro (EP), RCE: En Peligro Crítico (CR)

Familia *Balaenopteridae*  
Ballena Sei / Sei Whale  
*Balaenoptera borealis*

POPULATION TREND  
Increasing  
50,000  
NUMBER OF ADULT INDIVIDUALS

Cooke, J.G. 2018. *Balaenoptera borealis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018  
Southern Hemisphere: 10,000–20,000 individuals (Cooke, 2018)

Reporte: En 2020 se indica el reporte del varamiento de una ballena sei (*Balaenoptera borealis*), en la Región de Aysén, la cual fue destacada en prensa y generó acciones legales de parte de SERNAPESCA

**Participantes (56)**

Buscar un participante

- Paulina
- Paulina Pino
- Pedro Apablaza
- PILAR DIAZ
- Ricardo García Madrid
- RMC
- Rodrigo Salomón
- Samyra, Salmones Austral
- Sergio A. Rosales
- UBGE-SSPA
- Vanessa Jeldres
- Vicente Carrasco
- william toro mesias
- Ximena Rojas INTESAL

**Participantes (56)**

Buscar un participante

- Alfio Yori
- Ana Luiza Couto-Ziezkowski (P...
- Barbara Gundermann
- Bastian Vasquez
- camila.oyarzun
- Carolina Barrios
- Carolina Miranda Nail
- Catalina Gutierrez
- Constanza Saavedra
- Constanza Sepulveda
- Cristian Vasquez
- daniela bolbaran
- Dante Queirolo
- Felipe Hurtado F.

Figura 77. Vista de presentaciones y de asistentes al Taller de Difusión de Resultados de FIPA 2023-10.

Las presentaciones de las Sras. Susannah Buchan y María José Pérez-Álvarez se enfocaron en la entrega de antecedentes de la importancia de la acústica en la biología/ecología de los cetáceos y en la caracterización de las distintas especies presentes en aguas de la Patagonia chilena. La Sra. Buchan en su presentación indicó los criterios empleados por la NMFS para establecer umbrales a fin de prevenir la ocurrencia de TTS o PTS en mamíferos marinos a nivel de grupos auditivos, enfatizando que éstos han sido establecidos con escaso

conocimiento de audiometrías e incluyendo información de apenas algunas especies de cetáceos presentes en Chile. La Sra. Pérez-Alvarez detalló las características poblacionales y el estado de conservación de las distintas especies de cetáceos, mencionando la existencia de grados de sobreposición espacial entre su distribución con actividades de acuicultura, en particular en el mar de Chiloé e interacciones reportadas de especies como el delfín chileno con estructuras de salmonicultura.

Pregunta. Dada que hay poca información de perfiles de sensibilidad auditivas, se podría considerar un rango precautorio, incluir alguna métrica para aplicar un enfoque precautorio. Cuando hay cetáceos con distintas vocalizaciones, cual es la frecuencia que se utiliza en esos casos. Respuesta. Un enfoque precautorio, sería usar los umbrales para los daños temporales (TTS). Hay especies que vocalizan en distintas frecuencias, en particular para distinguir entre HF y VHF, creo que el punto es identificar que información se consideró para establecer los umbrales.

El Sr. Yori expuso acerca de las características del sonido, en particular acerca de su comportamiento como onda mecánica y sobre su propagación subacuática. En este último punto enfatizó el efecto que tienen en la propagación ciertas variables físicas como presión, salinidad y temperatura o perfil topográfico del fondo marino, las que requieren ser incorporadas al proceso de modelación con la finalidad de predecir el nivel de presión sonora a una cierta distancia del emisor. En términos de exposición al ruido, mencionó variables como el nivel de fuente, el espectro de frecuencia del emisor, el umbral auditivo del receptor, así como el modelo de propagación utilizado en el modelamiento, dando a conocer los umbrales empleados por NOAA-NMFS 2018 para MM. Se explica la métrica de dBht, la cual incorpora los umbrales auditivos del animal para estimar percepción de un animal en dB de una cierta fuente de ruido, dada una cierta frecuencia

Pregunta. Se agradece la presentación. Las curvas de sensibilidad auditiva entre pinnípedos y odontocetos pequeños son parecidas. Cuando los dispositivos de disuasión acústicos han sido certificados por la NMFS-NOAA en el hemisferio norte, como es dicho proceso si estas afectando eventualmente a los cetáceos y disuadiendo pinnípedos. Respuesta. Los umbrales que se han establecido por grupos, están contruidos considerando algunas pocas audiometrías. Hay poca información, pero es la disponible. Sobre lobos marinos también hay información, los DDA buscan generar molestias en ellos, pero como hay sobreposición en los umbrales auditivos, vas a molestar a otras especies no objetivo, debiesen utilizarse en frecuencias que se alejen de los rangos de escucha de cetáceos, pero es un ajuste delicado. Hay que considerar que los umbrales de la NOAA son a 24 horas de exposición, es decir, importa la dosis de ruido, pues no solo el nivel, sino que también el tiempo también es relevante. Hay diferencias también entre el ruido de emisión y de escucha, no necesariamente coinciden la ecolocalización y al escucha.

Pregunta. Se entendería que al autorizar un DDA, principalmente para lobos marinos, debiese haber un análisis respecto de lo que sucede con otras especies, como cetáceos en ese entorno. Respuesta. Así es, se analiza la eventual afectación de otras especies como cetáceos, que podrían ser afectadas, y ésta depende de variables como la frecuencia de emisión, la sensibilidad auditiva de esa especie y los tiempos de exposición al ruido

La **Sra. Sepúlveda** expuso sobre la interacción entre el lobo marino común (LMC) y la salmonicultura. Remarcó que se considera que esta especie es oportunista en sus hábitos de alimentación por lo cual se reconoce desde hace tiempo su interacción con la acuicultura y las pesquerías, destacando que no hay información actualizada de las interacciones en Chile, pues los últimos trabajos son aproximadamente de 2010. Para la industria, se reconoce que el LMC genera depredación y estrés del stock cultivado, favoreciendo además la ocurrencia de escapes, debido que producen roturas en las redes. Para el LMC en tanto, la industria le genera impactos por mortalidad por enredos, colisiones, subsidios tróficos, etc. Mencionó los factores que afectan la depredación (ej. estacionalidad), elementos a considerar en términos del diseño de tecnologías o de medidas de mitigación. Ejemplificó, señalando que en otoño e invierno ésta se intensifica, reconociéndose variabilidad interanual, entre semanas y entre centros, haciendo hincapié en estudios que dan cuenta de la complejidad de la relación/subsidio trófico entre dicha especie y la industria salmonera.

Pregunta. Se consulta debido a que los resultados señalan que la gran mayoría de las mortalidades de LMC son juveniles, pero los mayores consumos de adultos y subadultos. Respuesta. Los adultos de LMC generan mayores consumos de adultos de salmones, probablemente por su mayor envergadura física. No obstante, los juveniles son más pequeños, menos exitosos en depredar. Dado que la red tiene 10 pulgadas, es más probable que los animales pequeños queden enmallados, lo que no ocurre con adultos, por lo cual no deberían considerarse sólo medidas de manejo que consideren adultos/subadultos.

Pregunta. Se consulta sobre tasas de consumo por especie, en el caso de especies silvestres del sur de Chile. Respuesta. El LMC requiere del 4% de su peso al día, en términos de consumo, existen datos de la proporción de consumos por especie depredada, lo cual puede compararse con posterioridad al Taller.

El **Sr. Pedro Apablaza** expuso sobre los resultados de la revisión realizada en el marco del proyecto, respecto de tecnologías de disuasión de mamíferos marinos con aplicación para el sector salmonero. Lleva a cabo una exposición amplia de distintos métodos/tecnologías, enfatizando la existencia o no de evidencia en términos de su eficacia. En su presentación resalta como principales métodos/tecnologías el empleo de barreras físicas y de dispositivos acústicos, remarcando que el uso de cortinas de burbujas no corresponde a una tecnología de disuasión de LMC, sino a una de potencial carácter complementario para la tecnología acústica.

Pregunta. Respecto de la información de la NOAA, se consulta si los distintos disuasivos expuestos están aprobados por dicha institución o si es información que tiene recabada la NOAA debido a que se aplican a nivel global. Respuesta. La NOAA menciona una revisión de todo lo que se ha empleado. La NMFS indica los que admite/avala, por lo cual elimina algunos métodos, en particular eliminando aquellos que pueden causar daño, por ejemplo, los punzantes.

Pregunta. En un trabajo citado por la revisión se indica se podrían eliminar las redes loberas, siempre que se mantuviese la tensión de la estructura. Respuesta. Corresponde a un trabajo en Escocia. En ese lugar se están reemplazando los DDA por redes antidepredadores. Se comenta que respecto a las redes flexibles de uso en Chile actualmente no es viable quitar las loberas. Se debe mantener tenso el sistema de la lobera. En el futuro, si emplean mallas más rígidas (metálicas u otras) podría prescindirse de las redes loberas, pero es inviable hoy en día.

El Sr. **Ahumada** expuso sobre las características generales de la depredación de lobo marino común con relación a la ubicación de colonias loberas, sobre las interacciones reportadas por la industria en el marco de la Resolución 2811/2021, así como dos casos de estudio: Tasmania (Australia) y Escocia (Reino Unido), enfatizando la tendencia hacia el uso de barreras físicas, construidas de nuevas redes de materiales más resistentes y con mayor rigidez. Igualmente, se expuso los resultados de la priorización de tecnologías que realizó el grupo experto, resaltando que éste identificó como mejor opción al uso de redes construidas con nuevos materiales, a pesar que reconoce su alto costo, y que reconoce igualmente como tecnologías priorizadas al uso de DDA complementariamente a redes loberas, aunque con previa verificación de cumplimientos de normas y al empleo de redes tradicionales, aunque reconociendo espacios de mejora.

Tras la exposición, el Sr. Hurtado del grupo experto comentó que estima es posible el disminuir el tamaño de malla en redes loberas, mencionando que hay empresas que emplean mallas de 8 y de 6 pulgadas. Se mencionó que implicaría un mayor costo en materiales. El Sr. Ahumada hizo hincapié que el punto es la falta un sustento técnico para recomendar un valor de luz de malla, lo cual debiese establecerse mediante un estudio.

Pregunta. Se mencionó una disminución a mallas de entre 6 y 8 pulgadas. ¿Se habría identificado algún informe técnico? Respuesta. En Chile hubo un acuerdo en el marco de un APL para acordar 10 pulgadas. No se ha identificado un informe técnico. Habría que considerar que una reducción tiene consecuencias como mayor costo, mayor resistencia de la estructura y un menor flujo.

El Sr. Hurtado indica que el tamaño de 6 y 8 pulgadas, seguiría permitiendo un flujo adecuado, pero demanda que se lleve a cabo el mantenimiento periódico (lavado) de la red. La reducción permite además minimizar



riesgos de escape, debido a que la eventual rotura de alguna barra, no genera una rotura de gran tamaño en la lobera.

Pregunta. Se mencionó que en el marco sería necesario recoger información más detallada respecto de las características del enredo/enmallamiento de ejemplares. La Resolución 2811/2021 define como enmalle cualquier tipo de enredo. ¿Se apunta a eso o a la información que entregan los titulares? Respuesta. Un reporte de enmallamiento podría indicar cualquier tipo de retención, por ejemplo, por la cabeza o por cualquier apéndice corporal. El punto es que para tomar medidas correctivas es valioso aclarar aspectos como: ¿dónde se produjo el enredo?, por ejemplo, en el reticulado, en las mallas o entre la lobera y la pecera. El punto es que se entregue mayor precisión en la información que identifique el lugar (donde se produjo el enredo) y cuál fue el mecanismo de retención (en qué lugar del cuerpo del animal ésta se produjo, por ejemplo, por la cabeza o mediante enredo en la cola de un cetáceo)

Un participante comenta que la opción de reforzar las redes antidepredadores de algún modo, no considera la necesidad de proteger a los stocks de peces de la presencia de depredadores, porque los estresa, afectándolos. Se llama a reflexionar sobre el tema, pues estima que una solución debiese prevenir la ocurrencia de depredadores en torno a las balsas jaula, y no sólo impedir que éstos alcancen a los peces cultivados.

Respuesta. Se indica que ese punto está considerado en el informe pues dos de las cuatro tecnologías considera a los DDA, complementariamente a las redes loberas. Se menciona que los objetivos del estudio, orientados a la disuasión de mamíferos marinos, implica que no se haya considerado explícitamente el bienestar/afectación de los salmones cultivados.

Tras las exposiciones y las instancias de preguntas y respuestas, el Taller concluyó conforme a lo planificado, pasadas las 13:30 horas.

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Existe amplia información relativa a la interacción entre mamíferos marinos y actividades de acuicultura a nivel mundial. Los tipos de interacciones suelen ser variados, tal como ha sido reportado en literatura (Heredia-Azuaje *et al.*, 2021), no obstante, la preocupación central tiene relación con la depredación de salmones por parte de pinnípedos y en la afectación de individuos y/o poblaciones de pinnípedos y cetáceos debido al empleo de dispositivos destinados a su disuasión (Rueggeberg 1989; Quick *et al.*, 2004; Oliva *et al.*, 2004; Northridge, 2013; Espinosa-Miranda *et al.*, 2020; Thompson *et al.*, 2020; Storlund *et al.*, 2024).

En Chile, se ha reportado la ocurrencia de interacciones entre lobo marino común y actividades de acuicultura (Sepúlveda & Oliva, 2005; Vilata *et al.*, 2010; Oliva *et al.*, 2008; Buschmann *et al.*, 2006). Se ha indicado que dichas interacciones han generado mortalidad de ejemplares de dicha especie (Wickens 1995; Duran *et al.*, 2011), lo cual ha sido igualmente reportado en el caso de algunos ejemplares de cetáceos (Thomas *et al.*, 2017; Bath *et al.*, 2022). Al respecto, en la consulta a expertos nacionales destaca el hecho que, si bien existen reportes que describen la mortalidad de ejemplares de cetáceos fundamentalmente por enredos en redes loberas o en estructuras asociadas (cabos), la inexistencia de datos sistemáticos, provenientes de fuentes independientes, así como de estimaciones de abundancia de cetáceos para el país, implica la imposibilidad de sopesar su impacto sobre las poblaciones de mamíferos marinos en general y de cetáceos en particular, por ejemplo, sobre la base de la estimación de sus potenciales de remoción biológica (PBR), es decir, considerando el límite máximo de mortalidad permitido para una población que no le genere consecuencias de largo plazo, tal como ha sido reportado para el delfín chileno (Pérez-Alvarez, 2020).

Debido a la aprobación en Estados Unidos de la Ley de Protección de Mamíferos Marinos (MMPA), el Servicio Nacional de Pesquerías Marinas de ese país (National Marine Fisheries Service-NMFS), conocido informalmente como NOAA Pesquerías, identificó y compiló distintos tipos de disuasivos a través de una revisión de literatura, considerando los aportes de diversos participantes a un taller de expertos (Long *et al.*, 2015). Dicha actividad tuvo como propósito el identificar los métodos y prácticas aplicados para disminuir la interacción con los mamíferos marinos. Tal como lo indican los TTR del presente estudio, la MMPA establece también el implementar medidas de mitigación para evitar las interacciones con actividades de pesca y acuicultura.

En 2020, la NOAA Pesquerías, publicó una propuesta de normativa para disuasivos no letales de mamíferos marinos, incluyendo la denominada “Evaluación ambiental de disuasivos no letales para mamíferos marinos”, en el cual se hace la más reciente descripción y clasificación de estos métodos. Cabe señalar que la MMPA (Ver <https://www.fisheries.noaa.gov/national/marine-mammal-protection>) proporciona excepciones, como

permitir el uso de medidas no letales para disuadir a un mamífero marino de dañar la propiedad privada o poner en peligro la seguridad personal, entre otras. Específicamente, la sección 101(a)(4)(A) de la MMPA (NOAA, 2023), permite al propietario de equipos de pesca o capturas o propiedad privada, o a un empleado o agente de dicho propietario, disuadir a los mamíferos marinos de dañar equipos de pesca y capturas o de dañar propiedad personal o pública, respectivamente, siempre que tales medidas no resulten en la muerte o lesiones graves de un mamífero marino.

Del análisis de este documento se desprende que en general, los disuasivos pueden dividirse en dos categorías: "no acústicos" y "acústicos". Los disuasivos no acústicos incluyen aquellos que no emiten sonido, pudiendo ser visuales, barreras físicas, eléctricos, quimio-sensoriales o táctiles. Los dispositivos acústicos en tanto generan sonido y se dividen en dos grupos según su potencial para afectar a los mamíferos marinos: i) impulsivos, que en general corresponden a ruidos breves y abruptos con una presión sonora máxima, tiempo de ascenso rápido y decadencia (por ejemplo, explosivos, bombas de foca, golpeo de tuberías) y ii) no impulsivos, que en general no tienen una presión sonora máxima con un rápido tiempo de aumento (por ejemplo, alarmas acústicas, sonidos de depredadores, dispositivos ruidosos en el aire) (NOAA, 2020).

Cabe señalar que el presente estudio ejecutó la búsqueda de bibliografía nacional e internacional respecto de estas tecnologías y métodos siguiendo la descripción realizada por la NOAA (2020). En este sentido, los resultados de la revisión bibliográfica sobre tecnologías/métodos de disuasión de mamíferos marinos, indica que la mayor parte de artículos e información técnica disponible se encuentra enfocada en dispositivos acústicos, principalmente no impulsivos, en tanto las restantes tecnologías aparecen más bien mencionadas a nivel de estudios piloto, anecdóticamente en algunos artículos científicos o incluidas en reportes de empresas del rubro. En este sentido, el grupo experto identificó algunas tecnologías, escasamente documentadas técnicamente en aplicaciones de acuicultura, a las que se les reconoce potencial, tales como empleo de luces, disuasivos eléctricos o basadas en el reflejo condicionado, por ejemplo, sonidos de depredadores, algunas de las cuales han sido empleadas en el pasado por la industria, pero a las cuales se les reconoce la necesidad de llevar a cabo un trabajo sistemático de investigación. En este sentido, autores como Barrios-Guzmán *et al* (2024) han reconocido la importancia de comprender el comportamiento de pinnípedos basados en mecanismos de aprendizaje asociativos y no asociativos en su interacción con pesquerías. La tecnología de cortina de burbujas constituye un caso interesante, debido a que se le reconocen múltiples aplicaciones en la acuicultura, aunque ninguna de ellas corresponde a la disuasión de mamíferos marinos, en particular pinnípedos. No obstante, hay experiencias que indican su empleo potencial como barrera a fin de disminuir el área de afectación de ruido submarino (Yori *et al.*, 2023), constituyendo una opción que podría llegar a complementar el uso de dispositivos de disuasión acústica (DDA).

En lo que respecta a los DDA para mamíferos marinos, éstos tienen aplicaciones en distintos ámbitos de actividad en el mar, tales como, la instalación de pilotes, la pesca o la acuicultura (Carlström *et al.*, 2002; Basran *et al.*, 2020; Boisseau *et al.*, 2021; Bordino *et al.*, 2002; Brandt *et al.*, 2012, 2013; Carretta & Barlow, 2011; Cronin *et al.*, 2014; Culik *et al.*, 2001; Environmental Standards Scotland, 2022; FAO, 2023; Findlay *et al.*, 2021, 2022, 2018; Götz & Janik, 2013). En la acuicultura, la información disponible indica que su empleo se concentra fundamentalmente en el Reino Unido (UK), específicamente en Escocia, con la finalidad de disuadir la depredación de salmones de cultivo por parte de dos especies de fócidos, la foca común (*Phoca vitulina*) y la foca gris (*Halichoerus grypus*), lo cual ha generado preocupaciones respecto del impacto de dichos dispositivos en poblaciones de marsopa común (*Phocoena phocoena*) (Brandt *et al.* 2012; Findlay *et al.*, 2018, 2021 y 2022; Heredia-Azuaje *et al.*, 2021; Strong *et al.*, 1995; Todd *et al.*, 2021; Whyte, 2015). No obstante, en años recientes, el uso de los DDA en Escocia tiene como requisito previo la obtención de una licencia por parte de los operadores, asociada a las especies protegidas por la legislación europea, como es el caso de los cetáceos, lo que en la práctica ha generado la suspensión de su utilización por parte de los productores de salmones.

El empleo de DDA es controversial en términos de su eficacia de largo plazo como disuasivo para la depredación por parte de pinnípedos, tal como ha sido reportado en Escocia y en Chile (Kastelein *et al.*, 2006; Sepúlveda & Oliva, 2005; Vilata *et al.*, 2010). Se ha reportado que se ha realizado mucho más trabajo científico para evaluar los impactos de los DDA en especies no objetivo que para cuantificar su eficacia para el propósito para el cual fueron diseñados (Coram *et al.*, 2014). Si bien varios estudios han investigado los efectos de los dispositivos disuasivos en otros contextos, hay muy poca evidencia científica publicada respecto de los centros de cultivo. Lo anterior se reflejó en la revisión de antecedentes, donde solo 19 documentos de un total de 242 analizados hacen mención a efectos o respuestas de mamíferos marinos a dispositivos acústicos empleados en acuicultura (Brandt *et al.*, 2012; Environmental Standards Scotland-ESS, 2022; Findlay *et al.*, 2018, 2021 y 2022; Heredia-Azuaje *et al.*, 2021; Irabor *et al.*, 2023; Jamieson & Olesiuk, 2001; Janik & Gotz, 2013; Kemper *et al.*, 2003; Lepper *et al.*, 2014; Link, 2020; Milewski, 2005; Quick *et al.*, 2004; Strong *et al.*, 1995; The Scottish Government, 2023; Todd *et al.*, 2021; Whyte, 2015 y Würsig & Gailey, 2002).

En Chile, Sepúlveda & Oliva (2005), en un estudio de caracterización de la interacción del lobo marino común (*O. flavescens*) con granjas salmoneras, informaron que, en 14 de 16 granjas, los operadores indicaron que el sistema era medianamente eficiente o ineficiente, señalando que los DDA operaron bien sólo por los primeros meses de instalación. Por otro lado, Vilata *et al* (2010) evaluaron la eficiencia de un AHD Airmar dB Plus I1 en un centro salmonero, comparando la mortalidad registrada en el otoño de 2008 con dos opciones i) con un centro adyacente, utilizado como grupo control y ii) con la mortalidad registrada en el mismo sitio durante tres meses previos a la instalación del dispositivo. Sus resultados indicaron que la mayor tasa de depredación en el

sitio control y su disminución en el sitio en que se instaló el AHD se explicaría por la presencia del dispositivo, no obstante, señalan que el tiempo de monitoreo fue muy breve para obtener conclusiones definitivas. En un reporte llevado a cabo por Cavieres (2024) en dos granjas salmoneras del sur de Chile, respecto de uno de los centros de cultivo, éste atribuye al bajo número de registros la mayor incertidumbre en los resultados respecto de la disuasión de lobos. Al respecto, las dificultades para analizar la eficacia de los dispositivos de disuasión acústicos, ha sido destacado por Coram *et al.* (2022), quienes indicaron la existencia de una correlación positiva entre el uso de DDA y la depredación de focas (mientras más uso de DDA, más depredación) en Escocia, agregando que el uso de datos temporales en una escala temporal más fina (diarios o semanales), combinados con variables explicativas relacionadas con la depredación permitirían la construcción de modelos estadísticos más refinados. A modo de discusión, mencionan la necesidad de desarrollar pruebas aleatorizadas, incluyendo controles y réplicas, las cuales son consideradas como el mejor modo de estimar efectos y estiman un tamaño muestral de 15 granjas salmoneras monitoreadas durante un ciclo productivo (12 a 18 meses) para obtener resultados significativos. Dadas las dificultades prácticas, indica que podría considerarse un manejo adaptativo consistente en permitir el uso de DDA, bajo la mejor información técnica disponible, y al mismo tiempo diseñar e implementar experimentos regulados, usando realimentando el manejo con los resultados obtenidos a fin de optimizarlo.

El empleo de DDA tiene como denominador común la consideración de los umbrales auditivos de distintas especies de MM, sobre la base de incluir tonos que estén dentro del rango auditivo de la especie de MM a disuadir (comúnmente correspondientes a pinnípedos) para generar molestia o activar su reflejo de escape y que no estén dentro del rango auditivo que generen daño o alteraciones conductuales de otras especies presentes en torno al centro de cultivo, típicamente cetáceos (Götz & Janik, 2013). No obstante esa idea base, en la práctica la complejidad es mayor debido a que las señales emitidas varían conforme a las características particulares de construcción y de uso de cada dispositivo, a que la propagación de la señal involucra características ambientales, como son la temperatura, salinidad, profundidad y topografía del fondo marino y debido a que las respuestas de los animales varía conforme a su comportamiento individual, motivación, habituación o a cambios en su comportamiento debido a daño auditivo (Benjamins *et al.*, 2018; Findlay *et al.*, 2019; Coram *et al.*, 2022). En este sentido, dada la multiplicidad de características técnicas de distintos equipos y la variabilidad en su desempeño, conforme a las variables bióticas y abióticas ya indicadas, es de alta complejidad el generalizar conclusiones, estando más bien los resultados de empleo de un cierto DDA ligados a alguna combinación tipo/uso de DDA-localización del equipo-especie.

Al respecto, cabe señalar que en Escocia se han desarrollado diversos estudios destinados a verificar posibles impactos en las poblaciones de marsopa común (*P. phocoena*), derivados de la utilización de DDA. Así,

Benjamins *et al.* (2018) investigaron la influencia de los DDA de baja frecuencia en los cetáceos, señalando que estos dispositivos pueden afectar el comportamiento y la distribución espacial de las marsopas en aguas costeras. Resultados similares fueron expuestos por Northridge *et al.* (2010 y 2013), quienes destacan que, aunque los DDA pueden reducir la depredación de focas, existe una preocupación significativa sobre su impacto negativo en las marsopas, particularmente en términos de estrés y cambios en el comportamiento de evitación. Según lo señalado por Todd *et al.* (2019 y 2021), los DDA podrían ser audibles para las marsopas a distancias significativas, lo que podría tener consecuencias negativas a largo plazo en su salud auditiva y comportamiento. Hay autores que coinciden en que los DDA utilizados para disuadir focas podrían causar deterioro auditivo, a corto y largo plazo en las marsopas (Findlay *et al.*, 2021 y 2022), por otra parte, Götz y Janik (2016) indican que es crucial monitorear los efectos secundarios en especies no objetivo como las marsopas. Finalmente, la Environmental Standards Scotland (ESS, 2022), destaca que la implementación y regulación de estos dispositivos ha sido evaluada debido a la necesidad de regulaciones más estrictas para minimizar el impacto en la vida marina, específicamente en marsopas y otros mamíferos marinos.

En el caso de Chile, en el grupo de odontocetos de pequeño tamaño, con sistemas auditivos típicamente de alta frecuencia (HF), tales como delfín chileno (*C. eutropia*), tonina overa (*Cephalorhynchus commersonii*) y marsopa espinosa (*Phocoena spinipinnis*), no se han realizado estudios de potenciales efectos fisiológicos o de comportamiento sobre dichas especies derivados del uso de DDA. Cabe señalar que a las especies indicadas se les ha asignado estatus de casi amenazadas o en peligro, conforme a los criterios IUCN o RCE, por lo cual concentran la preocupación de los investigadores.

Respecto de otras especies presentes en Chile, como es el caso de mysticetos, aunque no se identificaron estudios sobre efectos de dispositivos acústicos sobre especies como la ballena Sei (*Balaenoptera borealis*), en literatura hay información sobre una especie del mismo género, la ballena Minke (*Balaenoptera acutorostrata*), la cual indica efectos variados: reacción y eventuales pérdidas temporales de audición por efecto acumulado (Boisseau *et al.*, 2021; McGarry *et al.*, 2017), la inexistencia de impacto a más de 1000 m de distancia (Götz & Janik, 2015) y eventuales impactos predichos, conforme al tipo de dispositivo empleado (Todd *et al.*, 2021). Otro tanto ocurre con el delfín austral (*Lagenorhynchus australis*), odontoceto en el cual no se identificó información sobre efectos por uso de DDA, aunque en una especie del mismo género (*Lagenorhynchus obscurus*), Mangel *et al.* (2013) reportaron la reducción de sus capturas incidentales utilizando Pingers en redes de enmalle en Perú.

En el caso chileno, el principal método disuasivo utilizado en salmonicultura corresponde a uno del tipo "no acústico" según clasificación de la NOAA (2020), el cual básicamente consiste en barreras físicas conformadas por una red antidepredadores submarina que localmente se conocen como "redes loberas", la cual es

complementada con una valla o cerco perimetral en superficie que rodea el pasillo de las balsas jaula para evitar que los lobos marinos puedan acceder a sus pasillos. Internacionalmente, las redes antidepredadores son reconocidas como un efectivo método de disuasión para lobos marinos y focas, y pueden definirse como redes con tamaños de malla de 3 a 5 pulgadas que se despliegan para mantener la tensión en la red y un espacio aproximado de 3 a 4 pies desde la red pecera principal de una instalación de acuicultura u otra estructura (NOAA, 2020). Las redes antidepredadores se utilizan de manera rutinaria en otros países productores de salmónidos, por ejemplo, en Canadá y Australia (Coram *et al.*, 2014). En Chile, tienen por finalidad impedir el ingreso de lobos marinos (*Otaria flavescens*) a las jaulas de cultivo, debido a que constituye el principal depredador de la producción de salmónidos en los centros de cultivo y se emplean habitualmente al menos desde la década de 1990 (Sepúlveda, 1998). Cabe señalar que las respuestas tanto de investigadores nacionales e internacionales, así como de profesionales del sector salmoneero coinciden en destacar que son un método efectivo, aunque requieren de una construcción, diseño, instalación y mantenimiento adecuados, tal cual ha sido reportado igualmente en el pasado por otros investigadores (Oliva *et al.*, 2003).

Si bien, en términos de concepto, es común el uso de una barrera física submarina en torno a la red contenedora de peces, la diversidad de diseños, materiales, instalaciones y ambientes con los que dicha estructura interactúa puede explicar por qué en lugares como Escocia, los productores evitaron su empleo durante años, considerándolas de baja eficacia (Northridge *et al.*, 2010, Coram *et al.*, 2014). No obstante, tras la prohibición de facto de DDA, la alternativa de dichos productores ha sido emplear materiales de mayor resistencia para las barreras físicas en sus balsas jaula (redes antidepredadores, redes peceras), reconociéndose que la necesidad de mejorar técnicas de exclusión, como las redes antidepredadores, es un área en la que se identifica la necesidad de investigación (Coram *et al.*, 2014).

Respecto de las redes antidepredadoras, existe información que da cuenta de la ocurrencia de mortalidad de mamíferos marinos, principalmente pinnípedos además de cetáceos, debido a su interacción con dichas barreras físicas, comúnmente debido a enredos, lo que ha inducido la búsqueda de soluciones (Jamieson & Olesiuk, 2001; Kemper *et al.*, 2003). Al respecto, la descripción precisa de la modalidad de retención de un cierto ejemplar de mamífero en redes de este tipo a partir de información obtenida mediante un protocolo o de su necropsia, debería constituir la base para sugerir medidas de mitigación, pues la presencia de animales retenidos por enredo dentro de las mallas por su cuello o cabeza ("enmallamiento") en la red lobera, de lo cual hay evidencia en el caso del lobo marino común, indicaría mecanismos distintos que los asociados a animales que son retenidos en torno a sus colas o aletas, ya sea por cabos que constituyen elementos que mantienen la tensión de las redes loberas o por aquellos que son parte del anclaje o fondeo de la estructura de cultivo. En este sentido, Storlund *et al.* (2024) realizan distinciones de ese tipo para analizar enredos de ballenas jorobadas

en Columbia Británica (Canadá), identificando que, en un total de ocho eventos, seis correspondieron a enredos en redes antidepredadores y dos a enredos en líneas de fondeo o anclaje, en donde las ballenas habrían perforado la base de la red, emergido para luego ser incapaces de encontrar una salida, lo cual podría asociarse a la búsqueda de alimento, no correspondiente a los salmones cultivados, sino que presente en las cercanías de las balsas jaula, las que actuarían como dispositivos de agregación de peces (Uglen *et al.*, 2014) Según Espinosa-Miranda *et al.* (2021), los enredos de seis ejemplares de delfín chileno y de dos ballenas jorobadas en aguas chilenas ocurrieron en las mallas de redes loberas, lo cual fue confirmado mediante necropsia en dos casos de delfín chileno, los que presentaban laceraciones y marcas de redes en su piel, en especial en sus cabezas. Dichos autores plantean la posibilidad que dichos animales igualmente se acercan a las balsas jaula en búsqueda de agregaciones de peces silvestres en torno a dichas estructuras, presentando un comportamiento más pasivo respecto de otros cetáceos pequeños en caso de enredo, lo cual favorece su mortalidad.

En el caso chileno, la mortalidad reportada por la industria en 2022 y 2023 corresponde principalmente a juveniles de lobo marino común, lo cual abre interrogantes respecto de la correcta especificación de luz de malla para redes loberas, actualmente de 10 pulgadas, la cual no parece tener un soporte técnico, sino que obedecería a un estándar de la industria adoptado por acuerdo. Así, en la década de 1990, en las redes loberas se reportaban aperturas de malla 10 y 22 pulgadas (25-50 cm), estimándose que el 62,5% de las empresas utilizaba mallas de entre 18 y 22 pulgadas y sólo el 12% de 10 pulgadas. Posteriormente, la luz de malla se estandarizó a 10 pulgadas a partir de un Acuerdo de Producción Limpia, con el objeto de minimizar la muerte de lobos marinos (Sepúlveda, 1998, Oliva *et al.*, 2003).

Al respecto, si el propósito es evitar o disminuir el enmallamiento (en términos de retención por la cabeza en la malla) del lobo marino común, entonces la estimación de una luz de malla adecuada debería considerar sus características anatómicas, en particular el perímetro crítico de alguna sección de su cráneo, por ejemplo, a nivel de hocico u ojos, el cual debiera ser correlacionado con distintas tallas/peso, a fin de evitar que un ejemplar pueda introducir su cabeza en alguna malla. Idealmente, el material debiese además presentar baja elongación, a fin de prevenir que mediante la deformación generada por la fuerza del ejemplar éste quede atrapado. Así, se identifica la necesidad de desarrollar un trabajo técnico con dicho propósito que podría considerar pruebas con un rango inicial de entre 5 y 10 pulgadas de luz de malla. Dicho rango corresponde a medidas que actualmente están en uso por parte de algunas empresas y presenta otras consideraciones a tener en cuenta:

- Permite que el paño lobero contenga a peces de cultivo, en especial los de mayor talla, en el caso de eventuales roturas de la red pecera, previniendo escapes.



-En caso de rotura de una barra de la malla, evita que se generen aberturas de gran tamaño en el paño, las que podría facilitar el ingreso o atrapamiento de lobos marinos.

-Permite que las tensiones generadas por el sistema conformado por los paños de redes y los cabos que mantienen su geometría se distribuyan por un mayor número de barras, dándole mayor estabilidad al sistema.

-Plantea el desafío operacional para los productores de mantener limpio el paño, evitando la acumulación de fouling, para asegurar la mantención del flujo de agua a través de la jaula.

-Implica mayor costo, debido al uso de mayor cantidad de material por unidad de superficie a ser cubierta por la red lobera y una mayor área sólida expuesta al flujo, incrementando la resistencia de la estructura al flujo.

La revisión de los datos reportados en el marco de la Res. 2811/2021, permitió identificar algunos espacios de mejora, dados los desafíos de llevar a cabo una identificación certera por parte de personas no expertas, tanto a nivel de especie, como de sexo de los ejemplares y de grupo etéreo. Específicamente, con relación al lobo marino común, y dadas las limitaciones indicadas, se estima más factible el considerar las siguientes categorías: macho adulto, juvenil, hembra/macho subadulto e indeterminado, considerando que, a una distancia de 150 m, mediante empleo de binoculares, podría realizarse una diferenciación adecuada. En el caso de cetáceos, se considera que identificar el sexo del ejemplar entrega información valiosa, porque podría dar cuenta de algún tipo de sesgo en la mortalidad, con el consiguiente impacto en la proyección poblacional. No obstante, estas especies no tienen un marcado dimorfismo sexual, con la excepción de cachalotes u orcas adultos, por lo cual la diferenciación por sexo es altamente compleja, requiriéndose observación ventral (identificación genital y por algunos parches diferencias entre machos y hembras). Por ello, se sugiere mantener la columna de sexo en el reporte, porque la información es valiosa cuando es posible de obtener, pero habría que considerar que es fiable sólo en caso de ejemplares fallecidos, lo cual implicaría capacitaciones en identificación de sexo, y/o registro fotográfico obligatorio para una corroboración posterior. Cabe señalar igualmente que en cetáceos, puede ser muy difícil distinguir entre especies, por ejemplo, entre un delfín chileno y una marsopa espinosa a partir de sus aletas, en particular dado que hay varias condicionantes para una buena observación, tales como el estado de mar o iluminación, considerándose apropiada una distancia de 50 m.

Como insumo a la comparación entre las tecnologías, el presente trabajo identifica un listado de mamíferos marinos probablemente asociados a los centros de cultivo de salmones en términos espaciales. En este sentido, la información debe ser examinada con grados de cautela, debido a que en su elaboración se emplearon fuentes de datos diversas, con distintos grados de confiabilidad, tal como se indica en los resultados del Objetivo 1 del presente informe. Al respecto, cabe indicar que la selección de dichas especies se basa en el registro de la presencia de al menos un ejemplar de una especie determinada presente en la Patagonia chilena, ya sea en un radio en torno a una concesión y/o en los avistamientos reportados por la propia industria. Así por ejemplo,

hay especies con escasos registros, como la ballena franca austral, caso que correspondió a datos reunidos por DIRECTEMAR, los que informaron la presencia de tres ejemplares de “ballena franca” específicamente en la comuna de Quemchi. Otro tanto ocurre respecto de la ballena fin, en donde se localizó un registro en el seno de Reloncaví, conforme a datos de INATURALIST o con la ballena sei, en donde hubo dos registros, en las comunas de Aysén y Quellón, de acuerdo a información de varamientos proveniente de SERNAPESCA. El caso del cachalote igualmente debiese ser considerado con prudencia, pues corresponde a un registro de varamiento (en la localidad de Teupa, al sur de Chonchi), y debido a que se corresponde a una especie a la cual se atribuye una distribución más bien pelágica (Hucke-Gaete *et al.*, 2024).

No obstante, igualmente hay literatura disponible que coincide en identificar especies similares en términos de su interacción o solapamiento de su distribución con granjas salmoneras en el sur de Chile, siendo ampliamente documentado el caso del lobo marino común (*Otaria flavescens*), y existiendo menciones respecto cetáceos como el delfín chileno (*Cephalorhynchus eutropia*), la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) y la ballena sei (*Balaenoptera borealis*), entre otros. Así, Thomas *et al* (2017) reportan, a partir de antecedentes publicados por otros autores, que las especies de cetáceos afectadas y potencialmente afectadas corresponderían a delfín chileno (*C. eutropia*), delfín austral (*L. australis*), marsopa espinosa (*P. spinnipini*), delfín nariz de botella (*T. truncatus*), ballena azul (*B. musculus*) y la ballena Minke (*Balaenoptera acutorostrata*). Cabe señalar que Claude *et al.*, (2000) realizan menciones no cuantificadas de mortalidades de ballena Minke, delfín chileno y delfín austral asociadas a la salmonicultura. En el caso de una revisión de Bath *et al.* (2022), dichos autores mencionan como casos documentados de enredos de cetáceos y granjas salmoneras en Chile a ejemplares de ballena sei, delfín chileno y ballena jorobada (Tabla 53) y conforme a Hucke *et al.* (2024), la ballena sei, la ballena jorobada y el delfín chileno presentan riesgos de enmallamientos con centros de cultivo.

**Tabla 53.** Especies de cetáceos probablemente asociadas a centros salmoneros en el presente estudio, en el proyecto FIPA 2014-48 (Thomas *et al.*, 2017) y según lo indicado por Bath *et al.* (2022).

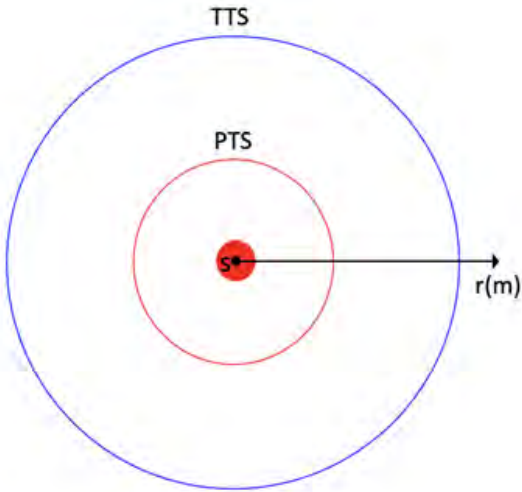
Nombre común	Nombre científico	Thomas et al. (2017)	Bath et al. (2022)
Ballena sei	<i>Balaenoptera borealis</i>		X
Ballena azul	<i>Balaenoptera musculus</i>	X	
Ballena fin	<i>Balaenoptera physalus</i>		
Tonina overa	<i>Cephalorhynchus commersonii</i>		
Delfín chileno	<i>Cephalorhynchus eutropia</i>	X	X
Ballena franca austral	<i>Eubalaena australis</i>		
Delfín austral	<i>Lagenorhynchus australis</i>	X	
Ballena jorobada	<i>Megaptera novaeangliae</i>		X
Orca	<i>Orcinus orca</i>		
Marsopa espinosa	<i>Phocoena spinipinnis</i>	X	
Cachalote	<i>Physeter macrocephalus</i>		
Delfín nariz de botella	<i>Tursiops truncatus</i>	X	

Así, respecto del lobo marino común (*O. flavescens*) existe bastante literatura que reporta interacciones con centros de cultivo (Sepulveda & Oliva, 2005, Vilata *et al.*, 2010), en la cual se ha informado de la muerte de ejemplares. No obstante, la abundancia para la especie, estimada en 225.000 adultos, permite catalogar a la población en términos de preocupación menor, según IUCN (Heredia-Azuaje *et al.*, 2021).

Un caso distinto lo constituye el delfín chileno (*C. eutropia*), especie endémica considerada casi amenazada (IUCN), en la cual se ha reportado solapamiento entre su zona de distribución y la ubicación de concesiones acuícolas en el centro y sur de la isla grande de Chiloé, similar a lo que ocurre con la distribución del delfín austral (*L. australis*) (Ribeiro *et al.*, 2007, Heinrich, 2006), en donde el desconocimiento de estimaciones de su población a nivel nacional es un obstáculo para estimar el impacto de la mortalidad producida por enredos con infraestructuras de cultivo (Espinosa-Miranda, 2020, Huckle-Gaete *et al.*, 2024). Otro tanto ocurre con la ballena jorobada (*M. novaeangliae*) y la ballena sei (*B. borealis*), en donde ejemplares de ambas especies han sido reportados muertos por enredos en 2007 en Patagonia norte y en 2023 en canal Puyuhuapi (Aysén) (Huckle-Gaete *et al.*, 2013, Quiñones *et al.*, 2013, Bath *et al.*, 2023).

Dado el reconocimiento de posibles impactos en mamíferos marinos, tanto a nivel de audición como de comportamiento derivado del ruido submarino, un análisis *in situ* de las señales de distintos DDAs permitiría verificar el eventual cumplimiento de los criterios indicados por la NMFS (2018) para evitar daño auditivo temporal y permanente (TTS, PTS). Así, para estimar las zonas de impacto fisiológico en torno a una determinada fuente de ruido subacuático, los niveles de fuente (SL) (Ver ecuación 10 del apartado Métricas de

medición según tipo de sonido de este informe) deben ser ponderados por las funciones ponderadoras auditivas WFA, las que representan las características auditivas de las especies clasificadas dentro de cada grupo de audición de mamíferos marinos (NMFS 2018). Después de esto, a partir de los niveles umbrales máximos permitidos para cada grupo (Tablas 37 y 38) (NMFS 2018), se obtienen las zonas de afectación para daños auditivos temporales TTS y permanentes PTS, para cada especie evaluada, tal como lo muestra la Figura 78 y el ejemplo de la Tabla 54.



**Figura 78.** Ejemplo de zonas de impacto en torno a una fuente sonora

**Tabla 54.** Evaluación de efectos fisiológicos sobre los grupos considerados

Especies	SELcum dB re [1 Pa <sup>2</sup> ·s·m]	Umbral TTS dB	Radio del área de superación umbral TTS, m	Umbral PTS, dB	Radio del área de superación umbral PTS, m
Cetáceos de baja frecuencia LF	220	168	5000	183	700
Cetáceos de media frecuencia MF	200	170	110	185	15
Cetáceos de alta frecuencia HF	193	140	4000	155	600
Pinnípedos OW	218	188	100	203	10
Pinnípedos PW	218	170	1400	185	130

Los criterios de evaluación del impacto acústico por ruido subacuático NMFS (2018) y Southall (2007 y 2019), solo indican los umbrales de exposición para los cual un mamífero marino puede presentar efectos fisiológicos o conductuales, pero no indican una distancia máxima permitida para que se produzcan estos efectos. En este sentido, mientras mayor sea el área de afectación o superación de estos umbrales, más nocivo será el ruido, lo

que abre interrogantes sobre la definición de un límite aceptable. En la Tabla 54 se indica se producirá daño auditivo temporal (TTS) a distancias de 5000 m, 4000 m, 1400 m, 110 m y 100 m. La pregunta es cuál de estas distancias puede considerarse como aceptable, cuya respuesta podría depender de, por ejemplo, la existencia o inexistencia de un área protegida o sensible cerca de la fuente de ruido a una distancia de 2000 m.

Conforme a lo anterior, para el caso de los dispositivos DDA, la NMFS posee un criterio para la disuasión segura de mamíferos marinos (NMFS, 2020). Este criterio señala que, si un DDA no impulsivo es capaz de alcanzar los umbrales para producir un cambio auditivo permanente PTS (NMFS, 2018) a una distancia mayor o igual a 100 m, después de una hora de exposición (SELcum 1h), entonces no cumplirá con los criterios de evaluación de la NMFS para este tipo de dispositivos. De esta forma la NMFS (NMFS, 2020) entrega un protocolo para evaluar los sistemas de disuasión acústica DDA, funcionando con un determinado número de dispositivos y en su modo de mayor emisión de energía sonora, los cuales, si cumplen con producir un PTS a distancias menores a los 100 m, en un periodo de 1 hora, reciben un certificado de cumplimiento por parte de la NMFS (Ver herramienta en línea de la National Marine Fisheries Service (NMFS). Guidelines for Non-lethally Detering Marine Mammals. <https://jmlondon.shinyapps.io/NMFSAcousticDeterrentWebTool/>).

Con respecto a los criterios establecidos en NMFS (2018) y Southall *et al.* (2007) para los grupos auditivos de mamíferos marinos y sus respectivos umbrales, existe una actualización en Southall *et al.* (2019), en donde se elimina la categoría MF y se incorpora la categoría muy alta frecuencia (VHF). La mayoría de las especies del grupo MF pasan a ser parte del grupo AF, y algunas especies del grupo HF pasan a ser VHF. Además, se agrega información adicional de audiometría para algunas especies, sin embargo, los umbrales de TTS y PTS no cambian respecto a los criterios del NMFS 2018 (Tablas 37 a 39).

En este sentido, en el presente estudio se identificó que sólo en la definición del grupo MF se incluyó audiometría para especies de mamíferos presentes en aguas chilenas, lo cual hace prudente el considerar extrema cautela en la aplicación de umbrales acústicos de los grupos de baja frecuencia (LF), alta frecuencia (HF), fónicos (PW) y otóricos (OW). Al respecto, se reconoce las dificultades prácticas de avanzar en la definición audiometrías, no obstante, se considera es posible avanzar en investigación nacional respecto al establecimiento de umbrales acústicos asociados a impactos conductuales en especies de mamíferos marinos en Chile, enfocados a determinar respuestas conductuales al uso de DDA de i) cetáceos pequeños (grupo VHF) como el delfín chileno y el delfín austral y ii) grupo OW. Igualmente, resulta relevante el avanzar en investigación respecto de las respuestas conductuales de todos los grupos de mamíferos marinos frente a fuentes de ruido como tráfico marino o en proyectos puntuales como hincado de pilotes o tronaduras, ya sea en términos de conductas de huida y abandono de hábitat, cambio en dirección o velocidad de desplazamiento, interrupción

de conducta de alimentación o descanso, cambios en conductas sociales, separación de grupos sociales, particularmente de grupos madre o en estudios de modelamiento de enmascaramiento de señales acústicas.

Dados los distintos reportes de mortalidad de mamíferos marinos asociados al empleo de redes antidepredadores se han informado medidas de mitigación. Así, varios autores resaltan la necesidad de conjugar varios aspectos con el fin de propender o asegurar a su correcto funcionamiento que minimice factores de riesgo, entre ellos, materiales de construcción (ej. de mayor resistencia), diseño (ej. mantención de distancia mínima adecuada entre las redes lobera y pecera), instalación (ej. mantención de tensión adecuada del sistema a fin de conservar su geometría), además de un plan de mantenimiento apropiado que permita su revisión y reparación permanentes a fin de identificar zonas de desgaste o roturas que faciliten el enredo de animales, evitando su ingreso a las estructuras.

En este sentido, de acuerdo a la necesidad de los productores de evitar la depredación sobre salmones de cultivo, en Chile el problema de la interacción inevitablemente se centra en la necesidad permanente de prevenir su ocurrencia utilizando medios disuasivos que no generen daños graves ni mortalidad al lobo marino común. No obstante, la ocurrencia de mortalidad en cetáceos, aunque aparentemente corresponde a eventos aislados, determina la necesidad de considerar igualmente la inocuidad de dichos disuasivos sobre sus poblaciones. En este sentido, un enfoque distinto al problema podría considerar el emplear redes loberas, introduciendo mejoras e investigando la eventual incorporación de tecnologías o medidas destinadas a evitar la interacción con cetáceos, para lo cual la experiencia en pesca extractiva podría ser de utilidad. Así, en actividades pesqueras se han utilizado luces LED o estroboscópicas con buenos resultados en redes de enmalle, en donde se busca hacer “visibles” los artes y alejar mamíferos de las mismas, lo cual podría ser útil en especial en el caso de cetáceos misticetos, los cuales no ecolocalizan (ej. ballena jorobada o ballena sei). La luz puede actuar como un elemento disuasor para especies fotosensibles y pueden ayudar a percibir un peligro como son los cabos o redes de pesca (Cantlay *et al.*, 2020). Esta tecnología suele usarse en conjunto con otros sistemas de disuasión como los Pingers, con el fin de reducir las capturas incidentales en pesquerías artesanales (Cordova *et al.*, 2020; Lucas & Berggren, 2023). Los LED de color verde han mostrado una alta efectividad (entre 66% y 71%) en la disminución de captura de pequeños cetáceos en redes de deriva de superficie y redes de fondo en Perú (Bielli *et al.*, 2020), y han sido incluidas en el Plan de Mitigación y Monitoreo Ambiental de Gales, donde se incluyen pequeños mamíferos como delfines y marsopas (Royal Haskoning, 2020). Al respecto la consideración de medidas aplicadas a la pesca, en donde se utilizan tecnologías de disuasión de mamíferos en un área por tiempos acotados, no permanentemente como en un centro de cultivo no es necesariamente extrapolable a la acuicultura, y debiese incorporar necesariamente un mayor conocimiento sobre las especies y acerca de los mecanismos mediante los cuales un cetáceo resulta muerto por la interacción con la estructura de cultivo.

Sobre la base de los antecedentes incluidos en los resultados del presente estudio, el grupo experto analizó opciones tecnológicas que cumpliesen básicamente tres criterios correspondientes a inocuidad, eficacia y factibilidad con la finalidad de considerar que generasen daños graves o mortalidad en mamíferos marinos objetivo y no objetivo, que tuviesen la capacidad de disuadir o evitar interacciones, principalmente con el lobo marino común y que hubiese una alta probabilidad de fuesen implementados por parte de los productores. En este sentido, se compartió inicialmente la necesidad de una definición más precisa de daño grave, así como de acoso, conceptos incluidos en la legislación que busca la protección de los mamíferos marinos, tanto en la MMPA como en la Ley 20.293 (Art.2). Por ejemplo, la MMPA prohíbe la "captura" de mamíferos marinos, definiendo "captura" como cualquier acto de acoso, caza, captura o matanza, así como el intento de realizar estas acciones. La ley también define el acoso en dos niveles, incluyendo cualquier acto de persecución, tormento o molestia que tenga el potencial de herir a un mamífero marino (Acoso de Nivel A) y cualquier acto que tenga el potencial de perturbar a un mamífero marino causando la interrupción de sus patrones de comportamiento, incluyendo, pero no limitado a migración, respiración, lactancia, reproducción, alimentación o refugio (Acoso de Nivel B).

La conformación de opciones tecnológicas basadas en dos tecnologías de disuasión, específicamente redes antidepredadores y dispositivos acústicos, da cuenta del reconocimiento de que éstas corresponden a las dos modalidades genéricas más importantes utilizadas internacionalmente por los productores, así como la consideración del empleo conjunto de DDA con redes antidepredadores corresponde al reconocimiento del arraigo que el empleo de dichas redes tiene entre los productores, dada su eficacia.

Los resultados alcanzados en este trabajo priorizaron la denominada tecnología 1 (51% de ponderación), correspondientes a redes antidepredadores construidas a partir de materiales de mayor resistencia a la ruptura respecto de materiales tradicionales, sean flexibles, semirrígidas o rígidas, siendo una tecnología que se ha ido incorporando gradualmente al sector salmonero con el propósito doble de evitar escapes de peces e interacciones con mamíferos marinos. Cabe indicar que la tendencia a incorporar nuevos materiales ha sido igualmente reportada en Escocia, en donde se ha indicado que materiales como el HDPE y el HDPE con alma de acero inoxidable tienen el potencial de prevenir que focas rompan las redes mediante mordidas para ingresar a los módulos de cultivo (Thompson *et al.*, 2020), incluyéndose recomendaciones de investigar el uso de nuevos materiales en la construcción de barreras físicas y redes, entre otras opciones, como parte de recomendaciones de medidas de disuasión no letales para MM (Coram, 2014). Al respecto, existe información pública disponible, principalmente a nivel de reportes corporativos, que mencionan el empleo de dichos materiales, tal es el caso de la empresa Cermaq (Cermaq, 2020), la cual indica que, con el fin de evitar escapes, en Canadá ha probado materiales como PES, HDPE y KGrid, en Chile ha utilizado monofilamentos rígidos como Econets (construidas

a partir de PET/Tereftalato de polietileno) y en Noruega emplea redes construidas de Dyneema Polietileno. Otros ejemplos, ocurren con empresas como Ventisqueros o Tassal, las que reportan uso de PE con alma de acero y el uso del polímero KGrid, construido a partir de Poliéster, con el fin de disminuir la depredación (Ventisqueros, 2020; ASC, 2017). Thompson *et al.* (2020) menciona ejemplos adicionales en empresas como Cooke Aquaculture y Scottish Sea Farms, que han incorporado HDPE a sus centros de cultivo.

Las tres tecnologías restantes, presentaron prioridades o ponderaciones similares entre sí, del 15% al 18%, conforme al reconocimiento que las redes loberas actualmente en uso presentan márgenes de mejora considerables para evitar interacciones y, también, debido a la inquietud que despierta el empleo dispositivos acústicos dada la controversia debido a consideraciones ambientales, y cuyos efectos podrían eventualmente morigerarse, llevando a cabo estudios específicos que verifiquen el cumplimiento de normas para especies o grupos de cetáceos de interés o utilizando tecnologías de confinamiento de ruido a áreas más restringida, tales como el uso correcto de paredes de burbujas submarinas.

## 6. CONCLUSIONES

Se ha reportado la presencia de 31 especies de cetáceos, pinnípedos y mustélidos en la Patagonia chilena, específicamente en las Regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, considerada el área de interés para el presente estudio. Según criterio IUCN, una de ellas está en peligro crítico (*Eubalaena australis*), cuatro en peligro (*Balaenoptera musculus*, *Balaenoptera borealis*, *Lontra felina* y *Lontra provocax*) y dos vulnerables (*Balaenoptera physalus* y *Physeter macrocephalus*).

El análisis de bases de datos georreferenciados sobre presencia de mamíferos marinos en el área de interés, así como de los avistamientos reportados por la industria salmonera durante 2022, no obstante presentan limitaciones que sugieren cautela en su análisis, permite identificar 17 especies de mamíferos marinos probablemente asociados en términos espaciales a centros de cultivo de salmones, ya sea porque han sido reportadas en un radio de 1,5 km en torno a la concesión y/o porque han sido informadas como avistadas por parte de personas que trabajan en los centros de cultivo. De esas especies, según criterio IUCN, una está en peligro crítico: ballena franca austral (*Eubalaena australis*), cuatro en peligro: ballena sei (*Balaenoptera borealis*), ballena azul (*Balaenoptera musculus*), chungungo (*Lontra felina*) y huillín (*Lontra provocax*) y dos casi amenazadas: delfín chileno (*Cephalorhynchus eutropia*) y marsopa espinosa (*Phocoena spinipinnis*).

El análisis de las interacciones reportadas por la industria en 2022 y 2023, indican que éstas se concentran exclusivamente en lobo marino común (*O. flavescens*). Los datos analizados en el marco de la Res. 2811/2021, indican la interacción de 106 ejemplares de lobo marino común, de los cuales 70 fueron identificados como juveniles y 11 como adultos. Se reportaron igualmente 26 ejemplares de lobo marino común muertos, de los cuales 24 fueron juveniles, debido a ahogo por enredo o enmallamiento y la muerte de 8.562 salmones de cultivo debido a su ataque.



Información publicada referida a interacciones de cetáceos con centros salmoneros, indican reportes de muerte de seis ejemplares de delfín chileno (*C. eutropia*), dos de ballena jorobada (*M. novaeangliae*) y una ballena sei (*B. borealis*) entre 2007 y 2020, debido a enredos con estructuras de cultivo.

La revisión bibliográfica, indica una documentación amplia de métodos de disuasión acústica, en desmedro de otros métodos. Métodos como las cortinas de burbujas, son un método interesante como sistema de control de impacto por ruido, por lo que podrían ser sistemas complementarios para el uso y restricción del área de afectación de sistemas de disuasión acústicos.

Si bien las redes antidepredadores (redes loberas) son el principal método de disuasión utilizado en Chile, existe escasa información acerca de su efectividad, la cual depende principalmente de una adecuada implementación y mantención.

Del resto de sistemas y métodos de disuasión utilizados encontrados en la revisión de antecedentes, las luces y pingers han demostrado una alta efectividad en sistemas de pesca, pero no han sido probados en acuicultura. Sin embargo, tienen un potencial interesante para investigar su empleo potencial en señalizar cabos o tensores donde se pueden producir enredos por parte de mamíferos marinos.

La determinación de los efectos de dispositivos acústicos (DDA) sobre mamíferos marinos tiene asociada gran complejidad, debido a la diversidad de modelos, a que sus efectos dependen de la modalidad de su señal o empleo, de las características del lugar de emplazamiento, de los tiempos de exposición al ruido, así como de las características de las especies a disuadir como las de las especies que potencialmente podrían ser impactadas por su uso.

Mediante visita a dos centros de cultivo ubicados en la zona de Chiloé, se verificó el empleo de DDA, modelos SealFence de la empresa OTAQ en cuatro módulos de cultivo (60 dispositivos en total), en el marco de pruebas llevadas a cabo por dicha empresa para verificar su efectividad en la disuasión de lobos marinos y la ocurrencia o no de eventual afectación de mamíferos marinos. Se verificó en terreno la desconexión de algunos dispositivos y su no sincronización en uno de los centros, lo cual fue corregido mediante vía remota, lo cual da cuenta de la importancia de un soporte/monitoreo de dichas características. La empresa compartió tres informes técnicos los que analizan eventuales impactos y evaluando eficacia de dichos dispositivos.

Se han identificado diversos trabajos que dan cuenta de eventuales efectos en especies de mamíferos marinos debido al empleo de DDA. En Chile, se han identificado estudios sobre la especie objetivo, el lobo marino común (*O. flavescens*), no obstante, no se han identificado estudios sobre especies de cetáceos, en particular sobre el grupo de pequeños cetáceos.

El grupo experto identificó cuatro tecnologías genéricas potenciales para su empleo como disuasivos: i) T1: Redes antidepredadores o loberas de mayor resistencia que las tradicionalmente empleadas en Chile, ii) T2: Redes antidepredadores o loberas de materiales flexibles, tradicionales o de uso común en Chile, complementadas con un Dispositivo de Disuasión Acústica (DDA), el que previamente debiera ser sometido a pruebas *in situ* para verificar el cumplimiento de normas, considerando adicionalmente el empleo de una tecnología que propenda al confinamiento de ruido submarino, iii) T3: Redes antidepredadores o loberas de materiales flexibles, tradicionales o de uso común en Chile, complementadas con un Dispositivo de Disuasión Acústica (DDA), el que previamente debiera ser sometido a pruebas técnicas *in situ* para verificar el cumplimiento de criterios de la NMFS y iv) T4: Redes antidepredadores o loberas de materiales flexibles,

tradicionales o de uso común en Chile, correspondiente a la situación base y a la cual se le reconocen márgenes de mejora.

Mediante AHP el grupo experto priorizó los criterios de Inocuidad, Eficacia y Factibilidad con ponderaciones de 47%, 39% y 14%, respectivamente. Se priorizaron, según criterio de Inocuidad a T1 (61%), T2 (17%), T3 (13%) y T4 (8%), conforme a Eficacia a T1 (53%), T2 (21%), T3(18%) y T4 (8%) y según Factibilidad a T4 (49%), T3 (26%), T2 (14%) y T1 (10%).

Conjugando los criterios de Inocuidad, Eficacia y Factibilidad, el grupo experto priorizó las tecnologías T1 (51%), T2 (18%), T3 (15%) y T4 (16%). La mayor ponderación la obtuvo la tecnología correspondiente a redes antidepredadores, ya sea flexibles, semirrígidas o rígidas, de materiales de mayor resistencia a los utilizados tradicionalmente en la construcción de redes loberas, éstas últimas construidas de materiales como PA o PE, entre otros.

La Tecnología T1 (51% de ponderación), se ha ido incorporando gradualmente a la industria de la salmonicultura con el propósito doble de evitar tanto escapes de peces como interacciones con mamíferos marinos. Las tres tecnologías restantes, presentaron prioridades o ponderaciones similares entre sí, del 15% al 18%.

La Tecnología T1 presentó las mayores estimaciones de costo de referencia en términos de equipo e instalaciones (\$1.261 MM), no obstante, presenta los menores costos de anuales asociados a operación, mantenimiento y personal (\$7,9 MM), lo cual es coherente con la priorización llevada a cabo por el grupo experto, debido a que presentó la menor ponderación en términos de Factibilidad, no obstante presentar las mayores priorizaciones en términos de Inocuidad y Eficacia.

Las restantes tecnologías presentan valores ascendentes en términos de equipos e instalación, pasando de \$151 MM a \$213,2 MM al adicionar a las redes loberas tradicionales tecnologías correspondientes a DDA y a cortina de burbujas, con costos anuales estimados entre 14,2 MM y 55,1 MM conforme a los supuestos realizados, los que consideran costos asociados al arrendamiento de DDA por lapsos de un año, entre otros.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABPmer. 2014. Marine Mammal Acoustic Deterrent Device Review. Report for Tidal Lagoon (Swansea Bay) plc as part of Oral Representations for the PINS Issue Specific Hearing.
- Acevedo, J., Aguayo-Lobo, A., Brito, J. L., Torres, D., Cáceres, B., Vila, A., Cardena, M., & Acuña, P. 2016. Review of the current distribution of southern elephant seals in the eastern South Pacific. \*New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 50\*(2), 240-258.
- Acevedo, J., Matus, R., Droguett, D., Vila, A., Aguayo-Lobo, A., & Torres, D. 2011. Vagrant Antarctic fur seals, (*Arctocephalus gazella*), in southern Chile. Polar Biology, 34(6), 939-943.
- Aczél, J., & Saaty, T.L. 1983. Procedures for synthesizing ratio judgements. Journal of Mathematical Psychology, 27(1), 93-102. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(83\)90028-7](https://doi.org/10.1016/0022-2496(83)90028-7)
- Adams, N. S., Johnson, G. E., Rondorf, D. W., Anglea, S. M., & Wik, T. 2001. Biological evaluation of the behavioral guidance structure at Lower Granite Dam on the Snake River, Washington in 1998.
- Aguayo, A., Torres, D., & Acevedo, J. 1998. Los mamíferos marinos de Chile: I. Cetacea. Serie Científica INACH, 48, 19-159.
- Anderson, S. S., & Hawkins, A.D. 1978. Scaring seals by sound. Mammal Review, 8.
- ANSI. 2013. Acoustical Terminology\*. American National Standards Institute.
- Aqua. 2021. Dispositivos sonoros: Tecnologías para disuasión de mamíferos marinos. Aqua, 243, 25-27.
- Arancibia, C. 2022. La entrada en vigencia de la Ley de Protección de Mamíferos Marinos de Estados Unidos en Chile y sus alcances respecto a la industria salmonera nacional. En: <https://www.cedachile.cl/post/la-entrada-en-vigencia-de-la-ley-de-protección-de-mamíferos-marinos-de-estados-unidos-en-chile>.
- Arancibia, L. 2023. Disuasivos para mamíferos marinos: Experiencia internacional. \*Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Asesoría Técnica Parlamentaria\*, 12 pp.
- Arechavala-Lopez, P., Cabrera-Álvarez, M. J., Maia, C. M., & Saraiva, J.L. 2022. Environmental enrichment in fish aquaculture: A review of fundamental and practical aspects. \*Reviews in Aquaculture, 14\*(2), 704-728. <https://doi.org/10.1111/raq.12620>
- Arnold, H. 1992. \*Experimental predator control measures on marine salmon farms in Shetland\*. Submission to the Planning and Coordinating Committee of the Marine Mammal Action Plan, United Nations Environment Programme.
- ASC, 2017. Aquaculture Stewardship Council Salmon Standard 2017 Re-Assessment Report, SCS Global Services. Tassal Operations Pty Ltd, Southern Zone. 121 pp.
- ASCOBANS. 2017. Marine noise. Review of new information on threats to small cetaceans. \*23rd ASCOBANS Advisory Committee Meeting\*, 39.
- Au, W. W. L. 1993. \*The Sonar of Dolphins\*. New York: Academic Press.
- Au, W. W. L., & Green, M. 2000. Acoustic interaction of humpback whales and whale-watching boats. \*Marine Environmental Research, 49\*(5), 469-481.
- Aubrey, F. J., Thomas, W., Evans, R., & Kastetien, R. 1984. Behavioral and physiological responses of belukha whales to oil-related noise as determined by playbacks of underwater drilling noise and hearing threshold tests. \*Technical Report Hubbs Sea World Research Institute, March 1984\*.

- Ayer, N., Martin, S., Dwyer, R.L., Gace, L., Laurin, L. 2016. Environmental performance of copper-alloy Net-pens: Life cycle assessment of Atlantic salmon grow-out in copper-alloy and nylon net-pens. *Aquaculture* 453, 93-103.
- Barnes, L.G., Domning, D.P., & Ray, C.E. 1985. Status of studies on fossil marine mammals. *Marine Mammal Science*, 1, 15-53.
- Barlow, J., & Cameron, G. A. 2003. Field experiments show that acoustic pingers reduce marine mammal bycatch in the California drift gillnet fishery. *Marine Mammal Science*, 19, 265-283.
- Barrios-Guzmán, C., Sepúlveda, M., Crespo, E., Pavés, H. 2024. Mitigation measures for pinniped-fisheries interactions based on knowledge of animal behavior. *ICES Journal of Marine Science*, 81(10),1871–1883. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsae145>
- Basran, C., Woelfing, B., Neumann, C., & Rasmussen, M. 2020. Behavioural responses of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to two acoustic deterrent devices in a northern feeding ground off Iceland. *Aquatic Mammals*, 46, 584-602. <https://doi.org/10.1578/AM.46.6.2020.584>
- Bastida, R., Rodríguez, D., Secchi, E., & da Silva, V. 2007. Mamíferos acuáticos de Sudamérica y Antártida. Buenos Aires. 366 pp.
- Bath, G. E., Price, C. A., Riley, K. L., & Morris, J.A. 2023. A global review of protected species interactions with marine aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 1–34. <https://doi.org/10.1111/raq.12811>
- Baxter, A. 2012. Evidence-marine-mammals. Statement of evidence in chief of Andrew Stephen Baxter for the Minister of Conservation in relation to marine mammals. 28 pp.
- Bedriñana-Romano, L., Zarate, P. M., Huckle-Gaete, R., Viddi, F. A., Buchan, S. J., Cari, I., Clavijo, L., Bello, R., & Zerbini, A.N. 2022. Abundance and distribution patterns of cetaceans and their overlap with vessel traffic in the Humboldt Current Ecosystem, Chile. *Scientific Reports*, 12, 10639. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14465-7>
- 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*, 1–17. <https://doi.org/10.1002/aqc.4012>
- Belle, M. S., & Nash, C.E. 2008. Better management practices for net-pen aquaculture. In *Environmental Best Management Practices for Aquaculture*. Wiley eBooks. <https://doi.org/10.1002/9780813818672>
- Bennett, S., Wernberg, T., & Bettignies, T. 2017. Bubble curtains: Herbivore exclusion devices for ecology and restoration of marine ecosystems? *Frontiers in Marine Science*, 4, 302. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00302>
- Benjamins, S., Risch, D., Lepper, P., & Wilson, B. 2018. SARF112 – Influences of lower-frequency acoustic deterrent devices (ADDs) on cetaceans in Scottish coastal waters. A study commissioned by the Scottish Aquaculture Research Forum (SARF). <http://www.sarf.org.uk/>
- Berrow, S., Cosgrove, R., Leeney, R., O'Brien, J., McGrath, D., Dalgard, J., & Gall, Y. 2008. Effect of acoustic deterrents on the behaviour of common dolphins (*Delphinus delphis*). *Journal of Cetacean Research and Management*, 10, 227-233. <https://doi.org/10.47536/jcrm.v10i3.639>
- Bevan, D. J., Chandroo, K. P., & Moccia, R. D. 2002. Predator control in commercial aquaculture in Canada. AEC ORDER NO. 02-001.
- Bhone, T. T., Griebmann, & Rolfes, R. 2020. Modelling the noise mitigation of a bubble curtain. Institute of Structural Analysis, Leibniz University, Hannover, Lower Saxony, 30167, Germany. 40 pp.

Bielli, A., Alfaro-Shigueto, J., Doherty, P. D., Godley, B. J., Ortiz, C., Pasara, A., Wang, J. H., & Mangel, J. C. 2020. An illuminating idea to reduce bycatch in the Peruvian small-scale gillnet fishery. *Biological Conservation*. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108277>

Bogaard, L. 2022. Startling seals to save salmon: Assessing effectiveness of an acoustic deterrent with a statistical application of CReSS-SALSA 2D. *Salish Sea Ecosystem Conference*. <https://cedar.wvu.edu/sssec/2022sssec/allsessions/265>

Boisseau, O., McGarry, T., Stephenson, S., Compton, R., Cucknell, A., Ryan, C., McLanaghan, R., & Moscrop, A. 2021. Minke whales avoid a 15 kHz acoustic deterrent device. *Marine Ecology Progress Series*, 667. <https://doi.org/10.3354/meps13690>

Bordino, P., Kraus, S., Albareda, D., Fazio, A., Palmerio, A., Mendez, M., & Botta, S. 2002. Reducing incidental mortality of Franciscana dolphin *Pontoporia blainvillei* with acoustic warning devices attached to fishing nets. *Marine Mammal Science*, 18, 833-842. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2002.tb01076.x>

Bosh-Belmar, E., Azzurro, K., Pulis, G., Milisenda, V., Fuentes, O., Yahia, A. D. & Piarino, S. 2017. Jellyfish blooms perception in Mediterranean finfish aquaculture. *Marine Policy*, 76, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.11.005>

Bowen, W.D. 2004. Report of the Seal Exclusion Zone Workshop 11-13 May 2004.

Brandt, M.J., Höschle, C., Diederichs, A., Betke, K., Matuschek, R., Witte, S. & Nehls, G. 2012. Far-reaching effects of a seal scarer on harbour porpoises, *Phocoena phocoena*. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*.

Brandt, M.J., Hoeschle, C., Diederichs, A., Betke, K., Matuschek, R. & Nehls, G. 2013. Seal scarers as a tool to deter harbour porpoises from offshore construction sites. *Marine Ecology Progress Series*, 475, 291–302.

Brown, R., Jeffries, B., Wright, M., Tennis, P., Gearin, S., Riemer, D., & Hatch, D. 2007. Field report: 2007 Pinniped research and management activities at Bonneville Dam. 15 pp.

Brown, R., Jeffries, D., Hatch, B., & Wright, B. (2008). Field report: 2008 Pinniped management activities at Bonneville Dam. 19 pp.

Brown, R., Jeffries, D., Hatch, B., Wright, B., Jonker, S., & Whiteaker, J. 2009. Field report: 2009 Pinniped management activities at and below Bonneville Dam. 32 pp.

Brown, R., Jeffries, D., Hatch, B., Wright, B., & Jonker, S. 2011. Field report: 2011 Pinniped research and management activities at and below Bonneville Dam. 39 pp.

Bruno, C., Caserta, V., Salzeri, P., Bonanno Ferraro, G., Pecoraro, F., Lucchetti, A., Boitani, L., & Blasi, M. 2021. Acoustic deterrent devices as mitigation tool to prevent dolphin-fishery interactions in the Aeolian Archipelago (Southern Tyrrhenian Sea, Italy). *Mediterranean Marine Science*, 22(2), 408-421. <https://doi.org/10.12681/mms.23129>

Buchan, S., Huckle-Gaete, R., Rendell, L., & Stafford, K. M. 2014. A new song recorded from blue whales in the Corcovado Gulf, Southern Chile, and an acoustic link to the Eastern Tropical Pacific. *Endangered Species Research*, 23, 241-252.

Buchan, S., Hinojosa, I., Flores, M., & Petris, J. 2018. Elaboración de una guía técnica para la evaluación de impacto producido por ruido subacuático. Informe final. 170 pp.

Buchan, S. J., Pérez-Santos, I., Narváez, D., Castro, L., Stafford, K. M., & Baumgartner, M. F. (2021). Intraseasonal variation in southeast pacific blue whale acoustic presence, zooplankton backscatter, and oceanographic variables on a feeding ground in northern Chilean Patagonia. *Progress in Oceanography*, 199, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2021.102709>.

- Buschmann, A.H., Riquelme, V.A., Hernández-González, M.C., Varela, D., Jiménez, J.E., Henríquez, L.A., Vergara, P.A. 2006. A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 1338–1345.
- Bullen, C. R., & Carlson, T. J. (2003). Non-physical fish barrier systems: Their development and potential applications to marine ranching. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 13, 201-212
- Bustos, E., Sielfed, W., Vera, W., Almanza, V., Malig, R., Cáceres, J., & Espinosa, L. (2011). Diagnóstico de sistemas de sonido utilizados en centro de cultivos para ahuyentar aves y mamíferos marinos. Informe final proyecto FIPA. Instituto de Ciencia y Tecnología, Universidad Arturo Prat. 112 pp.
- Calambokidis, J., Steiger, G., Straley, J., Herman, L., Cerchio, S., Salden, D., Urbán, J., Jacobsen, J., von Zeigesar, O., Balcomb, K., Gabriele, C., Dahlheim, M., Uchida, S., Ellis, G., Miyamura, Y., Ladrón de Guevara, P., Yamaguchi, M., Sato, F., Mizroch, S., Schlender, L., Rasmussen, K., & Barlow, J. (2001). Movements and population structure of humpback whales in the North Pacific. *Marine Mammal Science*, 17, 769-794.
- Caltrans. 2020. Technical Guidance for the Assessment of Hydroacoustic Effects of Pile Driving on Fish.
- Cantlay, J. A., Bond, A. M., Wells-Berlin, A. M., Crawford, R., Graham, R., Martin, Y., Rouxel, S., Peregoy, S., McGrew, K. A., & Portugal, S. J. (2020). Ineffectiveness of light emitting diodes as underwater deterrents for Long-tailed Ducks *Clangula hyemalis*. *Global Ecology and Conservation*, 23, 2-11.
- Campo, V., Rodríguez, I. R., & Rodríguez, J. V. (2023). Conceptos básicos de la ciencia del sonido en el mar. UMA Editorial, Universidad de Málaga. 105 pp.
- Capella, J., Vilina, Y., & Gibbons, J. (1999). Observación de cetáceos en isla Chañaral y nuevos registros para el área de la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt, norte de Chile. *Estudios Oceanológicos*, 18, 57-64.
- Carter, C. (2007). Marine renewable energy devices: a collision risk for marine mammals? MRes Thesis, University of Aberdeen.
- Cárcamo, D., Pizarro, M., Orellana, M., Canto, A., Herrera, P., Muñoz, L., Vásquez, P., Guerrero, A., Sepúlveda, M., Durán, L. R., & Oliva, D. (2021). Long-term monitoring for conservation: Closing the distribution gap of *Arctocephalus australis* in central Chile. *BMC Research Notes*, 14, 1-6.
- Cárcamo, D., Pizarro, M., Orellana, M., Muñoz, L., Pavez, G., Sepúlveda, M., Durán, L. R., & Oliva, D. (2019). New sightings and birth records of the southern elephant seal *Mirounga leonina* in the southeast Pacific Chilean Coast. *Polar Biology*, 42, 433-440.
- Cárdenas-Alayza, S., Oliveira, L. R., & Crespo, E. (2016). *Arctocephalus australis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T2055A45223529.
- Cárdenas-Alayza, S., Crespo, E., & Oliveira, L. (2016). *Otaria byronia*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T41665A61948292.
- Cardia, F., & Lovatelli, A. (2015). Aquaculture operations in floating HDPE cages: a field handbook. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 593. Rome, FAO. 152 pp.
- Carretta, J., & Barlow, J. (2011). Long-term effectiveness, failure rates, and "dinner bell" properties of acoustic pingers in a gillnet fishery. *Marine Technology Society Journal*, 45, 7-19. <https://doi.org/10.4031/MTSJ.45.5.3>.
- Casper, B. M., Smith, M. E., Halvorsen, M. B., Sun, H., Carlson, T. J., & Popper, A. N. (2013). Effects of exposure to pile driving sounds on fish inner ear tissues. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 166(2), 352-360. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2013.07.008>.
- Castellote, M., Clark, C. W., & Lammers, M. O. (2012). Acoustic and behavioural changes by fin whales (*Balaenoptera physalus*) in response to shipping and airgun noise. *Biological Conservation*, 147(1), 115-122. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.12.021>.

Cavieres, J. 2024. Análisis estadístico para determinar diferencias en la mortalidad de salmónidos y avistamiento de lobos marinos (*Otaria flavescens*) frente a la utilización de un disuasivo acústico (SealFence de OTAQ Group) en centros de engorda de salmónidos, 29 pp.

Cermaq, 2020. Sustainability Report 2020. 10 pp.

Charrier, I., Aubin, T., & Mathevon, N. (2010). Calf's vocal recognition by Atlantic walrus mothers: Ecological constraints and adaptations. *Animal Cognition*. <https://doi.org/10.1007/s10071-009-0298-9>.

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>.

Contreras, F., Bartheld, J., Montecinos, M., Moreno, F., & Torres, J. (2014). Cuantificación poblacional de lobo marino común (*Otaria flavescens*) en el litoral de la XV, I y II Regiones. Informe Final Proyecto 2012-6-FAP-1, 86 pp + Anexos. Disponible en: <http://bcn.cl/3g4w8>.

Cooke, J. G. (2018). *Balaenoptera borealis*. The IUCN Red List of Threatened Species, e.T2476A50349178. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T2475A130482064.en>.

Coram, A., Gordon, J., Thompson, D., & Northridge, S. (2014). Evaluating and assessing the relative effectiveness of non-lethal measures, including Acoustic Deterrent Devices, on marine mammals. Scottish Government.

Coram, A., Ragnarsson, V., Thomas, L., & Sparling, C. E. (2022). Use and efficacy of Acoustic Deterrent Devices (ADDs) in Aquaculture. Marine Scotland. Report. 68 pp.

Cordova, F., Acuña, N., Alfaro, E., Olga, J., & Mangel, J. (2020). Guía para la evaluación y mitigación de capturas incidentales de tortugas marinas y otros depredadores superiores en pesquerías artesanales. Lima – Perú. 105 pp.

Connor, R., Mann, J., Tyack, P., & Whitehead, H. (2000a). Introduction: The social lives of whales and dolphins. En: Mann, J., Connor, R., Tyack, P., & Whitehead, H. (eds.). *Cetacean Societies: Field Studies of Whales and Dolphins* (pp. 1-6). University of Chicago Press.

Connor, R., Wells, R., Mann, J., & Read, A. (2000b). The bottlenose dolphin: Social relationships in a fission–fusion society. En: Mann, J., Connor, R., Tyack, P., & Whitehead, H. (eds.). *Cetacean Societies: Field Studies of Whales and Dolphins* (pp. 91-126). University of Chicago Press.

Cox, T. M., Read, A. J., Solow, A., & Tregenza, N. C. (2001). Will harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) habituate to pingers? *Journal of Cetacean Research and Management*, 3(1), 81-86.

Cox, T. M., Read, A. J., Swanner, D., Urian, K., & Waples, D. (2004). Behavioral responses of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, to gillnets and acoustic alarms. *Biological Conservation*, 115, 203–212.

Cox, T. M., Ragen, T. J., Read, A. J., Vos, E., Baird, R. W., Balcomb, K., Barlow, J., Caldwell, J., Cranford, T., Crum, L., D'amico, A., Fernández, A., Finneran, F., Gentry, R., Gerth, W., Gulland, F., Hildebrand, J., Houser, D., Hullar, T., Jepson, P. D., Ketten, D., Macleod, C. D., Miller, P., Moore, S., Mountain, D. C., Palka, D., Ponganis, P., Rommel, S., Rowles, T., Taylor, B., Tyack, P., Wartzok, D., Gisiner, R., Meads, J., & Benner, L. (2006). Understanding the impacts of anthropogenic sound on beaked whales. *Journal of Cetacean Research and Management*, 7, 177-187.

Crawford, J. (2020). ¡Silencio, nos están matando! *Revista de Marina*, Año CXXXV, Volumen 137, Número 975.

Crespo, E. A., & de Oliveira, L. R. (2021). South American Fur Seal (*Arctocephalus australis*, Zimmerman 1783). In: Heckel, G., & Schramm, Y. (Eds.), *Ecology and Conservation of Pinnipeds in Latin America* (pp. 13-29). Springer-Nature.

- Crespo, E., Oliva, D., Dans, S., & Sepúlveda, M. (2012). Estado de situación del lobo marino común en su área de distribución. Editorial Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile. 144p.
- Croll, D. A., Clark, C. W., Acevedo, A., Tershy, B., Flores, S., Gedamke, J., & Urban, J. (2002). Only male fin whales sing loud songs. *Nature*, 417(6891), 809-809.
- Crosby, A., Tregenza, N. & Williams, R. (2013). The Banana Pinger Trial: Investigation into the Fishtek Banana Pinger to reduce cetacean bycatch in an inshore set net fishery. Report for the Wildlife Trusts.
- Culik, B.M., Koschinski, S., Tregenza, N. & Ellis, G.M. (2001). Reactions of harbor porpoises *Phocoena phocoena* and herring *Clupea harengus* to acoustic alarms. *Marine Ecology Progress Series* 211, 255-260.
- Culik, B. 2004. Review of Small Cetaceans Distribution, Behaviour, Migration and Threats. *Marine Mammal Action Plan/Regional Seas Reports and Studies* no. 17. 352 pp.
- Culik, B., & Dorrien, C. (2017). In: ICES. 2017. Report of the Working Group on Bycatch of Protected Species (WGBYC), 12–15 June 2017, Woods Hole, Massachusetts, USA. ICES CM 2017/ACOM:24. 82 pp.
- Culik, B., Conrad, M. & Chladek, J. 2017. Acoustic protection for marine mammals: new warning device PAL. Published in the Proceedings of the 43rd Jahrestagung für Akustik, Kiel, 6.-9.3.201. <http://www.daga2017.de/>.
- Culik, B. & Dorrien, C. (2017) In: ICES. 2017. Report of the Working Group on Bycatch of Protected Species (WGBYC), 12–15 June 2017, Woods Hole, Massachusetts, USA. ICES CM 2017/ACOM:24. 82 pp.
- Cummings, W. C., & Thompson, P. O. (1971). Gray whales, *Eschrichtius robustus*, avoid the underwater sounds of killer whales, *Orcinus orca*. *Fishery Bulletin, U.S.*, 69, 525-530.
- Cummings, C. R., Lea, M. A., & Lyle, J. M. (2019). Fur seals and fisheries in Tasmania: An integrated case study of human-wildlife conflict and coexistence. *Biological Conservation*, 236, 532-542. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.029>.
- Curé, C. R., Antunes, A. C., Alves, F., Visser, F., Kvadsheim, P. H., & Miller, P. J. O. (2013). Responses of male sperm whales (*Physeter macrocephalus*) to killer whale sounds: Implications for anti-predator strategies. *Scientific Reports*, 3, 1579. <https://doi.org/10.1038/srep01579>.
- Dahne, M., Tougaard, J., Carstensen, J., Rose, A., Nabe-Nielsen, J. (2017). Bubble curtains attenuate noise from offshore wind farm construction and reduce temporary habitat loss for harbour porpoises. *Marine Ecology Progress Series*, 580, 221–237.
- Damaarg, E. (2023). Practical layouts of hydraulic systems to reduce spill from fish cages. *Mechanical Engineering*.
- Darling, J. D., Jones, M. E., Nicklin, C. P. (2006). Humpback whale songs: Do they organize males during the breeding season? *Behaviour*, 143(9), 1051-1101.
- Dawson, S., Northridge, S., Waples, D., Read, A. (2013). To ping or not to ping: The use of active acoustic devices in mitigating interactions between small cetaceans and gillnet fisheries. *Endangered Species Research*, 19, 201-221. <https://doi.org/10.3354/esr00464>
- DeAngelis, M., Hanan, D. A., & Curry, B. E. (2008). Preliminary observations of the effectiveness of non-lethal deterrence methods for California sea lions and Pacific harbor seals along the coast of California. In R. M. Timm & M. B. Madon (Eds.), *Proceedings of the 23rd Vertebrate Pest Conference* (pp. 181-185). University of California, Davis.
- Deecke, V., Slater, P. B., & Ford, J. K. B. (2002). Selective habituation shapes acoustic predator recognition in harbour seals. *Nature*, 420, 171-173.



Denyer, D., & Tranfield, D. (2009). Producing a systematic review. In D. A. Buchanan & A. Bryman (Eds.), *The SAGE Handbook of Organizational Research Methods* (pp. 671–689). Sage.

Department of Agriculture, Fisheries and Forestry (DAFF). (2007). *National Assessment of Interactions between Humans and Seals: Fisheries, Aquaculture and Tourism*. Australian Government. Department of Agriculture, Fisheries and Forestry. 142 pp.

Díaz-López, B. (2011). Whistle characteristics in free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Mediterranean Sea: Influence of behaviour. *Mammalian Biology*, 76, 180–189.

Domning, D. P., Morgan, G. S., & Ray, C. E. (1982). North American Eocene sea cows (Mammalia: Sirenia). *Smithsonian Contributions to Paleobiology*, 52. <https://doi.org/10.5479/si.00810266.52.1>

DoN. (2017). Technical Report: Criteria and Thresholds for U.S. Navy Acoustic and Explosive Effects Analysis (Phase III).

Durán, R., Oliva, D., Sepúlveda, M., & Urra, A. (2011). Interacción entre el lobo marino común y la salmonicultura en Chile: Buenas prácticas para su mitigación. *Corfo-Innova*. 87 pp.

Dudzinski, K. M. (1996). Communication and behavior in the Atlantic spotted dolphins (*Stenella frontalis*): Relationships between vocal and behavioral activities. (Unpublished doctoral dissertation). Texas A&M University, College Station, TX.

Environmental Standards Scotland (ESS). (2022). Marine Scotland's Enforcement of Acoustic Deterrent Devices Case Reference IESS.21.021. Retrieved from <https://environmentalstandards.scot/wp-content/uploads/2022/08/Environmental-Standards-Scotland-ADD-Infomal-Resolution-Report.pdf>

Erbe, C., Dunlop, R., & Dolman, S. 2018. Effects of noise on marine mammals. In H. Slabbekoorn, R. Dooling, A. Popper, & R. Fay (Eds.), *Effects of Anthropogenic Noise on Animals* (Springer Handbook of Auditory Research, vol. 66, pp. 10.1007/978-1-4939-8574-6\_10). Springer.

Erbe, C., Reichmuth, K., Cunningham, K., Lucke, K., & Dooling, R. 2016. Communication masking in marine mammals: A review and research strategy. *Marine Pollution Bulletin*, 103, 15-38.

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(4), 337-343.

FAO. 2024. Fishery and Aquaculture Country Profiles. Australia, 2024. Country Profile Fact Sheets. Retrieved from <https://www.fao.org/fishery/en/facp/aus>

Faundez, M. J. (2020). Principales amenazas para la conservación del hábitat del huillín en Chile. Tesis para optar al Grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.

Félix, F., Mangel, J. C., Alfaro-Shigueto, J., Cocos, L. A., Guerra, J., Pérez-Alvarez, M. J., & Sepúlveda, M. (2021). Challenges and opportunities for the conservation of marine mammals in the Southeast Pacific with the entry into force of the US Marine Mammal Protection Act. *Regional Studies in Marine Science*, 48, 102036.

Fernández, A., Edwards, J. F., Rodríguez, F., Espinosa De Los Monteros, A., Herráez, P., Castro, P., Jaber, J. R., Martín, V., & Arbelo, M. 2005. "Gas and fat embolic syndrome" involving a mass stranding of beaked whales (Family Ziphiidae) exposed to anthropogenic sonar signals. *Veterinary Pathology*, 42(4), 446–457. <https://doi.org/10.1354/vp.42-4-446>

Findlay, C., Ripple, H., Coomber, F., Froud, K., Harries, O., van Geel, N., Calderan, S. V., Benjamins, S., Risch, D., & Wilson, B. 2018. Mapping widespread and increasing underwater noise pollution from acoustic deterrent devices. *Marine Pollution Bulletin*, 135, 1042-1050. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.08.042>

- Finneran, J.J. 2016. Auditory weighting functions and TTS/PTS exposure functions for marine mammals exposed to underwater noise (pp. 1–79).
- Fish, J.F., & Vania, J.S. 1971. Killer whale, *Orcinus orca*, sounds repel white whales, *Delphinapterus leucas*. Fishery Bulletin, U.S., 69, 531-535.
- FishFarmingExpert.com. (n.d.). Shock and orca: Mowi uses fake whale to scare seals. FishFarmingExpert.com. Retrieved from <https://www.fishfarmingexpert.com/article/shock-and-orca-mowi-uses-fake-whale-to-scare-seals/>
- Fjalling, A., Wahlberg, M., & Westerberg, H. (2006). Acoustic harassment devices reduce seal interaction in the Baltic salmon-trap net fishery. ICES Journal of Marine Science, 63, 1751-1758.
- Fjalling, A., Wahlberg, M., & Westerberg, H. (2014). Acoustic harassment devices (AHD) for salmon trap nets in the Baltic Sea. Informe técnico. 3 pp.
- Flaming, M., Weber, M., & Thul, M. (2014). Laboratory evaluation of a bioacoustic bubble strobe light barrier for reducing walleye escapement. North American Journal of Fisheries Management, 34, 1047–1054.
- Ferraro, G. B., Bruno, C., Stockdale, T., & Blasi, M. F. (2018). Acoustic deterrent devices as a possible solution for reducing depredation of artisanal gill nets by bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the Aeolian Archipelago (Italy). 32nd Conference of the European Cetacean Society, Italy.
- Findlay, K. (1998). 1997/1998 IWC-Southern Ocean whale and ecosystem research (IWC-SOWER) blue whale cruise, Chile. International Whaling Commission Scientific Committee Aguayo & Torres 1967.
- Fløysand, A., Lindfors, E. T., Jakobsen, S.-E., & Coenen, L. (2021). Place-based directionality of innovation: Tasmanian salmon farming and responsible innovation. Sustainability, 13(1), 62. <https://doi.org/10.3390/su13010062>
- Ford, J. (1989). Acoustic behaviour of resident killer whales (*Orcinus orca*) off Vancouver Island, British Columbia. Canadian Journal of Zoology, 67, 727-745.
- Ford, J. K. B. (1991). Vocal traditions among resident killer whales (*Orcinus orca*) in coastal waters of British Columbia. Canadian Journal of Zoology, 69, 1454-1483.
- Ford, J. (1997). Aquatic mammals and other species, Discussion Paper, Part E. Salmon Aquaculture Review; Technical Advisory Team Discussion Papers, British Columbia Environmental Assessment Office, 3, 58 pp.
- Fraker, M. W., Duval, M., & Kerr, J. A. (1998). Report of a workshop on physical countermeasure against predation by seal and sea lions at salmon farm. BCSFA, Vancouver, BC. 40 pp.
- Gao, Y., J. Ma y Y. Ding. 2021. Numerical simulation on the noise reduction of underwater pile-driving using a bubble curtain. Journal of Physics: Conference Series. 1865 (2021) 032027 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1865/3/032027
- Gearin, P.J, R. Pfeifer & S.J Jeffries. 1986. Control of California sea lion predation of winter-run steelhead at Hiram M Chittenden Locks, Seattle, December 1985-April 1986 with observations of sea lion abundance and distribution on Puget Sound. Wash. Dept. Game Fish. Manage. Rept. N°56-20.108 pp.
- Gearin, P.J., R. Pfeifer, S.J Jeffries, R.L DeLong & M.A. Jhonson. 1988. Results of the 1986-1987 California Sea Lion-steelhead trout predation control program at the Hiram M. Chittenden Locks. NWAFC Processed Rept. N°88-30. 11 pp.
- Geelhoed, S.C.V., von Asmuth, R., Al Abbar, F., Leopold, M.F. & Aarts, G.M. (2017). Field testing the efficiency of the Fauna Guard Porpoise Module (FG-PM) in the Marsdiep area. Wageningen Marine Research report C076/17.

- Gibbons J, J Capella & Findlay, C.R., Ripple, H.D., Coomber, F., Froud, K., Harries, O., Van Geel, N.C.F., Calderan, S.V., Benjamins, S., Risch, D., Wilson, B. 2018. Mapping widespread and increasing underwater noise pollution from acoustic deterrent devices. *Marine Pollution Bulletin* 135: 1042-1050. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2018.08.042
- Gibbons J, J Capella & Y Vilina. 2004. Ventral fluke pigmentation of humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, population at the Francisco Coloane marine park, Straits of Magellan, Chile. *Anales Instituto Patagonia (Chile)* 32: 63-67
- Glisser, D. 2017. Los efectos de la contaminación acústica en cetáceos y las estrategias para su control. <https://codexverde.cl/los-efectos-de-la-contaminacion-acustica-en-cetaceos-y-estrategias-para-su-control/>
- Goetz, S., Santos, M.B., Vingada, J., Costas, D.C., Villanueva, A.G., Pierce, G.J. (2015). Do pingers cause stress in fish? An experimental tank study with European sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) (Actinopterygii, Clupeidae), exposed to a 70 kHz dolphin pinger. *Hydrobiologia* 749(1): 83-96. DOI: 10.1007/s10750-014-2147-3
- Goldsworthy, S. D., Page, B., Shaughnessy, P. D., Hamer, D., Peters, K. D., McIntosh, R. R., Baylis, A. M. M., y McKenzie, J. 2009. Innovative solutions for aquaculture planning and management: addressing seal interactions in the finfish aquaculture industry. Final report. Project 2004/201
- Goldsworthy, S., F. Bailleul, M. Nursey-Bray, A. MacKay, A. Oxley, S. Reinhold, S. Shaughnessy, P. 2019. Assessment of the impacts of the seals populations on the seafood industry in South Australia. 315 pp.
- Gordon, J., Blight, C., Bryant, E., & D. Thompson. 2015 Tests of acoustic signals for aversive sound mitigation with harbour seals. Sea Mammal Research Unit, University of St Andrews, Report to Scottish Government, no. MR 8.1, St Andrews, 35pp
- Gordon, J., Blight, C., Bryant, E., Thompson, D. 2019. Measuring responses of harbour seals to potential aversive acoustic mitigation signals using controlled exposure behavioural response studies. *Aquat. Conserv. Mar. Freshwat. Ecosyst.* 29, 157–177
- Götz, T. 2008. Aversiveness of sound in marine mammals: Psycho-physiological basis, behavioural correlates and potential applications. PhD thesis at the University of St. Andrews
- Götz, T., Hastie, G., Hatch, L.T., Raustein, O., Southall, B.L., Tasker, M., and Thomsen, F. 2009. Overview of the impacts of anthropogenic underwater sound in the marine environment. OSPAR Biodiversity Series 441.
- Götz, T. & V.M. Janik. 2010. Aversiveness of sounds in phocid seals: psycho-physiological factors, learning processes and motivation. *Journal of Experimental Biology* 213, 1536-1548.
- Götz, T. & Janik, V. M. (2010). Aversiveness of Sounds in Phocid Seals: Psycho-Physiological Factors, Learning Processes and Motivation. *Journal of Experimental Biology*. 213, 1536-48. doi: 10.1242/jeb.035535 <https://jeb.biologists.org/content/213/9/1536.long>
- Götz, T & V.M. Janik. 2013. Acoustic deterrent devices to prevent pinniped depredation: efficiency, conservation concerns and possible solutions. *Mar Ecol Prog Ser* 492:285-302. <https://doi.org/10.3354/meps10482>
- Götz, T. & V. M. Janik. 2015. Target-specific acoustic predator deterrence in the marine environment. *Animal Conservation* 18, 102-111
- Götz, T. & V. M. Janik. 2016a. Non-Lethal Management of Carnivore Predation: Long-Term Tests with a Startle Reflex-Based Deterrence System on a Fish Farm. *Animal Conservation* 19, 212–221
- Götz, T. & V.M. Janik. 2016b. The Startle Reflex in Acoustic Deterrence: An Approach with Universal Applicability? *Animal Conservation* 19: 225–226

- Götz, T., Pacini, A. F., Nachtigall, P. E., Janik, V.M. (2020). The startle reflex in echolocating odontocetes: basic physiology and practical implications *Journal of Experimental Biology*. 2020 223: jeb208470 doi: 10.1242/jeb.208470. <https://jeb.biologists.org/content/223/5/jeb208470>
- Griebmann, T. y R. Rolles. 2012. Underwater sound mitigation of bubble curtains with different bubble size distributions. ECUA 2012 11th European Conference on Underwater Acoustics Edinburgh, Scotland 2 - 6 July 2012 Session UW: Underwater Acoustic
- Güçlüsoy, H. & Y. Savas. 2003. Interaction between monk seals *Monachus monachus* (Hermann, 1779) and marine fish farms in the Turkish Aegean and management of the problem. *Aquaculture Research* 34: 777-783
- Haberlin, M. D. 2018. The role of fronts, eddies and bubbles on the distribution, abundance and advection of gelatinous zooplankton: new insights for finfish aquaculture. PhD Thesis, University College Cork
- Hamel, M. J., Richards, N. S., Brown, M. L., & Chipps, S. R. 2010. Avoidance of strobe lights by zooplankton. *Proceedings Of The Annual Conference - North American Lake Management Society*. Conference, 26(3), 212-216. <https://doi.org/10.1080/07438141.2010.511968>
- Hardy, Y. & N. Tregenza. 2010. Can acoustic deterrent devices reduce bycatch in the Cornish inshore gillnet fishery? Field studies. Cornwall Wildlife Trust, Truro
- Hardy, T., Williams, R., Caslake, R. & N. Tregenza. 2012. An investigation of acoustic deterrent devices to reduce cetacean bycatch in an inshore set net fishery. *Journal of Cetacean Research Management* 12(1): 85-90
- Harcourt, R., Pirotta, V., Heller, G., Peddemors, V. & D. Slip. 2014. A whale alarm fails to deter migrating humpback whales: an empirical test. *Endangered Species Research*, Vol. 25: 35-42, 2014
- Häussermann, V., Gutstein, C.S., Bedington, M., Cassis, D., Olavarria, C., Dale, A.C., Valenzuela-Toro, A.M., Pere-Alvarez, M.J., Sepúlveda, H.H., McConnell, K.M., et al. (2017). Largest baleen whale mass mortality during strong El Niño event is likely related to harmful toxic algal bloom. *PeerJ* 5, e3123. 10.7717/peerj.3123. PeerJ Publishing, Publicado, ISSN: 2167-8359
- Hawkins, A.D., Popper, A.N. (2018). Directional hearing and sound source localization by fishes. *The Journal of the Acoustical Society of America* 144(6): 3329-3350. DOI: 10.1121/1.5082306
- Heinrich, S. 2006. Ecology of Chilean dolphins and Peale's dolphins at Isla Chiloé, southern Chile. thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy. School of Biology, University of St Andrews. 239 pp
- Heredia-Azuaje, H., Niklitschek, E. J. & Sepulveda, M. 2022. Pinnipeds and salmon farming: Threats, conflicts and challenges to co-existence after 50 years of industrial growth and expansion. *Rev. Aquacult.* 14, 528-546. <https://doi.org/10.1111/raq.12611>
- Herzing, D. 1996. Vocalizations and associated underwater behavior of free-ranging Atlantic spotted dolphins, *Stenella frontalis* and bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. *Aquatic Mammals*. 22. 10.12966/abc.02.02.2015
- Hildebrand, J.A. 2005. "Impacts of anthropogenic Sound" in: *Mammal research: Conservation beyond crisis*. Edited by J.E. Reynolds III, W.F. Perrin, R.R. Reeves, S. Montgomer and T.J. Ragen. The Johns Hopkins University press. Baltimore, Maryland. Pages 101-124
- Hiley, H., Janik, V.M. & Götz, T. (in prep): Startling sounds elicit strong movement response in harbour porpoise
- Hucke-Gaete R, L Osman, C Moreno, K Findlay & D Ljungblad. 2004. Discovery of a blue whale feeding and nursing ground in southern Chile. *Proceedings of the Royal Society of London* 271: 170-173
- Hucke, R. & J. Ruiz. 2010. Guía de campo de las especies de aves y mamíferos marinos del sur de Chile. Especies comunes de avistar en las regiones de Los Lagos y Aysén. 69. pp

- Hucke-Gaete, R., Haro D, Torres-Florez JP, Montecinos Y, Viddi F, Bedriñana-Romano L et al. 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.
- Hucke-Gaete, R., L. Bedriñana-Romano, F. Viddi, J. Acevedo, S. Buchan, W. Sielfeld, A. Aguayo-Lobo, I. Cari, A. Zerbini, P. Zárate, J. Valencia, D. Collao. 2024. Diseño para la estimación poblacional de cetáceos en aguas jurisdiccionales de Chile. Informe Final Proyecto FIPA 2021-18, 243 pp.
- Hurtado, F., D. Queirolo, J. Serrano, J. López, JP. Toledo. 2004. Propuesta de elementos técnicos a considerar para las pruebas de resistencias de redes, estimación de vida útil, y verificación/certificación de redes" Informe Final Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura. FIPA 2022-25, Pont. Universidad Católica de Valparaíso, 220 pp
- Hutchings, E., 1999. Predator damage control in cultured fish. Alberta Agriculture Food and Rural Development, AGDEX 485/685-1, 8 pages. [http://www.agric.gov.ab.ca/agdex/400/485\\_685-1.html](http://www.agric.gov.ab.ca/agdex/400/485_685-1.html)
- Irabor, A., P. Hardin, O. Oghenebrorhie, F. Nwachi, I. Chukwurah, A. Ozor, J. Sanubi, J. Ekelemu, G. Iwama, L. Nichol, and J.K. Ekeluma. 2023. Acoustic deterrent devices for the protection of fish farms from predator attacks: a solution or menace. *The Journal of Ocean Technology*, Vol. 18(2):60-75
- Iriarte, A., Olavarría, C., Canto, J., Espinoza, C., Gelcich, S., & Verdugo, R. (2023). *Mamíferos Marinos de Chile*. Ediciones Flora & Fauna Chile.
- Iwama, G., L. Nichol, and J. Ford. 1997. *Salmon Aquaculture Review: Aquatic Mammals and Other Species*, Vancouver. vol. 3. Technical Discussion Papers, part E.
- Jacobs, S.R. & J.M.I Terhune. 2002. The effectiveness of acoustic harassment devices in the Bay of Fundy, Canada: seal reactions and a noise exposure model. *Aquatic Mammals* 2002, 28.2, 147–158.
- Jaewoo K. & N. Mondraker. 2017. Effects of strobe lights on the behaviour of freshwater fishes. *Environ Biol Fish* 100:1427–1434.
- Jamieson, G.S. & P.F. Olesiuk, 2001. *Salmon Farm-Pinniped Interactions in British Columbia: An Analysis of Predator Control, its Justification and Alternative Approaches*. Canadian Science Advisory Secretariat. 75 pp.
- Janik, V. & and Gotz, T (2013). Acoustic deterrence using startle sounds: long-term effectiveness and effects on odontocetes.
- Janik VM & LS Sayigh. 2013. Communication in bottlenose dolphins: 50 years of signature whistle research. *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology* 199(6): 479-489.
- Jefferson, T. & B. Curry. 1996. Acoustic methods of reducing or eliminating marine mammal-fishery interactions: do they work. *Ocean & Coastal Management*, Vol. 31, No. 1, pp. 41-70.
- Jefferson, T. A., Webber, M. A., & Pitman, R. L. 2011. *Marine Mammals of the World: A Comprehensive Guide to Their Identification: A Comprehensive Guide to Their Identification*. Academic Press.
- Jesus, J., Amorim, M.C.P., Fonseca, P.J., Teixeira, A., Natário, S., Carrola, J., Varandas, S., Torres Pereira, L., Cortes, R.M.V. 2019. Acoustic barriers as an acoustic deterrent for native potamodromous migratory fish species. *Journal of Fish Biology* 95(1): 247-255. DOI: 10.1111/jfb.13769.
- Johnson PN, Goetz FQ, Ploskey GR. 2001. Evaluation of strobe lights for vertically displacing juvenile salmon near a filling culvert intake at the Hiram M. Chittenden Locks, Seattle, Washington. In: Coutant C, (editor). *Behavioral technologies for fish guidance*. Bethesda (MD): Am Fish Soc Symp 26. p. 13–25.
- Johnston, D.W. 2002. The effect of acoustic harassment devices on harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in the Bay of Fundy, Canada. *Biological Conservation*, Volume 108, Issue 1, November 2002, Pages 113-118.

- Johnson, D., K. Stafford, W. Ambrose y C. Clark. 2015. Song sharing and diversity in the Bering-Chukchi-Beaufort population of bowhead whales (*Balaena mysticetus*), spring 2011. MARINE Mammal Science, 31(3): 902–922
- Jones, I.T., Stanley, J.A., Mooney, T.A. (2020). Impulsive pile driving noise elicits alarm responses in squid (*Doryteuthis pealeii*). Marine Pollution Bulletin 150: 110792. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.110792.
- Joseph, J. 1994. The tuna-dolphin controversy in the Eastern Tropical Pacific: Biological, economic, and political impacts. Ocean Devel. Int. Law 25: 1-30.
- Kastelein, R.A. Sander van der Heul, John M. Terhune, Willem C. Verboom, Rob J.V. Triesscheijn. 2006. Detering effects of 8–45kHz tone pulses on harbour seals (*Phoca vitulina*) in a large pool, Marine Environmental Research, 62(5): 356-373
- Kastelein, R.A., Hoek, L., Gransier, R., de Jong, C.A., Terhune, J.M. & Jennings, N. (2015). Hearing thresholds of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) for playbacks of seal scarer signals, and effects of the signals on behaviour. Hydrobiologia, 756:75-88.
- Kastelein, R.A., Horvers, M., Helder-Hoek, L., Van de Voorde, S., ter Hofstede, R. & van der Meif, H. (2017). Behavioral Responses of Harbor Seals (*Phoca vitulina*) to FaunaGuard Seal Module Sounds at Two Background Noise Levels. Aquatic Mammals 2017, 43(3), 347-363.
- Kastelein, R.A., Sander van der Heul, John M. Terhune, Willem C. Verboom, Rob J.V. Triesscheijn. 2006. Detering effects of 8–45 kHz tone pulses on harbor seals (*Phoca vitulina*) in a large pool. Marine Environmental Research 62(5): 356-373. DOI: 10.1016/j.marenvres.2006.05.018.
- Kastelein, R.A., Hoek, L., Jennings, N., de Jong, C.A.F., Terhune, J.M. & Dieleman, M. 2010. Acoustic Mitigation Devices (AMDs) To Deter Marine Mammals from pile driving areas at sea: Audibility and Behavioural Response of a Harbour Porpoise and Harbour Seals. COWRIE Ref: SEAMAMD-09 - Technical Report.
- Kastelein, R.A., Hoek, L., Gransier, R., de Jong, C.A., Terhune, J.M. & Jennings, N. 2015. Hearing thresholds of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) for playbacks of seal scarer signals, and effects of the signals on behaviour. Hydrobiologia, 756:75-88.
- Kastelein, R.A., Horvers, M., Helder-Hoek, L., Van de Voorde, S., ter Hofstede, R. & van der Meif, H. 2017. Behavioral Responses of Harbor Seals (*Phoca vitulina*) to FaunaGuard Seal Module Sounds at Two Background Noise Levels. Aquatic Mammals 2017, 43(3), 347-363.
- Kemper, C.M. & Gibbs, S.E. 2001. Dolphin interactions with tuna feedlots at Port Lincoln, South Australia and recommendations for minimising entanglements. The 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?. 20 pp.
- Kerr, A. & Scorse, J. 2018. The Use of Seal Bombs in California Fisheries. Monterey, CA: Middlebury Institute of International Studies. Países del Sur
- Kesena. 2023. Acoustic deterrent devices for the protection of fish farms from predator attacks: a solution or menace. Source: Journal of Ocean Technology. 2023, Vol. 18 Issue 2, p60-75. 16p.
- Ketten, D. 2004. Marine mammal auditory systems: A summary of audiometric and anatomical data and implications for underwater acoustic impacts. Polarforschung. 72. 79-92.
- Kim, J., & Mandrak, N. E. (2017). Effects of strobe lights on the behaviour of freshwater fishes. Environmental Biology Of Fishes, 100(11), 1427-1434. <https://doi.org/10.1007/s10641-017-0653-7>
- Koshinski y Ludeman, 2013. Development of Noise Mitigation Measures in Offshore Wind Farm Construction 2013. Informe Técnico. 103 pp.

- Kuljis, B. A. 1986. Report on Food Aversion Conditioning in Sea Lions (*Zalophus californianus*). National Marine Fisheries Service. 19 pp.
- Kyhn, L.A., Jørgensen, P.B., Carstensen, J., Bech, N. I., Tougaard, J., Dabelsteen, T. & J. Teilmann. 2015. Pingers cause temporary habitat displacement in the harbour porpoise *Phocoena phocoena*. *Mar Ecol Prog Ser*, 526, 253-265.
- Ladich, F., & R.R. Fay. 2013. Auditory evoked potential audiometry in fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 23(3): 317-364. DOI: 10.1007/s11160-012-9297-z.
- Langstein, E. 2023. Assessing the deterrence effect of target-specific acoustic startle technology on killer whales and humpback whales during interactions with Norwegian purse seine herring fishery (Master's thesis, Faculty of Biosciences, Fisheries and Economics, Department of Arctic Marine Biology, University of Tromsø).
- Larsen, F. & Krog, C. 2007. Fishery trials with increased pinger spacing. Paper presented to the Scientific Committee of the International Whaling Commission. IWC SC/ 59/ - SM2, International Whaling Commission, Cambridge.
- Lawrence, D., D. Schwartz y C. Young. 2017. Air Bubble Curtain Anchoring Cal Poly Mechanical Engineering Senior Project 2016-2017. Informe Técnico. 105 pp.
- Laws RM (1994) History and present status of southern elephant seal populations. In: LeBoeuf BJ, Laws RM (eds) *Elephant Seals, Population Ecology, Behaviour, and Physiology*. University of California Press, Berkeley, pp 49-65.
- Lazzari, L., & V. Maesschalck. (1998). Control de gestión: una posible aplicación del análisis FODA. 28-10-2014, de cuaderno del Cimbage N°5 Sitio web: <http://www.econ.uba.ar/www/institutos/matematica/cimbage/cuaderno05/3Analisis%20FODA.pdf>
- Leeney RH, Berrow S, McGrath D, O'Brien J, Cosgrove R, Godley BJ. 2007. Effects of pingers on the behaviour of bottlenose dolphins. *J Mar Biol Assoc UK* 87: 129-133.
- Lewis M, Campagna C (2002) Los elefantes marinos de Península Valdés. *Ciencia Hoy* 12:12-22.
- Lepper, P.A., Gordon, J., Booth, C., Theobald, P., Robinson, S.P., Northridge, S. & L. Wang. 2014. Establishing the sensitivity of cetaceans and seals to acoustic deterrent devices in Scotland. Scottish Natural Heritage Commissioned Report No. 517.
- Lira, M., A. Granados, J. Castellanos & P. Estrada. 2023. Daño a cetáceos por medio de contaminación acústica. Monografía. Instituto tecnológico de Cancún.
- Linley, A, Laffont, K, Wilson, B, Elliott, M, Perez-Dominguez, R, & Burdon, D 2009. Offshore and Coastal Renewable Energy: Potential ecological benefits and impacts of large-scale offshore and coastal renewable energy projects. Marine Renewables Scoping Study NERC Final report. 124p
- Long, K. 2021. Evaluating the Effectiveness of Marine Mammal Non-Lethal Deterrents Office of Protected Resources. NMFS.
- Loza, C. 2016. Morfología comparada y ontogenia del oído medio e interno en Pinnípedos (Otariidae y Phocidae, (Carnivora) de la Argentina y Antártida. Aspectos ecomorfológicos. Tesis Doctal. Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. 521 pp.
- Lucas, S. & P. Berggren, 2023. A systematic review of sensory deterrents for bycatch mitigation of marine megafauna. *Rev. Fish. Biol. Fisheries*. 33:1-33 <https://doi.org/10.1007/s11160-022-09736-5>.
- Lucke, K & Siemensma, 2013. International regulations on the impact of pile driving noise on marine mammals – A literature review. Report number C044.13. 32 pp.

- Madsen, PT 2005. Marine mammals and noise: problems with root-mean-square sound pressure safety levels for transients. *J Acoust Soc Am* 117(6):3952–3957.
- Madse, P., M. M. Wahlberg, J. Tougaard, K. Lucke, P. Tyack. 2006. Wind turbine underwater noise and marine mammals: implications of current knowledge and data needs. *Mar. Ecol. Prog. Serie.* vol 309: 279-295.
- Maiolie MA, Harryman B & B. Amment. 2001. Response of free ranging kokanee to strobe lights. In: C. Coutant (editor). *Behavioral technologies for fish guidance*. Bethesda (MD): Am Fish Soc Symp 26., p. 27–35.
- Mangel, Jeffrey & Alfaro Shigueto, Joanna & Witt, Matthew & Hodgson, David & Godley, Brendan. (2013). Using pingers to reduce bycatch of small-cetaceans in Peru's small-scale driftnet fishery. *Oryx*. 47. 10.1017/S0030605312000658.
- Marine and Marine Industries Council (MMIC). 2002. A Seal / Fishery Interaction Management Strategy: Background Report. Published by Department of Primary Industries, Water and Environment, Tasmania. 97 p.
- Marine institute, 2013. GILPAT - An Investigation into Gill Pathologies in Marine Reared Finfish Project-based Award. Marine Research Sub-Programme (NDP 2007-'13). 22 pp.
- Mate, B.R. & Miller, D.J., 1983. Acoustic harassment experiments on harbour seals in the Klamath River, 1981. Southwest Fisheries Center Administrative Report, LJ-83-21C (1983) 51-56.
- Mate, B.R. & J.T Harvey. 1986. Acoustical Deterrents in Marine Mammal- Conflicts with Fisheries. A Vorkshop Held February 17-18. at Newport, Oregon. Bruce R. Mate and James T. Harvey, Editors
- Maxwell, S., F. Kershaw, C. Locke, M.G. Conners, C. Dawson, S. Aylesworth, R. Loomis, A.F. Johnson. 2022. Potential impacts of floating wind turbine technology for marine species and habitats, *Journal of Environmental Management*. 307: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114577>.
- Mazucca, L., S. Atkinson, and E. Nitta 1998. Deaths and entanglements of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in the main Hawaiian Islands, 1972-1996. *Pac. Sci.* 52(1): 1-13.
- McCauley, R.D., Day, R.D., Swadlow, K.M., Fitzgibbon, Q.P., Watson, R.A., Semmens, J.M. (2017). Widely used marine seismic survey air gun operations negatively impact zooplankton. *Nature Ecology & Evolution* 1(7): 0195. DOI: 10/b8zk.
- McConnell, H. & Pannell, N. 2014. Marine Mammal and Shark Management Plan. The New Zealand King Salmon Co. Limited. 43p
- McGarry, T., De Silva, R., Canning, S., Mendes, S., Prior, A., Stephenson, S. & Wilson, J. 2022. Evidence base for application of Acoustic Deterrent Devices (ADDs) as marine mammal mitigation (Version 4). JNCC Report No. 615. JNCC, Peterborough. ISSN 0963- 8091.
- McKeegan, K. A., Clayton, K., Williams, R., Ashe, E., Reiss, S., Mendez-Bye, A., Janik, V. M., Goetz, T., Zinkgraf, M., & Acevedo-Gutiérrez, A. 2024. The effect of a startle-eliciting device on the foraging success of individual harbor seals (*Phoca vitulina*). *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54175-w>
- McMahon CR, Bester MN, Burton HR, Hindell MA, Bradshaw CJ (2005) Population status, trends and a re-examination of the hypotheses explaining the recent declines of the southern elephant seal *Mirounga leonina*. *Mamm Rev* 35:82–100.
- Medrano, L. & J. Urbán. 2019. Mamíferos marinos: identidad, diversidad y conservación. *Ciencia* 70(3) 1:19.
- Medwin H. 2005. *Sounds in the Sea, From Ocean Acoustics to Acoustical Oceanography*. Cambridge University Press.
- Mendoza, A, C. Solano, D. Palencia, D. Garcia. 2019. Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(3): 348-360.



- Merchant, N.D., Kinneging, N. and Liebschner, A. 2022. Distribution of Reported Impulsive Sounds in the Sea. In: OSPAR, 2023: The 2023 Quality Status Report for the Northeast Atlantic. OSPAR Commission, London. Available at: <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/indicator-assessments/distributionreported-impulsive-sounds-sea/> (<https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr2023/indicator-assessments/distribution-reported-impulsive-sounds-sea/>).
- Meyer-Loebbecke, A., Fraiser, K., Simonis, A., Reese, F., Kim, E. B., Denzinger, A., Schnitzler, H-U. & Baumann-Pickering, S. 2017. Squid as common target: do areas with fishery-related explosions and dolphin foraging habitats overlap? (poster) in Proceedings of the 31st Annual Meeting of the European Cetacean Society, May 1-3, 2017, Middelfart, Denmark
- Mikkelsen L, Hermannsen L, Beedholm K, Madsen PT, Tougaard J. 2017 Simulated seal scarer sounds scare porpoises, but not seals: species-specific responses to 12 kHz deterrence sounds. R. Soc. open sci. 4: 170286. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.170286>.
- Milewski, I. 2005. Impacts of Salmon Aquaculture on the Coastal Environment: A Review
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAAMA). 2012. Documento técnico sobre impactos y mitigación de la contaminación acústica marina. Madrid. 146 pp.
- Ministerio del Medio Ambiente. 2018. Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. Tercera Edición. Tomo I, 430 páginas. Santiago de Chile.
- MMC, 2008. Underwater sound and the marine mammal acoustic environment. A Guide to Fundamental Principles. Prepared for the U. S. Marine Mammal Commission. 79 pp.
- MMO, 2015. Modelled mapping of continuous underwater noise generated by activities. A report produced for the Marine Management Organization. MMO Project No: 1097, ISBN: 978-1-909452-87-9, pp. 50, 2015.
- Moore, G. 2021. Salmonicultores escoceses se deshacen de dispositivos disuasivos de focas. <https://www.salmonexpert.cl/cetceos-disuasores-escocia/salmonicultores-escoces-se-deshacen-de-dispositivos-disuasivos-de-focas/1355296>.
- Morris, D.S. 1996. Seal predation at Salmon Farms in Maine, an overview of the problem and potential solutions. Mar. Technol. Soc. J. 30 (2), 39–43.
- Morizur, Y. 2008. Tests d'efficacité du repulsive acoustique CETASAVER à bord des chalutiers commerciaux français - (Effectiveness of acoustic deterrent CETASAVER testing on board French commercial trawlers). Ifremer. Centre de Brest, Sciences et Technologie Halieutiques.
- Morton, A.B. & Symonds, H.K. (2002). Displacement of *Orcinus orca* (Linnaeus) by high amplitude sound in British Columbia, Canada. ICES Journal of Marine Science 59, 71-80.
- Mussen TD & JJ. Cech Jr. 2018. Assessing the use of vibrations and strobe lights at fish screens as enhanced deterrents for two estuarine fishes. J Fish Biol. 2019; 95:238–246. <https://doi.org/10.1111/jfb.13776>.
- Nakai, M., Arita, M., 2002. An experimental study on prevention of saline wedge intrusion by an air curtain in rivers. J. Hydraul. Res. 40, 333–339. doi:10.1080/00221680209499947.
- Nash, C.E., Iwamoto, R.N., Mahnken, C.V.W. 2000. Aquaculture risk management and marine mammal interactions in the Pacific Northwest. Aquaculture 183, 307– 323.
- National Seal Strategy Group and Carolyn Stewardson (Bureau of Rural Sciences). 2007. National Assessment of Interactions between Humans and Seals: Fisheries, Aquaculture and Tourism. 149p
- Nedwell, J.R., A.W.H. Turnpenny, J. Lovell, S.J. Parvin, R. Workman, J.A.L. Spinks & D. Howell. 2007. A validation of the dBht as a measure of the behavioural and auditory effects of underwater noise. 2007.

Nemeth R.S. & Anderson J.J. 1992. Response of juvenile coho and chinook salmon to strobe and mercury vapor lights. *N Am J Fish Manage.* 12:668–692.

NIWA 2017 Review of potential NZ sea lion interactions. 36 pp.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2023. Marine Mammal Protection Act (16 U.S.C. 1361 et seq.). Recuperado de <https://www.govinfo.gov/content/pkg/COMPS-1679/pdf/COMPS-1679.pdf>

NMFS (National Marine Fisheries Service). 1997. Impacts of California Sea Lions and Pacific Harbor Seals on Salmonids and on the Coastal Ecosystems of Washington, Oregon, and California. NOAA Technical Memorandum NMFS-NWFSC-28, 113 pp.

NMFS (National Marine Fisheries Service). 2016. Draft Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammals—Acoustic thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. Federal Register 81(51):14095-14096.

NMFS (National Marine Fisheries Service) 2005. Scoping Report for NMFS EIS for the National Acoustic Guidelines on Marine Mammals. National Marine Fisheries Service.

NMFS (National Marine Fisheries Service). 2013. Draft Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammals. Acoustic Threshold Levels for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS).

NMFS (National Marine Fisheries Service). 2016. Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound in Marine Mammal Hearing. National Marine Fisheries Service.

NMFS (National Marine Fisheries Service). 2018. Revision to: Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0): Underwater Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. April, NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-59, 167 p.

NMFS (National Marine Fisheries Service). 2018. Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0) Underwater Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. U.S. Department of Commerce, NOAA. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-59.

NMFS & WDFW. (1995). Environmental assessment on protecting winter-run wild steelhead from predation by California sea lions in the Lake Washington Ship Canal. National Marine Fisheries Service and Washington Department of Fish and Wildlife. Environmental Assessment Report. Seattle, Washington: 107 p

NOAA. 2009. Small takes of marine mammals incidental to specified activities; Dumbarton Bridge Seismic Retrofit Project, California. Federal Register 74: 63724-63731.

NOAA. 2020. Marine mammals' non-lethal deterrents environmental assessment, 2020. 139 pp.

Noatch, M.R., & Suski, C.D. (2012). Non-physical barriers to deter fish movements. *Environmental Reviews* 20(1): 71-82. DOI: 10.1139/a2012-001.

Norberg, B. 2000. Looking at the effects of acoustic deterrent devices on California sea lion predation patterns at a commercial salmon farm. NMFS/NWR report, National Marine Fisheries Service: 7600 Sand Point Way NE, Seattle WA: 17 p.

Northridge, S., Coram, A. & Gordon, J. (2013). Investigations on Seal Depredation at Scottish Fish Farms. Report to Marine Scotland.

Northridge, S., Vernicos, D. & D. Raitsos-Exarchopolous. 2003. Net depredation by bottlenose dolphins in the Aegean: first attempts to quantify and to minimise the problem. IWC SC/55/SM25, International Whaling Commission, Cambridge.

- Northridge, S., Kingston, A., Murphy, S. & A. Mackay. 2008. Monitoring, impact and assessment of marine mammal bycatch. Final report to Defra, Project MF0736, University of St. Andrews, Sea Mammal Research Unit, St. Andrews.
- Northridge, S., Gordon, J., Booth, C., Calderan, S., Cargill, A., Coram, A., Gillespie, D., Lonergan, M. & A. Webb. 2010. Assessment of the impacts and utility of acoustic deterrent devices. A report commissioned by SARF and prepared by SMRU.
- Northridge, S., Kingston, A., Mackay, A. & M. Lonergan. 2011. Bycatch of Vulnerable Species: Understanding the Process and Mitigating the Impacts. Final Report to Defra Marine and Fisheries Science Unit, Project no MF1003.
- Northridge, S., Coram, A. & J. Gordon. 2013. Investigations on Seal Depredation at Scottish Fish Farms. Edinburgh: Scottish Government.
- Nowacek, D. P., M. P. Johnson, et al., 2004. "North Atlantic right whales (*Eubalaena glacialis*) ignore ships but respond to alerting stimuli." *Proceedings of the Royal Society of London, B* 271(1536): 227-231.
- Nowacek, D. L., Thorne, D., Johnston, P., Tyack. 2007. Response of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammal Review*. 37. 81 - 115. 10.1111/j.1365-2907.2007.00104.x.
- Nunny, 2020. Animal Welfare in Predator Control: Lessons from Land and Sea. How the Management of Terrestrial and Marine Mammals Impacts Wild Animal Welfare in Human–Wildlife Conflict Scenarios in Europe.
- Möser M. & J.L. Barros. 2009. Ingeniería Acústica, Teoría y Aplicaciones. ISBN 3-00-014278-9. 2004.
- Ohsumi, S. and Kasamatsu, F. 1986. Recent off-shore distribution of the southern right whale in summer. *Reports of the International Whaling Commission Special Issue* 10: 177-186.
- Olavarría C, A Aguayo & R Bernal. 2001. Distribution of Risso's dolphin (*Grampus griseus*, Cuvier 1812) in Chilean waters. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 36: 111-116
- Olavarría C, J Acevedo, H Vester, J Zamorano-Abramson, F Viddi, J Gibbons, E Newcombe, J Capella, R Hoelzel, M Flores, R Hucke-Gaete & J Torres-Flórez. 2010. Southernmost Distribution of Common Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Eastern South Pacific. *Aquatic Mammals* 36: 288-293.
- Oliva, D., W. Sielfeld, L.R. Durán, M. Sepúlveda, M.J. Pérez., L. Rodríguez, W. Stotz & V. Araos. 2004. Interferencia de mamíferos marinos con actividades pesqueras y de acuicultura. informe final. Informe Final Proyecto FIPA 2003-22. Fondo de Investigación Pesquera, Ministerio de Economía, Gobierno de Chile, 216 pp.
- Oliva, D., Sielfeld W., Sepúlveda M, Pérez MJ, Moraga R, Urrea A et al. 2008. Plan de acción para disminuir y mitigar los efectos de las interacciones del lobo marino común (*Otaria flavescens*) con las actividades de pesca y acuicultura. Informe final Proyecto FIP 2006–34. Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura, Ministerio de Economía, Gobierno de Chile, 435 pp.
- Oliva, D., M. Sepúlveda, L. R. Durán, A. Urrea, W. Sielfeld, R. Moraga, G. Pavés & L. Muñoz. 2012. Cuantificación poblacional de lobos marinos en las Regiones X –XI y propuesta de escenarios de manejo. Informe Final Proyecto FAP ID 4728-46-LP11, 100 pp. + Anexos.
- Oliva, D., L.R. Durán, M. Sepúlveda, D. Cárcamo, M. Pizarro, C. Anguita, M. Santos, A. Canto, P. Herrera, L. Muñoz, M. Orellana & P. Vásquez. 2020. Estimación poblacional de lobos marinos e impacto de la captura incidental. Informe Final Proyecto FIP 2018-54, 156 pp +Anexos.
- OSPAR Commission, 2009. Overview of the impacts of anthropogenic underwater sound in the marine environment. Biodiversity series. 134 pp.

OSPAR, 2023. Underwater Noise Thematic Assessment. In: OSPAR, 2023: Quality Status Report 2023. OSPAR Commission, London. Available at: <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qs-2023/thematic-assessments/underwater-noise>.

Pacheco, JF, E. Contreras. 2008. Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES). 111 pp.

Pájaro, J. 2008. Informe de pruebas acústicas para certificación del Sistema de ahuyentamiento acústico LARC-1. 2pp.

Pandey, Rudresh, Frank Asche, Bård Misund, Rune Nygaard, Olugbenga Michael Adewumi, Hans-Martin Straume, Dengjun Zhang. 2023. Production growth, company size, and concentration: The case of salmon, Aquaculture. 577, 739972, ISSN 0044-8486, <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739972>.

Parada, G. & S. Abades. 2014. Plan de Pruebas para la disuasión del Lobo Marino en su interacción operacional con la Pesca Artesanal, en la comuna de San Antonio, Región de Valparaíso. Informe Final Proyecto N° 4728-119-LE13. 102 pp.

Pavés H., Sepúlveda M., Barrios C., Barría E.M., Queirolo D. & E. Crespo. 2022. Bases etológicas de la interacción del lobo marino común y la pesca artesanal para el diseño de medidas de mitigación. Informe Final FIPA 2019-11. 250 pp.

Payne, Roger & McVay, Scott. 1971. Songs of Humpback Whales. Science (New York, N.Y.). 173. 585-97. 10.1126/science.173.3997.585.

Pemberton, D.N., Brothers, and G. Copson. 1991. Predators on marine fish farms in Tasmania, paper and proceedings of the Royal Society of Tasmania 125: 33-35.

Pemberton, D., Shaughnessy, P.D. 1993. Interaction between seals and marine fish-farms in Tasmania, and management of the problem. Aquat. Conserv. 3, 149–158.

Peng C, Zhao X, Liu G. Noise in the Sea and Its Impacts on Marine Organisms. Int J Environ Res Public Health. 2015 Sep 30;12(10):12304-23. doi: 10.3390/ijerph121012304. PMID: 26437424; PMCID: PMC4626970.

Peng Y, J. Laguna & A. Tsouvalas. 2023. A multi-physics approach for modelling noise mitigation using an air-bubble curtain in impact pile driving. Front. Mar. Sci. 10:1134776. doi: 10.3389/fmars.2023.1134776.

Pérez-Alvarez, M.J\*, Vásquez, R.A., Moraga, R., Santos-Carvallo, M., Kraft, S., Sabaj, V., Capella, J., Gibbons, J., Vilina, Y., y Poulin, E. 2018. Home sweet home: social dynamics and genetic variation of a long-term resident bottlenose dolphin population off the Chilean coast. Anim. Behav. 139, 81–89. 10.1016/j.anbehav.2018.03.009.Elsevier, Publicado, ISSN 003-3472

Pérez-Alvarez MJ, Olavarría C, Moraga R, Baker CS, Hamner RM, Poulin E. 2015. Microsatellite Markers Reveal Strong Genetic Structure in the Endemic Chilean Dolphin. PLoS ONE 10(4): e0123956. doi:10.1371/journal.pone.0123956

Pérez-Alvarez, M.J., Estevez, R., Gelcich, S., Heinrich, S., Olavarría, C., Santos Carvallo, M., Sepúlveda, M., Medrano, C., Rodríguez, C. & C. Espinosa-Miranda. 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-Alvarez, M.J., Rodríguez, F., Kraft, S., Segovia, N., Olavarría, C., Baker, C.S. et al. (2021). Phylogeography and demographic inference of the endangered sei whale, with implications for conservation. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 1–10. <https://doi.org/10.1002/aqc.3717>

Petras, E. 2003. A Review of Marine Mammal Deterrents and Their Possible Applications to Limit Killer Whale (*Orcinus orca*) Predation on Steller Sea Lions (*Eumetopias jubatus*). REPORT 2003-02. 53 pp.

- Pfeifer, B. 1989. Monitoring of the 1988-89 California sea lion control program in the Lake Washington estuary. Fishery Management Report 90-17, Washington Department of Wildlife, Mill Creek, Washington.
- Pineda, V. 2009. Granulometría y geoquímica de los sedimentos marinos en el área comprendida entre el Seno Reloncaví y Golfo Corcovado, Chile: Crucero CIMAR 10 Fiordos. Ciencia y Tecnología del Mar, 32(1), 27–47.
- Pirotta, Vanessa, D. Slip, I. Jonsen, V. Peddemors, DH.Cato, G. Ross, R. Harcourt. 2016. Migrating humpback whales show no detectable response to whale alarms off Sydney, Australia. Endangered Species Research. 29. 10.3354/esr00712.
- Ponce, H. 2007. La matriz FODA: Alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones. ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN PSICOLOGÍA VOL. 12 (1): 113-130.
- Popper, A.N. & T.J. Carlson. 1998. Application of sound and other stimuli to control fish behavior. Trans AmFish. Soc. 127:673–707.
- Popper, A.N. & A.D. Hawkins. 2019. An overview of fish bioacoustics and the impacts of anthropogenic sounds on fishes. Journal of Fish Biology 94(5): 692-713. DOI: 10/ghnnggr.
- Popper, A. N., Hawkins, A. D., Fay, R. R., Mann, D., Bartol, S., Carlson, T., Coombs, S., Ellison, W. T., Gentry, R., Halvorsen, M. B., Løkkeborg, S., Rogers, P., Southall, B. L., Zeddies, D., & Tavalga, W. N. (2014). Sound exposure guidelines for fishes and sea turtles: ASA S3/SC1.4 TR-2014; a technical report prepared by ANSI-accredited Standards Committee S3/SC1 and registered with ANSI. Springer.
- Prieto, C. 2018. Breve Análisis de la Ley 20.293 de Protección de los Cetáceos a 10 Años de su entrada en vigencia: Revista de justicia ambiental. Revista de Derecho Ambiental de la ONG FIMA (10): 107-134.
- Putland, R.L., Mensinger, A.F. 2019. Acoustic deterrents to manage fish populations. Reviews in Fish Biology and Fisheries 29(4): 789-807. DOI: 10.1007/s11160-019-09583-x.
- Putland, R.L., Merchant, N.D., Farcas, A., Radford, C.A. 2018. Vessel noise cuts down communication space for vocalizing fish and marine mammals. Global Change Biology 24(4): 1708-1721. DOI: 10.1111/gcb.13996.
- Quick, N., Middlemas, S. & Armstrong, J. 2004. A survey of antipredator controls at marine salmon farms in Scotland. Aquaculture. 230: 169 – 180.
- Quiñones, R.A., Fuentes, M., Montes, R.M., Soto, D. and León-Muñoz, J. 2019. Environmental issues in Chilean salmon farming: a review. Rev Aquacult, 11: 375-402. <https://doi.org/10.1111/raq.12337>
- Rahel, F.J. & McLaughlin, R.L. (2018), Selective fragmentation and the management of fish movement across anthropogenic barriers. Ecol Appl, 28: 2066-2081. <https://doi.org/10.1002/eap.1795>
- Read, A.J. & D. Waples. 2010. A pilot study to test the efficacy of pingers as a deterrent to bottlenose dolphins in the Spanish mackerel gillnet fishery. Bycatch reduction of marine mammals in Mid-Atlantic fisheries. Final report, Project 08-DMM-02, Duke University, Beaufort, SC.
- Redondo, L. & M., Ruiz. 2017. Ruido subacuático: fundamentos, fuentes, cálculo y umbrales de contaminación ambiental.
- Reeves R, B Stewart, P Clapham & J Powell. 2002. Guide to marine mammals of the world. Knopf, Inc. New York. 527 pp.
- Rendell, L., & H. Whitehead. 2001. Culture in whales and dolphins. Behavioral and Brain Sciences, 24(2), 309–382. <https://doi.org/10.1017/S0140525X0100396X>.
- Repenning, C.A. 1976. Adaptive evolution of sea lions and walruses. Systematic Zoology 25: 375-390.
- 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.

Reyes, M.V. 2018. Comportamiento acústico de la tonina overa *Cephalorhynchus commersonii* (Lacépède, 1804) y los posibles efectos de contaminación acústica sobre la especie en la provincia de Santa Cruz, Argentina. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. [https://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis\\_n6536\\_ReyesReyes](https://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n6536_ReyesReyes).

Ribeiro S, Viddi FA, Cordeiro JL, Freitas TRO (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.

Rice, D.W. 1998. Marine mammals of the world: Systematics and distribution (Society for Marine Mammalogy Special Publication). Lawrence, KS: Society for Marine Mammalogy.

Richardson, W.J., Greene, C.R., Jr., Malme, C.I., Thomson, D.H., Moore, S.E., Wiirsig, B. 1995. Marine Mammals and Noise., pp. 1-576.

Richardson, W.J., Greene, C.R., Jr., Malme, C.I., Thomson, D.H., Moore, S.E., Wiirsig, B. 1995. Marine Mammals and Noise., pp. 1-576.

Roberts, J. 2017. Review of potential NZ sea lion interactions with aquaculture at Port Pegasus/Pikihatiti, Department of Conservation. NIWA. 36 pp.

Robinson, S.P., Lepper, P. A. and Hazelwood, R.A. 2014. Good Practice Guide for Underwater Noise Measurement, National Measurement Office, Marine Scotland, The Crown Estate, (NPL Good Practice Guide No. 133), ISSN: 1368-6550, 2014.

Rodger, H. L. Henry y S. Mitchell. 2011. Non-infectious gill disorders of marine salmonid fish. Rev Fish Biol Fisheries. 21:423–440.

Rosas, F. C. W., Haimovici, M. and Pinedo, M. C. 1993. Age and growth of the South American sea lion, *Otaria flavescens* (Shaw, 1800), in southern Brazil. Journal of Mammalogy 74: 141-147.

Ross, A. 1988. Controlling Nature's Predators on Fish Farms. Ross-on-Wye: Marine Conservation Society; 96pp.

Rowntree, V. J., Payne, R. S. and Schell, D. S. 2001. Changing patterns of habitat use by southern right whales (*Eubalaena australis*) on their nursery ground at Peninsula Valdes, Argentina, and in their long-range movements. Journal of Cetacean Research and Management 2: 133-144.

Royal HaskoningDHV. 2020. Marine Mammals Monitoring and Mitigation Options. Morlais Project. PB5034-RHD-ZZ-XX-NT-Z-1003. Final report. 21 pp.

Ruane, N., Hamish Rodger, Susie Mitchell, Tom Doyle, Emily Baxter, Elena Fringuell. 2011. GILPAT: An Investigation into Gill Pathologies in Marine Reared Finfish (Project reference PBA/AF/08/002(01)). Marine Research Sub-Programme 2007-2013.

Rueggeberg, H. & Booth, J. 1989. Interactions between wildlife and salmon farms in British Columbia: Results of a survey, 74 pp.

Ruiz-Ruiz, P.A., Hinojosa, I.A., Urzua, A., Urbina, M.A. 2019. Anthropogenic noise disrupts mating behavior and metabolic rate in a marine invertebrate (p. 040006). 5th International Conference on the Effects of Noise on Aquatic Life, Den Haag, The Netherlands. DOI: 10/ghnggt.

Ryan, J., Cline, D., Dawe, C., McGill, P., Zhang, Y., Joseph, J. 2016. "New passive acoustic monitoring in Monterey Bay National Marine Sanctuary: exploring natural and anthropogenic sounds in a deep soundscape," in OCEANS 2016 MTS (Monterey, CA: IEEE). doi: 10.1109/OCEANS.2016.7761363

Saaty, T. L. 1986. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. Management Science, 32(7), pp. 841-855.

- Sager, D.R., Hocutt, C.H. & Stauffer, J.R. 1987. Estuarine fish responses to strobe light, bubble curtains and strobe light/bubble-curtain combinations as influenced by water flow rate and flash frequencies. *Fish. Res.*, 5: 383-399.
- Sahoo, G.B., y D. Luketina. 2006. Response of a Tropical Reservoir to Bubbler Destratification. *J. Environ. Eng.* 132, 736–746. doi:10.1061/(asce)0733-9372(2006)132:7(736).
- Santos- Carvallo, M., Pérez-Alvarez, M.J., Muniain, V., Moraga, R., Oliva, D. & M Sepúlveda. (2014). Trophic niche overlap between sympatric resident and transient population of bottlenose dolphin in the Humboldt Current System off north-central Chile. *Mar Mamm Sci.* 31(2): 790–799 doi: 10.1111/mms.12185. Publicado por "Marine Mammals Society", Publicado, ISSN 1748-7692
- Schakner, Z & D.T. Blumstein. 2013. Behavioral biology of marine mammal deterrents: A review and prospectus, *Biological Conservation*, Volume 167, 2013, Pages 380-389.
- Schladow, S. G. 1992. "Bubble plume dynamics in a stratified medium and the implications for water quality amelioration in lakes." *Water Resour. Res.*, 28(2), 313–321.
- Schlundt, Carolyn & Finneran 2000. Temporary shift in masked hearing thresholds of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, and white whales, *Delphinapterus leucas*, after exposure to intense tones. *The Journal of the Acoustical Society of America.* 107. 3496-508. 10.1121/1.429420.
- Schotte & Pemberton, 2002. Development of a stock protection system for flexible oceanic pens containing finfish. Project No. 99/361. 85 pp.
- Schnettler, P. 2018. Estudio de emplazamiento y prospección de sitios como áreas apropiadas para el ejercicio de la acuicultura de pequeña escala y acuicultura en AMERB y de instalaciones de cultivo de mitilidos para generar propuestas de relocalización de concesiones de mitilidos en la X región de Los Lagos (Informe final, versión 2).
- Scordino, J. 2010. West Coast Pinniped Program Investigations on California Sea Lion and Pacific Harbor Seal Impacts on Salmonids and Other Fishery Resources. PACIFIC STATES MARINE FISHERIES COMMISSION. 106 pp.
- Scordino, J. & R. Pfeifer. 1993. Sea lion/steelhead conflict at the Ballard Locks. Seattle, National Marine Fisheries Service and Washington Department of Wildlife: 7600 Sand Point Way NE, Seattle WA 98115. 10 p.
- SCOS. 2021. Scientific advice on matters related to the management of seal populations. Natural Environment Research Council Special Committee on Seals. 266pp.
- Scottish Salmon. 2021. Seals in Scotland (<https://www.salmonscotland.co.uk/reports/seals-in-scotland>)
- Scottish Animal Welfare Commission. 2023. Report on the use of acoustic deterrent devices (ADDs) in salmon farming to control predation by seals and their wider effects on wildlife.
- Sears R & W Perrin. 2009. Blue whale *Balaenoptera musculus*. En: Perrin W, B Würsig & J Thewissen (ed.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. pp 112-116. Academic Press, San Diego
- Sepúlveda M. 1998. Circaritos de actividad del lobo marino común *Otaria flavescens* (Carnivora: Otariidae), y su relación con la salmonicultura en la Décima Región, Chile. Tesis de Licenciatura en Biología Marina. Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso, Chile.
- Sepúlveda & Oliva, 2005. Interactions between South American sea lions *Otaria flavescens* (Shaw) and salmon farms in Southern Chile. *Aquaculture Research*. 36. 1062-1068. 10.1111/j.1365-2109.2005.01320.x.
- Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2022. CRITERIO DE EVALUACIÓN EN EL SEIA: PREDICCIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS POR RUIDO SUBMARINO. Santiago. 21 pp.

Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA). 2022. Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura 2022. <https://www.sernapesca.cl/informacion-utilidad/anuarios-estadisticos-de-pesca-y-acuicultura/>

Shannon, M. F. McKenna, L.M. Angeloni, K.R. Crooks, K.M. Fristrup, E. Brown, K.A. Warner, M.D. Nelson, C. White, J. Briggs, S. McFarland and G. Wittemye. 2016. A synthesis of two decades of research documenting the effects of noise on wildlife Graeme. *Biol. Rev.*, 91:982–1005. doi: 10.1111/brv.12207.

Shaughnessy, P.D., Semmelink, A., Copper, J. & Frost, P.G.H., 1981. Attempts to develop acoustic methods of keeping Cape fur seals *Arctocephalus pusillus* from fishing nets. *Biological Conservation*, 21 (1981) 141-158.

Shaughnessy, P., Goldsworthy, S., Mackay, A. 2015. The long-nosed fur seal (*Arctocephalus forsteri*) in South Australia in 2013-14: Abundance, status and trends. *Australian Journal of Zoology*. 10.1071/ZO14103

Shrimpton J.H. & E.C.M. Parsons 2000. A review of the environmental threats to cetaceans in West Scotland. Scientific Committee at the 52nd Meeting of the International Whaling Commission, 11-28 June 2000, Australia.

Sieffeld W, W. 1983. Mamíferos marinos de Chile. Ed. Universidad de Chile. Santiago. 199 pp.

Silva, Sena & Phillips, Michael. 2007. A review of cage aquaculture (excluding China). *Cage Aquaculture - Regional Reviews and Global Overview*. 18-48.

Simonis AE, Forney KA, Rankin S, Ryan J, Zhang Y, DeVogelaere A, Joseph J, Margolina T, Krumpel A & A. Baumann-Pickering. 2020. Seal Bomb Noise as a Potential Threat to Monterey Bay Harbor Porpoise. *Front. Mar. Sci.* 7:142. doi: 10.3389/fmars.2020.00142.

Simpson, S.D., Purser, J., Radford, A.N. 2015. Anthropogenic noise compromises antipredator behaviour in European eels. *Global Change Biology* 21(2): 586-593. DOI: 10/f6zrsr.

Simpson, S.D., Radford, A.N., Holles, S., Ferarri, M.C.O., Chivers, D.P., McCormick, M.I., Meekan, M.G. (2016). Small-Boat Noise Impacts Natural Settlement Behavior of Coral Reef Fish Larvae. En: Popper, A.N., Hawkins, A. (Eds.) *The Effects of Noise on Aquatic Life II Vol.* 875 (pp. 1041-1048). Springer New York, New York, NY. DOI: 10.1007/978-1-4939-2981-8\_129.

Širović A, Wiggins SM & JA. Hildebrand. 2007. Blue and fin whale call source levels and propagation range in the Southern Ocean. *J Acoust Soc Am* 122: 1208–1215.

Slabbekoorn H, Bouton N, van Opzeeland I, Coers A, ten Cate C, Popper AN. 2010. A noisy spring: The impact of globally rising underwater sound levels on fish. *Trends in Ecology and Evolution* 25: 419–427.

Solé, M., Constenla, M., Padrós, F., Lombarte, A., Fortuño, J.-M., Van Der Schaar, M., André, M. (2021a). Farmed Salmon Show No Pathological Alterations When Exposed to Acoustic Treatment for Sea Lice Infestation. *Journal of Marine Science and Engineering* 9(10): 1114. DOI: 10.3390/jmse9101114.

Solé, M., Lenoir, M., Fortuño, J.-M., De Vreese, S., Van Der Schaar, M., André, M. (2021b). Sea Lice Are Sensitive to Low Frequency Sounds. *Journal of Marine Science and Engineering* 9(7): 765. DOI: 10.3390/jmse9070765.

Soto, A.B., Cagnazzi, D., Everingham, Y., Parra, G.J., Noad, M. & H. Marsh. 2013 Acoustic alarms elicit only subtle responses in the behaviour of tropical coastal dolphins in Queensland, Australia. *Endangered Species Research*, 20, 271-282.

Storlund, R. L., Cottrell, P. E., Cottrell, B., Roth, M., Lehnhart, T., Snyman, H., Trites, A. W., & Raverty, S. A. (2024). Aquaculture related humpback whale entanglements in coastal waters of British Columbia from 2008–2021. *PloS One*, 19(3), e0297768. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0297768>.

Southall, B. L., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Finneran, J., Gentry, R. L., Greene, C. R. J., Kastak, D., Ketten, D. R., Miller, J. H., Nachtigall, P. E., Richardson, W. J., Thomas, J. A., & Tyack, P. L. (2007). Marine Mammal Noise Exposure Criteria. *Aquatic Mammals*, 33(4), 411–521.



- Southall, B. L., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Finneran, J. J., Gentry, R. L., Greene Jr, C. R., Nachtigall, P. E. 2007. Marine mammal noise-exposure criteria: initial scientific recommendations. *Bioacoustics*, 17(1-3), 273-275.
- Southall, B. L., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Finneran, J. J., Gentry, R. L., Greene, C. R. Jr., Tyack, P. L. 2007. Marine mammal noise exposure criteria: Initial scientific recommendations. *Aquatic Mammals*, 33, 411–521. <https://doi.org/10.1578/AM.33.4.2007.411>.
- Southall BL, DeRuiter SL, Friedlaender A, Stimpert AK, Goldbogen JA, Hazen E, Casey C, Fregosi S, Cade DE, Allen AN, Harris CM, Schorr G, Moretti D, Guan S & J. Calambokidis J 2019a. Behavioral responses of individual blue whales (*Balaenoptera musculus*) to mid-frequency military sonar. *J Exp Biol* 222(5): jeb190637. <https://doi.org/10.1242/jeb.190637>.
- Southall BL, Finneran JJ, Reichmuth C, Nachtigall PE, Ketten DR, Bowles AE, Ellison WT, Nowacek DP & P.A. Tyack. 2019b. Marine mammal noise exposure criteria: updated scientific recommendations for residual hearing effects. *Aquat Mamm* 45(2):125–232. <https://doi.org/10.1578/AM.45.2.2019.125>.
- Southall, B. L., Nowacek, D. P., Bowles, A. E., Senigaglia, V., Bejder, L., & Tyack, P. L. 2021. Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Assessing the Severity of Marine Mammal Behavioral Responses to Human Noise. September. <https://doi.org/10.1578/AM.47.5.2021.421>
- Sparling, C., Sams, C., Stephenson, S., Joy, R., Wood, J., Gordon, J., Thompson, D., Plunkett, R., Miller, B. & T. Götz. 2015. The use of Acoustic Deterrents for the mitigation of injury to marine mammals during pile driving for offshore wind farm construction. ORJIP Project 4, Stage 1 of Phase 2. Final Report.
- Spiga, I., Aldred, N., Caldwell, G.S. 2017. Anthropogenic noise compromises the anti-predator behaviour of the European seabass, *Dicentrarchus labrax* (L.). *Marine Pollution Bulletin* 122(1-2): 297-305. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2017.06.067.
- Stafford KM, Fox CG & D.S. Clark. 1998 Long-range acoustic detection and localization of blue whale calls in the northeast Pacific Ocean. *J Acoust Soc Am* 104: 3616–3625.
- Stewart, P. 1981. An investigation into the reactions of fish to electrified barriers and bubble curtains. *Fisheries research*, 1:3-22.
- Stevick P, A Aguayo, J Allen, I Avila, J Capella, C Castro, K Chater, M Engel, F Felix, L Flórez-González, A Freitas, B Haase, M Llano, L Lodi, E Munoz, C Olavarria, E Secchi, M Scheidat & S Siciliano. 2004. A note on the migrations of individually identified humpback whales between the Antarctic Peninsula and South America. *Journal of Cetacean Research and Management* 6: 109-113 Gibbons et al. 2003
- Stone, G.S., Cavagnaro, L., Hutt, A., Kraus, S., Baldwin, K. & J. Brown. 2000. Reactions of Hector's dolphins to acoustic gillnet pingers. New Zealand Department of Conservation Technical Report Series, Wellington.
- Taylor, B.L., Baird, R., Barlow, J., Dawson, S.M., Ford, J., Mead, J.G., Notarbartolo di Sciara, G., Wade, P. & Pitman, R.L. 2008. *Physeter macrocephalus*. In: IUCN 2008. IUCN Red List of Threatened Species.
- The Scottish Governn. 2012. Scottish Farm Production Survey 2011. Report prepared by Marine Scotland Science.
- The Scottish Government. 2021. Acoustic deterrent device (ADD) use in the aquaculture sector. Parliamentary Report.
- The Scottish Government. 2021b. Aquaculture Code of Practice Containment of and Prevention of Escape of Fish-on-Fish Farms in relation to Marine Mammal Interactions. 15 pp. (<https://www.gov.scot/publications/aquaculture-code-practice-containment-prevention-escape-fish-fish-farms-relation-marine-mammal-interactions-2/documents/>)

The Scottish Government. 2023. Report on the use of acoustic deterrent devices (ADDs) in salmon farming to control predation by seals and their wider effects on wildlife by the Scottish Animal Welfare Commission (<https://www.gov.scot/publications/report-use-acoustic-deterrent-devices-adds-salmon-farming-control-predation-seals-wider-effects-wildlife-scottish-animal-welfare-commission/documents/>)

Thomas F., Espíndola M., Valenzuela M., Vega A., Cabezas L., Hüne M., Avaria S., Báez P., Letelier S., Sepúlveda M., Cassis R., Rebolledo A., Fabres A., Pérez M.J., Olea G., Araya G., Gutiérrez D., Gudiño V., Saavedra J., Rojas G., González E. 2017. Evaluación y análisis de la biodiversidad marina y continental afectada por las actividades de acuicultura (1era Etapa). Proyecto FIP 2014-48. Informe Final. Centro de Investigación Ecos, 01/2017: 644 pp.

Thompson, D., Coram, A.J., Harris, R.N. and C.E. Sparling. 2020. Review of non-lethal seal control options to limit seal predation on salmonids in rivers and fish farms. Scottish Marine and Freshwater Science Vol 12 No 6.

Tidau, S., Briffa, M. 2019. Distracted decision makers: ship noise and predation risk change shell choice in hermit crabs. Behavioral Ecology 30(4): 1157-1167. DOI: 10/gh2pps.

Tidwell, K.S., B.K. van der Leeuw, L.N. Magill, B.A. Carrothers and R.H. Wertheimer. 2018. Evaluation of pinniped predation on adult salmonids and other fish in the bonnevillie dam tailrace, 2017. U.S. Army Corps of Engineers, Portland District Fisheries Field Unit. Cascade Locks, OR. 54pp.

Tidwell K.S., Carrothers B.A., Blumstein D.T. and Z.A. Schakner. 2021. Steller Sea Lion (*Eumetopias jubatus*) Response to Non-lethal Hazing at Bonneville Dam. Front. Conserv. Sci. 2:760866. doi: 10.3389/fcsc.2021.760866.

Tixier, P., Gasco, N., Duhamel, G., and Guinet, C. 2015. Habituation to an acoustic harassment device (AHD) by killer whales depredating demersal longlines (*Orcinus orca*), ICES Journal of Marine Science, 72, 1673–1681. <https://dx.doi.org/10.1093/icesjms/fsu166>

Tixier P, Lea M-A, Hindell MA, et al., 2021. When large marine predators feed on fisheries catches: Global patterns of the depredation conflict and directions for coexistence. Fish Fish. 22: 31–53. <https://doi.org/10.1111/faf.12504>.

Todd, V.L.G., Jiang, J., Ruffert, M., 2019. Potential audibility of three acoustic harassment devices ( DHADHA) to marine mammals in Scotland, UK. International Journal of Acoustics and Vibration 24: 792–800. 10.20855/ijav.2019.24.41528.

Todd, V., L.D. Williamson, J. Jiang, S.E. Cox, I.B. Todd, M. Ruffert. 2021. Prediction of marine mammal auditory-Toro, F. 2022. Los cetáceos y otros mamíferos de Chile. Guía Ilustrada para la identificación y conservación de especies. 237 pp.

impact risk from Acoustic Deterrent Devices used in Scottish aquaculture, Marine Pollution Bulletin, 165:1-13.

Tougaard J., y M. Dähne. 2017. Why is auditory frequency weighting so important in regulation of underwater noise? J Acoust Soc Am. 2017 Oct;142(4): EL415. doi: 10.1121/1.5008901. PMID: 29092598.

Trippel, E.A., Strong, M.B., Terhune, J.M. & J.D. Conway. 1999. Mitigation of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) bycatch in the gillnet fishery in the lower Bay of Fundy. Can J Fish Aquat Sci 56: 113–123.

Tsouvalas, P. & A.V. Metrikine, 2016. Parametric study of noise reduction by an airbubble curtain in offshore pile driving. 23rd International Congress on Sound & Vibration Athens, Greece 10-14 July 2016. 9 pp.

Tyack, P. 2008. Implications for Marine Mammals of Large-Scale Changes in the Marine Acoustic Environment, Journal of Mammalogy, Volume 89, Issue 3, 5 June 2008, Pages 549–558, <https://doi.org/10.1644/07-MAMM-S-307R.1>.

Uglen I, Karlsen Ø, Sanchez-Jerez P, Sæther B. 2014. Impacts of wild fishes attracted to open-cage salmonid farms in Norway. Aquac Environ Interact.; 6: 91–103. <https://doi.org/10.3354/aei00112>

- Urick, R.J. 2013. Principle of underwater sound. Peninsula Publishing, Third edition. 442 pp.
- U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS). 2013. Draft Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammals. Acoustic Threshold Levels for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS).
- U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS). 2018. Revisions to: Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0): Underwater Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. U.S. Department of Commerce, NOAA. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-59.
- Van Opzeeland, I. & O. Boebel. 2018. Marine soundscape planning: Seeking acoustic niches for anthropogenic sound. *Journal of Ecoacoustics*. 2. 5GSNT8. 10.22261/JEA.5GSNT8.
- Van der Leeuw B.K. & K.S. Tidwell. 2022. evaluation of pinniped predation on adult salmonids and other fish in the bonneville dam tailrace, 2021. U.S. Army Corps of Engineers, Portland District, Fisheries Field Unit. Cascade Locks, OR. 42 pp.
- Ventisqueros, 2020. Reporte ESG Environmental, Social and Governance, 51 pp.
- Vella, A. 2016. Resolving bottlenose dolphin-fisheries association problems in Maltese waters, central Mediterranean. 41st CIESM Congress, Kiel.
- 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(5), 959-970.
- Vilata J, Oliva D, Sepúlveda M (2010) The predation of farmed salmon by South American sea lions (*Otaria flavescens*) in southern Chile. *ICES Journal of Marine Science* 67: 475–482.
- Von Graven, D. & A. Bisther. 2013. Prey switching by killer whales in the north-east Atlantic: observational evidence and experimental insights. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, page 1 of 9. # Marine Biological Association of the United Kingdom, 2013 doi:10.1017/S0025315413001707.
- Waples, D.M., Thorne, L.H., Hodge, L.E., Burke, E.K., Urian, K.W. & A.J. Read. 2013. A field test of acoustic deterrent devices used to reduce interactions between bottlenose dolphins and a coastal gillnet fishery. *Biological Conservation*, 157, 163-171.
- Wale, M.A., Briers, R.A., Diele, K. 2021. Marine invertebrate anthropogenic noise research – Trends in methods and future directions. *Marine Pollution Bulletin* 173: 112958. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2021.112958.
- Wang, C.M. & Chu, Yunil & Baumeister, Joerg & Zhang, H. & Jeng, Dong-Sheng & Abdussamie, Nagi. 2022. Offshore Fish Farming: Challenges and Developments in Fish Pen Designs. 10.1201/9781003184287-4.
- Wartzok, D., & Ketten, D. R. 1999. Marine mammal sensory systems. In J. E. Reynolds II & S. A. Rommel (Eds.), *Biology of marine mammals* (pp. 117-175). Washington, DC: Smithsonian Institution Press
- 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.
- Welton, J.S., Beaumont, W.R.C., Clarke, R.T., 2002. The efficacy of air, sound and acoustic bubble screens in deflecting Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts in the River Frome, UK. *Fish. Manag. Ecol.* 9, 11–18. doi:10.1046/j.1365-2400.2002.00252.
- Weilgart, L. & Whitehead, H. 1997 Group-specific dialects and geographical variation in coda repertoire in South Pacific sperm whales. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 40, 277–285.
- Weilgart, L. S. 2007. A brief review of known effects of noise on marine mammals. *International Journal of Comparative Psychology*, 20(2-3), 159–168.

- Wells R & M Scott. 2009. Common bottlenose dolphin *Tursiops truncatus*. En: Perrin W, B Würsig & J Thewissen (ed.). Encyclopedia of marine mammals. pp 249-255. Academic Press, San Diego
- 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.
- Whyte, D., Götz, T., Walmsley, S. F., & Janik, V. M. 2021. Non-Lethal Seal Deterrent in the North East Scotland Handline Mackerel Fishery: A Trial using Targeted Acoustic Startle Technology (TAST)-42 pp.
- Wiggins, S. M., Krumpel, A., Dorman, L., Hildebrand, J. & Baumann-Pickering, S. 2019. Seal Bomb Sound Source Characterization. MPL Technical Memorandum 633. La Jolla, CA: University of California San Diego.
- Wilson, B. Batty, R. S., Daunt, F. & Carter, C. 2007. Collision risks between marine renewable energy devices and mammals, fish and diving birds. Report to the Scottish Executive. Scottish Association for Marine Science, Oban, Scotland, PA37 1QA.
- Wilkens, S.L., Stanley, J.A., Jeffs, A.G. 2012. Induction of settlement in mussel (*Perna canaliculus*) larvae by vessel noise. *Biofouling* 28(1): 65-72. DOI: 10/ftx8nj.
- Winn, H.E. and Winn, L.K. 1978. The Song of the Humpback Whale *Megaptera novaeangliae* in the West Indies. *Marine Biology*, 47, 97-114.
- Wright A.J., L. Highfill. 2007. Noise-related stress and marine mammals: an introduction *Int. J. Comp. Psychol.*, 20, pp. 89-316
- Whyte, K.F. 2015. Investigating Seal Depredation at Scottish Salmon Farms. MSc Thesis, University of St Andrews.
- Wickens, 1995. A review of operational interactions between pinnipeds and fisheries. *FAO Fisheries Technical Papers* 346. 86 pp.
- Woolmer, A. 2015. Commercial Trial of Fishtek "Banana Pinger" Cetacean Deterrent. Report for the Welsh Fishermen's Association.
- Würsig, b., C.R. Greene & T.A. Jefferson, 2000. Development of an air bubble curtain to reduce underwater noise of percussive piling. *Mar. Env. Res.*, Vol. 49: 79-93.
- Würsig, B. & G.A. Gailey. 2002. Marine mammals and aquaculture: conflicts and potential resolutions. In: *Responsible Marine Aquaculture*, eds. Stickney, R.R. and McVey, J.P. CAB International.
- Würsig, B, J.G.M. Thewissen and K.M. Kovacs. 2018. Encyclopedia of marine mammals. Third edition Academic Press ISBN 978-0-12-804327-1. 1157 pp.
- Wysocki, L.E., Dittami, J.P., Ladich, F. 2006. Ship noise and cortisol secretion in European freshwater fishes. *Biological Conservation* 128(4): 501-508. DOI: 10/d5v9q4.
- Yori A. 2018. Underwater Assessment of Anthropogenic Noise Sources Using a Field Recording Method. *Acta Acustica United with Acustica*. Vol. 104: 13 – 24.
- Yori A. 2024a. Evaluación de Impacto Acústico de Ruido Submarino In Situ - Periodo Verano Dispositivo de Disuasión Acústica SealFence. Instituto de Acústica de la Universidad Austral de Chile. 109 pp.
- Yori A. 2024b. Evaluación de Impacto Acústico de Ruido Submarino In Situ – Periodo invierno Dispositivo de Disuasión Acústica SealFence. Instituto de Acústica de la Universidad Austral de Chile. 94 pp.
- Yori, A., Barros, J. L., Torres, R., Figueroa, F., & Cumián, V. 2023. Evaluación acústica subacuática de la pérdida de inserción en barreras de burbujas de aire (Registro N°23001, 44 páginas). Instituto de Acústica UACH, PSP Soluciones - Chile.
- Zucco, K., W. Wende, T. Merck, I. Köchling and J. Köppel 2006. Ecological Research on Offshore Wind Farms: International Exchange of Experiences. PART B: Literature Review of Ecological Impacts. 290 pp



## 8. ANEXOS

### ANEXO 1. Actas de reuniones de Coordinación inicial y de trabajo entre consultor y SUBPESCA

#### a) Acta Reunión de Coordinación Inicial

FECHA: 03 de octubre de 2023

HORARIO: 09:30 – 10:30 h

MODALIDAD: No presencial

ASISTENTES: Pamela Vásquez (SUBPESCA), Jorge Guerra (SUBPESCA), Julieta Siemens (SUBPESCA), Malú Zavando (FIPA), Pedro Apablaza (PUCV) y Mauricio Ahumada (PUCV)

Siendo las 9:30 h, tras los saludos y las presentaciones de los asistentes, se dio comienzo a la reunión con indicaciones generales de la Sra. Malú Zavando, quien precisa que el ejecutor debe llevar a cabo la coordinación de temas administrativos con FIPA, en tanto otros temas con la contraparte técnica, Sra. Pamela Vásquez. Posteriormente, se lleva a cabo una exposición de los principales tópicos referidos al estudio, en términos de objetivos, metodología general y planificación, a cargo del Sr. Mauricio Ahumada.

Tras la presentación, se generó una ronda de comentarios sobre temas relativos al estudio. Específicamente, la Sra. Vásquez indicó la conveniencia de incorporar los datos declarados por el sector productivo referidos a interacciones/avistamientos, en el marco de la Resolución 2811 de 2021. El Sr. Ahumada coincidió con lo indicado, comentándose que existen tres niveles o bases de datos para dicha información con distinto grado de detalle/validación, las que se encuentran en poder de SERNAPESCA, SUBPESCA y del sector productivo, en este último caso, en plataforma gestionada por INTESAL. Se acordó que se consultará/coordinará a fin de que el consultor pueda acceder a dichas bases o informes, por ejemplo, mediante Ley de Transparencia u otra modalidad lo que precisará contraparte técnica, con el fin de incluirlos en el estudio.

El Sr. Guerra menciona la necesidad de priorizar tecnologías que eviten la interacción de MM con los centros de cultivo, en post de la protección de estos organismos y no necesariamente de la actividad.

Por otro lado, la Sra. Vásquez manifestó la posibilidad de incluir un análisis espacial entre la localización de loberas y la geolocalización de las concesiones que reportan interacciones/avistamientos a fin de explorar algunos patrones espaciales. El Sr. Guerra mencionó que probablemente no se encuentre algún grado de dependencia, dada la amplia capacidad natatoria de lobos marinos, lo cual se ha observado en operaciones pesqueras. El Sr. Ahumada, manifestó que el consultor está dispuesto a llevar a cabo un análisis de lo indicado por la Sra. Vásquez, condicionado a la entrega previa de las respectivas bases de datos que así lo permitan.

El Sr. Guerra, manifestó la conveniencia de llevar a cabo algún tipo de priorización a nivel de especies, debido a los diferentes status de sus poblaciones, los que se estiman sin problemas de conservación (lobo marino común) respecto de otras en condición más delicada (eg. delfín chileno, ballenas sei o franca). Menciona que las consecuencias de las mortalidades de especies vulnerables tienen efectos muy distintos en la dinámica de sus poblaciones (huillín, delfín austral, delfín chileno, grandes cetáceos). Por ello, considera se requiere un balance entre el tratamiento del problema de interacción para el sector productivo y la mitigación de los efectos negativos de la actividad sobre las poblaciones de mustélidos, pinnípedos y cetáceos.

Con relación a lo indicado en Bases, respecto a las visitas a centros de cultivo con empleo de sistemas de disuasión distintos a redes loberas, la Sra. Vásquez solicitó que durante éstas se recopile la mayor cantidad de información posible a fin de documentar dicha tecnología, sus requerimientos técnicos, eficacia, entre otros. El Sr. Guerra considera que si dentro de los sistemas de disuasión distintos a redes loberas, se considera la disuasión acústica, además de la eficacia sobre la especie objetivo (lobo marino común), se deben considerar

los efectos colaterales instantáneos y acumulativos sobre especies más sensibles acústicamente con alta fidelidad de sitio.

El consultor coincidió con el propósito de documentar del mejor modo posible la información que esté disponible en dichos centros del cultivo, indicando que se gestionará dichas visitas a nivel nacional, sobre la base de que es posible que se soliciten algunos grados de reserva por parte del sector productivo y solicitando además información a SUBPESCA respecto a la información que posea respecto del empleo de tecnologías/sistema o sistemas de este tipo.

La Sra. Vásquez manifestó que las visitas a centros de cultivo que tengan implementadas tecnologías/sistemas que impidan la interacción de mamíferos marinos con los centros de cultivo deberían llevarse a cabo en el extranjero, conforme a lo indicado en el punto 5.2 de los TTR y en información complementaria entregada al FIPA. Al respecto, el consultor indicó que la Oferta Técnica contempla el recoger la experiencia internacional a nivel de consultas a expertos, fundamentalmente de la Universidad de Saint Andrews y de información técnica publicada, habiéndose planificado y propuesto visitas a terreno sólo a nivel nacional, previa coordinación con INTESAL y Mesa del Salmón, de acuerdo, principalmente, a las restricciones presupuestarias del proyecto y a que a su juicio, no existe una solicitud específica que ello deba realizarse en el extranjero. La Sra. Zavando menciona que efectivamente en su propuesta el consultor propone incorporar experiencias internacionales sólo mediante consulta a expertos y revisión del Estado del Arte, lo cual no fue observado/objetado por el evaluador. Por lo anterior, se acuerda el hacer el máximo esfuerzo para poder recolectar esta información con expertos internacionales, dado que, en Chile no habría indicios claros del uso de tales tecnologías. Se conversa y acuerda sobre la necesidad de suplir del mejor modo posible esa información en el marco del estudio.

La Sra. Vásquez menciona como punto importante, que la evaluación no se deseche a priori de ciertas tecnologías/sistemas debido a sus costos. El Sr. Guerra menciona la posibilidad de generar recomendaciones respecto de la planificación espacial marina, en el contexto de reducir las interacciones.

Se acuerda mantener una coordinación periódica entre consultor y contraparte, incluyendo reuniones mensuales, las que comenzarán a priori el martes 07 de noviembre en horario a acordar.

Siendo las 10:30 h se dio por finalizada la reunión.

#### **b) Acta Reunión de trabajo del 07 de noviembre de 2023**

FECHA: 07 de noviembre de 2023

HORARIO: 09:30 – 10:30 h

MODALIDAD: No presencial

ASISTENTES: Pamela Vásquez (SUBPESCA), Jorge Guerra (SUBPESCA), Julieta Siemens (SUBPESCA) y Mauricio Ahumada (PUCV)

Siendo las 9:30 h, tras los saludos y las presentaciones de los asistentes, se dio comienzo a la reunión. El Sr. Mauricio Ahumada da a conocer una presentación que da cuenta de las tareas desarrolladas a la fecha, incluyendo plazos de ejecución, los que consideran fines de nov. 2023 para recopilar bases de datos (BD). Con la finalidad de precisar distribución de MM de interés en la zona de análisis, precisa se recurrirá tanto a literatura publicada como al análisis de bases de datos que den cuenta de información georreferenciada, tanto de avistamientos como de interacciones con el sector salmonero. Para ello, detalla que la solicitud de información en el marco de la Res. 2011 ya está en trámite, gracias a gestión de SUBPESCA y que en paralelo se busca coordinar con Sra. Ximena Rojas reunión con el fin dar a conocer el estudio y solicitar dicha base de datos desde la industria. Se indica que hasta este momento se percibe un sesgo en la disponibilidad de BD en desmedro de los mustélidos, habiendo algunos datos georreferenciados de huillín (*Lontra provocax*).

El Sr. Guerra indica la conveniencia de considerar igualmente información de distribución general, no necesariamente georreferenciada, compartiendo información de artículo en preparación relacionado con el tema, el que incluye además al chungungo (*Lontra felina*) y de literatura que da cuenta de conflictos entre mustélidos y sector salmonero en Europa. Indica que en un trabajo de revisión de información de datos para NOAA de 2016 no se justificaba incluir al huillín como parte de especies que interactúan con salmonicultura por la falta de datos a esa fecha. Señala que más que medidas técnicas, se requiere adicionalmente el definir espacios de resolución de conflictos, manteniendo las interacciones bajo un cierto nivel que no afecten a las poblaciones silvestres. Se menciona se coordinará modo de acceder a datos de dicha revisión para incorporar al estudio. Igualmente, se señala la existencia de un grupo de especialistas sobre temas acústicos en el mar, el cual posee un repositorio. Se menciona igualmente, la posibilidad coordinar acceso a dicha información.

La Sra. Pamela Vásquez ratifica indica que la solicitud relacionada a la información de la Res. 2811 efectivamente se llevó a cabo el pasado 18 de octubre, indica que el 17 de noviembre podría estar disponible, al menos la información referida a interacciones, en tanto a la de avistamientos probablemente necesite ser ingresada y validada.

El Sr. Ahumada comparte borrador de formulario de consulta a expertos de la Universidad de Saint Andrews, el que se espera ejecutar antes del 15 de diciembre de 2023, mencionando se buscará adicionalmente expandir dicha a algunos especialistas de otros países. La Sra. Siemens refuerza la idea de consultar a dichos expertos por tecnologías alternativas. La Sra. Vásquez complementa lo anterior, indicando que el propósito del estudio es recabar igualmente dichas tecnologías.

El Sr. Ahumada ratifica que se consultará a los expertos sobre tecnologías alternativas y se buscará información publicada referida a ese tema. Se menciona que la información de que se dispone hasta ahora, indica que en Escocia los productores habrían optado por no emplear disuasivos acústicos, manteniendo el empleo de redes de exclusión para evitar depredación por parte de pinnípedos de salmónes en cautiverio. Menciona plazo asociados a tareas de búsqueda de BD es noviembre de 2023, estimando se ejecutará entrevistas a personas del sector salmonero hasta primera semana diciembre 2023, indicando que ve factible mantener fecha de entrega del Informe de Avance, señalando que quizás sea conveniente cambiar/extender la fecha del Pre-Informe final, lo que se coordinará oportunamente con FIPA.

El Sr. Guerra menciona la conveniencia de plasmar en el estudio de algún modo lo que motivó dicho proceso en Escocia. Agrega que el propósito de proteger a los MM es distinto del de prevenir la depredación por lobos marinos. Señala que se requiere dimensionar el problema para establecer luego medidas de mitigación. La Sra. Vásquez ratifica el interés en la protección de los MM.

El Sr. Ahumada señala que las bases técnicas del proyecto señalan un fin doble: el identificar/evaluar dispositivos eficientes en disminuir las interacciones que a su vez eviten mortalidad o daños graves en MM. Indica que comparte la necesidad de dimensionar el problema previamente a la identificación de tecnologías/sistema de mitigación, señalando que lo anterior es una tarea compleja, extensa, asimilable a lo acontecido con el descarte en la pesca extractiva, que excede por mucho lo que puede realizarse en el proyecto, el cual analizará la información disponible, en particular los datos de la Res. 2811, generando así una primera línea base.

El Sr Guerra indica que, aunque concuerda, espera al menos alguna insinuación/diseño que permita precisar que tecnologías se discuten, de manera que el estado pueda hacerse cargo del problema, compartiendo se requiere una línea base para comprender el problema/alcance de las interacciones, como requisito para encontrar alguna solución.

Se concuerda el mantener la coordinación periódica entre consultor y contraparte, incluyendo reuniones mensuales con sus respectivas actas, agendando la siguiente reunión para el 07 de diciembre, 10:00 horas.

Siendo las 10:30 h se dio por finalizada la reunión.



### c) Acta Reunión de trabajo del 07 de diciembre de 2023

FECHA: 07 de diciembre de 2023

HORARIO: 15:00 – 16:15 h

MODALIDAD: No presencial

ASISTENTES: Pamela Vásquez (SUBPESCA), Julieta Siemens (SUBPESCA), Malú Zavando (FIPA), Cristian Acevedo (SUBPESCA), Pedro Apablaza (PUCV) y Mauricio Ahumada (PUCV)

Siendo las 15:00 h, tras los saludos y las presentaciones de los asistentes, se dio comienzo a la reunión. El Sr. Mauricio Ahumada comparte presentación en la que expone detalles del estudio y de las tareas/actividades desarrolladas a la fecha. Indica las bases de datos que se han reunido a la fecha para dar cuenta de presencia de MM y descripción de sus interacciones, las cuales provienen de fuentes como DIRECTEMAR, SERNAPESCA, estudios diversos y SUBPESCA, en este último caso, específicamente la correspondiente a avistamientos en el marco de la Resolución 2811, cuyos registros están en proceso de ingreso. Menciona que está pendiente el envío al ejecutor de la información de interacciones de la misma Resolución. La Sra. Pamela Vásquez señala que dicha información fue enviada a email el martes 05.12, no obstante, se reenviará con posterioridad a la reunión en caso que ésta no haya sido recibida.

Se detalla el avance en el desarrollo y validación de cuestionarios a investigadores de la Universidad de Saint Andrews y profesionales de la industria salmonera. Se precisa que ya se ejecutó la entrevista piloto para ambas entrevistas y que además se compartió formulario en línea a la Sra. Ximena Rojas de INTESAL, quien ofreció hacerlo llegar a profesionales de las compañías asociadas. Se comenta que se planea alcanzar aproximadamente seis entrevistas a investigadores de Saint Andrews, en gran parte antes de Navidad, quedando algunas pendientes para el mes de enero de 2024. El Sr. Ahumada agrega que durante la próxima semana se dará inicio al proceso de contactar profesionales de empresas proveedoras de sistemas de disuasión para mamíferos marinos (MM), tales como Ace Aquatech, entre otras.

El Sr. Cristian Acevedo indica que, si el ejecutor comparte el enlace al formulario en línea con SUBPESCA, podría facilitarse a otras asociaciones gremiales del rubro salmonero, como Consejo del Salmón o la Asociación de Salmonicultores de Magallanes, a fin de lograr mayor difusión. Del mismo modo, sugiere que académicos nacionales sean incluidos en la entrevista considerada para investigadores de Saint Andrews y menciona que profesionales de la empresa OTAQ podrían ser igualmente incluidos en las entrevistas de proveedores. Agrega que preguntas similares a las contempladas para proveedores ya han sido realizadas previamente por SUBPESCA, por lo cual ofrece colaboración en realizar sugerencias durante elaboración del cuestionario.

El Sr. Ahumada agradece los ofrecimientos, señalando que toma nota de la solicitud de incluir investigadores nacionales y a otras empresas como la mencionada por el Sr. Acevedo, indicando hará llegar borrador de cuestionario próxima semana a las Sras. Vásquez, Siemens y al Sr. Acevedo para llevar a cabo el proceso de retroalimentación.

Se comenta sobre el enfoque de las preguntas a proveedores. Se menciona que, si bien hay estudios internacionales acerca de los efectos/inocuidad de dispositivos acústicos sobre mamíferos marinos y criterios generales indicados por la NOAA, ellos serían inexistentes para muchas de las especies presentes en Chile, en particular para aquellas endémicas, lo cual se habría comentado en el marco de otras iniciativas de colaboración de SUBPESCA con especialistas en ruido submarino. Se menciona la actual situación legal en relación al uso de dispositivos acústicos en Escocia, coincidiendo las partes en la conveniencia de incorporar dicha información al estudio.

La Sra. Vásquez consulta acerca de los plazos de ejecución, en particular respecto del PreInforme Final.

El Sr. Ahumada indica que considera factible la entrega del Informe de Avance el día 15 de enero de 2024, según lo planificado originalmente. No obstante, indica que la solicitud de incluir bases de datos

correspondientes a la Res. 2811 y nuevos análisis por parte de SUBPESCA vuelve inviable la entrega del PreInforme Final el día 15 de abril de 2024.

La Sra. Zavando explica la intención de FIPA de evitar, en lo posible, atrasos o extensiones a proyectos FIPA. El Sr. Ahumada resalta que en este caso se trataría de una extensión de tres meses, lo cual no implica una modificación que altere de modo significativo los plazos del proyecto. Sobre esa base, y considerando que corresponde a una solicitud de información adicional por parte de SUBPESCA, la Sra. Zavando indica que se podría considerar razonable esa extensión, una vez sea presentada y justificada formal y correctamente.

Se acuerda fijar para el día 04 de enero una próxima reunión, la cual se revisará debidamente, dada la proximidad a la fecha de entrega del Informe de Avance.

Siendo las 16:15 h se dio por finalizada la reunión.

#### **d) Acta Reunión de trabajo del 04 de enero de 2024**

FECHA: 04 de enero de 2024

HORARIO: 10:00 – 10:35 h

MODALIDAD: No presencial

ASISTENTES: Pamela Vásquez (SUBPESCA), Julieta Siemens (SUBPESCA), Cristian Acevedo (SUBPESCA), Pedro Apablaza (PUCV) y Mauricio Ahumada (PUCV)

La reunión se inició a las 10:00 h. El Sr. Mauricio Ahumada comparte presentación relativa al proyecto y a sus avances a la fecha. Se da a conocer un esquema general acerca de las tareas a desarrollar con el fin de dar cumplimiento a los objetivos del proyecto, indicando a la fecha se trabaja en la confección del Informe Avance.

El Sr. Acevedo consulta acerca de la revisión sobre tecnologías de disuasión, a su juicio, uno de los puntos más importante del proyecto, así como lo referido a los efectos de tecnologías basadas en sonido submarino sobre especies de mamíferos no objetivo, tales como el delfín chileno, indicando la importancia que tienen los lineamientos entregados por la NOAA, así como otras experiencias internacionales.

El Sr. Ahumada precisa que dicha revisión se está llevando a cabo, considerando como marco general la clasificación de tecnologías propuesta por la NOAA. No obstante, indica que se están revisando distintas opciones, a nivel internacional resaltan claramente dos opciones tecnológicas probadas y en uso en granjas salmoneras: el empleo de redes anti predadores y el uso de dispositivos acústicos, en este último caso principalmente en Escocia, aunque han presentado obstáculos normativos recientes para su empleo.

Igualmente, señala se realiza normalmente el proceso de revisión de información publicada acerca de los efectos de dispositivos basados en sonido en distintas especies de mamíferos, los que en su mayoría se centran en especies presentes en aguas europeas, fundamentalmente Escocia, tales como la foca común, foca gris y la marsopa común, aunque se incluyen algunas especies igualmente presentes en Chile, como la orca. Indica que, adicionalmente, se tiene contemplado la revisión de reportes acerca de especies distintas a mamíferos marinos, como parte de una sobreoferta incluida en la respectiva licitación, lo que igualmente es el caso de la revisión de los criterios de la NOAA de evaluación de exposición al ruido en mamíferos marinos.

La Sra. Vásquez consulta acerca del origen de la información georreferenciada de los centros de cultivo a ser empleada en los análisis. El Sr. Ahumada responde que corresponde a la posición de los centroides de cada concesión salmonera, obtenida desde el geoportal de SUBPESCA, disponible en línea.

El Sr. Ahumada informa acerca del avance de las entrevistas a investigadores de la Universidad de Saint Andrews, a integrantes del grupo experto del proyecto, así como a profesionales de la industria salmonera. Indica que, a la fecha no se ha logrado materializar el ofrecimiento de parte de INTESAL de compartir formulario

en línea con profesionales de la industria, colaboración igualmente pendiente por parte de SUBPESCA, además de aportes al cuestionario a compartir con profesionales de empresas proveedoras de dispositivos acústicos, conforme a ofrecimiento en Reunión de trabajo previa.

La Sra. Vásquez y el Sr. Acevedo indica que compartirán el formulario en los próximos días con distintas agrupaciones de salmoneiros, incluyendo INTESAL, en tanto señalan propondrán algunas preguntas adicionales al cuestionario para empresas proveedoras. El Sr. Acevedo consulta si se ha identificado empresas distintas a Ace Aquatech y OTAQ que ofrezcan dispositivos acústicos en el mercado nacional. El Sr. Ahumada señala que a la fecha sólo se tienen registradas ambas empresas, sin que se haya llevado a cabo aún una revisión exhaustiva.

El Sr. Ahumada indica que es de especial interés que se materialice pronto el ofrecimiento de envío del formulario a asociaciones salmoneiras y la definición del formulario para empresas de dispositivos acústicos. Se menciona opción de compartir dicho formulario con profesionales con experiencia de algunos años atrás en el sector salmoneiro. El Sr. Ahumada indica considera privilegiar personas con experiencia reciente, que ojalá continúen laborando en el sector, dada la evolución del sector en los últimos años.

Al no haber más comentarios o consultas, siendo las 10:35 horas se da por terminada la reunión.

## ANEXO 2. Entrevista personal empresas dispositivos acústicos

1. ¿Que dispositivos de disuasión de mamíferos marinos ofrece la empresa para el mercado chileno de cultivo de salmones?
2. ¿Para disuadir qué especie(s) de mamífero(s) marino(s) están diseñados?
3. ¿Puede compartírnos las siguientes características técnicas de dichos equipos?
  - a. Nivel de fuente. Medida como nivel de presión sonora a distancia de 1 m del dispositivo (dB re 1 $\mu$ Pa re 1 m):
  - b. Frecuencia. En términos de rango (en Hz) en que se solapa con el rango auditivo de la(s) especie(s) para el cual está diseñado.
  - c. Continuo o intermitente. Si la salida se entrega como sonido continuo o si es pulsado con retrasos entre cada pulso.
  - d. Ciclo de trabajo. Descripción del ciclo de funcionamiento de un dispositivo como % tiempo encendido, tiempos de duración de la señal/pulsos y de intervalos/duración entre pulsos
  - e. Rango. El rango de efectividad de un dispositivo, para el cual está previsto su uso
  - f. Batería. Descripción del tipo de batería que emplea, duración, tiempo de carga
  - g. Requerimientos de entrenamiento. Entrenamiento recomendado por el fabricante, previo al empleo
  - h. Prueba del dispositivo. Método sugerido para probar el funcionamiento, previo al empleo
  - i. Implementación. Método de implementación sugerido
  - j. Vida útil del dispositivo.
  - k. Funcionalidad. Descripción de cualquier funcionalidad adicional de interés.
4. ¿Qué respaldo técnico, como informes o artículos puede compartir para demostrar la eficacia de corto y largo plazo de los dispositivos para disuadir la especie para la cual están diseñados?
5. ¿Han sido realizados estudios en el país para demostrar la eficacia de corto y largo plazo de los dispositivos para disuadir la especie para la cual están diseñados? En caso afirmativo puede proveer copia de los informes?
6. ¿Han sido realizados en el país estudios para demostrar el área de influencia que el sistema en uso genera, bajo distintas condiciones oceanográficas? En caso afirmativo puede proveer copia de los informes?
7. ¿Han sido realizados en el país estudios para evaluar los potenciales efectos ambientales que pudieran generarse en los ecosistemas en los que se empleen los equipos? En caso afirmativo puede proveer copia de los informes?
8. Han sido realizados en el país estudios que respalden que los dispositivos no generan daños graves o mortalidad en el caso específico de las especies de mamíferos marinos presentes en el sur de Chile? En caso afirmativo puede proveer copia de los informes?
9. ¿Considera que los dispositivos que comercializan cumplen con el estándar requerido por Estados Unidos de la ley de protección de mamíferos marinos?, ¿Por qué?
10. ¿Puede compartírnos costos de referencia de los dispositivos, por ejemplo, para un centro con un tren de doce jaulas?, tales como:
  - a. Costo de los equipos (hardware/software),
  - b. Costo de instalación (instalación/configuración),
  - c. Costos de operación (energía, equipos de soporte, otros)

### ANEXO 3. Perfil de profesionales entrevistados de la industria salmonera

Entrevistado	Años experiencia en el sector salmonero / Años experiencia en operaciones/producción en centros de cultivo	Área del sector salmonero ha desarrollado principalmente su trabajo	Zona geográfica ha desarrollado principalmente su actividad profesional
E1	11	Operaciones/Producción en centros de cultivo	Isla Maillen, Quellon, challahue (X región) 2018 R XI (Puyuguapi, yacaf, isla magdalena, Melinka)
E2	24	Operaciones/Producción en centros de cultivo. 11 producción agua de mar, 13 años en operaciones	X Chiloé, XI y extranjero
E3	9	Operaciones/Producción en centros de cultivo	Magallanes, Isla capitán Aracena
E4	10	Operaciones/Producción en centros de cultivo	X Región
E5	12	Operaciones/Producción en centros de cultivo Coordinación/Dirección de operaciones entre distintos centros de cultivo Revisión/Mantenimiento de redes loberas o estructuras. Operaciones 6 años, Producción 6 años	X Región (Chiloé, Hornopiren y Ayacara)
E6	8	Operaciones/Producción en centros de cultivo	XI región, barrio 32 y 34
E7	3	Operaciones/Producción en centros de cultivo	Aysen, Chiloé y Barrio 1
E8	6	Operaciones/Producción en centros de cultivo	Barrios 21 A, 21 C, 21 D, 28 B y 34 de la región de Aysen
E9	9/8	Operaciones/Producción en centros de cultivo	Barrio 2, Región Aysén , Melinka
E10	7/5	Operaciones/Producción en centros de cultivo	XVII B, Los Lagos, Hornopiren
E11	13/11	Operaciones/Producción en centros de cultivo	Barrio 19 A, Melinka, canal cheffer
E12	15	Operaciones/Producción en centros de cultivo	Region XI, Canal Puyuhuapi

#### ANEXO 4. Efectos al uso de dispositivos acústicos, reportados sobre otras especies de cetáceos

Se describe información publicada respecto de especies del mismo género que las reportadas en la Patagonia chilena, respecto del efecto del uso de DDA.

##### *Balaenoptera acutorostrata*

Boisseau *et al.* (2021), reportan un experimento controlado, entre el 10/08/2016 y 10/09/2016 para determinar si el empleo de un Dispositivo de Disuasión Acústico (DDA) podría modificar el comportamiento de ballenas Minke (*Balaenoptera acutorostrata* Lacépède 1804) en Islandia (Faxaflói Bay). Se utilizó un DDA Lofitech Seal Scarer (<https://www.lofitech.no/>), el cual emitió un tono a 14.6 kHz con un nivel de sonido fuente de 198 dB re 1  $\mu$ Pa re 1m (rms), considerado en el rango de escucha de cetáceos de baja frecuencia, el cual se situó a una distancia de 500 m y 1000 m de los animales. Los ejemplares fueron monitoreados con binoculares y video, al menos 30 minutos previos a ser expuestos al sonido. El sonido submarino fue medida a distancias entre 200 y 2000 m del foco. Se indica que los individuos respondieron inmediatamente a la activación del DDA, aumentando velocidad de nado directamente alejándose de la fuente y extendiendo sus buceos. Mediante modelamiento se sugiere que no hay riesgo de inducir efectos nocivos. A una distancia de 18 m, al modelar el nivel de exposición al sonido estimado acumulado, se sugiere que una pérdida temporal de audición (TTS) podría ser causada después de 5 min de la activación. Estos resultados están igualmente reportados en McGarry *et al.* (2017).

Gotz & Janik (2015), reportan un estudio llevado a cabo en el Seno de Mull (Sound of Mull), durante dos meses en la costa oeste de Escocia/UK, llevados a cabo en un cultivo de peces consistente en cinco jaulas, con la finalidad de generar la respuesta al susto (startled response) en foca común (*Phoca vitulina*), pero no en marsopas (*Phocoena phocoena*) usando el rango de frecuencias en donde la audición de las marsopas fuese menos sensible que en especies de focas, con pulsos con frecuencias máximas de 1kHz, configurados para niveles de fuente de ~180 dB re 1 Pa. Si bien el trabajo incluye datos limitados respecto de ballenas minke común (*Balaenoptera acutorostrata*), el estudio no entrega evidencia de algún impacto a distancias de más de 1000 m. Trayectos más largos de ballenas minke fueron observados en períodos de exposición a sonido cuando comparamos con períodos de tratamientos y direcciones de desplazamientos indicaron que los animales no abandonaron el área. Sin embargo, el nivel recibido a la distancia de la aproximación observada más cercana (1109 m) fue relativamente baja (125 dB re 1 Pa) y no puede ser descartado que dichas ballenas podrían ser afectadas a distancias más cercanas.

Todd *et al.* (2021). Mediante modelamiento de distintos modelos comerciales de DDA, se simularon los potenciales impactos auditivos en mamíferos marinos, utilizando criterios publicados en literatura. Dependiendo

de las características, la simulación de los modelos reales de DDA predijo pérdida temporal de audición (TTS) para cetáceos de muy alta frecuencia (VHF) a rangos entre 4-31 km, en tanto la simulación de un modelo inexistente predijo el mismo efecto en cetáceos VHF hasta 32 km. Se indica que los modelos con menores potenciales de impacto sobre cetáceos VHF fueron OTAQ SeanFence patrol mode y GenusWave TAST. La desventaja del DDA de baja frecuencia GenusWave TAST comparado con el de alta frecuencia OTAQ SealFENCE patrol mode, es que el primero tuvo mayor impacto predicho sobre cetáceos de baja frecuencia (LF), como la ballena minke. El dispositivo con mayor impacto en cetáceos VHF fue el modelo Airmar dB Plus II.

#### **Delfín oscuro (*Lagenorhynchus obscurus*).**

Mangel et al. 2013. Como se indicó previamente, reportan el empleo de Pingers con el propósito de reducir la captura incidental de pequeños cetáceos en la pesca de enmalle de pequeña escala en el norte de Perú. Globalmente, se reporta una disminución del 37% de la tasa de captura incidental, incluyendo el delfín oscuro (11 a 9 ejemplares). Se utilizaron 1000 Pingers, modelo Dukane Netmark, lo que tienen frecuencias fundamentales entre 10 y 12 kHz y emiten sonidos de 300 ms de duración, cada 4 segundos con un nivel de fuente de 120–146 dB (re: 1  $\mu$ Pa @ 1 m).

## ANEXO 5. Listado de referencias de la Revisión Bibliográfica de Dispositivos de Disuasión

1. Aboltins, A., Grizans, J., Pikulin, D., Terauds, M., & Zeltins, M. (2020). Design of Acoustic Signals for a Seal Deterrent Device. *Electrical, Control and Communication Engineering*, 16, 72-77. <https://doi.org/10.2478/ecce-2020-0011>
2. AceAquatech. (2023). Marine Protection Solutions. Recuperado de <https://aceaquatec.com/marine-protection-solutions/faunaguard>
3. Adams, N. S., Johnson, G. E., Rondorf, D. W., Anglea, S. M., & Wik, T. (2001). Biological evaluation of the behavioral guidance structure at Lower Granite Dam on the Snake River, Washington in 1998. *Informe técnico*.
4. Advisian, Worley Group. (2022). *Application for an Incidental Harassment Authorization for the Non-Lethal Taking of Marine Mammals During a Site Characterization Survey* (p. 108).
5. Amano, M., Kusumoto, M., Abe, M., & Akamatsu, T. (2017). Long-term effectiveness of pingers on finless porpoises of a small population in Japan. *Endangered Species Research*, 32, 13-22. <https://doi.org/10.3354/esr00776>
6. Aqua. (2021). Dispositivos sonoros: Tecnologías para disuasión de mamíferos marinos. *Aqua Magazine*, 25(243), 25-27.
7. Baker, B., Hamilton, S., McIntosh, R., & Finley, L. (2014). Technical Review: Development and Application of Bycatch Mitigation Devices for Marine Mammals in Mid-Water Trawl Gear. *Informe técnico*. Departamento de Medio Ambiente.
8. Barlow, J., & Cameron, G. (2003). Field experiments show that acoustic pingers reduce marine mammal bycatch in the California drift gill net fishery. *Publications, Agencies and Staff of the U.S. Department of Commerce*, 236. Recuperado de <https://digitalcommons.unl.edu/usdeptcommercepub/236>
9. Barraclough, J. (2006). Seals, salmon farms, and politics: The institutional culture of seal relocation and other measures to counter seal-fish farm interactions in South-eastern Tasmania. *Informe técnico*. <https://eprints.utas.edu.au/19223/>
10. Basran, C. J., Woelfing, B., Neumann, C., & Rasmussen, M. H. (2020). Behavioural responses of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to two acoustic deterrent devices in a northern feeding ground off Iceland. *Aquatic Mammals*, 46(6), 584-602. <https://doi.org/10.1578/am.46.6.2020.584>
11. Belle, M. S., & Nash, C. E. (2008). Better management practices for net-pen aquaculture. En C. Tucker & J. Hargreaves (Eds.), *Environmental Best Management Practices for Aquaculture* (pp. 27-35). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780813818672>
12. Benjamins, S., Risch, D., Lepper, P., & Wilson, B. (2018). SARF112 – Influences of lower-frequency acoustic deterrent devices (ADDs) on cetaceans in Scottish coastal waters. *Informe técnico*. Scottish Aquaculture Research Forum. Recuperado de <http://www.sarf.org.uk/>
13. Bennett, S., Wernberg, T., & De Bettignies, T. (2017). Bubble curtains: Herbivore exclusion devices for ecology and restoration of marine ecosystems? *Frontiers In Marine Science*, 4, 302. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00302>



14. Berrow, S., Cosgrove, R., Leeney, R. H., O'Brien, J., McGrath, D., Dalgard, J., & Gall, Y. L. (2008). Effect of acoustic deterrents on the behaviour of common dolphins (*Delphinus delphis*). *Journal Of Cetacean Research And Management*, 10(3), 227-233. <https://doi.org/10.47536/jcrm.v10i3.639>
15. Berta, A., Lumich, J., & Adam, P. (2006). *Marine mammals evolutionary biology*. Elsevier.
16. Bevan, D. J., Chandroo, K. P., & Moccia, R. D. (2002). Predator control in commercial aquaculture in Canada. *AEC Order No. 02-001*.
17. Bielli, A., Alfaro-Shigueto, J., Doherty, P., Godley, B., Ortiz, C., Pasara, A., Wang, J., & Mangel, J. (2020). An illuminating idea to reduce bycatch in the Peruvian small-scale gillnet fishery. *Biological Conservation*, 241, 108277. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108277>
18. Bisack, K. D., & Clay, P. M. (2021). Behavioral responses to competing incentives and disincentives: Compliance with marine mammal protection. *Marine Policy*, 132, 104674. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104674>
19. Björklund, S. (2020). Do potentially seal-safe pingers deter harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in the vicinity of gillnets and thereby reduce bycatch? (Master's thesis). Universidad de Uppsala.
20. Bland, A. (2017). California fishermen are throwing explosives at sea lions, and it is surprisingly legal. *Hakai Magazine*. Recuperado de [www.hakaimagazine.com](http://www.hakaimagazine.com)
21. BMIS. (2023). Acoustic deterrents and attractors. *Bycatch Management Information System (BMIS)*. Recuperado de <https://bmis-bycatch.org>
22. Bohne, T., Griebmann, T., & Rolfes, R. (2019). Modeling the noise mitigation of a bubble curtain. *Institute of Structural Analysis*. Leibniz University.
23. Boisseau, O., McGarry, T., Stephenson, S., Compton, R., Cucknell, A., Ryan, C., McLanaghan, R., & Moscrop, A. (2021). Minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) avoid a 15 kHz acoustic deterrent device (ADD). *Marine Ecology Progress Series*, 667, 191-206. <https://doi.org/10.3354/meps13690>
24. Bonizzoni, S., Hamilton, S., Reeves, R. R., Genov, T., & Bearzi, G. (2022). Odontocete cetaceans foraging behind trawlers, worldwide. *Reviews In Fish Biology And Fisheries*, 32(3), 827-877. <https://doi.org/10.1007/s11160-022-09712-z>
25. Bordino, P., Albareda, D., Palmerio, A., Mendez, M., & Botta, S. (2002). Reducing incidental mortality of Franciscana dolphin *Pontoporia blainvillei* with acoustic warning devices attached to fishing nets. *Marine Mammal Science*, 18, 833-842.
26. Bowen, W. D. (2004). Report of the Seal Exclusion Zone Workshop 11-13 May 2004. *Informe técnico*.
27. Brandt, M. J., Höschle, C., Diederichs, A., Betke, K., Matuschek, R., Witte, S., & Nehls, G. (2012). Far-reaching effects of a seal scarer on harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 23(2), 222-232. <https://doi.org/10.1002/aqc.2311>
28. Brandt, M., Höschle, C., Diederichs, A., Betke, K., Matuschek, R., & Nehls, G. (2013). Seal scarers as a tool to deter harbour porpoises from offshore construction sites. *Marine Ecology Progress Series*, 475, 291-302. <https://doi.org/10.3354/meps10100>
29. Briggs, B. (2023). NatureScot condemned for sanctioning tests to disturb dolphins and whales. *Informe técnico*, 7 pp.

30. Brotons, J., Munilla, Z., Grau, A., & Rendell, L. (2008). Do pingers reduce interactions between bottlenose dolphins and nets around the Balearic Islands? *Endangered Species Research*, 5, 301-308. <https://doi.org/10.3354/esr00104>
31. Brown, R., Jeffries, S., Hatch, D., Wright, B., Jonker, S., & Whiteaker, J. (2009). Field Report: 2009 Pinniped Management Activities At And Below Bonneville Dam. *Informe técnico*, 32 pp.
32. Bruno, C., Caserta, V., Salzeri, P., Bonanno Ferraro, G., Pecoraro, F., Lucchetti, A., Boitani, L., & Blasi, M. (2021). Acoustic deterrent devices as mitigation tool to prevent dolphin-fishery interactions in the Aeolian Archipelago (Southern Tyrrhenian Sea, Italy). *Mediterranean Marine Science*, 22(2), 408-421. <https://doi.org/10.12681/mms.23129>
33. Buchan, S. J., Huckle-Gaete, R., Rendell, L., & Stafford, K. M. (2014). A new song recorded from blue whales in the Corcovado Gulf, Southern Chile, and an acoustic link to the Eastern Tropical Pacific. *Endangered Species Research*, 23(3), 241-252. <https://doi.org/10.3354/esr00566>
34. Bustos, E., Sielfeld, W., Vera, V., Almanza, R., Malig, J., Cáceres, & L. Espinosa. (2020). Diagnóstico de sistemas de sonido utilizados en centro de cultivos para ahuyentar aves y mamíferos marinos. *Informe final*. Instituto de Ciencia y Tecnología, Universidad Arturo Prat.
35. Callier, M. D., Byron, C. J., Bengtson, D. A., Cranford, P. J., Cross, S. F., Focken, U., Jansen, H. M., Kamermans, P., Kiessling, A., Landry, T., O'Beirn, F., Petersson, E., Rheault, R. B., Strand, Ø., Sundell, K., Svåsand, T., Wikfors, G. H., & McKindsey, C. W. (2018). Attraction and repulsion of mobile wild organisms to finfish and shellfish aquaculture: A review. *Reviews in Aquaculture*, 10(4), 924-949. <https://doi.org/10.1111/raq.12208>
36. Cantlay, J. C., Bond, A. L., Wells-Berlin, A. M., Crawford, R., Martin, G. R., Rouxel, Y., Peregoy, S., McGrew, K. A., & Portugal, S. J. (2020). Ineffectiveness of light emitting diodes as underwater deterrents for Long-tailed Ducks (*Clangula hyemalis*). *Global Ecology and Conservation*, 23, e01102. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01102>
37. Cardia, F., & Lovatelli, A. (2015). *Aquaculture operations in floating HDPE cages: a field handbook*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 593. Rome: FAO.
38. Carlström, J., Berggren, P., Dinnézt, F., & Borjesson, P. (2002). A field experiment using acoustic alarms (pingers) to reduce harbour porpoise by-catch in bottom-set gillnets. *ICES Journal of Marine Science*, 59(4), 816-824. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2002.1214>
39. Carretta, J. V., & Barlow, J. (2011). Long-term effectiveness, failure rates, and "Dinner Bell" properties of acoustic pingers in a gillnet fishery. *Marine Technology Society Journal*, 45(5), 7-19.
40. Carter, C. (2013). *Tidal Energy, Underwater Noise and Marine Mammals* (Doctoral thesis).
41. Castro, P., & Huber, M. (2007). *Biología marina* (6ª ed.). McGraw-Hill.
42. Cawthorn, M. W. (2006). Marine Mammals and Salmon Farms. *Informe técnico*.
43. Chladek, J., Culik, B., Kindt-Larsen, L., Albertsen, C. M., & Von Dorrien, C. (2020). Synthetic harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) communication signals emitted by acoustic alerting device (Porpoise ALert, PAL) significantly reduce their bycatch in western Baltic gillnet fisheries. *Fisheries Research*, 232, 105732. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105732>

44. Clement, D. (2013). Literature review of ecological effects of aquaculture: Effects on marine mammals. *Informe técnico*. Ministerio de Industrias Primarias, 19 pp.
45. Coram, A., Gordon, J., Thompson, D., & Northridge, S. (2014). Evaluating and assessing the relative effectiveness of non-lethal measures, including Acoustic Deterrent Devices, on marine mammals. *Informe técnico*. Scottish Government.
46. Coram, A., Ragnarsson, V., Thomas, L., & Sparlin, C. E. (2022). Use and efficacy of Acoustic Deterrent Devices (ADDs) in aquaculture. *Informe técnico*, 68 pp.
47. Córdova-Zavaleta, F., Acuña-Perales, N., Alfaro-Córdova, E., Alfaro-Shigueto, J., & Mangel, J. C. (2020). *Guía para la evaluación y mitigación de capturas incidentales de tortugas marinas y otros depredadores superiores en pesquerías artesanales*. Lima: Perú, 105 pp.
48. Cosgrove, R., Browne, D., Rihan, D., O'Shea, T., Robson, S., & Griffin, N. (2007). Assessment of maximum effective spacing for acoustic deterrents deployed in gillnet fisheries in the Celtic Sea. *Informe técnico*, Irlanda, 8 pp.
49. Cox, T. M., Read, A. J., Swanner, D., Urian, K., & Waples, D. (2004). Behavioral responses of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) to gillnets and acoustic alarms. *Biological Conservation*, 115(2), 203-212. [https://doi.org/10.1016/s0006-3207\(03\)00108-3](https://doi.org/10.1016/s0006-3207(03)00108-3)
50. Cox, T. M., Read, A. J., Solow, A., & Tregenza, N. C. (2001). Will harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) habituate to pingers? *Journal of Cetacean Research and Management*, 3(1), 81-86.
51. Crespo, E., Oliva, D., Dans, S., & Sepúlveda, M. (2012). *Estado de situación del lobo marino común en su área de distribución*. Editorial Universidad de Valparaíso.
52. Cronin, M., Jessopp, M., Houle, J., & Reid, D. (2014). Fishery-seal interactions in Irish waters: Current perspectives and future research priorities. *Marine Policy*, 44, 120-130. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.08.015>
53. Crosby, A., Tregenza, N., & Williams, R. (2013). The Banana Pinger Trial: Investigation into the Fishtek Banana Pinger to reduce cetacean bycatch in an inshore set net fishery. *Informe técnico*. The Wildlife Trusts.
54. Culik, B. (2004). *Review of small cetaceans distribution, behaviour, migration and threats*. Informe técnico, 352 pp.
55. Culik, B., Conrad, M., & Chladek, J. (2017). Acoustic protection for marine mammals: New warning device PAL. In *Proceedings of the 43rd Jahrestagung für Akustik*, Kiel, 6-9 March 2017.
56. Culik, B., & Dorrien, C. (2017). Acoustic protection for marine mammals: new warning device PAL. In *ICES Report of the Working Group on Bycatch of Protected Species (WGBYC)*, 12-15 June 2017, Woods Hole, Massachusetts, USA, ICES CM 2017/ACOM:24. 82 pp.
57. Culik, B., Koschinski, S., Tregenza, N., & Ellis, G. M. (2001). Reactions of harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) and herring (*Clupea harengus*) to acoustic alarms. *Marine Ecology Progress Series*, 211, 255-260.
58. Cummings, W. C., & Thompson, P. O. (1971). Gray whales (*Eschrichtius robustus*) avoid the underwater sounds of killer whales (*Orcinus orca*). *Fishery Bulletin*, U.S., 69, 525-530.

59. Curé, C., Antunes, R., Alves, A. C., Visser, F., Kvadsheim, P. H., & Miller, P. J. O. (2013). Responses of male sperm whales (*Physeter macrocephalus*) to killer whale sounds: Implications for anti-predator strategies. *Scientific Reports*, 3(1), 1579. <https://doi.org/10.1038/srep01579>
60. Dahlheim, M. E. (1988). Killer whale (*Orcinus orca*) depredation on longline catches of sablefish (*Anoplopoma fimbria*) in Alaskan waters. *Informe técnico*.
61. Dähne, M., Tougaard, J., Carstensen, J., Rose, A., & Nabe-Nielsen, J. (2017). Bubble curtains attenuate noise from offshore wind farm construction and reduce temporary habitat loss for harbour porpoises. *Marine Ecology Progress Series*, 580, 221-237. <https://doi.org/10.3354/meps12257>
62. Damaarg, E. (2022). Practical layouts of hydraulic systems to reduce spill from fish cages. *Mechanical Engineering*.
63. Dawson, S., Northridge, S., Waples, D., & Read, A. (2013). To ping or not to ping: the use of active acoustic devices in mitigating interactions between small cetaceans and gillnet fisheries. *Endangered Species Research*, 19(3), 201-221. <https://doi.org/10.3354/esr00464>
64. DeAngelis, M., Hanan, D. A., & Curry, B. E. (2008). Preliminary observations of the effectiveness of non-lethal deterrence methods for California sea lions and Pacific harbor seals along the coast of California. In *Proceedings of the 23rd Vertebrate Pest Conference* (pp. 181-185). University of California, Davis.
65. Deecke, V., Slater, P. J. B., & Ford, J. K. B. (2002). Selective habituation shapes acoustic predator recognition in harbour seals. *Nature*, 420, 171-173. <https://doi.org/10.1038/nature01124>
66. Denyer, D., & Tranfield, D. (2009). Producing a systematic review. In *The SAGE Handbook of Organizational Research Methods* (pp. 671-689). SAGE Publications.
67. Duarte, C. M., Chapuis, L., Collin, S. P., Costa, D. P., Devassy, R. P., Eguiluz, V. M., Erbe, C., Gordon, T. A. C., Halpern, B. S., Harding, H. R., Havlik, M. N., Meekan, M., Merchant, N. D., Miksis-Olds, J. L., Parsons, M., Predragovic, M., Radford, A. N., Radford, C. A., Simpson, S. D., & Juanes, F. (2021). The soundscape of the Anthropocene ocean. *Science*, 371(6529). <https://doi.org/10.1126/science.aba4658>
68. Duran, R., Oliva, D., Sepúlveda, M., & Urra, A. (2011). Interacción entre el lobo marino común y la salmonicultura en Chile: Buenas prácticas para su mitigación. *Informe técnico*, Corfo-Innova, 87 pp.
69. EFCA. (2022). Guidance for inspectors on Acoustic Deterrent Devices (ADDs) as required by Regulation (EU) 2019/1241 of the European Parliament and the Council of 20 June 2019 provision. *Informe técnico*, 18 pp.
70. Environmental Standards Scotland (ESS). (2022). Marine Scotland's enforcement of acoustic deterrent devices. *Informe técnico*, Case Reference IESS.21.021. <https://environmentalstandards.scot/wp-content/uploads/2022/08/Environmental-Standards-Scotland-ADD-Infomal-Resolution-Report.pdf>
71. Erbe, C. (2011). *Underwater Acoustics: Noise and the Effects on Marine Mammals* (3<sup>a</sup> ed.). Jasco Applied Sciences.
72. 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(4), 337-343. <https://doi.org/10.1578/am.46.4.2020.337>

73. FAO. (2023). Technical measures to prevent and reduce bycatch of marine mammals in capture fisheries. *Acoustic Deterrent Devices - 'pingers'*. Recuperado de <https://www.fao.org/fishery/en/bycatch-mitigation-mammals/5/en>
74. Félix, F., Mangel, J. C., Alfaro-Shigueto, J., Cocas, L. A., Guerra, J., Pérez-Alvarez, M. J., & Sepúlveda, M. (2021). Challenges and opportunities for the conservation of marine mammals in the Southeast Pacific with the entry into force of the U.S. Marine Mammal Protection Act. *Regional Studies in Marine Science*, 48, 102036. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.102036>
75. Findlay, C. R., Aleynik, D., Farcas, A., Merchant, N. D., Risch, D., & Wilson, B. (2021). Auditory impairment from acoustic seal deterrents predicted for harbour porpoises in a marine protected area. *Journal of Applied Ecology*, 58(8), 1631-1642. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13910>
76. Findlay, C. R., Hastie, G. D., Farcas, A., Merchant, N. D., Risch, D., & Wilson, B. (2022). Exposure of individual harbour seals (*Phoca vitulina*) and waters surrounding protected habitats to acoustic deterrent noise from aquaculture. *Aquatic Conservation*, 32(5), 766-780. <https://doi.org/10.1002/aqc.3800>
77. Findlay, C., Ripple, H., Coomber, F., Froud, K., Harries, O., Van Geel, N., Calderan, S., Benjamins, S., Risch, D., & Wilson, B. (2018). Mapping widespread and increasing underwater noise pollution from acoustic deterrent devices. *Marine Pollution Bulletin*, 135, 1042-1050. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.08.042>
78. Fish, J. F., & Vania, J. S. (1971). Killer whale (*Orcinus orca*) sounds repel white whales (*Delphinapterus leucas*). *Fishery Bulletin*, 69, 531-535.
79. FishFarmingExpert.com. (2019). *Shock and orca: Mowi uses fake whale to scare seals*. Recuperado de <https://www.fishfarmingexpert.com/article/shock-and-orca-mowi-uses-fake-whale-to-scare-seals/>
80. FAO. (2021). *Fishing operations. Guidelines to prevent and reduce bycatch of marine mammals in capture fisheries*. FAO eBooks. <https://doi.org/10.4060/cb2887en>
81. Fjälling, A., Wahlberg, M., & Westerberg, H. (2006). Acoustic harassment devices reduce seal interaction in the Baltic salmon-trap net fishery. *ICES Journal of Marine Science*, 63, 1751-1758. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2006.06.015>
82. Fjälling, A., Wahlberg, M., & Westerberg, H. (2014). Acoustic harassment devices (AHD) for salmon trap nets in the Baltic Sea. *Informe técnico*, 3 pp.
83. Flaming, M., Weber, M., & Thul, M. (2014). Laboratory evaluation of a bioacoustic bubble strobe light barrier for reducing walleye escapement. *North American Journal of Fisheries Management*, 34, 1047-1054. <https://doi.org/10.1080/02755947.2014.936323>
84. Flores, N. (2021). *Drivers of negative phonotaxis for common carp (Cyprinus carpio) in response to resonant insonified bubble curtain* (Doctoral thesis). Universidad de Southampton, Facultad de Ingeniería y Ciencias Físicas, 267 pp.
85. Forrest, B., Keeley, N., Gillespie, P., Hopkins, G., Knight, B., & Govier, D. (2007). Review of the ecological effects of marine finfish aquaculture: Final report. *Informe técnico*, Ministry of Fisheries, 71 pp.



86. Fortuna, C. (2019). Review on global, commercial, wild-capture fisheries intentionally harassing or killing marine mammals. *Informe técnico*, Marine Stewardship Council, 61 pp.
87. Fu, W., Song, Z., Wang, T., Gao, Z., Li, J., Zhang, P., & Zhang, Y. (2022). Acoustic deterrence to facilitate the conservation of pantropical spotted dolphins (*Stenella attenuata*) in the Western Pacific Ocean. *Frontiers in Marine Science*, 9, 1023860. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1023860>
88. Fujita, R., Brittingham, P., Cao, L., Froehlich, H., Thompson, M., & Voorhees, T. (2023). Toward an environmentally responsible offshore aquaculture industry in the United States: Ecological risks, remedies, and knowledge gaps. *Marine Policy*, 147, 105351. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105351>
89. Gao, Y., Ma, J., & Ding, Y. (2021). Numerical simulation on the noise reduction of underwater pile-driving using a bubble curtain. *Journal of Physics Conference Series*, 1865(3), 032027. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1865/3/032027>
90. Gearin, P., Pfeifer, B., & Jeffries, S. (1986). Control of California sea lion predation of winter-run steelhead at Hiram M. Chittenden Locks, Seattle, December 1985-April 1986, with observations of sea lion abundance and distribution on Puget Sound. *Wash. Dept. Game Fish. Manage. Rept.*, 56-20, 108 pp.
91. Gearin, P. J., Pfeifer, R., Jeffries, S. J., DeLong, R., & Johnson, M. A. (1988). Results of the 1986-1987 California Sea Lion-Steelhead Trout Predation Control Program at the Hiram M. Chittenden Locks. *NWAFRC Processed Report*, 88-30, 11 pp.
92. Geelhoed, S. C. V., von Asmuth, R., Al Abbar, F., Leopold, M. F., & Aarts, G. M. (2017). Field testing the efficiency of the Fauna Guard Porpoise Module (FG-PM) in the Marsdiep area. *Wageningen Marine Research Report*, C076/17.
93. Gobe. (2023). Outline Marine Mammal Mitigation Protocol. *Outer Dowsing Document*, No: 8.4. 25 pp.
94. Goetz, S., Santos, M. B., Vingada, J., Costas, D. C., Villanueva, A. G., & Pierce, G. J. (2014). Do pingers cause stress in fish? An experimental tank study with European sardine (*Sardina pilchardus*) exposed to a 70 kHz dolphin pinger. *Hydrobiologia*, 749(1), 83-96. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2147-3>
95. Goldsworthy, S. D., Page, B., Shaughnessy, P. D., Hamer, D., Peters, K. D., McIntosh, R. R., Baylis, A. M. M., & McKenzie, J. (2009). Innovative solutions for aquaculture planning and management: Addressing seal interactions in the finfish aquaculture industry. *Informe técnico*, 201 pp.
96. Gonener, S., & Bilgin, S. (2009). The effect of pingers on harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) bycatch and fishing effort in the turbot gill net fishery in the Turkish Black Sea coast. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 9(2), 151-157. <https://doi.org/10.4194/trifas.2009.0205>
97. Gordon, J., Blight, C., Bryant, E., & Thompson, D. (2015). Tests of acoustic signals for aversive sound mitigation with harbour seals. *Sea Mammal Research Unit*, University of St Andrews. Informe técnico.
98. Gordon, J., Blight, C., Bryant, E., & Thompson, D. (2019). Measuring responses of harbour seals to potential aversive acoustic mitigation signals using controlled exposure behavioural response studies. *Aquatic Conservation*, 29(S1), 157-177. <https://doi.org/10.1002/aqc.3150>

99. Götz, T. (2008). Aversiveness of sound in marine mammals: Psycho-physiological basis, behavioural correlates and potential applications (Doctoral thesis). Universidad de St. Andrews.
100. Götz, T., & Janik, V. M. (2013). Acoustic deterrent devices to prevent pinniped depredation: Efficiency, conservation concerns and possible solutions. *Marine Ecology Progress Series*, 492, 285-302. <https://doi.org/10.3354/meps10482>
101. Götz, T., & Janik, V. M. (2010). Aversiveness of sounds in phocid seals: Psycho-physiological factors, learning processes and motivation. *Journal of Experimental Biology*, 213(9), 1536-1548. <https://doi.org/10.1242/jeb.035535>
102. Götz, T., & Janik, V. M. (2014). Target-specific acoustic predator deterrence in the marine environment. *Animal Conservation*, 18(1), 102-111. <https://doi.org/10.1111/acv.12141>
103. Götz, T., & Janik, V. M. (2016a). Non-lethal management of carnivore predation: Long-term tests with a startle reflex-based deterrence system on a fish farm. *Animal Conservation*, 19(3), 212-221. <https://doi.org/10.1111/acv.12248>
104. Götz, T., & Janik, V. M. (2016b). The startle reflex in acoustic deterrence: An approach with universal applicability? *Animal Conservation*, 19(3), 225-226. <https://doi.org/10.1111/acv.12295>
105. Götz, T., Hastie, G., Hatch, L. T., Raustein, O., Southall, B. L., Tasker, M., & Thomsen, F. (2009). Overview of the impacts of anthropogenic underwater sound in the marine environment. *Informe técnico*, OSPAR Biodiversity Series, 441.
106. Graham, I. M., Gillespie, D., Gkikopoulou, K. C., Hastie, G. D., & Thompson, P. M. (2023). Directional hydrophone clusters reveal evasive responses of small cetaceans to disturbance during construction at offshore windfarms. *Biology Letters*, 19(1). <https://doi.org/10.1098/rsbl.2022.0101>
107. Güçlüsoy, H., & Savas, Y. (2003). Interaction between monk seals (*Monachus monachus*) and marine fish farms in the Turkish Aegean and management of the problem. *Aquaculture Research*, 34, 777-783. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00956.x>
108. Haberlin, D., McAllen, R., & Doyle, T. K. (2021). Field and flume tank experiments investigating the efficacy of a bubble curtain to keep harmful jellyfish out of finfish pens. *Aquaculture*, 531, 735915. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735915>
109. Haberlin, M. D. (2018). The role of fronts, eddies and bubbles on the distribution, abundance and advection of gelatinous zooplankton: New insights for finfish aquaculture (Doctoral thesis). University College Cork.
110. Halwart, M., Soto, D., & Arthur, J. R. (2007). *Cage aquaculture – Regional reviews and global overview*. FAO Fisheries Technical Paper, No. 498.
111. Hamel, M. J., Richards, N. S., Brown, M. L., & Chipps, S. R. (2010). Avoidance of strobe lights by zooplankton. *Proceedings of the Annual Conference - North American Lake Management Society*, 26(3), 212-216. <https://doi.org/10.1080/07438141.2010.511968>
112. Hamilton, S., & Baker, G. B. (2019). Technical mitigation to reduce marine mammal bycatch and entanglement in commercial fishing gear: Lessons learnt and future directions. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 29(2), 223-247. <https://doi.org/10.1007/s11160-019-09550-6>

113. Hampson, J., Findlay, C., Ripple, H., Risch, D., Lomax, A., & Hartny-Mills, L. (2023). Policy change leads to reduction in use of acoustic deterrent devices on the west coast of Scotland. *Poster presentation*.
114. Harcourt, R., Pirotta, V., Heller, G., Peddemors, V., & Slip, D. (2014). A whale alarm fails to deter migrating humpback whales: An empirical test. *Endangered Species Research*, 25(1), 35-42. <https://doi.org/10.3354/esr00614>
115. Hardy, T., Williams, R., Caslake, R., & Tregenza, N. (2012). An investigation of acoustic deterrent devices to reduce cetacean bycatch in an inshore set net fishery. *Journal of Cetacean Research and Management*, 12(1), 85-90.
116. Hardy, Y., & Tregenza, N. (2010). Can acoustic deterrent devices reduce bycatch in the Cornish inshore gillnet fishery? *Field studies*. Cornwall Wildlife Trust, Truro.
117. Haskoning, R. (2020). Marine mammals monitoring and mitigation options. *Informe técnico*, Morlais Project. PB5034-RHD-ZZ-XX-NT-Z-1003.
118. Heredia-Azuaje, H., Niklitschek, E. J., & Sepúlveda, M. (2021). Pinnipeds and salmon farming: Threats, conflicts and challenges to co-existence after 50 years of industrial growth and expansion. *Reviews in Aquaculture*, 14(2), 528-546. <https://doi.org/10.1111/raq.12611>
119. Howell, D. L., & Munford, J. G. (1991). Predator control on finfish farms. *Aquaculture and the Environment*.
120. Hume, F., Pemberton, D., Gales, R., Brothers, N., & Greenwood, M. (2002). Trapping and relocating seals from salmonid fish farms in Tasmania, 1990-2000: Was it a success? *Papers and Proceedings of the Royal Society of Tasmania*, 136, 1-6. <https://doi.org/10.26749/rstpp.136.1>
121. Irabor, A., Hardin, P., Ogheneborhie, O., Nwachi, F., Chukwurah, I., Ozor, A., Sanubi, J., Ekelemu, J., Iwama, G., Nichol, L., & Ekeluma, J. K. (2023). Acoustic deterrent devices for the protection of fish farms from predator attacks: A solution or menace? *The Journal of Ocean Technology*, 18(2), 60-75.
122. Jacobs, S. R., & Terhune, J. M. I. (2002). The effectiveness of acoustic harassment devices in the Bay of Fundy, Canada: Seal reactions and a noise exposure model. *Aquatic Mammals*, 28(2), 147-158.
123. Jaewoo, K., & Mondraker, N. (2017). Effects of strobe lights on the behaviour of freshwater fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 100, 1427-1434. <https://doi.org/10.1007/s10641-017-0653-7>
124. Jamieson, G. S., & Olesiuk, P. F. (2001). Salmon farm-pinniped interactions in British Columbia: An analysis of predator control, its justification and alternative approaches. *Informe técnico*, Canadian Science Advisory Secretariat, 75 pp.
125. Janik, V., & Götz, T. (2013). Acoustic deterrence using startle sounds: Long-term effectiveness and effects on odontocetes. *Marine Mammal Science*, 29(4), 835-847. <https://doi.org/10.1111/mms.12009>
126. Jefferson, T., & Curry, B. (1996). Acoustic methods of reducing or eliminating marine mammal-fishery interactions: Do they work? *Ocean & Coastal Management*, 31(1), 41-70. [https://doi.org/10.1016/s0964-5691\(96\)80015-9](https://doi.org/10.1016/s0964-5691(96)80015-9)



127. Jesus, J., Amorim, M. C. P., Fonseca, P. J., Teixeira, A., Natário, S., Carrola, J., Varandas, S., Pereira, L. T., & Cortes, R. M. V. (2018). Acoustic barriers as an acoustic deterrent for native potamodromous migratory fish species. *Journal of Fish Biology*, 95(1), 247-255. <https://doi.org/10.1111/jfb.13769>
128. Johnson, H. D., Stafford, K. M., George, J. C., Ambrose, W. G., & Clark, C. W. (2014). Song sharing and diversity in the Bering-Chukchi-Beaufort population of bowhead whales (*Balaena mysticetus*), spring 2011. *Marine Mammal Science*, 31(3), 902-922. <https://doi.org/10.1111/mms.12196>
129. Johnson, P. N., Goetz, F. Q., & Ploskey, G. R. (2001). Evaluation of strobe lights for vertically displacing juvenile salmon near a filling culvert intake at the Hiram M. Chittenden Locks, Seattle, Washington. In C. Coutant (Ed.), *Behavioral technologies for fish guidance* (pp. 13–25). American Fisheries Society Symposium, 26.
130. Johnston, D. W. (2002). The effect of acoustic harassment devices on harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in the Bay of Fundy, Canada. *Biological Conservation*, 108(1), 113-118. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00098-3](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00098-3)
131. Kastelein, R. A., Hoek, L., Gransier, R., De Jong, C. A. F., Terhune, J. M., & Jennings, N. (2014). Hearing thresholds of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) for playbacks of seal scarer signals, and effects of the signals on behavior. *Hydrobiologia*, 756(1), 89-103. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2035-x>
132. Kastelein, R. A., Horvers, M., Helder-Hoek, L., Van de Voorde, S., Ter Hofstede, R., & Van Der Meij, H. (2017). Behavioral responses of harbor seals (*Phoca vitulina*) to FaunaGuard Seal Module sounds at two background noise levels. *Aquatic Mammals*, 43(4), 347-363. <https://doi.org/10.1578/am.43.4.2017.347>
133. Kastelein, R. A., Jennings, N., Verboom, W., De Haan, D., & Schooneman, N. (2006). Differences in the response of a striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*) and a harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) to an acoustic alarm. *Marine Environmental Research*, 61(3), 363-378. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2005.11.005>
134. Kastelein, R. A., Verboom, W., Muijsers, M., Jennings, N., & Van Der Heul, S. (2005). The influence of acoustic emissions for underwater data transmission on the behaviour of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in a floating pen. *Marine Environmental Research*, 59(4), 287-307. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2004.05.005>
135. Kastelein, R. A., Sander Van der Heul, John M. Terhune, Willem C. Verboom, Rob J. V. Triesscheijn. (2006). Detering effects of 8–45kHz tone pulses on harbour seals (*Phoca vitulina*) in a large pool. *Marine Environmental Research*, 62(5), 356-373.
136. Kastelein, R. A., Hoek, L., Jennings, N., De Jong, C. A. F., Terhune, J. M., & Dieleman, M. (2010). Acoustic Mitigation Devices (AMDs) to deter marine mammals from pile driving areas at sea: Audibility and behavioural response of a harbour porpoise and harbour seals. *COWRIE Ref: SEAMAMD-09 - Informe técnico*.
137. Kastelein, R. A., Rippe, H. T., Vaughan, N., Schooneman, N. M., Verboom, W. C., & De Haan, D. (2000). The effects of acoustic alarms on the behavior of harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) in a floating pen. *Marine Mammal Science*, 16(1), 46-64.

138. 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>
139. Kemper, C., Pemberton, D., Cawthorn, M., Heinrich, S., Mann, J., Würsig, B., Shaughnessy, P., & Gales, R. (2003). Aquaculture and marine mammals: Co-existence or conflict? *Informe técnico*, 20 pp.
140. Kim, J., & Mandrak, N. E. (2017). Effects of strobe lights on the behaviour of freshwater fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 100(11), 1427-1434. <https://doi.org/10.1007/s10641-017-0653-7>
141. Kindt-Larsen, L., Berg, C. W., Northridge, S., & Larsen, F. (2018). Harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) reactions to pingers. *Marine Mammal Science*, 35(2), 552-573. <https://doi.org/10.1111/mms.12552>
142. Klenke, R., Kranz, I., Rauschmayer, N., & Henle, K. (2013). *Human - Wildlife Conflicts in Europe: Fisheries and Fish-eating Vertebrates as a Model Case*. Springer.
143. Kline, L. R., DeAngelis, A. I., McBride, C., Rodgers, G. G., Rowell, T. J., Smith, J., Stanley, J. A., Read, A. D., & Van Parijs, S. M. (2020). Sleuthing with sound: Understanding vessel activity in marine protected areas using passive acoustic monitoring. *Marine Policy*, 120, 104138. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104138>
144. Königson, S., Naddafi, R., Hedgärde, M., Pettersson, A., Östman, Ö., Norrman, E. B., & Amundin, M. (2021). Will harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) be deterred by a pinger that cannot be used as a "dinner bell" by seals? *Marine Mammal Science*, 38(2), 469-485. <https://doi.org/10.1111/mms.12880>
145. Koshinski, S., & Ludeman, K. (2013). Development of noise mitigation measures in offshore wind farm construction. *Informe técnico*, 103 pp.
146. Koss, M., Stjernstedt, M., Pawliczka, I., Reckendorf, A., & Siebert, U. (2023). Whaling, seal hunting and the effect of fisheries on marine mammals. En *Springer eBooks* (pp. 33-47). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-06836-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-06836-2_3)
147. Kraus, S., Read, A., Anderson, E., Baldwin, K., Solow, A., Spradlin, T., & Williamson, J. (1997). Acoustic alarms reduce incidental mortality of porpoises in gill nets. *Nature*, 388, 525-526.
148. Kuljis, B. A. (1986). Report on food aversion conditioning in sea lions (*Zalophus californianus*). *National Marine Fisheries Service*, 19 pp.
149. Kyhn, L., Jørgensen, P., Carstensen, J., Bech, N., Tougaard, J., Dabelsteen, T., & Teilmann, J. (2015). Pingers cause temporary habitat displacement in the harbour porpoise (*Phocoena phocoena*). *Marine Ecology Progress Series*, 526, 253-265. <https://doi.org/10.3354/meps11181>
150. Lagerquist, B., Winsor, M., & Mate, B. (2012). Testing the effectiveness of an acoustic deterrent for gray whales along the Oregon coast. *Final Scientific Report*, U.S. Department of Energy Report No: DOE/DE-EE0002660, 70 pp.
151. Lawrence, D., Schwartz, D., & Young, C. (2018). Air bubble curtain anchoring. *Cal Poly Mechanical Engineering Senior Project 2016-2017* (Informe técnico).

152. Leeney, R. H., Berrow, S., McGrath, D., O'Brien, J., Cosgrove, R., & Godley, B. J. (2007). Effects of pingers on the behaviour of bottlenose dolphins. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87(1), 129-133. <https://doi.org/10.1017/s0025315407054677>
153. Leggatt, S. (2001). *Clear Choices, Clean Waters: The Leggatt Inquiry into Salmon Farming in British Columbia*. Vancouver, BC: David Suzuki Foundation.
154. Lehtonen, E., Lehmonen, R., Kostensalo, J., Kurkilahti, M., & Suuronen, P. (2022). Feasibility and effectiveness of seal deterrent in coastal trap-net fishing: Development of a novel mobile deterrent. *Fisheries Research*, 252, 106328. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106328>
155. Lepper, P. A., Gordon, J., Booth, C., Theobald, P., Robinson, S. P., Northridge, S., & Wang, L. (2014). Establishing the sensitivity of cetaceans and seals to acoustic deterrent devices in Scotland. *Scottish Natural Heritage Commissioned Report*, 517.
156. Lepper, P. A., Turner, V. L. G., Goodson, A. D., & Black, K. D. (2004). Source levels and spectra emitted by three commercial aquaculture anti-predation devices. *Proceedings of the Seventh European Conference on Underwater Acoustics* (pp. 1-8), Delft, Netherlands, 5-8 July 2004.
157. Lewis, J. A. (1990). Effects of underwater sound on marine fish and mammals. *DSTO Unpublished Report*. Aeronautical and Maritime Research Laboratory Defence Science and Technology Organisation.
158. Li, D., Du, Z., Wang, Q., Wang, J., & Du, L. (2023). Recent advances in acoustic technology for aquaculture: A review. *Reviews in Aquaculture*, 16(1), 357-381. <https://doi.org/10.1111/raq.12842>
159. Link. (2020). Acoustic deterrent device statement. *Scottish Environment LINK*, 4 pp.
160. Linley, A., Laffont, K., Wilson, B., Elliott, M., Perez-Dominguez, R., & Burdon, D. (2009). Offshore and coastal renewable energy: Potential ecological benefits and impacts of large-scale offshore and coastal renewable energy projects. *Marine Renewables Scoping Study* (Informe técnico), NERC Final Report, 111 pp.
161. Long, K. J., DeAngelis, M., Engleby, L., Fauquier, D., Johnson, A. J., Kraus, S. D., & Northridge, S. P. (2015). *Marine Mammal Non-Lethal Deterrents: Summary of the Technical Expert Workshop on Marine Mammal Non-Lethal Deterrents, 10-12 February 2015, Seattle, Washington* (Informe técnico). NOAA. <https://doi.org/10.7289/V5/TM-NMFS-OPR-50>
162. Long, K. J. (2021). Evaluating the effectiveness of marine mammal non-lethal deterrents. *Office of Protected Resources*. NMFS.
163. López, B. D. (2012). Bottlenose dolphins and aquaculture: Interaction and site fidelity on the north-eastern coast of Sardinia (Italy). *Marine Biology*, 159(10), 2161-2172. <https://doi.org/10.1007/s00227-012-2002-x>
164. López, B. D. (2017). Temporal variability in predator presence around a fin fish farm in the Northwestern Mediterranean Sea. *Marine Ecology*, 38(1). <https://doi.org/10.1111/maec.12378>
165. López, B. D., & Mariño, F. (2011). A trial of acoustic harassment device efficacy on free-ranging bottlenose dolphins in Sardinia, Italy. *Marine and Freshwater Behaviour & Physiology*, 44(4), 197-208. <https://doi.org/10.1080/10236244.2011.618216>

166. López, B. D., & Shirai, J. A. B. (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>
167. Lucas, S., & Berggren, P. (2022). A systematic review of sensory deterrents for bycatch mitigation of marine megafauna. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. <https://doi.org/10.1007/s11160-022-09736-5>
168. Lucke, K., & Siemensma, M. (2013). International regulations on the impact of pile driving noise on marine mammals: A literature review. *Informe técnico*, C044.13, 32 pp.
169. MAAMA. (2012). Documento técnico sobre impactos y mitigación de la contaminación acústica marina. *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*, Madrid, España. 146 pp.
170. Madsen, P., Wahlberg, M., Tougaard, J., Lucke, K., & Tyack, P. (2006). Wind turbine underwater noise and marine mammals: Implications of current knowledge and data needs. *Marine Ecology Progress Series*, 309, 279-295. <https://doi.org/10.3354/meps309279>
171. Mangel, J. C., Alfaro-Shigueto, J., Witt, M. J., Hodgson, D. J., & Godley, B. J. (2013). Using pingers to reduce bycatch of small cetaceans in Peru's small-scale driftnet fishery. *Oryx*, 47(4), 595-606. <https://doi.org/10.1017/S0030605312000658>
172. Mardones, J. I., Paredes, J., Godoy, M., Suárez, R., Norambuena, L., Vargas, V., Fuenzalida, G., Pinilla, E., Artal, O., Rojas, X., Dorantes-Aranda, J. J., Chang, K. J. L., Anderson, D. M., & Hallegraeff, G. M. (2021). Disentangling the environmental processes responsible for the world's largest farmed fish-killing harmful algal bloom: Chile, 2016. *Science of the Total Environment*, 766, 144383. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144383>
173. Marine and Marine Industries Council. (2002). *A Seal / Fishery Interaction Management Strategy: Background Report*. Department of Primary Industries, Water and Environment, Tasmania, 97 pp.
174. McConnell, H., & Pannell, N. (2014). *Marine Mammal and Shark Management Plan*. The New Zealand King Salmon Co. Limited. 43 pp.
175. McGarry, T., Boisseau, O., Stephenson, S., & Compton, R. (2017). Understanding the effectiveness of acoustic deterrent devices on minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*), a low frequency cetacean. *ORJIP Project 4, Phase 2*, RPS Report EOR0692, November 2017.
176. McPherson, G., Clague, C., McPherson, C., Madry, A., Bedwell, I., Turner, P., & Cato, D. H. (2004). Reduction of interactions by dolphins with tuna longline vessels in the Australian Fishing Zone using acoustic deterrents. *Biological Conservation*, 119(4), 537-545. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.11.015>
177. Metzger, G., Ludwig, A., Schneegans, O., & Michel, S. (2018). Acoustic deterrence against dolphins (*Delphinus delphis*) in pelagic trawls: Implications for fishing practices. *Fisheries Research*, 206, 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.04.002>
178. Mikota, S. K., Sweeney, J., & Kramer, L. (2022). A literature review on acoustic deterrents and the impact on cetacean hearing. *Journal of Marine Mammal Science*, 38(3), 765-781. <https://doi.org/10.1111/mms.12870>

179. Mitchell, T. (2009). Marine mammal deterrents used in aquaculture: Best practices and lessons learned. *Aquaculture Research Review*, 11(2), 95-101.
180. Mooney, T. A., Au, W. W. L., Nachtigall, P. E., Trippel, E. A., & Randall, R. H. (2007). Temporal characteristics of ultrasonic pingers and their behavioral effects on marine mammals. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 122(4), 1892-1905. <https://doi.org/10.1121/1.2775231>
181. Mooney, T. A., Yamato, M., & Branstetter, B. K. (2012). Hearing in cetaceans: From natural history to experimental biology. *Advances in Marine Biology*, 63, 197-246. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394282-1.00004-1>
182. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2020). Marine mammal acoustic deterrents: Guidelines for industry. *Office of Protected Resources Technical Report*, NOAA-TM-AFSC-616.
183. Norman, S., Lopez, A., Elliott, E., & Wilkinson, K. (2007). Management and evaluation of predator interactions in finfish aquaculture operations. *Aquaculture Management Technical Guide*, 4(2), 13-27.
184. Northridge, S., Kingston, A., Mackay, A., & Lonergan, M. (2011). *Bycatch of marine mammals and other protected species in UK commercial fisheries: 2010*. Project Report to DEFRA, MF1004, 66 pp.
185. Northridge, S., Kingston, A., & Thomas, L. (2022). The effectiveness of acoustic deterrent devices for reducing bycatch in fisheries: A global analysis. *Conservation Biology*, 37(4), 957-967. <https://doi.org/10.1111/cobi.13892>
186. Nowacek, D. P., Thorne, L. H., Johnston, D. W., & Tyack, P. L. (2007). Responses of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammal Review*, 37(2), 81-115. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.2007.00104.x>
187. Olesiuk, P. F., Bigg, M. A., & Ellis, G. M. (1990). Life history and population dynamics of resident killer whales (*Orcinus orca*) in the coastal waters of British Columbia and Washington State. *Reports of the International Whaling Commission*, Special Issue 12, 209-243.
188. Orams, M. B. (2000). Tourists getting close to whales, is it what whale-watching is all about? *Tourism Management*, 21(4), 561-569. [https://doi.org/10.1016/S0261-5177\(00\)00006-6](https://doi.org/10.1016/S0261-5177(00)00006-6)
189. Otani, S., Naito, Y., Kato, A., & Kawamura, A. (2000). Diving behavior and swimming speed of a free-ranging harbor porpoise, *Phocoena phocoena*. *Marine Mammal Science*, 16(4), 811-814. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2000.tb00973.x>
190. Pemberton, D., & Shaughnessy, P. (1993). Interaction between seals and marine fish farms in Tasmania and management of the problem. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 3(2), 149-158. <https://doi.org/10.1002/aqc.3270030205>
191. Pine, M. K., Jeffs, A. G., & Radford, C. A. (2014). The cumulative effect on sound levels from multiple underwater anthropogenic sound sources in shallow coastal waters. *Journal of Applied Ecology*, 51(1), 23-30. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12174>
192. Quick, N. J., & Janik, V. M. (2008). Whistle rates of wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*): Influences of group size and behavior. *Journal of Comparative Psychology*, 122(3), 305-311. <https://doi.org/10.1037/0735-7036.122.3.305>

193. Rayment, W. J., Dawson, S. M., & Slooten, E. (2014). Effects of pingers on the behaviour of Hector's dolphins (*Cephalorhynchus hectori*). *Marine Mammal Science*, 30(2), 379-391. <https://doi.org/10.1111/mms.12041>
194. Reeves, R. R., McClellan, K., & Werner, T. B. (2013). Marine mammal bycatch in gillnet and other entangling net fisheries, 1990 to 2011. *Endangered Species Research*, 20(1), 71-97. <https://doi.org/10.3354/esr00481>
195. Richardson, W. J., Greene, C. R., Malme, C. I., & Thomson, D. H. (1995). *Marine Mammals and Noise*. Academic Press.
196. Risch, D., Corkeron, P. J., Ellison, W. T., & Van Parijs, S. M. (2012). Changes in the seasonal occurrence of fin whale song in the western North Atlantic. *Journal of the Acoustical Society of America*, 131(4), 3221-3232. <https://doi.org/10.1121/1.3683295>
197. Robinson, K. P., Tetley, M. J., & Mitchelson-Jacob, E. G. (2009). The distribution and habitat preference of the harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in southern Moray Firth, NE Scotland. *Journal of Cetacean Research and Management*, 11(2), 157-167.
198. Rogers, C., & Hill, D. (2014). The efficacy of predator control programs for marine aquaculture: A systematic review. *Aquaculture Environmental Interactions*, 6(3), 191-202. <https://doi.org/10.3354/aei00126>
199. Rogan, E., & Mackey, M. (2007). Megafauna bycatch in drift nets for albacore tuna (*Thunnus alalunga*) in the NE Atlantic. *Fisheries Research*, 86(1), 6-14. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2007.03.001>
200. Ross, G. J. B. (2006). Review of the conservation status of Australia's smaller whales and dolphins. *Marine Mammal Science*, 22(3), 554-563. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2006.00048.x>
201. Scordino, J., & Pfeifer, R. (1993). California sea lion predation on winter-run steelhead at Chittenden Locks, Seattle, Washington. *Fishery Bulletin*, 73, 536-540.
202. Sepúlveda, M., & Oliva, D. (2005). Interactions between South American sea lions (*Otaria flavescens*) and salmon farms in southern Chile. *Aquaculture*, 253(1-4), 354-362. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.08.013>
203. Sharpe, F. A., & Dill, L. M. (1997). The behavior of Pacific herring schools in response to artificial humpback whale bubbles. *Canadian Journal of Zoology*, 75(5), 725-730. <https://doi.org/10.1139/z97-092>
204. Shaughnessy, P. D., & Davenport, S. R. (1996). Underwater vocalisations of captive Australian sea lions (*Neophoca cinerea*). *Marine and Freshwater Research*, 47(4), 633-636. <https://doi.org/10.1071/MF9960633>
205. Shaughnessy, P. D., Kemper, C., & Pemberton, D. (2003). Pinnipeds, cetaceans and fisheries in Australia: A review of operational interactions. *Australian Mammalogy*, 25(2), 125-134. <https://doi.org/10.1071/AM03125>
206. Silber, G. K., & Bettridge, S. (2012). An assessment of the final rule to reduce the threat of ship collisions with North Atlantic right whales. *Marine Policy*, 36(4), 784-792. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2011.10.016>

207. Southall, B. L., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Finneran, J. J., Gentry, R. L., Greene Jr., C. R., Kastak, D., Ketten, D. R., Miller, J. H., Nachtigall, P. E., Richardson, W. J., Thomas, J. A., & Tyack, P. L. (2007). Marine mammal noise exposure criteria: Initial scientific recommendations. *Aquatic Mammals*, 33(4), 411-522. <https://doi.org/10.1578/AM.33.4.2007.411>
208. Sparling, C. E., & Thompson, D. (2011). The impacts of underwater noise on marine mammals in offshore wind farms. *Scottish Natural Heritage Commissioned Report*, 476.
209. Steckenreuter, A., Möller, L., & Harcourt, R. (2012). How does Australia's largest dolphin-watching industry affect the behaviour of a small and resident population of Indo-Pacific bottlenose dolphins? *Journal of Environmental Management*, 97, 14-21. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.11.002>
210. Stone, C. J., & Tasker, M. L. (2006). The effects of seismic airguns on cetaceans in UK waters. *Journal of Cetacean Research and Management*, 8(3), 255-263.
211. Stone, G. S., Kraus, S., & Prescott, J. H. (1997). Reducing by-catch: Can acoustic pingers keep Hector's dolphins out of gillnets? *Marine Technology Society Journal*, 31(2), 3-7.
212. Suryan, R. M., & Harvey, J. T. (1999). Variability in reactions of Pacific harbor seals, *Phoca vitulina richardsi*, to disturbance. *Fishery Bulletin*, 97(2), 332-339.
213. Swanson, G. H., & Duffus, D. A. (2005). Modelling killer whale feeding behaviour to assess responses to whale-watching boats. *Journal of Wildlife Management*, 69(1), 121-134. [https://doi.org/10.2193/0022-541X\(2005\)069<0121](https://doi.org/10.2193/0022-541X(2005)069<0121)
214. Teilmann, J., & Miller, L. A. (2013). Behavioural reactions of captive harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) to pingers and simulated seal scarer sounds. *Aquatic Mammals*, 39(4), 389-399. <https://doi.org/10.1578/am.39.4.2013.389>
215. Terhune, J. M., & Verboom, W. C. (1999). Right whale call characteristics and responses to playback of calls in the Bay of Fundy, Canada. *Journal of the Acoustical Society of America*, 106(5), 3059-3067. <https://doi.org/10.1121/1.428122>
216. Todd, V. L. G., Warley, J. C., & Todd, I. B. (2016). Meals on wheels? A decade of megafauna monitoring from a seismic survey vessel suggests marine mammals may benefit. *PLoS ONE*, 11(3), e0153621. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153621>
217. Trippel, E. A., Holy, N. L., Palka, D. L., Shepherd, T. D., Melvin, G. D., & Terhune, J. M. (2003). Nylon barium sulfate gillnet reduces porpoise and seabird mortality. *Marine Mammal Science*, 19(1), 240-243. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2003.tb01105.x>
218. 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). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1150-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1150-1_5)
219. Verfuß, U. K., Miller, L. A., Pilz, P. K. D., & Schnitzler, H. U. (2009). Echolocation by two foraging harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). *Journal of Experimental Biology*, 212(6), 823-834. <https://doi.org/10.1242/jeb.026161>
220. Wade, P. R., Reeves, R. R., & Mesnick, S. L. (2012). Social and behavioural factors in cetacean responses to human activities. In A. A. Aguirre, R. S. Ostfeld, & P. Daszak (Eds.), *New directions in conservation medicine: Applied cases of ecological health* (pp. 73-80). Oxford University Press.

221. Weir, C. R., & Dolman, S. J. (2007). Comparative review of the regional marine mammal populations and threats in the Northeast Atlantic. *Marine Biology*, 152(1), 287-299. <https://doi.org/10.1007/s00227-007-0687-5>
222. Würsig, B., & Richardson, W. J. (2002). Effects of noise on marine mammals. *Journal of Marine Mammal Science*, 18(1), 51-60. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2002.tb01001.x>
223. Yurk, H., Barrett-Lennard, L. G., Ford, J. K. B., & Matkin, C. O. (2002). Cultural transmission within maternal lineages: Vocal clans in resident killer whales in southern Alaska. *Animal Behaviour*, 63(6), 1103-1119. <https://doi.org/10.1006/anbe.2002.3012>
224. Zeh, J. E., & Punt, A. E. (2005). Updated population estimates for western Arctic bowhead whales. *Journal of Cetacean Research and Management*, 7(2), 169-175.
225. Zimmer, W. M. X., Harwood, J., Tyack, P. L., Johnson, M. P., & Madsen, P. T. (2008). Passive acoustic detection of deep-diving beaked whales. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 124(5), 2823-2832. <https://doi.org/10.1121/1.2973185>
226. Zitterbart, D. P., Kindermann, L., Burkhardt, E., & Boebel, O. (2013). Automatic round-the-clock detection of whales for mitigation from underwater industrial noise. *PLoS ONE*, 8(8), e71217. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071217>
227. Zoidis, A. M., Lomac-MacNair, K. S., & Day, A. (2020). Whale-watching vessel speeds affect humpback whale behavior in Hawaii. *Frontiers in Marine Science*, 7, 253. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00253>
228. Zwamborn, E. M. J., & Whitehead, H. (2017). An acoustic deterrent reduces sperm whale depredation in longline fisheries. *Marine Mammal Science*, 33(1), 87-97. <https://doi.org/10.1111/mms.12340>



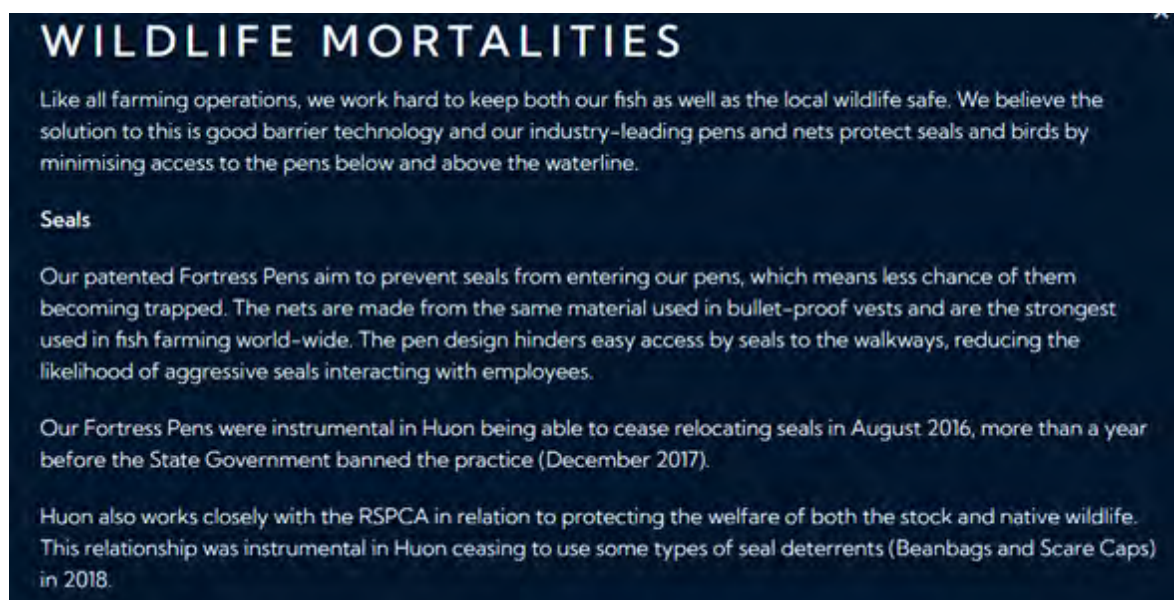
**ANEXO 6.** Información de mortalidades de fauna silvestre asociada a la industria salmonera en Tasmania (AUS), de acuerdo a la ley de derecho a la información (RTI), disponible en: <https://nre.tas.gov.au/about-the-department/governance-policies-and-legislation/rTI-disclosure-log/rTI-decisions-2022-2023>. Se incluye información de los documentos: Wildlife Interaction Data January - June 2023 (RTI Decisions 2022/2023) y Wildlife interaction data reported by the salmonid aquaculture industry, July - December 2023

Date	Company	Region	Broad taxa	Number	Cause of death
January 2023	Tassal	D'Entrecasteux Channel and Huon River	Bird	1	Entanglement
January 2023	Huon Aquaculture	D'Entrecasteux Channel and Huon River	Bird	1	Entanglement
January 2023	Tassal	D'Entrecasteux Channel and Huon River	Fur seal	1	Vessel strike
January 2023	Tassal	D'Entrecasteux Channel and Huon River	Bird	1	Entanglement
January 2023	Tassal	D'Entrecasteux Channel and Huon River	Bird	1	Unknown
February 2023	Tassal	D'Entrecasteux Channel and Huon River	Bird	1	Found in pen
February 2023	Huon Aquaculture	Storm Bay off Trumpeter Bay North Bruny Island	Bird	1	Entanglement
February 2023	Tassal	D'Entrecasteux Channel and Huon River	Bird	1	Unknown
February 2023	Tassal	D'Entrecasteux Channel and Huon River	Bird	1	Found in pen
February 2023	Tassal	D'Entrecasteux Channel and Huon River	Fur seal	1	Found in pen
February 2023	Tassal	D'Entrecasteux Channel and Huon River	Bird	1	Entanglement
March 2023	Huon Aquaculture	Storm Bay off Trumpeter Bay North Bruny Island	Fur seal	1	Entanglement
March 2023	Petuna	Tamar Estuary	Bird	1	Entrapment
April 2023	Tassal	D'Entrecasteux Channel and Huon River	Bird	1	Entanglement
May 2023	Huon Aquaculture	D'Entrecasteux Channel and Huon River	Bird	1	Found in pen
May 2023	Tassal	D'Entrecasteux Channel and Huon River	Bird	1	Found in pen
May 2023	Huon Aquaculture	D'Entrecasteux Channel and Huon River	Bird	1	Found in pen
June 2023	Huon Aquaculture	Storm Bay off Trumpeter Bay North Bruny Island	Fur seal	1	Found in pen
June 2023	Huon Aquaculture	Storm Bay off Trumpeter Bay North Bruny Island	Fur seal	1	Found in pen
June 2023	Petuna	Tamar Estuary	Bird	1	Entanglement
June 2023	Tassal	Macquarie Harbour	Bird	1	Entanglement
June 2023	Tassal	D'Entrecasteux Channel and Huon River	Fur seal	1	Humane Destruction

<b>Date</b>	<b>Company</b>	<b>Region</b>	<b>Broad taxa</b>	<b>Number</b>	<b>Cause of death</b>
July 2023	Tassal	D'Entrecasteaux Channel and Huon River	Bird	1	Entanglement
July 2023	Huon	D'Entrecasteaux Channel and Huon River	Dolphin	2	Entanglement
August 2023	Tassal	D'Entrecasteaux Channel and Huon River	Bird	1	Entrapment
August 2023	Huon	D'Entrecasteaux Channel and Huon River	Fur Seal	1	Entanglement
August 2023	Huon	Storm Bay off Trumpeter Bay North Bruny Island	Fur seal	1	Entanglement
September 2023	Tassal	Macquarie Harbour	Bird	1	Entanglement
November 2023	Huon	D'Entrecasteaux Channel and Huon River	Fur seal	1	Vessel strike
November 2023	Tassal	Macquarie Harbour	Bird	2	Entanglement
December 2023	Tassal	D'Entrecasteaux Channel and Huon River	Bird	37	Entanglement
December 2023	Tassal	Macquarie Harbour	Bird	2	Entanglement
December 2023	Tassal	Tasman Peninsula and Norfolk Bay	Bird	1	Entanglement

**ANEXO 7.** Información sobre interacciones con vida silvestre de empresas productoras de Tasmania (Australia), disponible en sus sitios web

<https://www.huonaqua.com.au/>



**WILDLIFE MORTALITIES**

Like all farming operations, we work hard to keep both our fish as well as the local wildlife safe. We believe the solution to this is good barrier technology and our industry-leading pens and nets protect seals and birds by minimising access to the pens below and above the waterline.

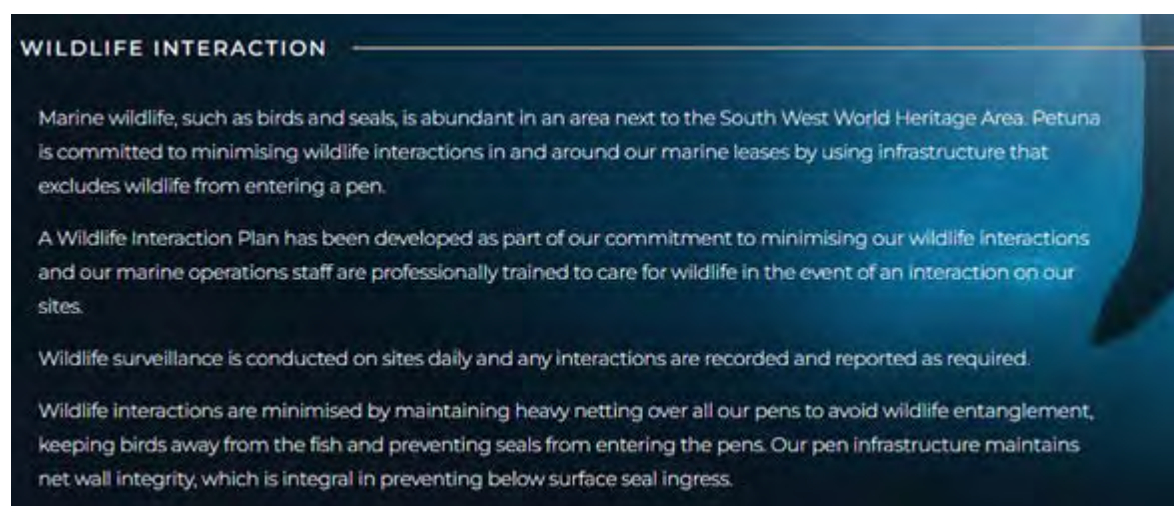
**Seals**

Our patented Fortress Pens aim to prevent seals from entering our pens, which means less chance of them becoming trapped. The nets are made from the same material used in bullet-proof vests and are the strongest used in fish farming world-wide. The pen design hinders easy access by seals to the walkways, reducing the likelihood of aggressive seals interacting with employees.

Our Fortress Pens were instrumental in Huon being able to cease relocating seals in August 2016, more than a year before the State Government banned the practice (December 2017).

Huon also works closely with the RSPCA in relation to protecting the welfare of both the stock and native wildlife. This relationship was instrumental in Huon ceasing to use some types of seal deterrents (Beanbags and Scare Caps) in 2018.

<https://petuna.com.au/>



**WILDLIFE INTERACTION**

Marine wildlife, such as birds and seals, is abundant in an area next to the South West World Heritage Area. Petuna is committed to minimising wildlife interactions in and around our marine leases by using infrastructure that excludes wildlife from entering a pen.

A Wildlife Interaction Plan has been developed as part of our commitment to minimising our wildlife interactions and our marine operations staff are professionally trained to care for wildlife in the event of an interaction on our sites.

Wildlife surveillance is conducted on sites daily and any interactions are recorded and reported as required.

Wildlife interactions are minimised by maintaining heavy netting over all our pens to avoid wildlife entanglement, keeping birds away from the fish and preventing seals from entering the pens. Our pen infrastructure maintains net wall integrity, which is integral in preventing below surface seal ingress.

## ANEXO 8. Entrevistas originales (en inglés) a investigadores de la Universidad de Saint Andrews, Escocia (UK)

A continuación, se indica la entrevista al Dr. Alex Coram (AC), Gordon Harris (GH), Thomas Goetz (TG) y Rob Harris (RH)

<b>1. Marine mammal and salmon farm interactions</b>	
<b>1) What problems arise for marine mammal populations due to interactions with salmon farms?</b>	<p><b>AC.</b> Pinnipeds: Entanglement in anti-predator nets, Getting stuck inside nets Legal/Illegal shooting to protect stock or reduce overall population, Cetaceans: Potential impacts of underwater noise pollution, either from acoustic deterrents, farm infrastructure or vessel traffic, Behavioural disruption, Communication masking, Potential hearing damage (temporary or permanent threshold shift), Occasional entanglements in farm infrastructure.</p> <p><b>GH.</b> Pinnipeds:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entanglement in anti-predator nets</li> <li>• Getting stuck inside nets</li> <li>• Shooting</li> <li>• Potential impacts of underwater noise pollution, either from acoustic deterrents, farm infrastructure or vessel traffic: behavioural disruption, communication masking</li> <li>• Potential hearing damage (TTS/PTS)</li> </ul> <p>Cetaceans:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potential impacts of underwater noise pollution, either from acoustic deterrents, farm infrastructure or vessel traffic: behavioural disruption, communication masking</li> <li>• Potential hearing damage (TTS/PTS)</li> <li>• Entanglements in farm infrastructure</li> </ul> <p><b>TG</b> Pinnipeds:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entanglement</li> <li>• Direct harm from farmers e.g. shooting</li> <li>• Potential hearing damage from acoustic deterrents</li> </ul> <p>Cetaceans:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacts of noise pollution - acoustic deterrents, vessels. Behavioural disruption and masking</li> <li>• Potential hearing damage from conventional acoustic deterrents</li> <li>• Entanglements – rare, there is a documented case of a minke whale during farm net maintenance</li> </ul> <p><b>RH</b> Pinnipeds:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entanglement/trapped in nets, shooting</li> </ul> <p>Cetaceans:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Noise (deterrents and farm operation): behavioural disruption, masking, hearing damage</li> <li>• Entanglements</li> </ul>
<b>2) What problems arise for the salmon farming industry due to interactions between marine mammals and farms?</b>	<p><b>AC.</b> Direct loss of stock; Potential increase in stress caused by predator, presence, associated with reduced feed consumption and impaired disease resistance; Reduced welfare of fish; Reputational damage</p> <p><b>GH.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stock predation</li> <li>• Potential increase in fish stress caused by predator presence – loss of stock or condition</li> <li>• Reduced welfare of fish</li> <li>• Reputational damage</li> </ul>

	<p><b>TG</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stock predation</li> <li>• Stresses due to presence of predators</li> <li>• Reduced welfare of fish [- beyond just the loss of condition/stock, welfare needs to be displayed]</li> <li>• Reputational damage [- which can also arise from the use of acoustic deterrents].</li> </ul> <p><b>RH</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stock loss, stress from predators,</li> <li>• Potential increase in stress caused by predator presence, associated with reduced feed consumption and impaired disease resistance</li> <li>• Reduced welfare of fish</li> <li>• Reputational damage</li> </ul>
<b>2. Deterrents</b>	
<b>3) What kind of deterrent devices are currently available for marine mammals?</b>	<p><b>AC.</b> Tougher netting materials: Either used as antipredator nets, as the main fish net, or as additional patches to cover the net base/mortality socks; Net tensioning methods: E.g. slider weights, froya ring and others, Net separation 'sticks' to maintain distance between net layers.</p> <p>Acoustic deterrent/harassment devices: Either used continuously or reactively in response to depredation. These devices can be automatic or manual when marine mammals are observed. Ideally with sound characteristics targeted to particular species.</p> <p>Explosive/Pyrotechnic: Flashbangs or gunshots</p> <p>Electric: Both underwater and above water systems on walkways have been trialled in Scotland, but not widely adopted, One method uses a 'dummy fish' with an electrode.</p> <p><b>GH.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tougher netting materials</li> <li>• Net tensioning methods</li> <li>• Acoustic deterrent/harassment devices</li> <li>• Explosive/Pyrotechnic</li> <li>• Electric</li> <li>• Visual deterrents e.g. lights</li> </ul> <p><b>TG</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Netting materials – tougher or anti-predator</li> <li>• Net tensioning methods</li> <li>• Acoustic deterrents</li> <li>• Explosives (not recommended as they cause hearing damage)</li> <li>• Electric [- Dr Goetz notes ineffective in practice]</li> </ul> <p><b>RH</b></p> <p>Principally discussion focussed on netting (anti-predator) and acoustic deterrents. It was noted that efficacy can be improved by activation of acoustic deterrents based on proximity – this avoids desensitisation.</p>
<b>4) What deterrent devices are less harmful for marine mammals, and why?</b>	<p><b>AC.</b> Passive methods such as changes to net design are least disruptive to marine mammals, but may be costly and difficult/impossible to make effective (e.g high flow areas making ineffective). Targeted acoustic signals used in a reactive way are likely to be less disruptive than untargeted signals used continuously. Lower duty-cycle acoustic systems have less potential to cause harm.</p> <p><b>GH.</b></p> <p>Passive methods such as changes to net design are least disruptive to marine mammals – only entanglement issues arise</p> <p>Acoustic deterrents used reactively, rather than untargeted continuous sound, leading to lower sound dose.</p>

	<p>Acoustic deterrents with appropriate specifications e.g. low duty-cycle leading to lower sound dose.</p> <p><b>TG</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Netting, if this can be ensured to avoid entanglement – this is hard to achieve. There are many types with different propensity to entangle.</li> <li>• Acoustic deterrent depending on details of method e.g. the duty cycles (percent time sound is emitted) and frequency and signal type etc. So many caveats: <ul style="list-style-type: none"> <li>o Duty cycle (percent time sound is emitted), frequency range &amp; signal type can all play a role.</li> <li>o Re duty cycle, it also matter whether this refers to a 'per unit duty cycle' or 'per farm duty cycle' as often one multiple units are used to protect a whole farm. In fact, one unit per cage is pretty common. Some devices can also be adjusted; so one needs to look at acoustic parameters and settings used.</li> <li>o In some conventional devices when many units are used this can in effect be close 100% (permanent ensonification).</li> <li>o Signal frequency can determine target-specificity, ie. Adverse effect on odontocetes can be mitigated. Ideally a device should emit the lowest noise dose possible and be target-specific (i.e. only deter target species), i.e. low duty cycle should be low isolated short signals should be used with long recovery times in between (this has been implemented by Genuswave).</li> <li>o There can be triggering methods used to lower exposure but could device could be triggered so often it would be in effect a high duty cycle. Not often seen in practice which speaks to efficacy. So triggered devices not necessarily better.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>RH</b></p> <p>Noted that deterring predators can be very bespoke – depends on nature of animals, location etc. e.g. low harm deterrence can be as simple as removing dead fish from nets/farms as these attract predators. Acoustic deterrents are NOT particularly good in terms of being low harm, as they are wide in effect.</p>
5) What legal aspects arise in using deterrent devices for salmon farming?	<p><b>AC.</b> Location dependent. In UK, potential disturbance of 'European protected species' requires a licence. Only cetaceans are covered - this is important to emphasised- seals are not protected species per se in the UK.</p> <p><b>GH.</b></p> <p>Location dependent e.g. in the UK disturbance of protected species requires a licence – there are different regulations for cetaceans vs pinnipeds on this basis.</p> <p><b>TG</b></p> <p>Very location dependent. It really depends on the countries laws and regulations. Cetaceans are often protected more stringently, e.g. under the MMPA in US or the implementation of EPS licensing in Scotland Scottish Wildlife act). If a farmer uses a device that has potential for causing hearing damage this could mean to "cause injury" and therefore break the law. The question of disturbance or harassment is also tricky as target species will have to be disturbed mildly but a device should ideally not cause disturbance of non-target species.</p> <p>From the perspective of a fish farmer who doesn't know the scientific literature it is also hard to decide impact different device can have. All manufacturers have re-branded themselves as "environmentally friendly" but few have made changes to their signals or sound exposure protocols. Any claims on efficacy and target-specificity should ideally be backed up published papers in the scientific literature and noise exposure modelling should be made available.</p> <p>How do you regulate ADDs? Do you draw up a list of devices, or a (potentially complex) list of specifications they need to conform to? From a scientific perspective, the best approach would be to specify a maximum noise dose (e.g. sound exposure level SEL) but this is hard to monitor, police and requires expert</p>

	<p>knowledge to implement. Ideally, there should be some form of noise exposure modelling for a device before it gets used.</p> <p><b>RH</b> Naturally location dependent. Noted that the requirements for doing academic/research work are markedly different than legal aspects for commercial use. Academic/research restrictions are markedly more stringent – very difficult to get permission to potentially injure animals for research, vs commercial.</p>
6) Do you know of any salmon farming where lower impact deterrent devices from 4) have been implemented effectively?	<p><b>AC.</b> Changes to netting materials and tensioning reportedly reduced depredation at some UK salmon farms. Unclear whether these effects were permanent, or whether seals simply adapted over time. Larger otariid species (such as sealions), not present in the UK, may also be more difficult to deter in this way.</p> <p><b>GH.</b> Altering net materials and deployment reported to decrease depredation at some UK salmon farms.</p> <p><b>TG.</b> Yes - refer to papers 2015, 2016. Loch Duart &amp; Genuswave currently.</p> <p><b>RH</b> [general agreement with A. Coram]</p>



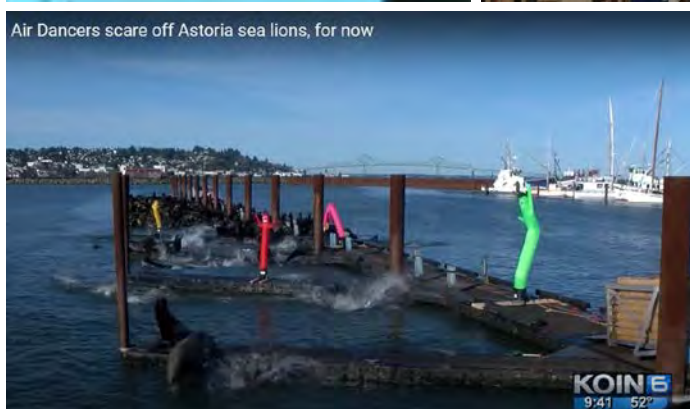
3 Acoustic deterrents for pinnipeds	
7) How effective are acoustic devices in deterring pinnipeds?	<p>AC. Not well studied. Some promising results from some devices, but evidence of habituation and lack of effect on some animals. Studies have generally been short-term and limited in scope. We have an ongoing trial testing the long-term efficacy of a low-frequency (1 kHz) device in the UK.</p> <p>GH. Not well studied – some efficacy found but also evidence of decreasing over time (habituation) and not effective on all animals. Studies generally short-term and limited in scope.</p> <p>TG. Review article 2013 from Goetz. Hugely variable, depends on device and implementation. Often low effectiveness – but done correctly then can be very effective. 2015 and 2016 papers.</p> <p>RH. Very difficult to study, as there is such large variation in the way/areas they are deployed ie. What might be/not be effective at a site may not transfer to others. Made a repeated strong distinction between animals that are transients (animals that may be passing through, or taking chance advantage of a farm) or specialists (animals that frequent a farm). If animals have developed to be specialists, they are very hard to deter.</p>
8) What circumstances affect their effectiveness?	<p>AC. Limited scientific information available, but behavioural response seems to vary for a variety of reasons. Behavioural context is likely to be important e.g. different motivation depending on wild prey availability. Individual animals may also specialise in depredation, making them more reliant on a single food source. Some animals may have natural hearing impairment. Animals are likely to habituated to signals that are used continuously, so using them reactively (only when depredation is occurring) is likely to help. If devices could reliably be triggered, e.g. through use of sonar or underwater video with automated image recognition, this would probably increase efficacy. Different signal types have different degrees of aversiveness (see Thomas Gotz phd). Sound with short rise times and high enough received amplitude can trigger the startle response in many animals (Gotz and Janik work with pinnipeds), but whether this can provide effective long-term deterrence is not well understood.</p> <p>GH.</p> <p>Behavioural context is likely to be important e.g. animal's motivation based on prey availability. Individual animals may specialise in fish-farm depredation. Not all animals hear as well. Animals likely habituate to sounds, reactive use could decrease this and increase efficacy. Signal types have different degrees of aversiveness - but long-term efficacy not well known.</p> <p>TG.</p> <p>Environmental factors The nature of the deployment (e.g. acoustic shadows, where deterrent is not reaching an area) Device and signal design are key drivers of efficacy.</p> <p>RH. See above with regards transient vs specialist animals. Noted that effective protections against transients translates to lower levels of specialists, as they are discouraged from becoming so. So suggest ADD for transients, then netting solutions for specialists.</p>
9) In what circumstances do acoustic deterrents cause serious damage or death in pinnipeds (and/or cetaceans or otters if known)?	<p>AC. Unlikely to cause serious harm to pinnipeds. Permanent hearing damage is theoretically possible from the loudest devices if animals spend long periods close to sound source. Depends on animal requirements - they may "need" to be in an area for periods of time, meaning they cannot avoid. Cetacean hearing damage is more likely, especially with the high-frequency signals most commonly used (10 – 15 kHz).</p> <p>GH.</p>



	<p>Unlikely to cause serious harm to pinnipeds. Permanent hearing damage is theoretically possibly from the loudest devices if animals spend long periods close to sound source.</p> <p>Cetacean hearing damage is more likely, especially with the high-frequency signals most commonly used (10 – 15 kHz).</p> <p><b>TG</b> Some acoustic deterrents can cause permanent hearing damage depending on how used e.g. when a large number of units which operate at a high duty cycle are used.</p> <p><b>RH.</b> Noted that hearing loss</p>
<b>4. Anti-predator nets and pinnipeds</b>	
<b>10) Do you think anti-predator nets are effective in deterring pinnipeds (sea lions specifically, if known) in salmon farms?</b>	<p><b>AC.</b> In some circumstances I think they can be effective for phocid seals. Sea lions species are likely to be more difficult to exclude, but it should be possible with the use of robust materials. Use of tougher material panels to reinforce vulnerable areas of netting may be helpful.</p> <p><b>GH.</b> They can be effective for phocid seals. Sea lions species are likely to be more difficult to exclude, but it should be possible with the use of robust materials. Use of tougher material panels to reinforce vulnerable areas of netting may be helpful.</p> <p><b>TG.</b> On balance – depends, efficacy ranges from “somewhat effective” to “not very effective” Care is needed with regards gaps e.g. prevent pinnipeds to from entering between the bottom net (predator net) and top net (bird net).</p> <p><b>RH.</b> Can be, but as previous context specific.</p>
<b>11) What circumstances affect the efficacy of these anti-predator nets for pinnipeds?</b>	<p><b>AC.</b> Some sites may be unsuitable for their use, for example where there are strong currents. They need to be made from a tough material with a small enough mesh size. They need to be properly tensioned to prevent the two nets coming together,</p> <p><b>GH.</b> Some sites may be unsuitable for their use, for example where there are strong currents. Sufficiently tough material with a small enough mesh size. They need to be properly tensioned.</p> <p><b>TG</b> Type of net and the species. Consideration of the terrestrial pathway to nets, some species can use these to access the cages from above</p> <p><b>RH</b> Correct deployment for the specific site.</p>
<b>12) In what circumstances do anti-predator nets cause serious damage or death in pinnipeds (and/or specifically sea lions, cetaceans or otters if known)?</b>	<p><b>AC.</b> They can cause entanglement (pinnipeds and birds) if they are not adequately tensioned, or if animals can get inside them. To prevent this they need to have small enough mesh size and they need to fully enclose the fish net or reach the seabed/deep enough that animals will not go underneath.</p> <p><b>GH.</b> Entanglement of pinnipeds if they are not properly tensioned/deployed, or if animals can get inside them e.g. when mesh size is not small enough, don't enclose the fish net sufficiently.</p> <p><b>TG</b></p>

	<p>Entanglement is the primary risk in pinnipeds if predator nets are not tensioned properly.</p> <p>For cetaceans unsure, but likely low risk. There has been one documented case of a minke, but this was in a net-change scenario.</p> <p><b>RH.</b> general agreement with AC's comments</p>
<b>5. Alternative deterrents</b>	
<p>13) Do you know of any other less harmful methods, beyond acoustic deterrents and anti-predator nets, to prevent interactions with marine mammals?</p>	<p><b>AC.</b> Various methods have been proposed or trialled. See Thompson et al 2021 and Coram et al 2014 for detailed reviews. Some of the most interesting/promising are conditioned taste aversion (untrialled), underwater electric fences (demonstrated, but difficult to implement at scale given cost in energy and materials), and detect and deter systems based on sonar and/or video automated detectors.</p> <p><b>GH.</b> Efficacy or practicality not well established, but exist: taste aversion, underwater electric fences, detect and deter systems based on sonar or video detection.</p> <p><b>TG.</b> Not really any that are feasible. Thinking about the marine environment – sound not a bad choice as it is the form of energy that is least attenuated with distance.</p> <p>Some other aversion methods have been tried, but found to be ineffective (e.g. taste aversion is hard to implement).</p> <p><b>AC.</b> Acoustic deterrents based on proximity ie. Target predators are located, and deterrent acts in response.</p>

**ANEXO 9.** Ejemplos de métodos disuasivos basados en formas de depredadores (coyotes y orca) y en el empleo de figuras infladas por aire (air dancers)





## Sistemas de disuasión acústica de baja frecuencia RING, FLEX O PARLANTE

Nuestros premiados sistemas de disuasión Ace son los siguientes:

- Baja frecuencia, cumple con la MMPA
- Alta precisión de enfoque, con sistema de disparador y descenso gradual que minimiza la contaminación sonora
- Simple, confiable y fácil de instalar, con monitoreo y control remotos

Su primera opción para el bienestar animal

### Qué es

Es un dispositivo acústico de baja frecuencia para disuadir a los depredadores marinos (focas, leones y lobos marinos), a la vez que evita el rango auditivo especializado de delfines y marsopas.

### Por qué lo desarrollamos

En un principio, desarrollamos este dispositivo disuasorio para ser utilizado en áreas en las que predominan las especies protegidas como delfines y marsopas. Trabajamos con académicos de la Universidad de San Andrews para determinar cómo podemos disuadir a los depredadores a la vez que mitigamos el impacto sonoro en las demás especies.

### Cómo funciona

- En centros de cultivo de peces, fuera de las redes peceras, y a menudo, atado con una cuerda a los pasillos de las jaulas
- Tiene un mecanismo disparador que produce un sonido de baja frecuencia que asusta a los depredadores
- Puede enfocarse específicamente en los umbrales de audición de focas, leones y lobos marinos
- Genera un rango de frecuencias y patrones tonales aleatorios para evitar problemas de adaptación

- Una batería de respaldo que le permite continuar operando por hasta 24 horas

### Beneficios para el bienestar de los animales

- Evita la adaptación: rango de frecuencia modulada y patrones tonales aleatorios
- Se enfoca en el rango auditivo de las focas y elude el rango auditivo especializado de marsopas y delfines: impacto muy bajo en cetáceos de alta frecuencia
- No afecta a las especies de peces de cultivo puesto que está por fuera de su rango auditivo
- Ayuda a proteger a los peces de la depredación que puede provocar heridas graves, mortalidad, escapes y aumento del estrés

### Factores de sostenibilidad

- A menudo se necesitan menos sistemas de baja frecuencia, lo que significa menor consumo energético
- Baterías recargables
- El disparador garantiza que los dispositivos solo se utilicen cuando es necesario

### Implementación ideal

- Según el nivel de depredación (o de depredadores que haya en la región), podrían necesitarse menos unidades





### Especificaciones técnicas

<b>Consumo energético</b>	Batería de ciclo profundo de gel antiderriame de 12 V Cada Pelicase y sistema decodificador consume un máximo de 250 W
<b>Voltaje de entrada</b>	La entrada de alimentación alterna es un suministro universal de 90 a 260 voltios (fase simple)
<b>Conexiones</b>	Red eléctrica 16 A 230 V Ecomate 0016 de Amphenol
<b>Consumo promedio de corriente</b>	Consumo energético promedio = 100-150 W Consumo diario promedio = 2,4 kW por hora
<b>Rango efectivo</b>	70m radio (15000 m <sup>2</sup> )
<b>Cable de extensión UW</b>	Aislante de poliuretano
<b>Largo del cable de ext. UW</b>	30 m / longitud a medida para lugares específicos
<b>Cobertura de la batería</b>	12/24 horas (varía según tasa de sonidos) Reloj en tiempo real para registro de datos
<b>Materiales usados</b>	Odificador - Acero inoxidable 316 Peli = HDPE; QuadBox = POM Ring = Poliuretano; Cápsula + Jaula = Nailon
<b>Clasificación de profundidad</b>	Desde 10 m hasta ilimitado
<b>Tasa de uso</b>	12-144 sonidos por hora. Duración promedio del tono = 2.8 segundos

<b>Rango de frecuencia</b>	Formato Configuración 1: 0,8 kHz - 1,2 kHz Configuración 2: 1.0 kHz - 2.0 kHz
<b>Volumen / Tono de salida 1</b>	Flex: 176 dB re 1 uPa rms a 1m Ring: 180dB re 1 uPa rms a 1m
<b>Ciclo de trabajo mínimo/máximo</b>	Ciclo de trabajo: 0,9 % a 11 % máx.
<b>Perfil de tono</b>	Duración corta de 9x pulsos aleatorios de sonido que evitan la adaptación y la pérdida de audición
<b>Descenso gradual/ tiempo de arranque suave</b>	15 minutos
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	-20 °C a 40 °C
<b>Certificaciones de la licencia de fabricación</b>	ISO 9001:2005 Directiva de bajo voltaje (LVD) 2006/95/ EC – EN61010-1:2001 Directiva de compatibilidad electromagnética (EMC) 2004/108/ EC EN61000-3-2:2000 EN61000-6-2:2001 EN61000-6-4:2001
<b>Clasificación de impermeabilidad</b>	IP68 (completamente sumergible) Pelicase = IP68 Odificador = IP68
<b>Informe de fallas</b>	Luz de advertencia, correo electrónico, alertas en línea

# Herramienta web de disuasión acústica del NMFS



## Certificado de aprobación

N / A

OTAQ Chile SPA está aprobado para utilizar el disuasivo que se detalla a continuación de acuerdo con las siguientes especificaciones hasta el 25-06-2025.

Nombre disuasorio: Sealfence SF4- OTAQ Group

Detalles disuasorios: Disuasivo mamíferos marinos para cumplimiento MMPA

Fecha de vencimiento: 2025-06-25

Especies de mamíferos marinos disuadidas: Cetáceos de baja frecuencia, Cetáceos de frecuencia media, Cetáceos de alta frecuencia, Sirenios, fócidos carnívoros y otros carnívoros marinos.

## Especificaciones ingresadas:

Especificación	Valor
Frecuencia disuasoria (kHz)	10.00
Nivel de fuente (RMS SPL)	189.00
Ciclo de trabajo (%)	0.33

## NMFS Acoustic Deterrents Web Tool



### Certificate of approval

NA

Andrew Gillespie is approved to use the deterrent noted below according to the following specifications until 2024-05-23.

Deterrent name: Ace Aquatec low-frequency Acoustic Startle Response Device - flextensional variant (FS1)

Deterrent details: Using any frequency band setting i.e. LOWER, MID, UPPER, FULL (0.8-5kHz) Using scram rate of 144 i.e. max 144 sound emitted in 1-hour period.

Expiration date: 2024-05-23

Marine mammal species being deterred: Steller sea lion, California sea lion, Northern (Pribilof) fur seal, Harbor seal, Spotted seal, Ringed seal, Ribbon seal, Gray seal, Hawaiian monk seal, Northern elephant seal, Bearded seal, Harp seal, Hooded seal,

### Specifications entered:

Specification	Value
Lowest deterrent frequency (kHz)	0.8
Highest deterrent frequency (kHz)	1.2
Source level (RMS SPL)	177.0
Duty cycle (%)	11.0

## NMFS Acoustic Deterrents Web Tool



### Certificate of approval

NA

Andrew Gillespie is approved to use the deterrent noted below according to the following specifications until 2024-05-23.

Deterrent name: Ace Aquatec low-frequency Acoustic Startle Response Device - Ring variant (RT1)

Deterrent details: Using any frequency band setting i.e. LOWER, MID, UPPER, FULL (0.8-5kHz) Using scram rate of 144 i.e. max 144 sound emitted in 1-hour period.

Expiration date: 2024-05-23

Marine mammal species being deterred: Steller sea lion, California sea lion, Northern (Pribilof) fur seal, Harbor seal, Spotted seal, Ringed seal, Ribbon seal, Gray seal, Hawaiian monk seal, Northern elephant seal, Bearded seal, Harp seal, Hooded seal,

### Specifications entered:

Specification	Value
Lowest deterrent frequency (kHz)	1.0
Highest deterrent frequency (kHz)	2.0
Source level (RMS SPL)	181.2
Duty cycle (%)	11.0

Entrevista original realizada a profesional de ACE AQUATEC (en inglés)

1. ¿Qué dispositivos de disuasión de mamíferos marinos ofrece la empresa para el mercado chileno de cultivo de salmones?

R. Low frequency now and maybe mid-frequency in future

2. ¿Para disuadir que especie(s) de mamífero(s) marino(s) están diseñados?

R. Seals, sea lions

3. ¿Puede compartirnos las siguientes características técnicas de dichos equipos?

a. Nivel de fuente correspondiente al nivel de presión sonora medido a una distancia de 1 m del dispositivo (dB re 1µPa re 1 m). Condiciones en que fue medido u obtenido el nivel de fuente.

R. 176-182dB, depending on transducer

Low-frequency RT device average vol = 169.1; peak vol = 180dB on setting 1-2kHz – has potential to reach 198dB but we have added a limiter so that this does not happen (peak is at 1.15kHz)

Low-frequency FS device average vol = 171dB; peak vol = 182dB on setting 0.8-1.2kHz – has potential to reach 198dB but we have added a limiter so that this does not happen (peak is 1.15kHz)

b. Espectro de frecuencia en banda de tercio de octava de la emisión sonora del dispositivo (Nivel de fuente para cada banda de frecuencia (dB re 1µPa re 1 m)).

R. Lower 0.8-1.2 kHz; Mid 1-2 kHz; Upper 1-2 kHz; Full 0.8-5 kHz

c. Rango de frecuencia en que el sonido emitido por el dispositivo coincide con el rango auditivo de la(s) especie(s) para el cual está diseñado.

R. Preference is 0.8-1.2kHz for seals and sea lions to avoid dolphin and porpoise hearing

d. Continuo o intermitente. Si la salida se entrega como sonido continuo o si es pulsado con retrasos entre cada pulso.

R. Intermittent; Randomised pulse train, with 3-11 ms rise time pulses, of 2.6 sec duration to create a startle response

e. Variación en el tiempo de las componentes de frecuencia emitidas (si emite a través de un sweep o barrido de frecuencia). Mayor nivel de presión sonora alcanzado durante el barrido (dB re 1µPa re 1 m).

R. Avg. tone length = 2.6 seconds with rise time within 10-12ms

f. Ciclo de trabajo. Descripción del ciclo de funcionamiento de un dispositivo como % tiempo encendido, tiempos de duración de la señal/pulsos y de intervalos/duración entre pulsos.

R. 0.9% to 11%; 12-144 scrams per hour at random intervals (average interval ranges from 20-300 seconds),

g. Distancia. El rango en metros de efectividad de un dispositivo, para el cual está previsto su uso

R. ~70m radius

h. Batería. Descripción del tipo de batería que emplea, duración, tiempo de carga.

R. 12v 50Ah deep-cycle non-spillable gel battery, giving device power 12-24 hours  
Electronics enclosure contains a rapid DC charger

i. Requerimientos de entrenamiento. Entrenamiento recomendado por el fabricante, previo al empleo.



R. Preferably someone with electrical/electronic experience but not necessary.

j. Prueba del dispositivo. Método sugerido para probar el funcionamiento, previo al empleo.

R. Ideally in 5-10m water with hydrophone, spectrum analyser and with no divers in immediate area, Remote test function available. Warning light/display alerts.

k. Implementación. Método de implementación sugerido.

R. Electronics and control box mounted to frame, which is fixed to pen. Device sits in water in space between walkway and net, ideally 10m deep and ideally connected to mains power from each individual pen. Remote monitoring requires LAN or 3G/4G.

l. Vida útil del dispositivo.

R. 10 years

m. Funcionalidad. Descripción de cualquier funcionalidad adicional de interés.

R. Remote control/monitoring, user configurable volume (9 levels), ramp up of volume (0-60 minutes), ramp up/ramp down of rate (automatic, individual device, site-wide devices), user configurable frequency, user configurable rate, user configurable tone selection, 9 tone profiles available across multiple frequencies. Ruggedised housing for rough weather, fully submersible to 100 m. Voltage readings monitored through portal.

n. Modo de trabajo. Está permanentemente emitiendo o se activa a través de sensores.

R. Permanently emitting at present; sensors in development

1. ¿Qué respaldo técnico, como informes o artículos puede compartir para demostrar la eficacia de corto y largo plazo de los dispositivos para disuadir la especie para la cual están diseñados?

R. Uses brief, randomised sound pulses that reduce the chances of habituation (Southall et al. 2007) uses short duration bursts that can be safely presented at higher source levels than longer ones (Goetz 2008) targets specific species by choosing a frequency band in the sensitive hearing range of seals (0.8-1.2kHz; Olesiuk 2012) but not of porpoises and dolphins. (Kastelein et al 2011);

2. ¿Qué estudios respaldan que los dispositivos no generan daños graves o mortalidad en el caso específico de las especies de mamíferos marinos presentes en el sur de Chile como lobos marinos, delfines, ballenas o nutrias?

<https://www.sustainableaquaculture.com/projects/project-list/low-frequency-deterrent-impact-on-non-target-species/>

3. ¿Considera que los dispositivos que comercializan cumplen con el estándar requerido por Estados Unidos de la ley de protección de mamíferos marinos?, ¿Por qué? NOAA NMFS Acoustic Deterrents Web Tool Certificate of approval – see below

4. ¿Puede compartirnos costos de referencia de los dispositivos, por ejemplo, para un centro con un tren de doce jaulas (dos filas de seis, jaulas de 30x30 m)?

a. Costo de los equipos (hardware/software) 12 devices for 12 months is £1300-£1800 GBP per device

b. Costo de instalación (instalación/configuración), 2 hours installation per device at £100.00 each

c. Costos de operación (energía, equipos de soporte, otros)

Engineer Rate - On Site £100.00 per hour

Remote Support - 8am-6pm GMT £60.00 per hour

Remote Support - Out of Hours £100.00 per hour

Travel Time £50.00 per hour

Accommodation & Subsistence Charged at Cost per day

Travel Fare (Charged at Cost) <12 Hours Charged at Cost return economy flight per engineer

Travel Fare (Charged at Cost) >12 Hours      Charged at Cost   return business class flight per engineer  
Mileage £0.45      per mile

## ANEXO 11. Presentaciones realizadas durante el Taller de Expertos

Evaluación y análisis de nuevas tecnologías y/o sistemas para evitar la interacción con resultado de muerte o daño grave de mamíferos marinos con los centros de acuicultura de salmones

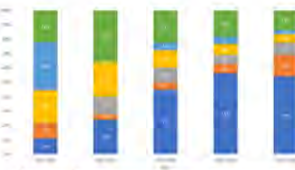
Licitación ID: 4728-21-LE23

Resultados generales de la revisión bibliográfica



Tecnología/Dispositivo	1971-1981	1982-1992	1993-2003	2004-2014	2015-2024	Total
Tecnología Acústica	1	6	26	87	112	232
Cortinas de burbujas	1	1	2	15	38	57
Redes Anti-Depredadores	0	2	7	11	16	36
Explosivos	2	6	7	10	12	37
Redes de Depredadores	0	0	0	0	0	0
Otras Tecnologías	2	9	15	31	38	105

- Incremento en el interés por las tecnologías acústicas y cortinas de burbujas
- Sin embargo, con respecto a esta última tecnología, este incremento no está asociado al uso de las cortinas de burbujas como método de disuasión para mamíferos, sino como un método de protección para disminuir los efectos negativos del ruido submarino.



**RESULTADOS GENERALES DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Búsqueda sistemática en diversos buscadores científicos especializados:

Se identificaron un total de 313 contenidos o hacen mención a Tecnologías de disuasión para mitigar interacciones entre mamíferos marinos y sistemas de cultivo en acuicultura, artes de pesca y otros.



**ASPECTOS GENERALES DE DISPOSITIVOS DE DISUASIÓN**

Para hacer una entrega de manera más estructurada de la información se han seguido las clasificaciones más recientes descritas por la NOAA y de la NMFS.

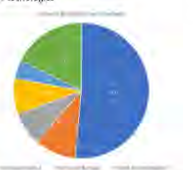
La NOAA (2020), en sus directrices para **disuadir de forma segura a los mamíferos marinos**, clasifica los elementos disuasorios en dos categorías:

"no acústicos" y "acústicos"

Las tecnologías fueron agrupadas en seis grandes categorías:

- Tecnologías acústicas,
- Cortinas de burbujas,
- Redes anti-depredadores,
- Explosivos,
- Sonidos de depredadores y
- Otras tecnologías

La revisión reveló que para cada tecnología puede existir una amplia variedad de temáticas, incluso en un mismo documento, asociada a la disuasión de mamíferos marinos, sin ser el tema central la disuasión, pasando por meras menciones del método en documentos técnicos, por efectividad, pruebas de campo, otras aplicaciones, hasta extensas revisiones.



**Tipos de elementos de disuasión no acústica (Fuente: NOAA, 2020)**

Categoría	Subcategoría	Ejemplos
No acústicos	Visuales	palos con pumas rojas,
	Barreiras físicas	escobas, mangos de fregonas,
	Químico sensoriales	culata de fusil, etc.
	Táctil: eléctrico	
	Proyectiles	
	Objetos punzantes fijos	
Acústicos	Manual, alzado o Confundiente	
	Agua	
	Impulsivos	Alarmas acústicas (es decir, pulsadores, transductores),
	Sin explosivos	Matracas que hacen ruido en el aire,
	No impulsivos	Sonidos de depredador/vocalizaciones de alarma utilizando parlantes submarinos.

No todos los métodos y sistemas de disuasión mencionados anteriormente se encuentran en uso. Recientemente, el NMFS realiza la validación de los elementos disuasivos no letales para pinnípedos.

**Disuasivos No Acústicos para pinnípedos validados por la NMFS (Long, 2021)**

Visual	Barreiras físicas	Táctil Eléctrico	Táctil Proyectil	Táctil manual	Táctil Agua
Cortina de burbujas	Barra de contención, Barreras de curso de agua	Cercado eléctrico (en el aire)	Proyectiles de espuma disparados con pistola ad-hoc	Objetos romos, patos de escoba, mangos de mopas	Mangueras de agua aspersores de agua pistolas de agua
Luces intermitentes o estroboscópicas	Barra horizontal, cortinas	Esteras eléctricas de bajo voltaje	Proyectiles de pintura disparados con pistola ad-hoc		
Siluetas de depredadores	Cercado rígido (en el aire)		Granadas de esponja con lanza granada de mano		
Asistencia humana	Protector de escalón		Proyectiles romos, lanzados con honda		

**Cortina de burbujas: NO SON UN METODO DE DISUASION PARA MAMIFEROS MARINOS.**

El uso de las cortinas de microburbujas en acuicultura, han sido aplicadas como sistemas contención de contaminante y control de plagas, destacándose el bloqueo de elementos contaminantes, tales como: bloom de algas, medusas, basura, derrames de hidrocarburos, entre otros.



Disuasivos acústicos para pinnípedos validados por la NMFS (Long, 2021)		
Impulsivos: explosivos	Impulsivos: no explosivos	No impulsivos: < 170 dB RMS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Proyectores aéreos/luzes artificiales</li> <li>Generadores de ruido (impactos), ultrasonidos para pinnípedos</li> <li>Explosivos: lanzadores de bengala tipo bloz</li> <li>Cañones de propano</li> <li>Lanzos</li> <li>Proyectiles explosivos</li> <li>Bombas anegadoras</li> <li>Bombas de agua fría</li> <li>Protección submarina cuando la visibilidad es mayor a 100 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Objetos de percusión, dispositivos acústicos de banda ancha y dispositivos generadores de pulsos cuando la visibilidad es mayor de 110 m</li> <li>Dispositivos acústicos sónicos pasivos (cadenas o tales) colgantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alarmas acústicas (sonar/ondas acústicas)</li> <li>Predator, vocalizaciones de sonidos/sonidos utilizando parlantes submarinos</li> <li>Sonidos aéreos, generadores de ruido sobre la superficie del agua y sibilos</li> </ul>

Los antecedentes evidencian que las cortinas de burbujas de aire se han utilizado con éxito en varios proyectos de construcción para reducir el impacto del ruido submarino (Irrabor et al., 2023).



Recientemente, se ha destacado su potencial como barrera acústica, siendo evaluado su potencial de atenuación en canales de prueba o en condiciones controladas (Yori & Barros, 2021; Yori et al., 2023; Sosa et al., 2024).




**Sistemas de disuasión No Acústicos**

a) **Visuales:** Dentro de los métodos de disuasión visual enunciados por la NOAA (2020) se tiene sistemas tan diversos como bailarines aéreos, banderas, molinetes, serpentinas, cortinas de burbujas, luces intermitentes o estroboscópicas, observadores a bordo, láseres, animales patrulleros (ej: perros embarcados), formas de depredadores (figuras), persecución por embarcaciones, patrulla de embarcaciones y sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS).



Yori et al., (2023), destacan que el efecto de atenuación de la cortina frente a fuentes sonoras alcanza rangos dentro de frecuencia de respuesta auditiva de la mayoría de los mamíferos marinos y que la reducción de la zona de influencia de las fuentes sonoras va desde un 78% hasta un 95% del radio de impacto.

Por el potencial de reducir el impacto del ruido submarino en la biota marina por lo tanto, las cortinas de burbujas se han propuesto como medida para mitigar los efectos adversos del uso de ADO's (Irrabor et al., 2023).



Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
N/A	N/A	Amortigua efectos

**Luces:**

La luz puede actuar como un elemento disuasorio para especies fotosensibles y pueden ayudar a percibir un peligro como son cabos, o redes de pesca.

Suele usarse en conjunto con otros sistemas de disuasión como los pingers con el fin de reducir las capturas incidentales en pesquerías artesanales con redes.

Las luces en las redes de enmalle son la única tecnología que hasta ahora ha resultado en reducciones significativas de la captura incidental en mamíferos marinos, aves marinas y elasmobrancos (Lucas & Berggren, 2023), además de las tortugas marinas (Cordova et al., 2020).

Los LED de color verde han mostrado una alta efectividad (entre 66% y 71%) en la disminución de captura de pequeños cetáceos en redes de deriva de superficie y redes de fondo en Perú (Belli et al., 2020), y han sido incluidas en el Plan de Mitigación y Monitoreo Ambiental, donde se incluyen pequeños mamíferos como delfines y marsopas (Royal Haskoning, 2020)



Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Alta	N/A	NO

b) **Barreras físicas:** Las barreras físicas impiden que un animal acceda a un área determinada. Existen muchas barreras, todas ellas con el mismo fin, incluye sistemas tan diferentes como redes antidepredadores, barreras de contención/barreras físicas, porciones/barras espaciadas, sistemas para barras horizontales, vallado rígido en el aire, protectores de escalones de natación (NOAA, 2020), redes superiores o red antipájaros, redes o mallas en barandas, cercas alrededor de los pasillos, incluidos cercos eléctricos.



Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Alta	N/A	NO hay reporte

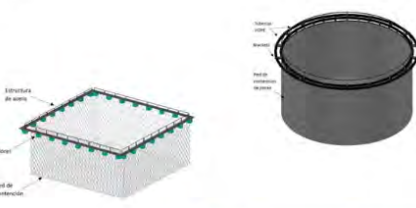
**Maniqués y formas de depredadores**



Su efectividad suele ser de corto plazo; frecuentemente, los mamíferos se acostumbran a la mayoría de los disuasivos y eventualmente los reconocen como estímulos no amenazantes (Jamieson & Olesik, 2001; Bevan et al., 2002; Oliva et al., 2004; Sepúlveda & Oliva, 2005; Roberts, 2017).

Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Temporal	SI	No/SI

**Red pecera**



Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Alta	N/A	SI, existen reportes




**Persecución con embarcaciones (Hostigamiento)**

Suelen estar acompañadas con el uso de otros métodos de disuasión:

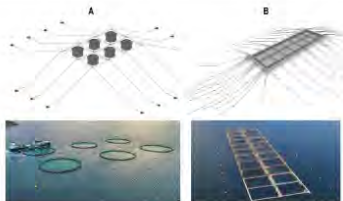
Petardos, fuegos artificiales, bombas de focas etc. (Pemberton & Shaughnessy, 1993; Würsig & Galley, 2002; Brown et al., 2007-2008, 2009-2011; Roberts, 2017; Tidwell et al., 2017; 2021).

En centros acuícolas la persecución y ahuyentamiento del lobo marino común con embarcaciones menores buscan disminuir la interferencia de mamíferos con la actividad (Oliva et al., 2004).

Con el tiempo, este método es poco eficiente ya que los animales evitan las embarcaciones, o si se alejan regresan pronto (Oliva et al., 2004; Jamieson & Olesiuk, 2001), lo que indica habituación (van der Leeuw & Tidwell, 2022).



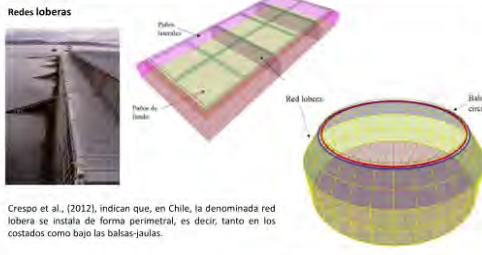
Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Variable	Sí	Stress/



En Escocia, se ha encontrado que una tensión adecuada de estas redes es efectiva en disminuir la intensidad de la depredación, con lo que se elimina la necesidad de usar redes anti depredadores (Arnold, 1992).

Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Variable	Sí	Stress/

**Redes loberas**



Crespo et al., (2012), indican que, en Chile, la denominada red lobera se instala de forma perimetral, es decir, tanto en los costados como bajo las balsas-jaulas.

Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Alta	N/A	Sí, existen reportes

Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Alta	N/A	Sí, existen reportes

En términos de impactos, se reconoce el riesgo potencial de enredos de pinípedos y otros mamíferos marinos (Callier, 2018).

**En la industria salmonera, en Chile:**

Se han reportado mortalidades de cetáceos no cuantificadas por Oporto and Gavilán (1990) y de ocho ejemplares entre 2007 y 2017 (Espinoza-Miranda, 2020), en tanto entre 2022 y 2023 se informó un total de 26 ejemplares de lobo marino común muertos en granjas salmoneras.

En Australia (Tasmania), en la década de los noventa, se reportó enredos de delfines en redes antidepredadores de granjas salmoneras, en donde varios casos habrían ocurrido entre la red antidepredadores y la red pecera (Kemper & Gibbs, 2001).

En Canadá (Columbia Británica), se reportaron ocho enredos de ballenas jorobadas con centros de cultivo de salmones entre 2008 y 2021, de los cuales seis ocurrieron en redes anti depredadores (Storlund et al 2024).


**Efectividad**

**En términos de su instalación:**

Comúnmente estas redes cuelgan desde los pasillos de las balsas-jaulas, pasando por debajo de ellas (Cardia & Novelli, 2015).

Se instalan hasta una altura variable, por sobre el pasillo para evitar que el lobo marino pueda ingresar a las balsas por su sección superior. Esta altura se ha indicado que en Chile es de 1,5 - 2 m por sobre el pasillo de la balsa jaula (Crespo, 2021), o entre 2 y 3 m sobre la superficie del mar en Nueva Zelanda (McConnell, 2014).

La separación entre la red antidepredadores y la red pecera es considerada un factor de importancia para prevenir la depredación de salmones, por lo cual se intenta evitar que se aproximen y se aproximen, facilitando que los lobos marinos empujen la red externa, muerdan pliegues o accedan a los peces de cultivo (Bell & Nash 2008).



**Medidas de Mitigación**

Ajustar tamaños de malla. Use anti-predator nets made of 230 ply with an on-the-bar size of 6 cm. Schotte and Pemberton (2002)

Modificar materiales. Utilizar materiales suaves que facilitan el enredo de mamíferos marinos, excepto plásticos o metálicos que parecen provocar menos enredos (würsig galey). Se ha mencionado como opción preferida las redes metálicas (cable) por su efectividad (Pemberton et al., 2021)

Mantener la tensión de la red, para evitar que red antidepredadores se adhiera a la red pecera (Crespo et al., 2012)

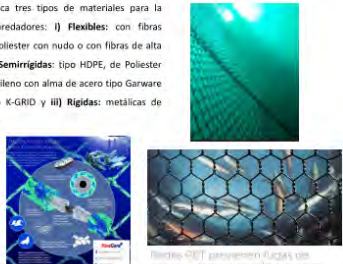
Mantenimiento, reparación. Revisar y reparar la red continuamente, detectando y cerrando roturas (Crespo et al., 2012, Kemper & Gibbs, 2001)



En resumen, las redes antidepredadores son una herramienta efectiva en la acuicultura para proteger los cultivos de peces, pero su éxito depende de una implementación adecuada, un mantenimiento regular y una integración con otras prácticas de manejo de depredadores.

**Materiales**

En general la información indica tres tipos de materiales para la construcción de redes anti depredadores: i) **Flexibles:** con fibras tradicionales tipo Poliamida o Polyester con nudo o con fibras de alta resistencia como Dyneema, ii) **Semirrigidas:** tipo HDPE, de Polyester tipo KikoNet (Econet), de Polietileno con alma de acero tipo Garware o de Polyester endurecido tipo K-GRID y iii) **Rígidas:** metálicas de aleaciones de cobre o de acero.



Redes RGT para prevenir furtos de peces y evitar el escape de peces.

**c) Químicosensoriales:** Los métodos químicos buscan generar un condicionamiento aversivo, en este método se busca la aplicación de un estímulo desagradable o doloroso para entrenar a los animales a evitar un comportamiento específico (Kuljis, 1986; Jamieson & Olesiuk, 2001)

Este método fue probado con leones marinos en las esclusas Ballard en Canadá con poco éxito (Gearin et al., 1986, 1988). Una variación de este método es lanzar cloruro de litio directamente al pinípedo por medio de dardos cuando éste consume un pez o ingresa a un área determinada (Pemberton et al., 1991), sin embargo, este puede ser un método difícil de implementar si el número de ejemplares a condicionar es muy alto (Jamieson & Olesiuk, 2001).



Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Variable	No hay antecedentes	Temporales

## Sistemas de Disuasión Acústicos

a) **Acústicos Impulsivos:** Éstos corresponden a explosivos detonados bajo el agua, los que se han utilizado principalmente para dispersar a los pinnípedos (Oliva et al., 2004; Jamieson & Olesiuk, 2001).

**Impulsivos Explosivos:** La revisión bibliográfica evidencia el empleo de **bombas espanta focas y pirotecnia submarina** (Shaughnessy et al., 1981; Jamieson & Olesiuk, 2001). Éstos corresponden a explosivos detonados bajo el agua, los que se han utilizado principalmente para dispersar a los pinnípedos (Oliva et al., 2004; Jamieson & Olesiuk, 2001).



Efectividad	Acostumbramiento	Dañó/Comportamiento
Modestísima/ alta ~ 60%	Presente	Si, existen algunos reportes.

## No impulsivos

Vocalizaciones de sonidos de depredadores utilizando parlantes submarinos



La efectividad de las transmisiones de grabaciones de sonidos de depredadores, típicamente orcas, para disuadir mamíferos marinos es variable (Petras, 2003).

Cumming & Thompson, 1971; Anderson & Hawkins, 1978; Jamieson & Olesiuk, 2001; Würsig & Galley, 2002; Quick et al., 2003; Sepúlveda & Oliva, 2005; Scordino, 2010; Nunni, 2019; Pavés et al., 2022.

Utilizado en conjunto con el modelo físico de una orca que se instala en las cercanías de los centros de cultivo.



Respuestas observadas altamente variables y específicas del contexto, concluyendo que era muy posible que las llamadas de las orcas no sea un disuasivo confiable (Gordon et al., 2019; Thompson et al., 2020).

Efectividad	Acostumbramiento	Dañó/Comportamiento
Variable Temporal hasta 0%	Presente	No/Cambios en comportamiento

Existen preocupaciones de que las bombas para foca puedan causar lesiones físicas a distancias cortas de menos de 4 m (Myrick et al., 1990) y lesiones auditivas a distancias mayores (Finneran, 2015; Wiggins et al., 2019). Kerr & Scorse (2018) han documentado lesiones traumáticas en leones marinos de California, aparentemente resultado de explosiones intraorales.



Debido a que las bombas para focas son explosivas, existe un peligro inherente de que exploten cuando están siendo manipuladas por personal de las granjas salmoneras (Jamieson & Olesiuk, 2001; Oliva et al., 2004).

## No impulsivos

DISPOSITIVO DE DISUASIÓN ACÚSTICA

El término "dispositivo de disuasión acústica" se aplica a una variedad de dispositivos diferentes que, aunque difieren en sus características de emisión de sonido, tienen un propósito similar, correspondiente a **disuadir/alertar a los mamíferos marinos de un peligro/zona específica** (McGarry et al., 2022).



La mayoría emiten sonidos de frecuencia media a alta, las características acústicas de cada dispositivo difieren en cuanto a los niveles de sonido producidos, rango de frecuencia, patrón temporal/ciclo de trabajo y armónicos.



## Impulsivos No Explosivos:

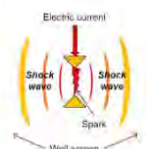
Los sistemas acústicos impulsivos no explosivos que se utilizan como disuasores de mamíferos marinos incluyen una variedad de dispositivos diseñados para producir sonidos fuertes y breves que ahuyenten a estos animales sin causarles daño.

### Pulsed Power

En 1995, se llevó a cabo una prueba de campo utilizando un sistema de arco eléctrico, diseñado inicialmente para eliminar organismos incrustantes de los cascos de los barcos, en lobos marinos de California.

El prototipo PPD fue probado en lobos marinos de California en cautiverio (Finneran et al., 2003) y se encontró que era efectivo para disuadir de manera segura a los lobos marinos sin causarles daños permanentes en la audición.

La efectividad en campo del prototipo PPD aún no ha sido evaluada bajo un programa de monitoreo riguroso.



Efectividad	Acostumbramiento	Dañó/Comportamiento
Funciona	???	No

## No impulsivos

DISPOSITIVO DE DISUASIÓN ACÚSTICA

Características y denominaciones de dispositivos disuasivos acústicos. Se indica Nivel de fuente (dB), frecuencia de operación (kHz).

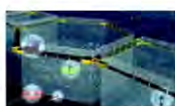
Característica	Denominación	Referencia
<145 dB re 1 µPa @ 1 m	DDA, Pingers	Todd & Jiang, 2018
<185 dB re 1 µPa @ 1 m	DHA	
150 dB re 1 µPa @ 1 m; 10 a 100 kHz	DDA	Mudren, 2005
>170 dB re 1 µPa @ 1 m; 5 kHz y 30 kHz	DHA	
<180 dB rms re 1 µPa @ 1 m, móviles, transitorios	DDA, Pingers	Nowacek et al. (2007)
<180 dB rms re 1 µPa @ 1 m, permanentes	DHA	

## No impulsivos

DISPOSITIVO DE DISUASIÓN ACÚSTICA

Los Dispositivos de Hostigamiento Acústico (DHA) y Dispositivos de Disuasión Acústica (DDA)

Los DDA están diseñados para múltiples aplicaciones, incluyendo pesca, acuicultura, minería submarina y obras civiles, no obstante, su uso primordial es en pisciculturas (Schulner & Blumstein, 2013) y fueron ampliamente utilizados a comienzos de la década de los 80's; emite sonidos bajo el agua a frecuencias fijas o aleatorias, en promedio la intensidad del sonido es alrededor de 140 dB (Oliva et al., 2014).



Efectividad	Acostumbramiento	Dañó/Comportamiento
Variable Temporal	Presente	Temporales/comportamiento

## Impulsivo

DISPOSITIVO DE DISUASIÓN ACÚSTICA

El diseño para dirigirse específicamente a un grupo de ejemplares, sin afectar a otras especies, se obtiene a partir de las diferencias en las sensibilidades auditivas interespecíficas (Götz & Janik, 2016; Layman, 2023). Claramente esto exige tener un conocimiento acabado de las especies, vocalizaciones y audiogramas de las especies involucradas en el proceso de disuasión.



Langstein (2023) no se presentaría evidencia de acostumbramiento y el efecto del TAST parece atenuarse rápidamente con la distancia.

Efectividad	Acostumbramiento	Dañó/Comportamiento
Alta > 85%	Probable a largo plazo	Probable/comportamiento en LF

## No impulsivos

### DISPOSITIVO DE DISUASIÓN ACÚSTICA

Durante la década de los 90' estos sistemas se modificaron con emisiones de sonido de hasta 240 dB, debido a problemas de acostumbramiento, lo que llevó al desarrollo tecnológico de los dispositivos, denominados DHA o "espantafocas", que podían emitir sonidos que serían dolorosos para las focas y potencialmente también para otras especies (McGarry et al., 2022), sin embargo, no sólo no produjeron el efecto esperado, sino que se ha planteado que este sonido puede afectar a otras especies de mamíferos marinos presentes en el área, particularmente cetáceos (Gordon & Northridge, 2002).

Efectividad	Acostumbramiento	Dañó/Comportamiento
Variable	Presente	Probable/S/Temporales y permanentes VHF
Temporal		

La investigación realizada por Sepúlveda & Oliva (2005) encontró que los DHA eran en su mayoría ineficaces para los leones marinos sudamericanos. De manera similar, el estudio de Baxter (2012) reveló que, si bien los DHA's pueden tener efectos disuasorios a corto plazo en el lobo fino de Nueva Zelanda, los animales aprenden rápidamente a tolerarlos.

## Prediction of marine mammal auditory-impact risk from Acoustic Deterrent Devices used in Scottish aquaculture

Victoria L.G. Todd<sup>1</sup>, Laura D. Williamson<sup>2</sup>, Jian Jiang<sup>3</sup>, Sophie E. Cox<sup>4</sup>, Ian B. Todd<sup>5</sup>, Maximilian Ruffert<sup>6</sup>

Table 1  
Developers reported ASD (acoustic deterrent device) is used to reduce the level of stress in farmed salmon, including signal classification to per the threshold in the 2015 Environmental criteria (MRE) – from MRE figure.

Acoustic deterrent device	Acoustic level (dB re 1 µPa)	Frequency (kHz)	Duty cycle (%)	Signal type
Almond dB Plus II	190	1.6	50	Non-impulsive
Acoustic Emitter 150	190	10-20	0.1-0.5	Non-impulsive
Acoustic Emitter 150	190	1-8	0.1-0.5	Non-impulsive
OTV (Acoustic Emitter)	180	0-11	21.5	Non-impulsive
OTV (Acoustic Emitter)	180	0.5-1.5	0.1-0.5	Non-impulsive
OTV (Acoustic Emitter)	180	0-11	0.1-0.5	Non-impulsive

## Impulsivo

### DISPOSITIVO DE DISUASIÓN ACÚSTICA

Recentemente, una nueva generación de disuasores acústicos se ha presentado en el mercado con el nombre de "Tecnología de Sobresalto Acústico Dirigido" (TAST, por sus siglas en inglés) fue desarrollada para proteger las granjas de salmones de la depredación de focas sin dañar a las mismas.

Los dispositivos TAST logran la especificidad del objetivo seleccionando una banda de frecuencia en la cual la sensibilidad auditiva de las especies, que no son la objetivo, es mucho menor que la sensibilidad de la especie objetivo (por ejemplo, focas) (Thompson et al., 2020).



Table 2

Weighted Sound Exposure Level (SEL, dB re 1 µPa²s) thresholds for non-impulsive and impulsive noise for Temporary and Permanent Threshold Shifts (TTS and PTS respectively) for Low Frequency (LF), High Frequency (HF), and Very High Frequency (VHF) exposure and Potential Capsitivity in Noise (PCN) according to the International Commission on Biological Effects of Noise (ICBEN) exposure criteria.

Exposure group	Example species	Non-impulsive	Impulsive
LF	Marine whale	170	180
HF	Dolphin spp.	170	170
VHF	Marine porpoise	160	160
PCN	Many small cetaceans	160	170

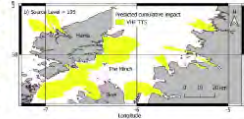


Table 3

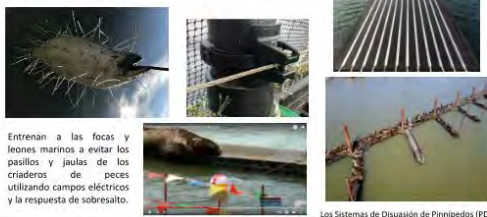
Weighted Sound Exposure Level (SEL, dB re 1 µPa²s) thresholds for non-impulsive and impulsive noise for Temporary and Permanent Threshold Shifts (TTS and PTS respectively) for Low Frequency (LF), High Frequency (HF), and Very High Frequency (VHF) exposure and Potential Capsitivity in Noise (PCN) according to the International Commission on Biological Effects of Noise (ICBEN) exposure criteria.

Exposure group	Example species	Non-impulsive	Impulsive
LF	Marine whale	170	180
HF	Dolphin spp.	170	170
VHF	Marine porpoise	160	160
PCN	Many small cetaceans	160	170

## OTROS DISPOSITIVO DE DISUASIÓN

### Seals in for a shock from electric fish

Aquatic farming aquaculture supplier Aqua Aquatics has come up with a way of chasing off hard-of-hearing seals that won't put off by acoustic deterrents. The company has developed an "electric fish" that gives a seal a shock when it touches it.

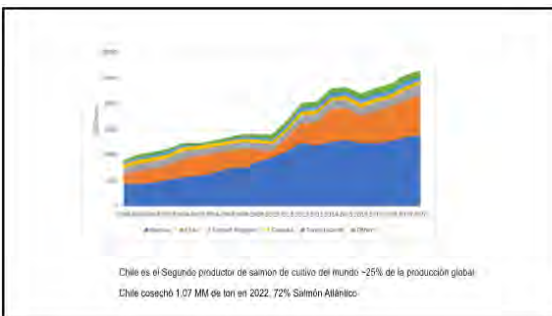
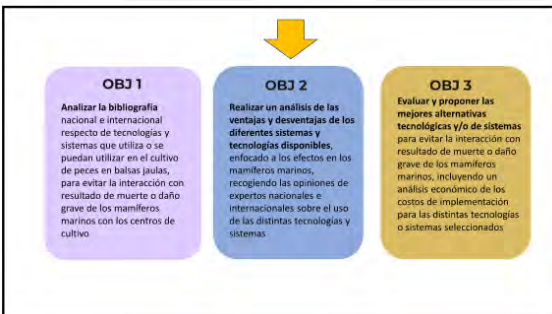
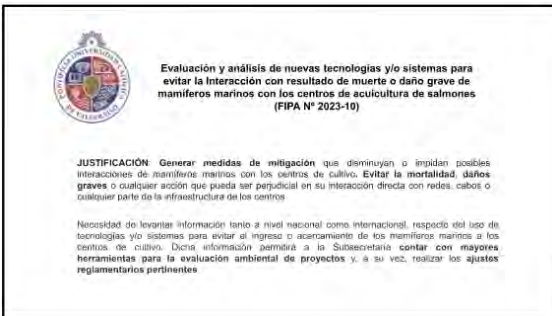
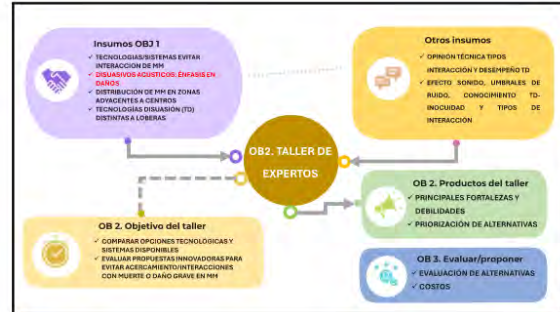


Entrenan a las focas y leones marinos a evitar los pasillos y jaulas de los criaderos de peces utilizando campos eléctricos y la respuesta de sobresalto.

Los Sistemas de Disuasión de Pinnípedos (PDS)

¡GRACIAS!



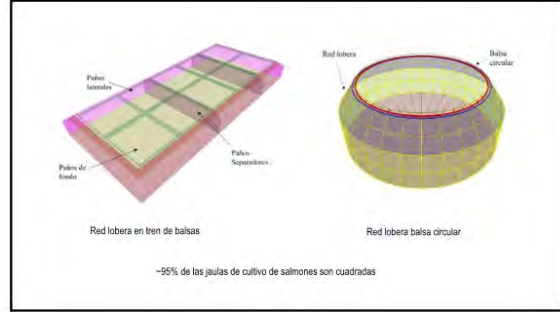
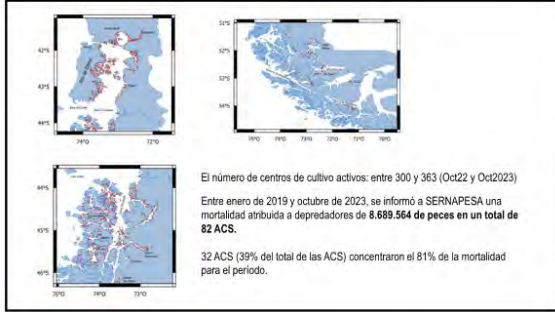


Decreto Supremo N°125 de 2019 modifica Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA) - Art 4

"Todo centro de cultivo de salmonidos ubicado en río, estuario o mar **deberá instalar alrededor de las redes peceras** y en todo su perímetro, una red que deberá estar elaborada de un material y resistencia tal que **permita evitar o minimizar los enmalles** de mamíferos marinos en las redes peceras y el escape de ejemplares en cultivo producto de la ruptura de las redes peceras por parte de estos organismos. Esta obligación **no será exigible** a los centros de cultivo que dispongan de **redes peceras cuyo material y resistencia sea tal que permita evitar o minimizar los enmalles de mamíferos marinos y el escape de ejemplares en cultivo producto de la ruptura de las redes**".

"sustituida o complementada por la implementación de un método o técnica que, cumpliendo el mismo objetivo, sea establecida por resolución de la Subsecretaría."





-Predación por LMC 3% de los costos de producción (Sepúlveda y Oliva, 2003).

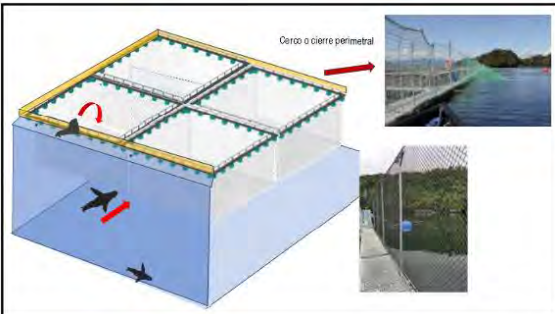
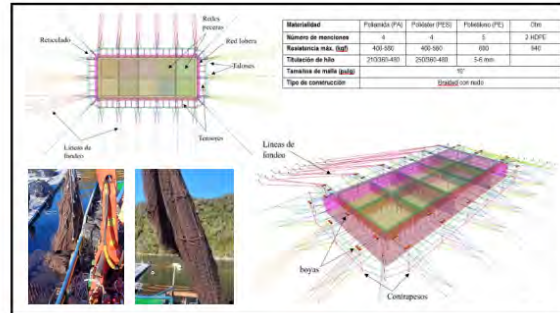
-LMC posee mayoritariamente hábitos nocturnos de alimentación, aumentando durante la noche el daño a redes y capturas, mientras que durante el día estos se encuentran en mayor proporción en las loberas (Sepúlveda et al., 2001).

-Estacionalmente, interacciones aumentan mayo-noviembre y disminuyen en verano y otoño por etapa reproductiva (Durán et al., 2011).

-Uso de redes loberas estandarizado en 10' por APL, ha implicado que las muertes de lobos marinos por enmalle hayan disminuido drásticamente. En 2005, implementada en el 85% de los centros de cultivo

**Interacción entre el lobo marino común y la salmonicultura en Chile: buenas prácticas para su mitigación**

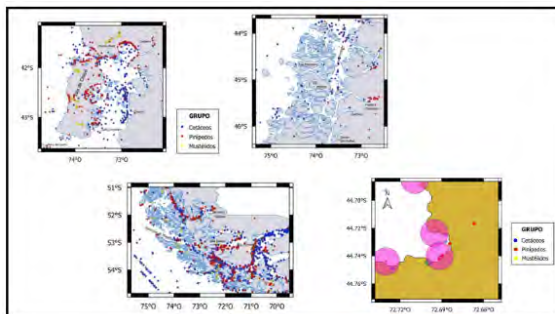
Rodrigo Durán, Damián Oliva, Matías Sepúlveda y Alejandra Lora



# En zona de interés

## 31 especies: 27 sp cetáceos, dos sp pinnípedos y dos sp mustélidos

Nombre común	Nombre científico	N	E	D	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E	N	E
Lobo marino común	<i>Otaria flavescens</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lobo marino austral	<i>Otaria australis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Belón austral	<i>Belonopterus belon</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X</		



#### Caracterización de Interacciones

- Enmallados en la red lobera
- El ingreso de LMC principalmente por roturas de la red lobera, debido a desgaste por roces (eg. debido a maniobras de embarcaciones), debido a que la muerden o empujan hasta romperla o aprovechando su baja tensión o la existencia de corrientes fuertes.
- Igualmente trepan al pasillo de la jaula por sobre la red lobera, en especial en puntos en que los cercos perimetrales se encuentran sueltos.
- Percepción enmallamiento ocasional, evento raro, más en el pasado.



#### Caracterización de Interacciones

##### Delfín chileno (ejemplares muertos):

- Enredo de un ejemplar de sexo desconocido en Guaitecas (Aysén) en 2007
- Enredo de un ejemplar de sexo desconocido, en Canal Lemuy (Los Lagos) en 2011
- Enredo de una hembra, en Canal Cupquellán (Aysén) en 2015
- Enredo de un macho en Seno Skyring (Magallanes) en 2015
- Enredo de una hembra en Seno Skyring (Magallanes) en 2015
- Enredo de un ejemplar de sexo desconocido en Canal Puyuhuapi (Aysén) en 2017

Seis delfines chilenos (*C. eutropia*)  
 Dos de ballenas jorobadas (*M. novaeangliae*)  
 Varamiento dos ballenas sei (*B. borealis*)  
 (Aysén)

##### Ballena jorobada:

- Enredo de ejemplar de sexo desconocido, encontrado muerto, en el Archipiélago de las Guaitecas (Aysén) en 2007.
- Enredo de ejemplar de sexo desconocido en el Canal Memory (Aysén), liberado por trabajadores en 2017.

#### Dos casos industria salmonera: UK (Escocia) y Australia (Tasmania)

#### Caracterización de Interacciones



Marcas de mallas y/o reportados adosados a redes loberas



Enmalle ballena jorobada



Enredo cabos/cadena ballena sei

#### Situación de disuasivos acústicos en UK (Escocia)

22 especies de mamíferos marinos, incluyendo siete cetáceos de presencia común

73% de las granjas de cultivo escocesas se ha registrado depredación por focas, estimándose que la acción de depredadores es la causa del 17,5% de los escapes (88.000 salmones) entre 2009 y 2012

*H. grypus* y de *P. vitulina* de 157.300 y 37.200 ejemplares en Escocia



Foca gris (Grey Seal, *Halichoerus grypus*)



Foca común o moleada (Harbour seal, *Phoca vitulina*)

#### Caracterización de Interacciones

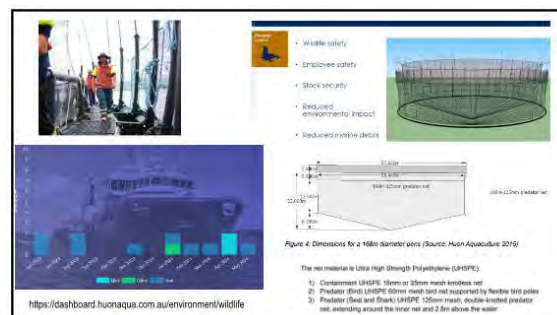
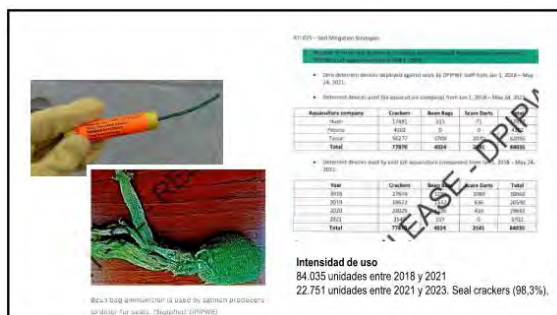
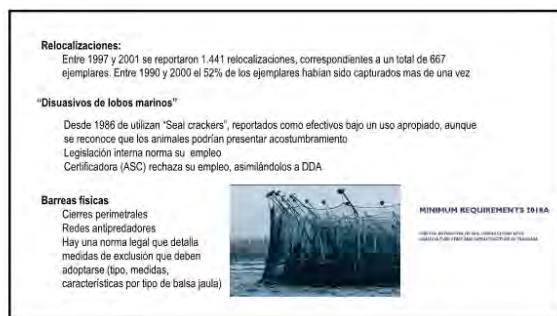
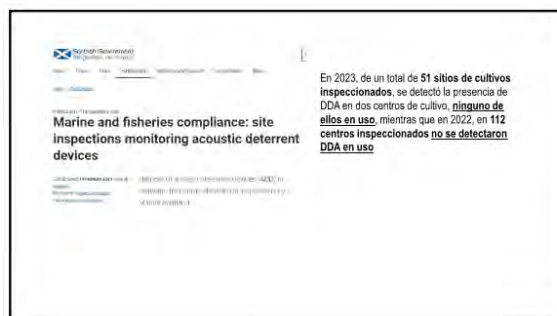
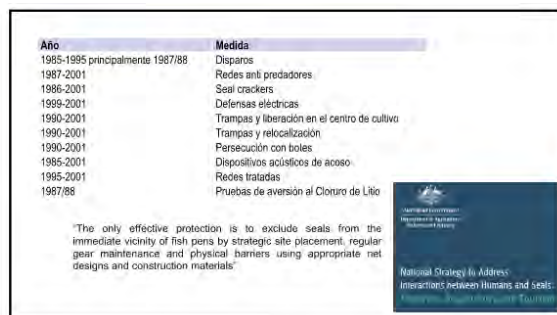
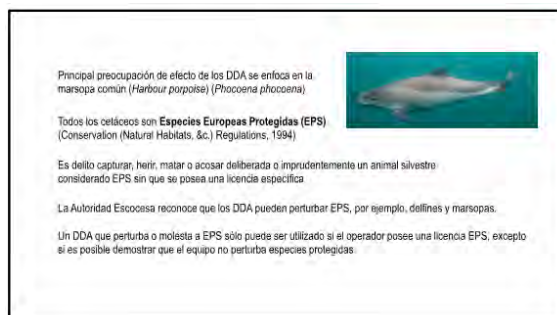
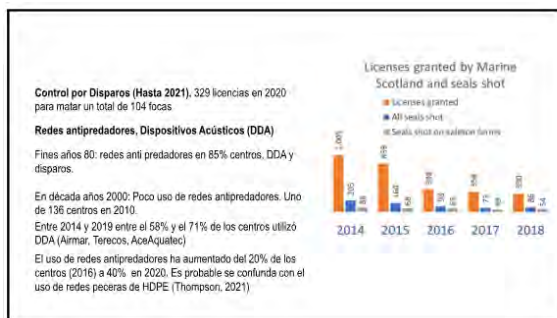
- La interacción con el LMC es la que presenta mayor frecuencia y es percibida como de mayor importancia por la industria.
- La industria ha incorporado medidas tecnológicas (redes loberas, otras) y generado sugerencias de buenas prácticas para minimizar interacciones con LMC.
- La autoridad ha establecido obligatoriedad de uso de redes anti-depredadores, con excepciones, el reporte de interacciones/involuntarios de MM.
- Hay datos que indican mortalidad de LMC, principalmente por enmallamiento en redes loberas, con disminución respecto a mediados de la década de 2000 por reducciones en tamaños de malla a 10 plg.
- En 2022 y 2023 el enmallamiento correspondió principalmente juveniles de LMC.
- Se han reportado modalidades de interacciones de LMC: nocturnas, estacionalidad, por roturas de mallas loberas o accediendo al pasillo de balsas jaula.
- Hay reportes de interacciones con cetáceos (8+2 caso reportados) con tres especies en lapso de diez años: delfín chileno, ballena jorobada y ballena sei. Hay indicios de enmallamiento de delfines y de enredos en caboscadenas en ballenas.

En Escocia, durante 2018 los ataques de focas generaron una mortalidad de 525.000 salmones, correspondientes a 661 ton de biomasa

“Seal attacks in 2018 resulted in the death of around 525,000 farmed salmon, with further impacts on fish health and welfare.”



Fuente: Scottish Salmon  
<https://www.salmonscotland.co.uk/reports/seals-in-scotland>





- **UK (Escocia)**
  - Uso de disparos mediante licencias, previa estimación de PBR de especies de focas
  - Basado principalmente en DDA
  - Prohibición de facto por legislación europea exige uso de licencia
  - Búsqueda de alternativas basadas en barreras físicas (dobles redes, antipredadores)
  - Innovación en nuevos materiales de redes antipredadores
- **Australia (Tasmania)**
  - Uso de reubicación
  - Empleo de sistemas de disuasión (explosivos submarinos, proyectiles modificados)
  - Empleo de barreras físicas (cercos perimetrales, redes anti predadores) con normas mínimas
  - Innovación en nuevos diseños de balsas y materiales de redes antipredadores
  - Reportes periódicos de mortalidad de mamíferos marinos a la Autoridad. Información pública de empresas

## Principales conclusiones

- La principal preocupación de los productores es la **interacción con pinnipeds**: lobos marinos o focas. Los datos disponibles sobre interacciones con cetáceos (enredos) indican pocos eventos aunque impactan poblaciones con problemas de conservación o con estimados de abundancia desconocidos (eg. delfín chileno, ballena sei).
- La industria ha **adaptado sus medidas de control desde técnicas letales** (disparos) a medidas de **menor impacto** hasta inicios de década de 2020, app: redes antipredadores en Chile, DDA en Escocia, Relocalización y "Disuasivos submarinos" (eg explosivos) en Australia.
- Actualmente, los DDA en Escocia y medidas de manejo en Australia enfrenta **restricciones legales** (eg. efecto de DDA en cetáceos), **críticas respecto de su efectividad** y **externalidades** (relocalización), **amparo escrutinio público** (prensa, ONG, otros) y obstáculos con Certificadores (prohibición ASC, autorización con condiciones BAP).
- En Australia y Escocia se ha avanzado en el uso de redes dobles o redes antipredadores como alternativa, considerando la incorporación de nuevos materiales. En Escocia se ha avanzado en el desarrollo de nuevas tecnologías de DDA de baja frecuencia.

Dispositivo	Efectividad	Acomodamiento	Possible efecto adverso	Ventaja	Desventaja
Cortina Burbuja	N/A	N/A	N/A	Disminuye efecto de DDA	
Luces	Alta poca emalaje prezofeno MM	No	No hay evidencias.	Bajo costo	No hay pruebas en acuicultura
Formas depredadores	Variable/temporal	Si	Comportamiento		
Hostigamiento	Variable, por lo general baja/temporal	Si	Embarasca, sonido, excitación y estrés		24/7, muy intensivo para ser efectivo
Redes anti-depredadores	Alta	No	Muerte por frotados	Alta protección	Alto costo
Quimiosensarios	Alta	No	Temporales, múltiples fuerzas		Dificil de aplicar y a elevado de prima
Explosivos	Modera/alta ~ 60%	Si	Muerte, daño físico	Económico	Riesgo animal y personas
Sonidos de depredadores	Variable-temporal	Si	Cambios de comportamiento		Pierde efectividad tras uso prolongado
DHA	Variable-temporal	Si	En MM VHF		Efectos nocivos en MM
DDA	Variable-temporal	Si	Probable	Efectos Nocivos problemas	
TAST	Alta ~ 85%	Probable, S.E.C	En MM LF	Radio menor de afectación	

Dispositivo	Efectividad	Acostumbramiento	Posible efecto adverso
Cortina Burbuja	N/A	N/A	N/A
Luzes	Alta pesca emalle pequeños NM	No	No hay evidencia
Formas depredadoras	Variable/temporal	SI	Comportamiento
Holgamiento	Variable, por lo general bajo/temporal	SI	Enmascara, sonido, escucha y estrés
Redes antidepredadores	Alta	No	Muerte por Enredos
Químicos/mortales	Alta	No	Temporales, malolientes, físicos
Explosivos	Moderada-alta > 60%	SI	Muerte, daño físico
Sonidos de depredadores	Variable-temporal	SI	Cambio de comportamiento
DHA	Variable-temporal	SI	En MM VHF
DDA	Variable-temporal	SI	Probable
TAST	Alta > 85%	Probable, S.E.C	En MM LF

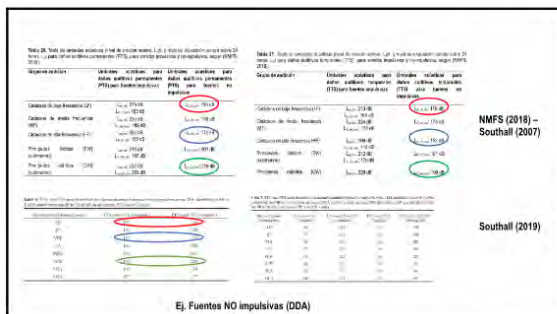
1. **IDENTIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS**
  - a) Discusión de revisión de la tecnologías
  - b) Concepto de daño grave
2. **FODA - ANÁLISIS INTERNO (FyD) DE LAS TECNOLOGÍAS**
  - a) Análisis de las F y D
  - b) Priorización de las F y D
3. **COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS MEDIANTE MULTICRITERIO Proceso Analítico Jerárquico (ANP)**
  - a) Definición del problema
  - b) Identificación e identificación de criterios.
  - c) Priorización de las tecnologías según criterios

### PROUESTA INICIAL

### PROPUESTA DEL GRUPO

Lev 20 293. "Art2.- 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.

ITEM	QUANTITY	UNIT	IN	OUT	INVT	AVG
1	1					
2	1					
3	1					
4	1					
5	1					
6	1					
7	1					
8	1					
9	1					
10	1					
11	1					
12	1					
13	1					
14	1					
15	1					
16	1					
17	1					
18	1					
19	1					
20	1					
21	1					
22	1					
23	1					
24	1					
25	1					
26	1					
27	1					
28	1					
29	1					
30	1					
31	1					
32	1					
33	1					
34	1					
35	1					
36	1					
37	1					
38	1					
39	1					
40	1					
41	1					
42	1					
43	1					
44	1					
45	1					
46	1					
47	1					
48	1					
49	1					
50	1					
51	1					
52	1					
53	1					
54	1					
55	1					
56	1					
57	1					
58	1					
59	1					
60	1					
61	1					
62	1					
63	1					
64	1					
65	1					
66	1					
67	1					
68	1					
69	1					
70	1					
71	1					
72	1					
73	1					
74	1					
75	1					
76	1					
77	1					
78	1					
79	1					
80	1					
81	1					
82	1					
83	1					
84	1					
85	1					
86	1				</	



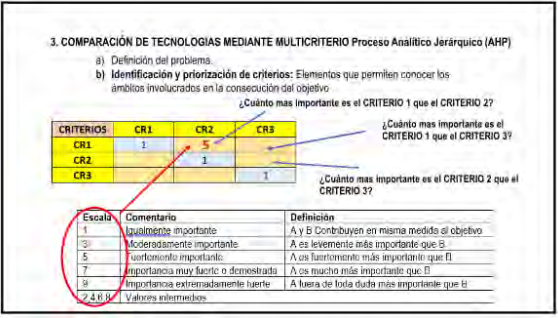
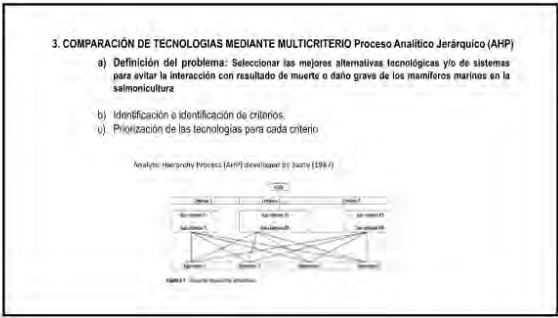
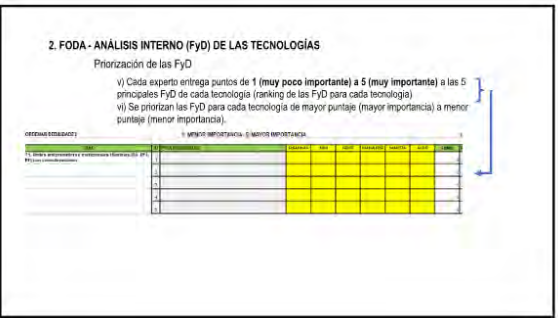
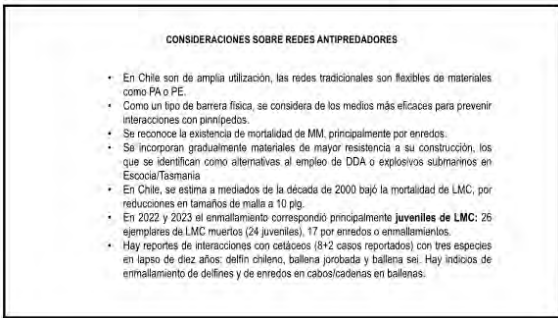
A								X		B
	Extremely strong	Very strong	Strong	Marginally strong	Equal	Marginally strong	Strong	Very strong	Extremely strong	

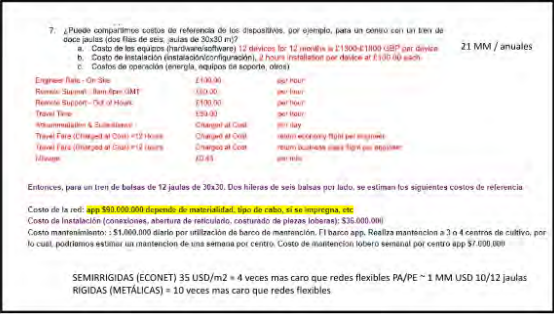
The screenshot shows a spreadsheet with a list of numbers in column A. The numbers are: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100. The formula bar shows the formula:  $=A1+A2$ . The cell B1 contains the value 3.

Escala	Comentario	Definición
1	Igualmente importante	A y B Contribuyen en misma medida al objetivo
3	Modestamente importante	A es levemente más importante que B
5	Fuertemente importante	A es fuertemente más importante que B
7	Importancia muy fuerte o demostrada	A es mucho más importante que B
9	Importancia extremadamente fuerte	A fuera de toda duda más importante que B
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	











## **ANEXO 12. Análisis exploratorio datos de mortalidad de peces por depredación**

Los datos consideran un total de 1350 registros de Mortalidad atribuida a depredadores ("Mortalidad"), entre 2019 y 2023, a nivel de centro de cultivo. Previa consideración de datos con mortalidades mayores a cero, se realiza primeramente gráficos de dispersión entre la Mortalidad de salmones (en número) y la Distancia en línea recta a la lobería más cercana a dicho centro (en metros)("Distancia").

La posición geográfica de las loberas de lobo marino común consideradas para el análisis fueron obtenidas de los trabajos de Oliva et al. (2012) y de Oliva et al. (2020), correspondientes a las Regiones de Los Lagos y Aysén. En las tablas a continuación se indican las posiciones en términos de latitud, longitud (grado, decimal)

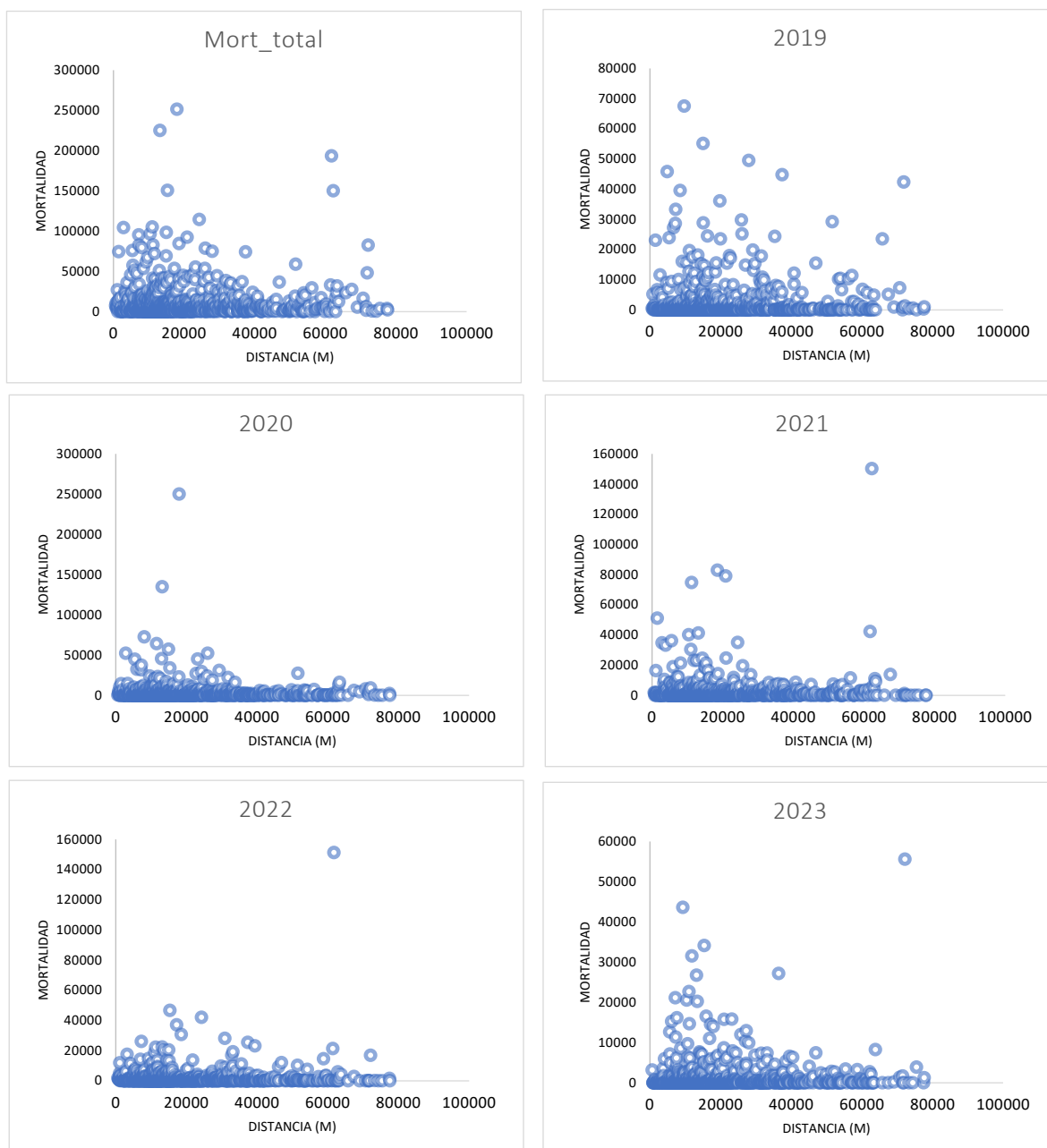
Se analiza la relación entre la Mortalidad Total (2019-2023) y posteriormente separadamente por año, lo cual se indica en las figuras a continuación

<b>Loberas</b>	<b>Región</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Punta Milagro	Los Lagos	-40,349	-73,758
Costa Sur Río Chihue	Los Lagos	-40,522	-73,724
Rada Manzano	Los Lagos	-40,631	-73,801
Morro del Compas	Los Lagos	-40,740	-73,839
Farellones San Pedro	Los Lagos	-40,931	-73,902
Punta San Luis	Los Lagos	-41,026	-73,941
Punta Capitanes	Los Lagos	-41,154	-73,913
Sur Rada Parga	Los Lagos	-41,234	-73,865
Roca norte Boca Maullín	Los Lagos	-41,599	-73,690
Islotes Carelmapu	Los Lagos	-41,688	-73,817
Estaquilla	Los Lagos	-41,402	-73,854
Roca Sur Punta Puga	Los Lagos	-41,492	-73,833
Amortajado	Los Lagos	-41,630	-73,696
Punta Quillagua	Los Lagos	-41,584	-73,781
Caleta La Arena	Los Lagos	-41,708	-72,636
Isla Doña Sebastiana	Los Lagos	-41,746	-73,811
Caleta Curahueldo	Los Lagos	-41,861	-74,035
Chepu	Los Lagos	-41,974	-74,058
Morro Lobos	Los Lagos	-42,105	-73,386
Roca Canal Cholgo	Los Lagos	-42,116	-72,479
Punta Huechocuicui	Los Lagos	-41,771	-73,999
Punta Ahuenco	Los Lagos	-42,099	-74,061
Isla Metalqui	Los Lagos	-42,202	-74,141
Piedra Achao	Los Lagos	-42,468	-73,482
Islote Corcovado	Los Lagos	-42,265	-74,172
Cahuelmo	Los Lagos	-42,266	-72,443
Islote Peñón Blanco	Los Lagos	-44,383	-73,539
Rocas Isla Lilihuapi	Los Lagos	-42,166	-72,587
Chullec Leoman	Los Lagos	-42,481	-73,543
Punta Cuevas	Los Lagos	-42,485	-74,178
Caleta Quiutil	Los Lagos	-42,499	-74,202
Punta Chumilden	Los Lagos	-42,502	-72,821
Reñihue Norte	Los Lagos	-42,561	-72,539
Reñihue Sur	Los Lagos	-42,579	-72,552
Faro Talcan	Los Lagos	-42,688	-73,002
Teupa	Los Lagos	-42,690	-73,653
<b>Piedra de Calto o Islote Nihuel</b>	Los Lagos	-42,626	-72,936
Morro Pirulil	Los Lagos	-42,710	-74,166
Punta Nef	Los Lagos	-42,816	-72,953
Puduhuapi	Los Lagos	-42,956	-72,819
Punta Chaiguaco	Los Lagos	-42,987	-74,251
Cabo Alman	Los Lagos	-43,075	-72,889

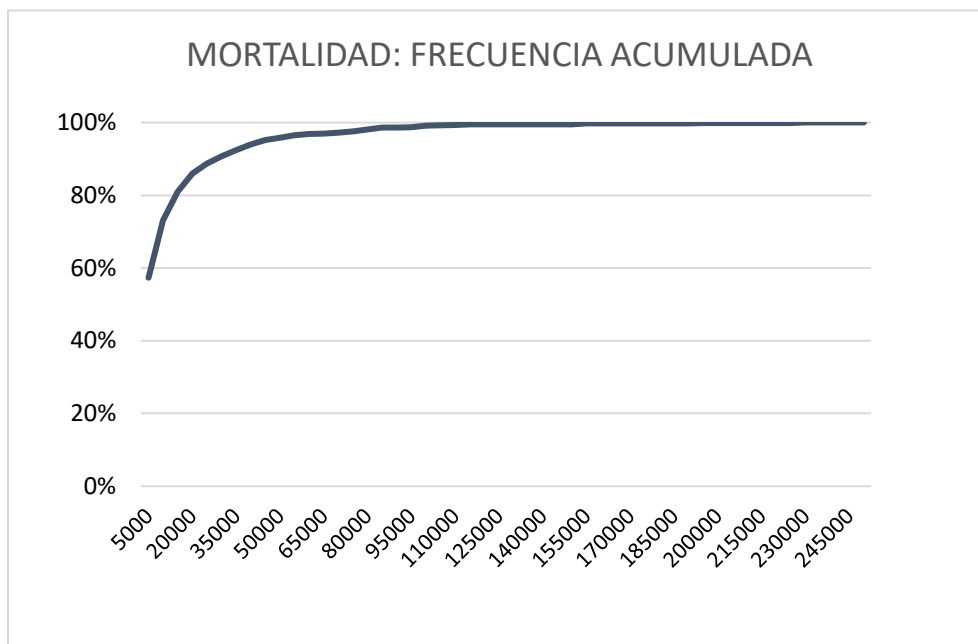
<b>Loberas</b>	<b>Región</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Punta Islotes	Los Lagos	-42,873	-72,796
isla Laitec	Los Lagos	-43,267	-73,574
Punta Pabellón	Los Lagos	-43,229	-74,401
Rocas NW Isla Quilán	Los Lagos	-43,368	-74,295
Roca Sur Isla Quilán	Los Lagos	-43,447	-74,264
Punta Chauca	Los Lagos	-43,391	-73,989
Punta San Pedro	Los Lagos	-43,412	-73,733
Punta Olleta	Los Lagos	-43,423	-73,879
Rocas Cainotad Norte	Los Lagos	-43,455	-73,788
Roca Aguila	Los Lagos	-43,438	-73,833
Rocas Cainotad Sur	Los Lagos	-43,486	-75,766
Isla Horadada	Los Lagos	-43,579	-73,027
Bahía Tic Toc	Los Lagos	-43,592	-73,003
Isla Becerra	Los Lagos	-43,599	-72,964
Isla Guafo	Los Lagos	-43,567	-74,613
Islote Azocar	Los Lagos	-43,607	-73,017
Islotes SE Isla Lipipe	Los Lagos	-43,619	-72,974
Norte Isla Colocla	Los Lagos	-43,631	-73,009
Islotes Queitao	Aysén	-43,711	-73,488
Grupo Las Hermanas	Aysén	-43,778	-73,029
Isla Guaiteca Norte	Aysén	-43,789	-74,021
Oeste Isla Guatecas	Aysén	-43,829	-74,138
Isla Murta	Aysén	-43,864	-74,184
Isla Ascensión	Aysén	-43,900	-73,768
Islotes Locos	Aysén	-43,980	-73,456
Isla Tuamapu	Aysén	-43,994	-74,263
Islotes Isla Elvirita	Aysén	-43,901	-73,768
Roca Bahía Isla	Aysén	-43,822	-73,014
Islote Bahía Isla	Aysén	-43,852	-73,065
Isla Refugio Oeste	Aysén	-43,967	-73,269
Isla Llenihuen	Aysén	-43,994	-74,255
Isla Mallerh	Aysén	-44,086	-74,348
Roca Negra	Aysén	-44,158	-73,354
Rocas W Isla Midhurst	Aysén	-44,164	-74,396
Islotes Isla Toto	Aysén	-44,180	-73,234
Rocas Hulk	Aysén	-44,275	-74,489
Rocas Hulk Sur	Aysén	-44,288	-74,463
Rocas Los Cayes	Aysén	-44,335	-73,391
Islas Broken	Aysén	-44,348	-74,468
Islotes Peñón Blanco	Aysén	-44,380	-73,535
Noreste isla Level	Aysén	-44,425	-74,517

<b>Loberas</b>	<b>Región</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Roca Blanca	Aysén	-44,470	-73,348
Isla Brieva	Aysén	-44,533	-73,883
Canal King	Aysén	-44,565	-74,629
Roca Elvirita Canal King	Aysén	-44,624	-74,321
Rocas NW Isla Stokes	Aysén	-44,611	-74,656
Islotes El Enjambre	Aysén	-44,811	-73,576
Isla Guamblin	Aysén	-44,760	-75,139
Islote NW Isla Rowlett	Aysén	-44,766	-74,526
Islote Cayo Blanco	Aysén	-44,784	-73,568
Islote SW Isla Rowlett	Aysén	-44,813	-74,481
Rocas isla Transito	Aysén	-44,839	-73,573
Islotes Norte Isla Williams	Aysén	-44,857	-74,421
Rocas Frente Canal Puduhuapi	Aysén	-44,910	-73,422
Rocas Blanco	Aysén	-44,912	-73,633
Isla Guamblin Sur	Aysén	-44,925	-75,170
Isla Paz	Aysén	-44,927	-74,646
Roca Isla Silachilu	Aysén	-44,962	-73,614
Isla Liebre	Aysén	-44,976	-74,594
Islotes Oeste Isla Javier	Aysén	-45,005	-74,450
Isla Lemu	Aysén	-45,236	-74,586
Rocas S Isla Silachilu	Aysén	-44,972	-73,659
Isla Menchuan Oeste	Aysén	-45,633	-74,938
Roca Sur Isla Traiguen	Aysén	-45,756	-73,609
Isla Casma	Aysén	-45,429	-73,519
isla Smith	Aysén	-45,513	-74,151
Islote Inchemó	Aysén	-45,798	-74,998
Islote Seal	Aysén	-45,867	-75,049
Playa Seno Burns	Aysén	-46,040	-75,050
Islotes Seno Cornish	Aysén	-46,147	-74,865
Golfo Tres Montes	Aysén	-46,815	-75,020
Playa Península Tres Montes	Aysén	-46,955	-75,493
Rocas W Isla Javier	Aysén	-47,064	-74,466
Islotes Merino	Aysén	-47,600	-74,601
Isla Javier Punta Merino	Aysén	-47,600	-74,601
Entrada Policarpo	Aysén	-47,621	-74,547
Islote Faro San Pedro	Aysén	-47,697	-74,879
Islotes Carreño	Aysén	-47,510	-74,577
Islotes Reyes	Aysén	-47,528	-74,615
Roca Isla Ruggedd	Aysén	-47,630	-75,130
islote solitario	Aysén	-47,701	-75,336
Roca NW Islote Solitario	Aysén	-47,719	-75,350
Cabo Mogotes	Aysén	-47,794	-75,356
Isla Byron Sur	Aysén	-47,765	-75,088

<b>Loberas</b>	<b>Región</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Isla Byron oeste	Aysén	-47,758	-75,356
Rocas Frank	Aysén	-47,891	-75,319
Rocas Frank Oeste	Aysén	-47,891	-75,319
Islas Jungfrauen	Aysén	-47,958	-75,258
Isla Bynoe Norte	Aysén	-47,971	-75,339
Isla Breaksea Norte	Aysén	-48,009	-75,464
Isla Bynoe Sur	Aysén	-48,014	-75,541
Isla Breaksea Oeste	Aysén	-48,039	-75,499
Rocas Punta Roth	Aysén	-48,208	-73,505
Islotes Breaksea NE	Aysén	-48,019	-75,434
Islotes Breaksea E	Aysén	-48,033	-75,423
Caleta Dyer	Aysén	-48,095	-75,502
Roca Dundee	Aysén	-48,126	-75,662
Roca Tiburón	Aysén	-48,295	-75,544
Roca Promontorio	Aysén	-48,397	-75,599
Rocas Nimrod	Aysén	-48,373	-75,702
Rocas Punta Baja	Aysén	-48,439	-75,604
Punta Conglomerada	Aysén	-48,633	-75,584

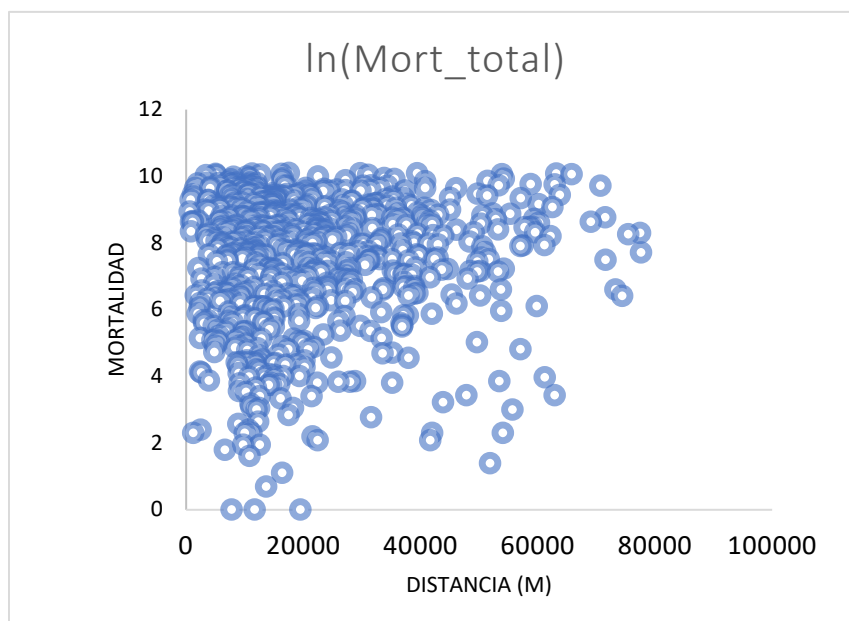
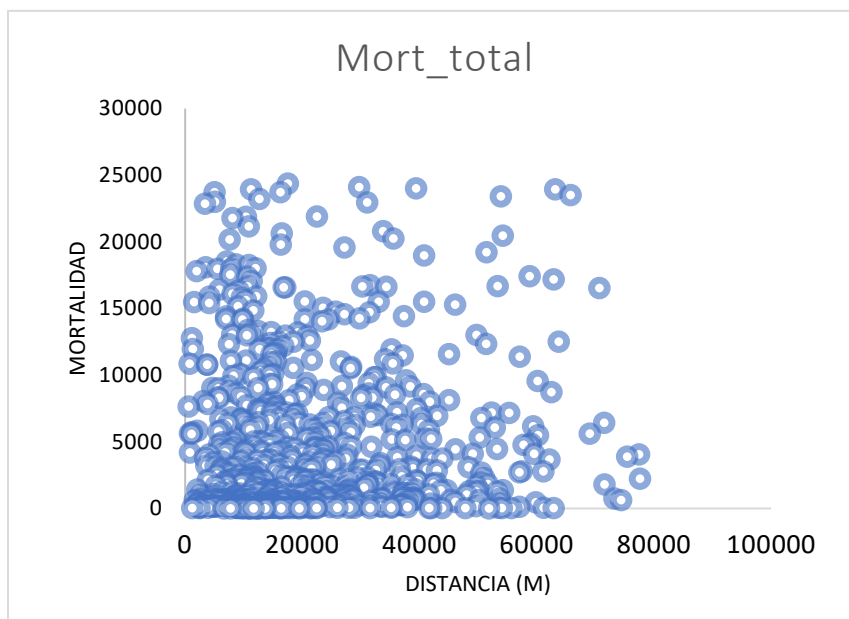


Los datos de Mortalidad completa indica que dicha variable presenta un rango entre cero y 251.664 ejemplares. Al respecto, resulta notoria la presencia de datos de mortalidad altos, lo cual se aprecia en el gráfico de Mortalidad acumulada vs. Distancia, en donde el 73% de los datos indica mortalidades menores a 10.000, en tanto el 86% menores a 20.000 ejemplares.



Se realiza un segundo análisis gráfico de la información, esta vez basada en el 86% de los datos, es decir, considerando mortalidades menores a 25.000 ejemplares y nivel de Mortalidad Total. En esta segunda aproximación se cuenta con un total de 707 observaciones. El gráfico incluido a continuación indica una pobre correlación entre las variables Mortalidad vs. Distancia (Pearson: 3%). Incorporando una transformación logarítmica ( $\ln(\text{Mortalidad})$ ), con el fin de capturar alguna relación no lineal entre ambas variables, no se observa una mejora sustantiva en las correlaciones (Pearson: 3%).

Cabe indicar que la escasa correlación entre Mortalidad y Distancia a colonias de lobos ha sido reportada previamente en literatura como Oliva et al., 2004, entre otros.





### ANEXO 13. Personal participante por actividad

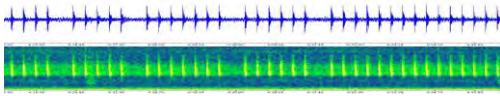
Nombre	Actividades	Horas Hombre												Total
		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	
Mauricio Ahumada	Act. grales + Informes	10	10	10	10	10	10	10	5	5	5	5	5	95
	Objetivo 1	10	10	10	10									40
	Objetivo 2			5	10	10	10	10	10					55
	Objetivo 3							5	5					10
		20	20	25	30	20	20	25	20	5	5	5	5	200
Dante Queirolo	Act. grales + Informes	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	45
	Objetivo 1	5	5	5	5									20
	Objetivo 2				5	5	5	5	5					25
	Objetivo 3							5	5					10
		10	10	10	15	10	10	15	12	2	2	2	2	100
Maritza Sepúlveda	Act. grales + Informes	10	10	10	10	10	10	10	10	5				85
	Objetivo 1	10	10	10	10									40
	Objetivo 2			5	10	10	10	10	10					55
	Objetivo 3							10	10					20
		20	20	25	30	20	20	30	30	5	0	0	0	200
María José Pérez Alvarez	Act. grales + Informes	5	5	5	5	10	10	10	5	5				60
	Objetivo 1	5	5											10
	Objetivo 2			5	10	10	10	10	5					50
	Objetivo 3													0
		10	10	10	15	20	20	20	10	5	0	0	0	120
Alfio Yioli	Act. grales + Informes	5	5	10	10	10	10	10	5	5				70
	Objetivo 1	5	10	10	10									35
	Objetivo 2			10	10	10	10	10	5					55
	Objetivo 3													0
		10	15	30	30	20	20	20	10	5	0	0	0	160
Iván Hinojosa	Act. grales + Informes	5	5	10	10	10	10	10	5	5				70
	Objetivo 1	5	10	10	10									35
	Objetivo 2			10	10	10	10	10	5					55
	Objetivo 3													0
		10	15	30	30	20	20	20	10	5	0	0	0	160

		Horas Hombre												Total
Nombre	Actividades	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	
Susannah J. Buchan	Act. grales + Informes	10	10	10	10	10	10	10	10	10				90
	Objetivo 1	20	20	20	20									80
	Objetivo 2			20	20	20	20	20	20					120
	Objetivo 3							10	10					20
		30	30	50	50	30	30	40	40	10	0	0	0	310
Rodrigo Wiff	Act. grales + Informes	5	5	5	5	10	10	10	5	5				60
	Objetivo 1	5	5											10
	Objetivo 2			5	10	10	10	10	5					50
	Objetivo 3													0
		10	10	10	15	20	20	20	10	5	0	0	0	120
Carlos Felipe Hurtado	Act. grales + Informes	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	45
	Objetivo 1	5	5	5	5									20
	Objetivo 2				5	5	5	5	5					25
	Objetivo 3							5	5					10
		10	10	10	15	10	10	15	12	2	2	2	2	100
Pedro Apablaza	Act. grales + Informes	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	45
	Objetivo 1	5	5	5	5									20
	Objetivo 2				5	5	5	5	5					25
	Objetivo 3							5	5					10
		10	10	10	15	10	10	15	12	2	2	2	2	100
Jesús López	Act. grales + Informes	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	45
	Objetivo 1	5	5	5	5									20
	Objetivo 2				5	5	5	5	5					25
	Objetivo 3							5	5					10
		10	10	10	15	10	10	15	12	2	2	2	2	100

## ANEXO 14. Presentaciones del Taller de Difusión

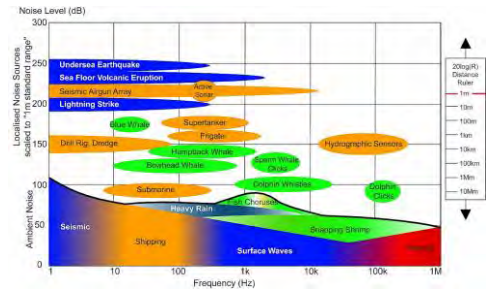
## La acústica y los cetáceos

FIPA 2023-10



**Susannah Buchan**, PhD Oceanografía  
Profesora Visitante, Universidad de Concepcion  
Investigadora Principal, Centro COPAS COASTAL  
Investigadora, Centro CEAZA

19 diciembre 2024



<https://www.ospar.org/>

## Los cetáceos y el sonido

- Cultura y los grupos sociales son muy importante en los cetáceos.
- El sonido es esencial para todos los procesos y etapas del ciclo de vida de los cetáceos: **alimentación, reproducción, socialización, lactancia, crianza.**

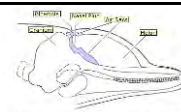


Diagrama que muestra la estructura anatómica de la cabeza de un cetáceo. El diagrama está etiquetado con 'Blowhole', 'Eye', 'Ear' y 'Mouth'.

**Odontocetos:**  
Medianas y altas  
frecuencias



**Misticetos:**  
Bajas frecuencias

**Odontocetos:**  
Medianas y altas  
frecuencias

**Misticetos:**  
Bajas frecuencias

**Odontocetos:**  
Medianas y altas  
frecuencias

**Misticetos:**  
Bajas frecuencias

**Odontocetos:**  
Medianas y altas  
frecuencias

**Misticetos:**  
Bajas frecuencias

**Odontocetos:**  
Medianas y altas  
frecuencias

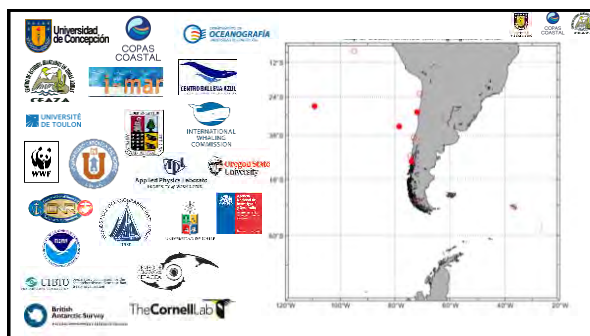
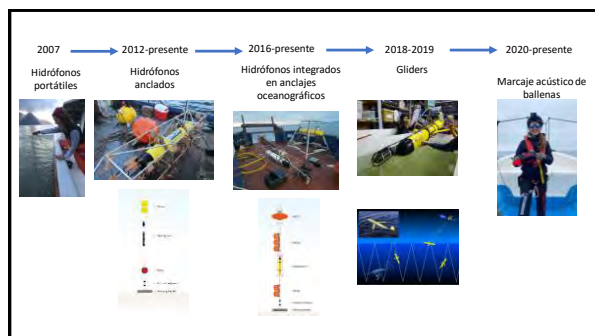
**Misticetos:**  
Bajas frecuencias

**Odontocetos:**  
Medianas y altas  
frecuencias

**Misticetos:**  
Bajas frecuencias

**Odontocetos:**  
Medianas y altas  
frecuencias

**Misticetos:**  
Bajas frecuencias



## El ruido antropogénico

- Ruido agudo (ej. explosión) o crónico (ej. tráfico)

### Ruido crónico:

- Reducción de espacio de comunicación (ej. Clark et al. 2009, Hatch et al. 2012)
- Cambios de distribución (ej. Pigeault et al. 2024)
- Cambios conductuales (ej. Southall et al. 2021)
- Estrés fisiológico (cortisol) (Rolland et al. 2012)



### Ruido agudo:

- Cambios de distribución (ej. Tougaard et al. 2009, Brandt et al. 2011)
- Cambios conductuales (ej. Southall et al. 2021)
- Daños auditivos temporarios (ej. Southall et al. 2019)
- Daños auditivos permanentes (ej. Southall et al. 2019)
- Muerte (ej. Balcombe & Claridge 2001)



## Ruido agudo



P. Tyack

a) **Sobre la definición de daño grave.** Se planteó la inexistencia de una definición clara del concepto de daño grave aplicable a mamíferos marinos. En este sentido, se destacó que conforme a la Marine Mammal Protection Act (MMA) se menciona **daño físico grave o no grave** = "serious" o "non-serious injury") y de acoso ("harassment"), este último concepto aparece igualmente mencionado en la legislación chilena, específicamente el Art.2 de la Ley 20.293 ("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**"), lo que ha sido discutido por Prieto (2018). En cuanto a la interpretación del daño físico grave o no-grave, dicho concepto se aclara en el documento de la NMFS denominado "Process for Distinguishing Serious from Non-Serious Injury of Marine Mammals" (disponible en línea en [https://media.fisheries.noaa.gov/2022-02/02-238\\_Policy%20Renewal\\_ready%20for%20Coit%20signature%20-%20signed.pdf](https://media.fisheries.noaa.gov/2022-02/02-238_Policy%20Renewal_ready%20for%20Coit%20signature%20-%20signed.pdf)), en donde se establece un daño físico grave corresponde a una lesión que presente una probabilidad mayor al 50% de dar muerte a un mamífero marino.

No obstante, el grupo experto discutió otras consideraciones que debiesen tenerse en cuenta, tales como:

i) **La necesidad de analizar los daños graves tanto a nivel de ejemplar o individuo como a nivel de población, sobre la base de la estimación del PBR asociado.**

ii) El considerar o no los **daños auditivos** a nivel temporal (TTS) y/o permanente (PTS) dentro de los daños graves. En este punto, se destacó la existencia de umbrales auditivos estimados por grupo de especies de mamíferos marinos que establecen un marco de referencia para la evaluación del impacto del ruido submarino. No obstante, no hubo consenso sobre si ambos tipos de daños debiesen ser considerados como graves. Igualmente, se mencionó las limitaciones en el proceso de definición de dichos umbrales, debido a que se han llevado a cabo con información limitada, sin datos específicos para especies de mamíferos presentes en Chile, como pueden ser los denominados cetáceos pequeños de alta frecuencia.

iii) La inclusión o no de **los cambios conductuales** como daños graves. En este punto, se mencionó sobre la importancia de discriminar entre tipos de cambio conductual, pues en algunos casos podría considerarse como daño grave, por ejemplo, aquellos que generan interferencias en la reproducción o en la alimentación.

Sobre este primer punto, el grupo **acordó considerar necesario dejar plasmado en el informe tanto sus inquietudes sobre la inexistencia de una definición precisa de daño grave como de acoso, así como acerca de las consideraciones ya indicadas previamente.**

• **Umbrales de daños auditivos: Southall et al 2007; 2019**

• **Umbrales de impactos conductuales: Southall et al. 2007; 2021**

- Proyecto ANID Exploración 13220197 "Ruido subacuático: enfoques experimentales para determinar efectos en la vida marina" (Drs. Buchan, Hinojosa, Yori, Olavarría, Sepúlveda, Viddi)
  - Disuasivos acústicos en delfines australes y lobos
  - Hincado de pilotes en ballena fin



Cetáceos avistados  
Desde centros de  
cultivos

Misticetos 3 especies

Odontocetos  
App 6 especies

Tabla 4. Número de ejemplares de mamíferos marinos reportados como avistados desde centros de cultivo, por estado de desarrollo, durante 2022. ND indica no detectado

Nombre común	Nombre Científico o grupo	Adulto	Cria	Juvenil	ND	Total
Ballena	Cetacea			1	1	
Ballena jorobada	Meqaportia jorobada	21				21
Ballena cetacea	Balaenoptera cetacea	2				2
Chungungo	Lontra felina			1		1
Defín	Cetacea	19	4	233		256
Defín	Delphinus capensis	18		46		64
Defín austral	Lagenorhynchus australis	271		0		271
Defín chileno	Ophiorhynchus estrogo	215	1	16		232
Defín común	Delphinus delphis	79	18	114		211
Defín nariz de botella	Tursiops truncatus	25		3		28
Hallin	Lontra provocax	5	2	1		8
Lobo fino antártico	Arctophila gazeta	2		2		4
Lobo fino austral	Arctophila australis	489	30	99		618
Lobo fino de Juan Fernandez	Arctophila philippi			5		5
Lobo marino	Phocaena	1113	6	645		1764
Lobo marino común	Otaria flavescens	18180	242	7431		25853
Lobo marino y Defín	Phocaena y cetacea	80		80		160
Mustelido	Mustela	5		6		11
Orca antártica	Orcinus orca/Orcinus orca	108	1	10		119
Tirola ova	Cephalophylax ova	176		49		225
Vidon	Alouatta vilon	5		2		7
Total		20 862	280	8 208		41 350

El 41% de los ejemplares fueron reportados asociándose algún nivel de desarrollo (Cria, Juvenil o Adulto), de los cuales el 71% correspondió a Adultos. A solo el 7% de los ejemplares que fueron reportados, se les asignó sexo, de los cuales el 81% son machos

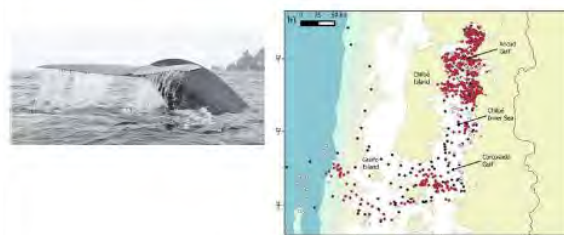


Figura 4. Puntos de ubicación de ballenas azules en la Patagonia norte, obtenidos mediante tags satelitales. Puntos negros: conducta de tránsito, puntos rojos: conducta de alimentación, puntos blancos: conducta indeterminada. Figura obtenida de Huckle-Gaete et al. (2018).

- En Chile, el área de alimentación más reconocida se encuentra en la Patagonia norte (Huckle-Gaete et al., 2004), donde en los meses de verano y otoño tienden a congregarse en áreas de alta productividad primaria que se desarrollaron durante la primavera austral y donde se producen fuertes gradientes termales que tienden a agregar a sus presas (Bedriñana-Romano et al. 2018, 2021).
- En esta misma área se ha registrado el cuidado parental de mayor densidad de ballena azul en el hemisferio sur (Huckle-Gaete et al., 2004)

#### Identificación

- Animal más grande que ha existido (33 m)
- Cabeza plana, ancha y en forma de U
- Pedúnculo caudal muy grueso
- Sople de hasta 9m de altura
- Tamaño Cria 7m (2,5 ton)
- Tamaño Adulto 30 m (120 ton)
- Color Azul-Gris moteado
- Cabeza plana y ancha
- Aleta dorsal pequeña y desplazada
- En ocasiones muestra aleta caudal

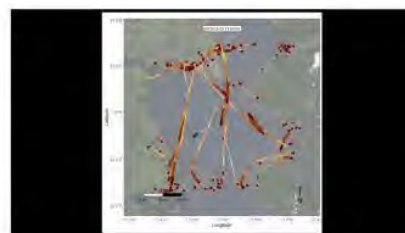
Estado de conservación: IUCN: En Peligro, RCE: En Peligro



Familia Balaenopteridae  
Ballena Azul / Blue Whale  
*Balaenoptera musculus*



Una semana en la vida de una ballena azul (*Balaenoptera musculus*), mientras intenta alimentarse en medio del asedio de cientos de embarcaciones que transitan por el Golfo de Ancud



Scientific visualization of a blue whale's movements in an area with a high level of boat traffic. The blue shape is a whale trying to feed while avoiding vessels in the Gulf of Ancud near Chile. (Image credit: Luis Bedriñana-Romano)

La flota acuícola (que presta servicios a la industria de la salmonicultura y miticultura), corresponde a la más importante y más densamente distribuida en el área de alimentación de ballenas azules

#### scientific reports

Defining priority areas for blue whale conservation and investigating overlap with vessel traffic in Chilean Patagonia, using a fast-fitting movement model

Bedriñana-Romano et al 2022



**Identificación**

- Rorcual muy rápido
- 300-410 Barbas (gris oscuro)
- Barbas miden hasta 80 cm
- Tamaño Cría 4,5 m (725 kg.)
- Tamaño Adulto 12-15 m (20m) (20 ton)
- No arquea pedunculo
- Aleta dorsal alta y falcada
- 1 Cresta longitudinal en rostro
- Salto Horizontal

Estado de conservación: IUCN: En Peligro (EP), RCE: En Peligro Crítico (CR)

Familia *Balaenopteridae*  
Ballena Sei / Sei Whale  
*Balaenoptera borealis*

Cooke, J.G. 2018. *Balaenoptera borealis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018

Southern Hemisphere: 10,000–20,000 individuals (Cooke, 2018)

Reporte: En 2020 se indica el reporte del varamiento de una ballena sei (*Balaenoptera borealis*), en la Región de Aysén, la cual fue destacada en prensa y generó acciones legales de parte de SERNAPESCA

**Distribución y hábitat:**  
Es una especie cosmopolita, con hábitos más bien oceánicos.

- En Chile:
  - Zona costera frente de Concepción/Talcahuano, costa oeste de isla Grande de Chiloé (Guzmán 2006),
  - Golfo Corcovado y canales adyacentes (Hucke-Gaete et al. 2010, Buchan et al. 2021, Buchan et al. en revisión)
  - Golfo de Penas (Häussermann et al. 2017, Español-Jiménez et al. 2019)
  - Estrecho de Magallanes (Acevedo et al. 2017), sector de canal Beagle a cabo de Hornos (Acevedo datos no publicados), y registros acústicos de ballena sei en primavera en las aguas adyacentes al archipiélago de Juan Fernández (Buchan datos no publicados).

**Figura 6.** Ubicación de los varamientos de ballena sei en el 2015, en el Golfo de Penas. Los diamantes ventos y azules indican la posición de los individuos registrados. Figuras obtenidas de Häussermann et al. (2017).

**Identificación**

- Rostro con protuberancia
- Pectorales más largas (1/3 del cuerpo)
- Aleta dorsal tipo joroba
- Alza aleta caudal en inmersión
- Caudal con bordes irregulares
- Dorso color oscuro
- Acrobática
- Cuerpo grande, rechoncho
- Folículo piloso sensorial
- Coloración individual en caudal
- 14-22 pliegues gulares
- 270-400 barbas (negro)
- Tamaño Cría 4,5 m (1-2 ton)
- Tamaño Adulto 11,5-15 m (25-30 ton)

Estado de conservación: IUCN : Preocupación menor (MP), RCE: Vulnerable (VU)

Familia *Balaenopteridae*  
Ballena jorobada  
*Megaptera novaeangliae*



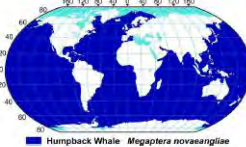
**Distribución**  
 Cosmopolita  
 Cambios estacionales  
 Invierno (<lat. Crianza)  
 Verano (>lat. alimentación)  
 Migraciones 16.000 km.

**Chile:**  
 Desde Iquique hasta la Antártica incluyendo el Archipiélago de Juan Fernández e Isla de Pascua

Área de alimentación antárticas, aguas interiores de los fiordos patagónicos y del Estrecho de Magallanes, y un tercer lugar de alimentación se encuentra en el área de Chiloé y Corcovado, en Patagonia norte

Reporte: Dos de ballena jorobada (*M. novaeangliae*) con enredos en redes antipredadores (redes loberas) en granjas salmoneras desde 2007 (Espinoza-Miranda et al., 2020 y Bath et al., 2023)

Ballena jorobada:  
 i. Estado de ejemplar de sexo desconocido, encontrado muerto, en el Archipiélago de las Quilicas (Aysén) en 2017.  
 ii. Estado de ejemplar de sexo desconocido en el Canal Memory (Puelín), liberado por trabajadores en 2017.

Humpback Whale *Magaptera novaeangliae*

**Género**  
*Cephalorhynchus*

**En Chile**




Delfín de commersonii  
*Commersonia Doria*

Delfín de commersonii  
 Forma Kerguelen  
*Kerguelen Doria*

Delfín de Heaviside  
*Heaviside Doria*

Delfín de Héctor  
*Hector Doria*



Delfín chileno  
*Chilensis Doria*

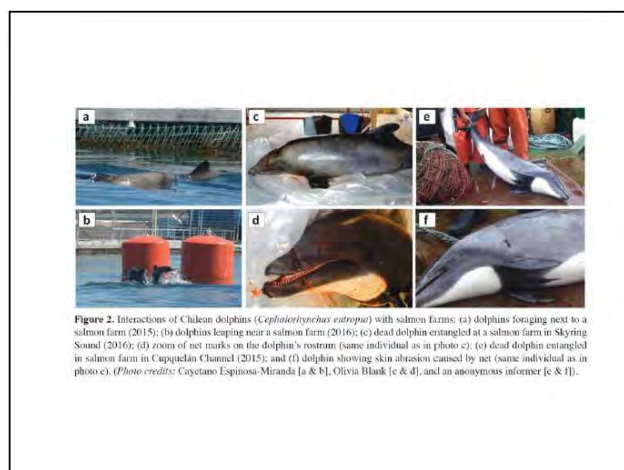
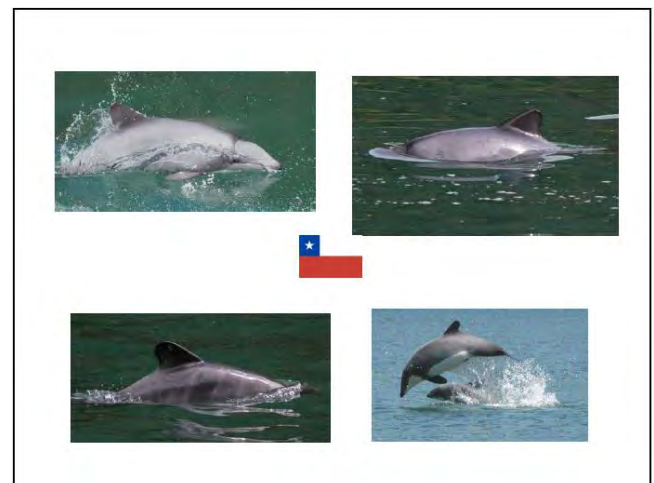
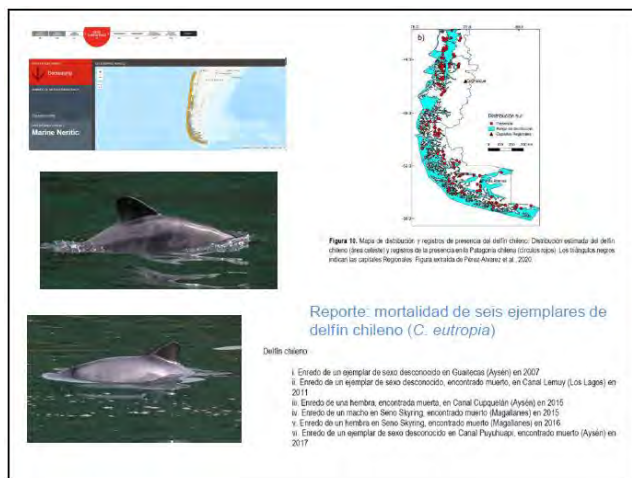




**Identificación**  
 -Color oscuro  
 -Comisura bucal, garganta y vientre blancos  
 -Frente de color gris claro  
 -Cuerpo pequeño y robusto  
 -Aletas dorsal grande y redondeada  
 -Aletas pectorales pequeñas y redondeadas  
 "Axila" de color blanco  
 -Banda oscura ventral une aletas pectorales  
 -Cintillo oscuro por detrás orificio respiratorio  
 -T A: 1.2 - 1.7 m (30 - 65 kg.)  
 -T C: desconocido

Estado de conservación: IUCN: Casi amenazada (CA),  
 RCE: Casi amenazada (CA) (XI-XII)

Familia *Delphinidae*  
*Cephalorhynchus eutropia*  
 Delfín chileno



**Identificación**

- Aleta dorsal triangular inclinada hacia atrás, ubicada en el tercio posterior
- Pequeños tubérculos dermales en la aleta dorsal
- Ausencia rostro
- Aparece negra en el mar

-T A: 1.4 - 2 m; 110 kg  
-T C: 85 cm.

**Familia Phocoenidae**  
**Marsopa espinosa**  
***Phocoena spinipinnis***

**POPULATION TRENDS**  
**Unknown**

**ISRA THREATENED?**  
**Yes**

**Adult**  
**Calf**



Presencia de tubérculos epidérmicos en aleta dorsal (prominente en marsopa espinosa).



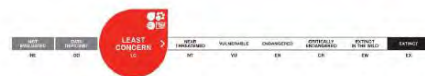
#### Identificación

- Rostro y mentón negro grisáceo
- Dorso básicamente oscuro
- Flancos de color blanco grisáceo
- Ventre y "axilas" de color blanco
- Banda blanca en flancos
- Dorsal prominente y falcada
- Cuerpo robusto; rostro corto
- "Bowrider" y acrobáticos
- T A: 2 - 2.2 m (115 kg.)
- T C: Desconocido

Familia *Delphinidae*  
Delfín austral  
*Lagenorhynchus australis*



Estado de conservación:  
IUCN: Preocupación menor (MP), RCE: Preocupación menor (MP)



#### Distribución y hábitat:

En Chile se extiende principalmente desde Valdivia (aprox. 38°S) hasta el cabo de Hornos

Tiende a ser más común en el sur, particularmente en los canales y fiordos de la Patagonia.



**Identificación**

- Color gris apagado
- Dorso mas oscuro
- Rostro corto y grueso
- Aleta dorsal prominente y falcada
- Cuerpo y cabeza robusta
- Frente redondeada
- Suele realizar "Bow-riding"
- T A: 1.9 - 3.9 m (150 - 650 kg.)
- T C: 85 - 1.3 m. (15 - 30 kg.)

**Estado de conservación:**  
IUCN: Preocupación menor (MP), RCE

Familia *Delphinidae*  
Tursiones  
*Tursiops truncatus*

Registros en Patagonia (Sanino & Van Waerebeek 2008, Olavarria et al. 2010, Viddi et al. 2010, Hucke-Gaete et al. 2021)

**Nota: Mapa desactualizado IUCN**



## TALLER DE DIFUSIÓN DE RESULTADOS

FIPA 2023-10 "Evaluación y análisis de nuevas tecnologías y/o sistemas para evitar la interacción con resultado de muerte o daño grave de mamíferos marinos con los centros de acuicultura de salmones"

RUIDO SUBMARINO ANTRÓPICO

Dr.-Ing. Alfio Yori  
Instituto de Acústica  
UACH





Proyecto FIPA 2023-10
Ruido Submarino Antrópico

### ONDA SONORA

Se define onda sonora como la propagación de una perturbación a través de un medio elástico, causando un desplazamiento de las partículas del medio y un cambio de presión en éste.











Proyecto FIPA 2023-10
Ruido Submarino Antrópico

### ONDA SONORA

El generador de la perturbación puede ser cualquier fuente que vibre, tal como un parlante, una cuerda de guitarra, la membrana de un tambor, nuestras cuerdas vocales, etc. El medio de propagación puede ser cualquiera medio que posea masa y elasticidad, tal como el aire, el agua, la madera, acero, vidrio, concreto, etc.

El medio de propagación, y la materia en general, se pueden considerar como compuestos por pequeñas masas unidas por una serie de resortes.



Proyecto FIPA 2023-10
Ruido Submarino Antrópico

### ONDA SONORA

La onda sonora se visualiza como una serie de compresiones y rarefacciones del medio elástico a través del cual viaja la energía sonora. En la onda existe transporte de energía sin transporte de materia.







Proyecto FIPA 2023-10

Ruido Submarino Antrópico

ONDA SONORA

Si tomamos una fotografía a la película anterior, podemos ver como varía la **presión sonora** con la distancia.

Proyecto FIPA 2023-10

Ruido Submarino Antrópico

ONDA SONORA

Ahora, si le damos movimiento otra vez, podemos ver como el sonido (onda de presión) viaja por el aire.

Proyecto FIPA 2023-10

Ruido Submarino Antrópico

ONDA SONORA

En esta película podemos ver cómo aumenta el número de oscilaciones por unidad del tiempo cuando el cuerpo vibra más rápido, lo que implica un aumento en la frecuencia del sonido emitido.

Proyecto FIPA 2023-10

Ruido Submarino Antrópico

ONDA SONORA SIMPLE

Una onda sonora simple se conoce también como "Onda Sinusoidal" o "Tono Puro", y es una onda sonora que está compuesta por solo una frecuencia. El Espectro de Frecuencia muestra el número de frecuencias que componen el sonido.

Proyecto FIPA 2023-10

Ruido Submarino Antrópico

ONDA SONORA COMPLEJA

Cuando el número de componentes de frecuencia es muy alto, el espectro de frecuencia comienza a verse como una curva continua.

Presión sonora  $p$

$p(t)$

Tiempo (s)

Espectro frecuencial

Frecuencia (Hz)

Proyecto FIPA 2023-10

Ruido Submarino Antrópico

ONDA SONORA COMPLEJA

Para cuantificar señales acústicas complejas se utiliza la presión RMS (root mean square), la cual es un promedio de la energía sonora contenida en un intervalo de tiempo determinado de la señal.

$p(t)$

Señal

Peak

Fast

Slow

$$p_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p(t)^2 dt}$$

Proyecto FIPA 2023-10

Ruido Submarino Antrópico

ONDA SONORA COMPLEJA - dB

En el caso de rangos dinámicos muy altos es conveniente el uso de escala logarítmica y niveles de presión sonora NPS o  $L_{p_{rms}}$

Presión sonora $p_{rms}$	Nivel de presión sonora, dB, re 20 $\mu Pa$	Situación
$2 \cdot 10^{-7}$	0	Mínimo perceptible
$2 \cdot 10^{-6}$	20	Bosque en viento
$2 \cdot 10^{-5}$	40	Biblioteca
$2 \cdot 10^{-4}$	60	Oficina
$2 \cdot 10^{-3}$	80	Calle con tráfico
2	100	Martillo neumático
$2 \cdot 10$	120	Despegue de avión a reacción
$2 \cdot 10^2$	140	Umbral del dolor

$$L_p = 10 \log \left( \frac{p_{rms}^2}{p_0^2} \right) \text{ dB}$$

Presión de referencia

aire:  $p_0: 2 \times 10^{-5} Pa = 20 \mu Pa$

agua:  $p_0: 1 \mu Pa$

Proyecto FIPA 2023-10

Ruido Submarino Antrópico

PROPAGACIÓN SONORA SUBACUÁTICA

Superficie océano

Fuente

Medio de propagación

Receptor

Nivel emitido  $L_s$

Modelo de propagación

- Modelos Teóricos
- Modelos Semi-empíricos
- Métodos de Cálculo Computacional

Nivel recibido  $L_R$

400



## PROPAGACIÓN SONORA SUBACUÁTICA

Para predecir el nivel a una distancia  $r$  de una fuente sonora, se utiliza la expresión

$$L_R = L_S - [TL(r)]$$

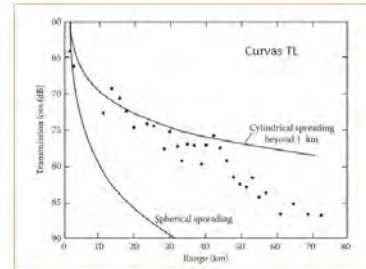
$$L_R = L_S - [N \log(r) + \alpha(r)] \text{ dB}$$

$L_R$ : Nivel en el receptor, dB re [1  $\mu$ Pa]  
 $L_S$ : Nivel de la fuente a 1 m, dB re 1 [1  $\mu$ Pa·m]  
 $N$ : razón de atenuación local  
 $r$ : Distancia desde la fuente, m  
 $\alpha$ : Absorción sonora, dB/Km

Los modelos teóricos de propagación consideran propagación esférica con  $N=20$ , para el caso de **aguas profundas** y puntos cercanos a la fuente. En presencia de **canales sonoros** se asume una propagación cilíndrica con  $N=10$ .



## PROPAGACIÓN SONORA SUBACUÁTICA



## PROPAGACIÓN SONORA SUBACUÁTICA

Debido a que el océano es un medio de propagación estratificado, donde la velocidad con que viaja el sonido depende de variables tales como presión, salinidad y temperatura, se producen fenómenos acústicos de propagación sonora que no ocurren comúnmente en el aire. Uno de estos fenómenos son los **canales sonoros**, los cuales se producen cuando existen un cambio de pendiente en el perfil o curva de velocidad.

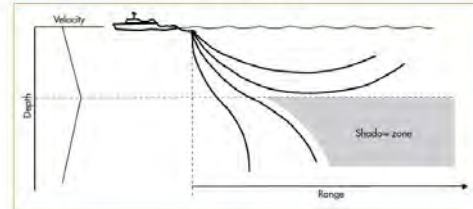


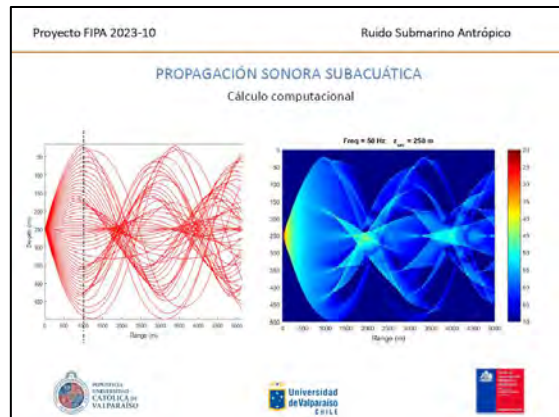
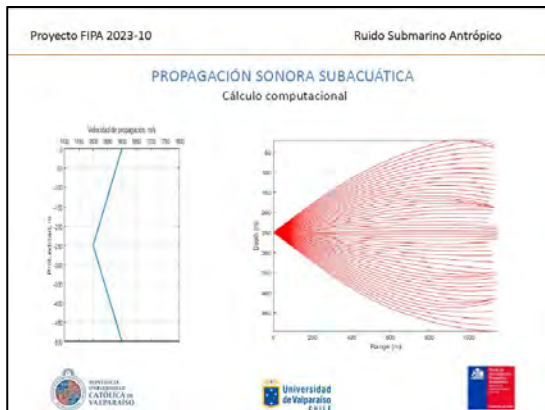
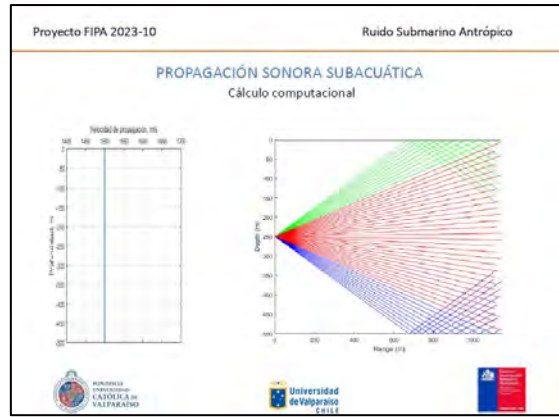
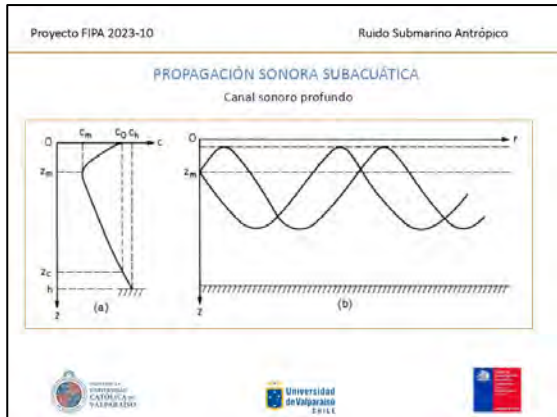
Estación del año  
 1.- Invierno  
 2.- Primavera  
 3.- Verano  
 4.- Otoño

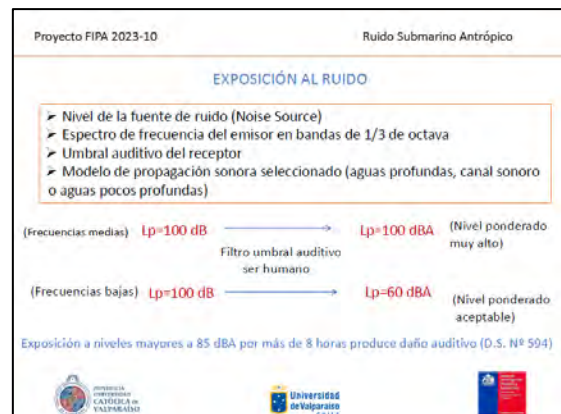
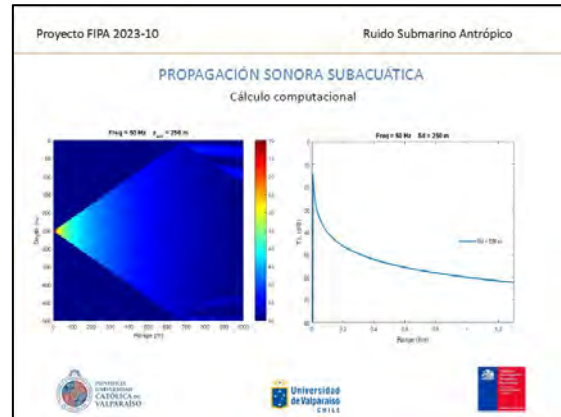
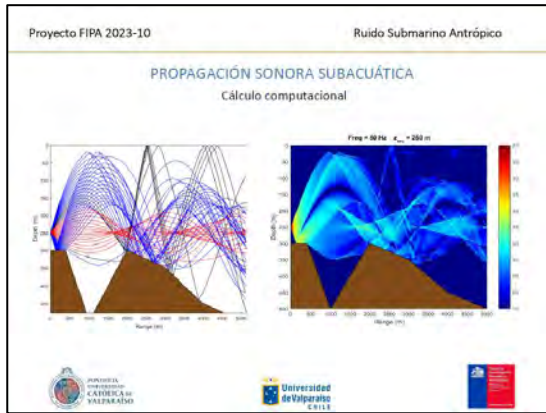


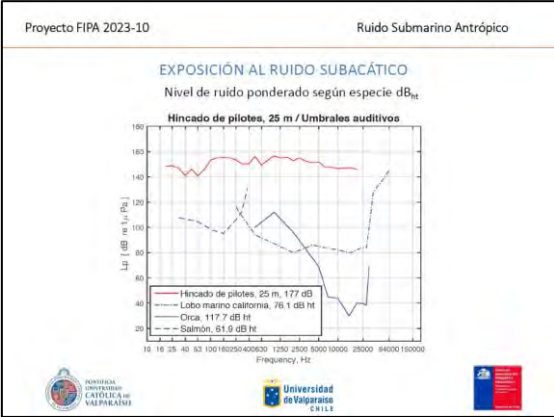
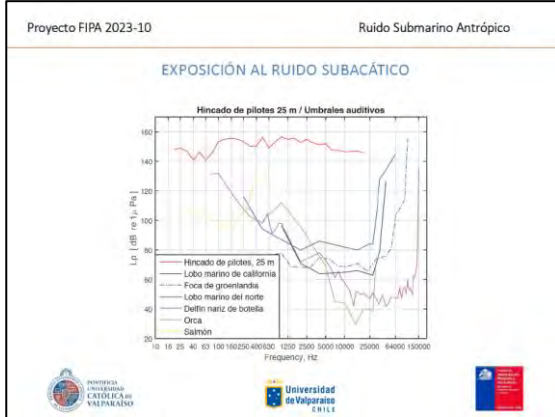
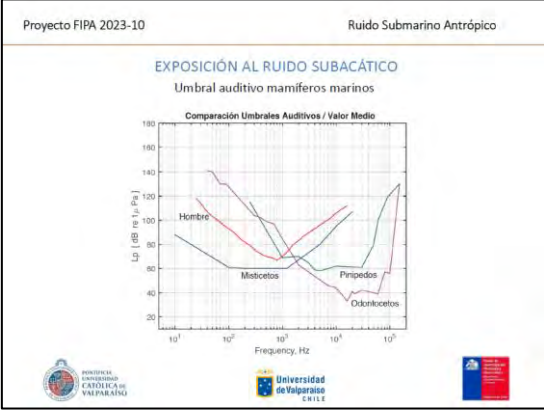
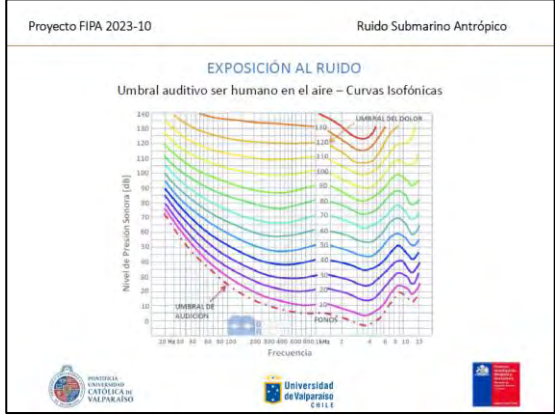
## PROPAGACIÓN SONORA SUBACUÁTICA

Canal sonoro superficial









Proyecto FIPA 2023-10

Ruido Submarino Antrópico

EXPOSICIÓN AL RUIDO SUBACUÁTICO

CRITERIO DE EXPOSICIÓN NOAA / NMFS 2018

Grupo	Ruido No-impulsivo		Ruido Impulsivo			
	Umbral TTS	Umbral PTS	Umbral TTS		Umbral PTS	
	SEL (ponderado)	SEL (ponderado)	SEL (ponderado)	peak SPL (ponderado)	SEL (ponderado)	peak SPL (ponderado)
LF	179	199	168	213	183	219
MF	178	198	170	224	185	230
HF	153	173	140	196	155	202
OW	199	219	188	226	203	232
PW	181	201	170	212	185	218

TTS: Cambio temporal del umbral auditivo.  
PTS: Cambio permanente del umbral auditivo.

Proyecto FIPA 2023-10

Ruido Submarino Antrópico

EXPOSICIÓN AL RUIDO SUBACUÁTICO

CRITERIO DE EXPOSICIÓN NOAA / NMFS 2018

Curvas de ponderación criterio NMFS 2018

Proyecto FIPA 2023-10

Ruido Submarino Antrópico

EXPOSICIÓN AL RUIDO SUBACUÁTICO

CRITERIO DE EXPOSICIÓN NOAA / NMFS 2018

Curvas de ponderación criterio NMFS 2018

Proyecto FIPA 2023-10

Ruido Submarino Antrópico

EXPOSICIÓN AL RUIDO SUBACUÁTICO

CRITERIO DE EXPOSICIÓN NOAA / NMFS 2018



## TALLER DE DIFUSIÓN DE RESULTADOS

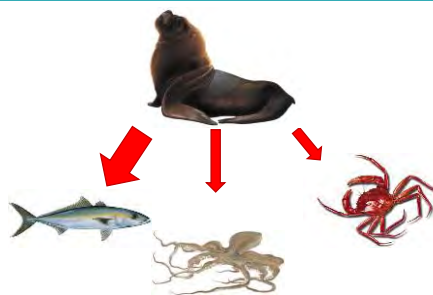
FIPA 2023-10 "Evaluación y análisis de nuevas tecnologías y/o sistemas para evitar la Interacción con resultado de muerte o daño grave de mamíferos marinos con los centros de acuicultura de salmones"

### Interacción entre el lobo marino común y la salmonicultura

Dra. Maritza Sepúlveda



## Lobo marino común como especie generalista y oportunista



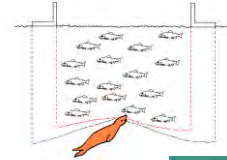
## Lobo marino común como especie generalista y oportunista



PESQUERIAS

SALMONICULTURA

## Evidencia de interacción con la salmonicultura



Agua Marina Research, 2015, No. 16(2): 1-10

doi:10.1016/j.aguamar.2015.07.001

### Interactions between South American sea lions *Otaria flavescens* (Shaw) and salmon farms in southern Chile

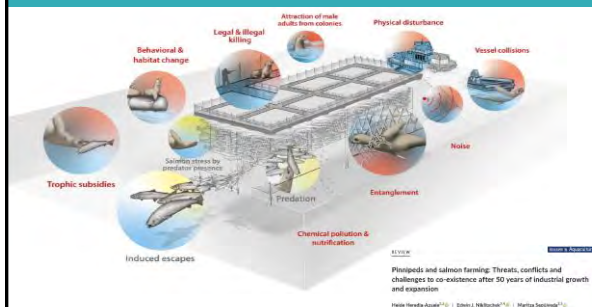
Maritza Sepúlveda & Doris Ojeda  
Facultad de Ciencias, Universidad de Valparaíso, Chile

### The predation of farmed salmon by South American sea lions (*Otaria flavescens*) in southern Chile

Juan Vilca, Doris Ojeda, and Maritza Sepúlveda

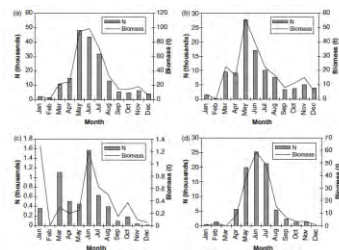
Vilca, J., Ojeda, D., and Sepúlveda, M. 2019. The predation of farmed salmon by South American sea lions (*Otaria flavescens*) in southern Chile. *ICES Journal of Marine Science* 87: 473-482.

## Evidencia de interacción con la salmonicultura



## Impactos del lobo marino común sobre la salmonicultura

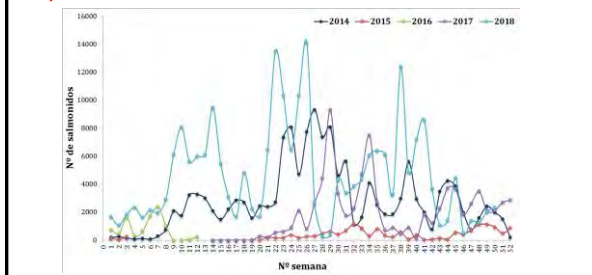
### 1. Depredación de salmónidos de cautiverio



Cantidad y biomasa de mortalidad de salmones debido a ataques de lobos marinos en 23 centros de cultivo en 1997: (a) total, (b) salmón del Atlántico, (c) salmón del Pacífico y (d) trucha arcoíris.

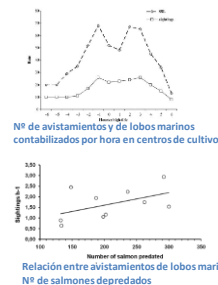
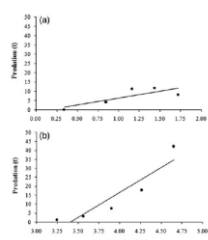
## Impactos del lobo marino común sobre la salmonicultura

### 1. Depredación de salmónidos de cautiverio



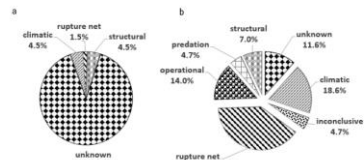
## Impactos del lobo marino común sobre la salmonicultura

### 1. Depredación de salmónidos de cautiverio



## Impactos del lobo marino común sobre la salmonicultura

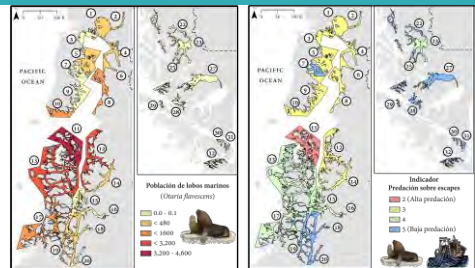
### 2. Escapes de salmónidos al medio



Canal analysis of equipment of farmed salmonids in southern Chile

Research article  
Canal analysis of equipment of farmed salmonids in southern Chile  
Sergio Pérez, Ana María, Teresa Pérez, María López, et al.

## Impactos del lobo marino común sobre la salmonicultura



Environmental risk assessment of non-native salmonid escapes from net pens in the Chilean Patagonia  
Diana Jara, Juan Carlos, Juan Carlos, Juan Carlos, et al.

## Impactos de la salmonicultura sobre el lobo marino común

### 1. Cambios en el comportamiento



## Impactos de la salmonicultura sobre el lobo marino común

### 1. Cambios en el comportamiento



ID	Proportion of time at-sea close to salmon farms (%)		
	1 km	5 km	10 km
CA-01	0.9	12.0	43.7
CA-02	0.5	14.5	67.0
CA-03	4.9	51.0	82.1
CA-04	8.5	39.0	74.4
CA-05	1.3	14.7	39.7
CA-06	2.1	15.2	65.2
CA-07	0.1	50.3	66.8
PI-01	22.8	97.9	99.4
All	3.5	41.7	69.1

PLOS ONE  
Using Satellite Tracking and Isotopic Information to Characterize the Impact of South American Sea Lions on Salmonid Aquaculture in Southern Chile  
María José, María José, María José, María José, et al.



## Impactos de la salmonicultura sobre el lobo marino común

### 2. Mortalidad



## Impactos de la salmonicultura sobre el lobo marino común



## Impactos de la salmonicultura sobre el lobo marino común

### 2. Mortalidad



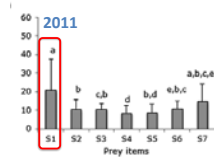
Figure 30: sea lion dead by entanglement in net/predator net

Sin embargo, se observó una alta tasa de mortalidad por enmallamiento en Chaicas: entre el 21 de mayo y el 6 de julio de 2008, se reportó un total de diez lobos marinos sudamericanos (SSL) muertos por enmallamiento. Ninguno de los cadáveres fue recuperado. El procedimiento habitual de los animales muertos consiste en que los buzos retiraron los cadáveres de las redes cortándolas, dejando que el cuerpo se hundiera y luego vuelvan a coser la red. Los buzos registraron su trabajo en un informe diario que se mantuvo junto con el libro de registro de producción. La evaluación de las muertes de los lobos marinos se realizó a través de entrevistas orales a los buzos y trabajadores de la piscicultura, además de la revisión de los informes de los buzos.

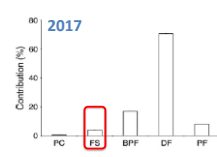
Vilata (2010)

## Impactos de la salmonicultura sobre el lobo marino común

### 3. Subsido trófico



Diet plasticity of the South American sea lion in Chile: stable isotope evidence  
Presented by: Ingrid Pérez, Bryan A. Gilman, Peter O'Brien, Mariana Tatten, and William Tatten

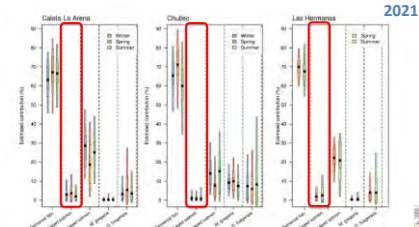


Spatial, temporal, age, and sex related variation in the diet of South American sea lions in northern Chile

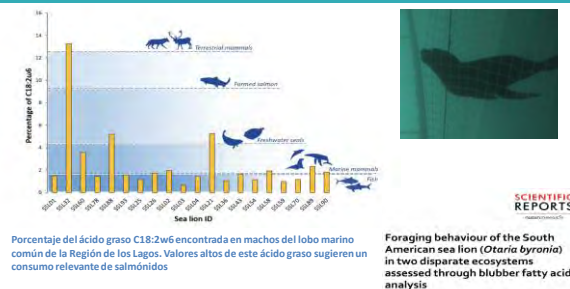
Martín Bertrando, Víctor Pérez, Mariana Tatten, Carlos de la Haza, Ingrid Pérez, Bryan A. Gilman, Peter O'Brien, Mariana Tatten, and William Tatten

## Impactos de la salmonicultura sobre el lobo marino común

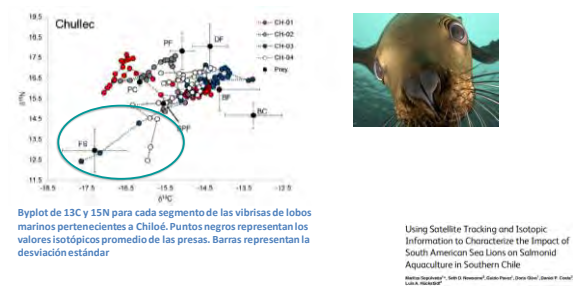
### 3. Subsido trófico



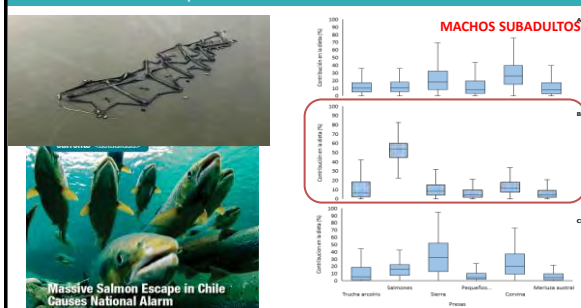
## Impactos de la salmonicultura sobre el lobo marino común



## Plasticidad trófica del lobo marino común

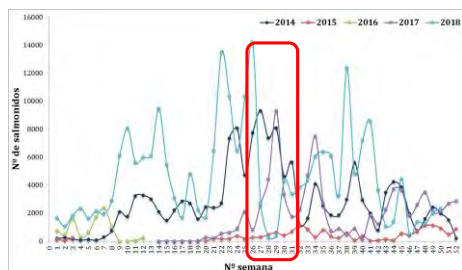


## Subsidio trófico – Escape de salmones

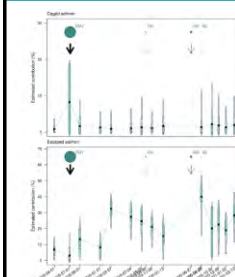


## Impactos del lobo marino común sobre la salmonicultura

### 1. Depredación de salmónidos de cautiverio



## Impactos de la salmonicultura sobre el lobo marino común



Biomasa promedio de los eventos de escapes de salmónidos reportados en Reloncavi entre 2018 y 2021 (círculos verdes). Se muestra la contribución promedio de los (a) salmónidos de cautiverio y (b) salmónidos escapados en la dieta del lobo marino común. Tamaño de círculos y flechas son proporcionales a la magnitud de los escapes.

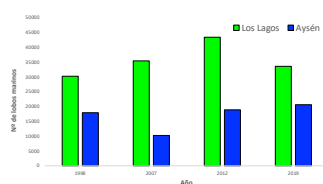
Informe de Seguimiento y Evaluación de Impactos Ambientales de la Salmonicultura en Chile

Informe de Seguimiento y Evaluación de Impactos Ambientales de la Salmonicultura en Chile



¿Existe un aprovechamiento real de la mayor disponibilidad de salmónes?

## Abundancia del lobo marino común



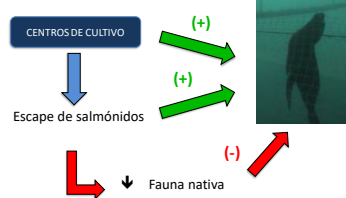
Variación temporal de la abundancia de lobos marinos comunes en las Regiones de Los Lagos y Aysén



¿Podemos asociar este incremento de abundancia a la salmonicultura?

## Subsidio trófico es tan positivo?

- ✓ Impacto positivo: Salmón como ítem importante de la dieta / incremento de peces en los alrededores de balsas-jaulas
- ✓ Impacto negativo: Relación negativa entre la abundancia de fauna nativa y presencia de centros de cultivo



## TALLER DE DIFUSIÓN DE RESULTADOS

FIPA 2023-10 "Evaluación y análisis de nuevas tecnologías y/o sistemas para evitar la Interacción con resultado de muerte o daño grave de mamíferos marinos con los centros de acuicultura de salmones"

Resultados generales de la revisión bibliográfica

Pedro Apablaza B.



## RESULTADOS GENERALES DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Búsqueda sistemática en diversos buscadores científicos especializados: ejemplo: Google Scholar, Web of Science (WOS), ScienceDirect, SCOPUS entre otros.

1. Búsqueda
2. Selección,
3. Análisis, y
4. Reporte.

Se identificaron un total de 313 documentos que contienen o hacen mención a Tecnologías de disuasión para mitigar interacciones entre mamíferos marinos y sistemas de cultivo en acuicultura, artes de pesca y otros.



Las tecnologías fueron agrupadas en seis grandes categorías en función a la temática :

- i) Tecnologías acústicas,
- ii) Cortinas de burbujas,
- iii) Redes antidepredadores,
- iv) Explosivos,
- v) Sonidos de depredadores y
- vi) otras tecnologías



La revisión reveló que para cada tecnología puede existir una amplia variedad de temáticas, incluso en un mismo documento, asociada a la disuasión de mamíferos marinos, sin ser el tema central la disuasión, pasando por meras menciones del método en documentos técnicos, por efectividad, pruebas de campo, otras aplicaciones, hasta extensas revisiones.

Tecnología/Dispositivo	Año					Total
	1971-1981	1982-1992	1993-2003	2004-2014	2015-2024	
Tecnología Acústica	1	6	26	87	112	242
Cortina de Burbujas	1	1	3	11	30	46
Redes Anti-depredación	0	3	6	11	18	38
Explosivos	2	6	7	13	12	40
Sonidos de Depredadores	3	0	3	9	6	21
Otras tecnologías	2	9	13	31	28	83

- Incremento en el interés por las tecnologías acústicas y cortinas de burbujas
- Sin embargo, con respecto a esta última tecnología, este incremento no este asociado al uso de las cortinas de burbujas como método de disuasión para mamíferos, sino como un método de protección para disminuir los efectos negativos del ruido submarino.

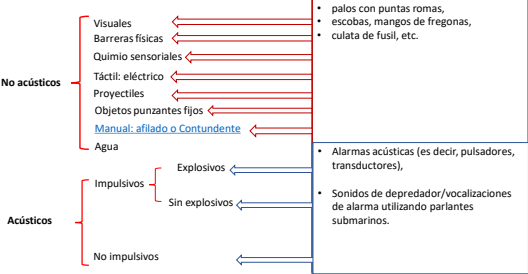


ASPECTOS GENERALES DE DISPOSITIVOS DE DISUASIÓN

Para hacer una entrega de manera más estructura de la información se han seguido las clasificaciones más recientes descritas por la NOAA y de la NMFS.

La NOAA (2020), en sus directrices para **disuadir de forma segura a los mamíferos marinos**, clasifica los elementos disuasorios en dos categorías: "no acústicos" y "acústicos"

Tipos de elementos de disuasión acústica y no acústica (Fuente: NOAA, 2020)



No todos los métodos y sistemas de disuasión mencionados anteriormente se encuentran en uso. Recientemente, el NMFS realiza la validación de los elementos disuasivos **no letales** para pinnípedos,

Disuasivos No Acústicos para pinnípedos validados por la NMFS (Long, 2021)

Visual	Barreras físicas	Táctil Eléctrica	Táctil Proyectil	Táctil manual	Táctil Agua
Cortina de burbujas	Barrera de contención, Barreras de curso de agua	Cercado eléctrico (en el aire)	Proyectiles de espuma disparados con pistola ad-hoc	Objetos romos, palos de escoba, mangos de mopas	Mangueras de agua, aspersores de agua, pistolas de agua
Luces intermitentes o estroboscópica	Barras horizontales, carriles	Escleras eléctricas de bajo voltaje	Proyectiles de pintura disparados con pistola ad-hoc		
Siluetas de depredadores	Cercado rígido (en el aire)		Granadas de esponja con lanza granada de mano		
Asistencia humana	Protector de escalón		Proyectiles romos, lanzados con honda		


Disuasivos acústicos para pinnípedos validados por la NMFS (Long, 2021)

Impulsivos: explosivos	Impulsivos: no explosivos	No Impulsivos: < 170 dB RMS
Proyectiles aéreos/luces artificiales	Objetos de percusión, dispositivos acústicos de banda ancha, o dispositivos generadores de pulsos cuando la visibilidad es mayor de 110 m	Alarms acústicas (pingers/transductores)
Generadores de ruidos (impactos), silbatos/whistles para pulgares.	Dispositivos acústicos series pasivos (cadenas o latas) colgantes	Predator, vocalizaciones de sonido/alarma utilizando parlantes submarinos
Espectra osos, lanzadores de bengalas tipo lipiz		Bocinas, airhorns, generadores de ruido sobre la superficie del agua y silbatos
Cañones de propano		
Lanza Proyectiles explosivos		
Bombas espantapájaros, bombas espanta focos, protección submarina cuando la visibilidad es mayor a 100 m		

Sistemas de disuasión No Acústicos

a) Visuales:

Dentro de los métodos de disuasión visual enunciados por la NOAA (2020) se tiene sistemas tan diversos como ballarines aéreos, banderas, molinetes, serpentinas, **cortinas de burbujas**, **luces intermitentes o estroboscópicas**, observadores a bordo, láseres, animales patrulleros (ej. perros embarcados), **formas de depredadores (figuras)**, **persecución por embarcaciones**, patrulla de embarcaciones y sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS).



Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Temporal	Sí	No / sí cuando se usan con sonido

Cortina de burbujas:

NO SON UN METODO DE DISUASION PARA MAMIFEROS MARINOS,

El uso de las cortinas de microburbujas en acuicultura, han sido aplicadas como sistemas contención de contaminante y control de plagas, destacándose el bloqueo de elementos contaminantes, tales como: bloom de algas, medusas, basura, derrames de hidrocarburos, entre otros.



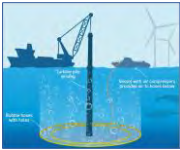




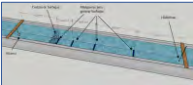




Los antecedentes evidencian que las cortinas de burbujas de aire se han **utilizado con éxito en varios proyectos de construcción para reducir el impacto del ruido submarino** (Irabor et al., 2023).




Recientemente, se ha destacado su potencial como barrera acústica, siendo evaluado su potencial de atenuación en canales de prueba o en condiciones controladas (Yori & Barros, 2021; Yori et al., 2023; Sosa et al., 2024).



Yori et al., (2023), destacan que el efecto de atenuación de la cortina frente a fuentes sonoras alcanza rangos dentro de frecuencia de respuesta auditiva de la mayoría de los mamíferos marinos y que la **reducción de la zona de influencia de las fuentes sonoras va desde un 78% hasta un 95% del radio de impacto.**

Por el potencial de reducir el impacto del ruido submarino en la biota marina por lo tanto, **las cortinas de burbujas se han propuesto como medida para mitigar los efectos adversos del uso de ADD's** (Irabor et al., 2023).



Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
N/A	N/A	Amortigua efectos

**Luces:**

La luz puede actuar como un elemento disuasorio para especies fotosensibles y pueden ayudar a percibir un peligro como son cabos, o redes de pesca.

Suele usarse en conjunto con otros sistemas de disuasión como los pingers con el fin de reducir las capturas incidentales en pesquerías artesanales con redes.

Las luces en las redes de enmalle son la única tecnología que hasta ahora ha resultado en reducciones significativas de la captura incidental en mamíferos marinos, aves marinas y elasmobrancos (Lucas & Berggren, 2023), además de las tortugas marinas (Cordova et al., 2020).

Los LED de color verde han mostrado una alta efectividad (entre 66% y 71%) en la disminución de captura de pequeños cetáceos en redes de deriva de superficie y redes de fondo en Perú (Bielli et al., 2020), y han sido incluidas en el Plan de Mitigación y Monitoreo Ambiental, donde se incluyen pequeños mamíferos como delfines y marsopas (Royal Haskoning, 2020)



Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Alta	N/A	NO

**Maniqués y formas de depredadores**

<https://www.youtube.com/watch?v=s1DKGzWRFAE>



Su efectividad suele ser de corto plazo; frecuentemente, los mamíferos se acostumbran a la mayoría de los disuasivos y eventualmente los reconocen como estímulos no amenazantes (Jamieson & Olesiuk, 2001; Bevan et al., 2002; Oliva et al., 2004; Sepúlveda & Oliva, 2005; Roberts, 2017).

Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Temporal	Sí	No/Sí


**Persecución con embarcaciones (Hostigamiento)**

Suelen estar acompañadas con el uso de otros métodos de disuasión:

Petardos, fuegos artificiales, bombas de focas etc. (Pemberton & Shaughnessy, 1993; Würsig & Gailey, 2002; Brown et al., 2007; 2008; 2009; 2011; Roberts, 2017; Tidwell et al., 2017; 2021).

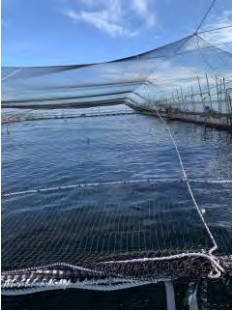
En centros acuícolas la persecución y ahuyentamiento del lobo marino común con embarcaciones menores buscan disminuir la interferencia de mamíferos con la actividad (Oliva et al., 2004).

Con el tiempo, este método es poco eficiente ya que los animales evitan las embarcaciones, o si se alejan regresan pronto (Oliva et al., 2004; Jamieson & Olesiuk, 2001), lo que indica habituación (van der Leeuw & Tidwell, 2022).



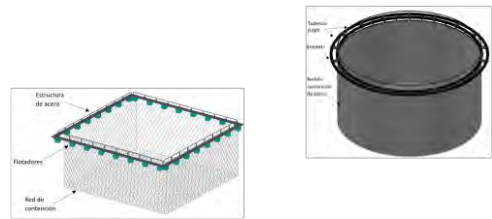
Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Variable	Sí	Stress/

**b) Barreras físicas:** Las barreras físicas impiden que un animal acceda a un área determinada. Existen muchas barreras, todas ellas con el mismo fin, incluye sistemas tan diferentes como **redes antipredadores**, barreras de contención/barreras fluviales, portones/barras espaciadas, sistemas para barras horizontales, vallado rígido en el aire, protectores de escalones de natación (NOAA, 2020), **redes superiores** o **red antipájaros**, redes o mallas en barandas, cercas alrededor de los pasillos, incluidos cercos eléctricos.

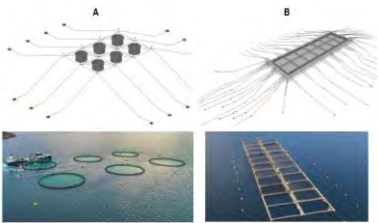


Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Alta	N/A	Hay algunos reportes

Red pecera

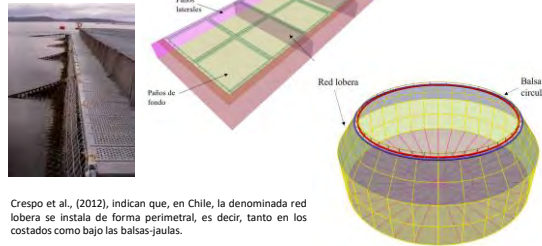


Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Alta	N/A	Sí, existen reportes



En Escocia, se ha encontrado que una tensión adecuada de estas redes es efectiva en disminuir la intensidad de la depredación, con lo que se elimina la necesidad de usar redes anti depredadores (Arnold, 1992).

Redes loberas



Crespo et al., (2012), indican que, en Chile, la denominada red lobera se instala de forma perimetral, es decir, tanto en los costados como bajo las balsas-jaulas.

Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Alta	N/A	Sí, existen reportes

Efectividad

En términos de su instalación:

Comúnmente estas redes **cuelgan desde los pasillos** de las balsas-jaulas, pasando por debajo de ellas (Cardia & Novatelli, 2015).

Se instalan hasta una altura variable, **por sobre el pasillo para evitar que el lobo marino pueda ingresar a las balsas por su sección superior**. Esta altura se ha indicado que en Chile es de 1,5 - 2 m por sobre el pasillo de la balsa jaula (Crespo, 2021), o entre 2 y 3 m sobre la superficie del mar en Nueva Zelanda (McConnell, 2014).


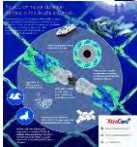
La separación entre la red antipredadores y la red pecera es considerada un **factor de importancia para prevenir la depredación de salmones**, por lo cual se intenta evitar que ambas redes se aproximen, facilitando que los lobos marinos empujen la red externa, muerdan pliegues o accedan a los peces de cultivo (Bell & Nash 2008).





### Materiales

En general la información indica tres tipos de materiales para la construcción de redes anti predadores: **i) Flexibles:** con fibras tradicionales tipo Poliamida o Poliester con nudo o con fibras de alta resistencia como Dyneema, **ii) Semirrigidas:** tipo HDPE, de Poliester tipo KikkoNet (Econet), de Polietileno con alma de acero tipo Garware o de Poliester endurecido tipo K-GRID y **iii) Rígidas:** metálicas de aleaciones de cobre o de acero.



Redes PET previenen fugas de peces y ataques de lobos marinos

Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Alta	N/A	Sí, existen reportes

En términos de impactos, se reconoce el riesgo potencial de enredos de pinípedos y otros mamíferos marinos (Caillier, 2018).

**En la industria salmonera, en Chile:**

Se han reportado mortalidades de cetáceos no cuantificadas por Oporto and Gavilán (1990) y de ocho ejemplares entre 2007 y 2017 (Espinosa-Miranda, 2020), en tanto entre 2022 y 2023 se informó un total de 26 ejemplares de lobo marino común muertos en granjas salmoneras.

En Australia (Tasmania), en la década de los noventa, se reportó enredos de delfines en redes antipredadores de granjas salmoneras, en donde varios casos habrían ocurrido entre la red antipredadores y la red pecera (Kemper & Gibbs, 2001).

En Canadá (Columbia Británica), se reportaron ocho enredos de ballenas jorobadas con centros de cultivo de salmones entre 2008 y 2021, de los cuales seis ocurrieron en redes anti predadores (Storlund et al 2024).

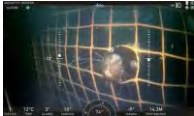
### Medidas de Mitigación

Ajustar tamaños de malla. Use anti-predator nets made of 210 ply and with an on-the-bar size of 6 cm. Schotte and Pemberton (2002)

Modificar materiales. Evitar materiales suaves que facilitan el enredo de mamíferos marinos, excepto plásticos o metálicos que parecen provocar menos enredos (wursig galey). Se ha mencionado como opción preferida las redes metálicas (cable) por su efectividad (Pemberton et al., 2021)

Mantener la tensión de la red, para evitar que red antipredadores se adhiera a la red pecera (Crespo et al., 2012)

Mantenimiento, reparación. Revisar y reparar la red continuamente, detectando y cerrando roturas (Crespo et al., 2012, Kemper & Gibbs, 2001)



En resumen, las redes antipredadores son una herramienta efectiva en la acuicultura para proteger los cultivos de peces, pero su éxito depende de una implementación adecuada, un mantenimiento regular y una integración con otras prácticas de manejo de depredadores.

**c) Quimiosensoriales:** Los métodos químicos buscan generar un condicionamiento aversivo, en este método se busca la aplicación de un estímulo desagradable o doloroso para entrenar a los animales a evitar un comportamiento específico (Kuljis, 1986; Jamieson & Olesiuk, 2001)

Este método fue probado con leones marinos en las esclusas Ballard en Canadá con poco éxito (Gearin et al., 1986, 1988). Una variación de este método es lanzar cloruro de litio directamente al pinnípedo por medio de dardos cuando éste consume un pez o ingresa a un área determinada (Pemberton et al., 1991), sin embargo, este puede ser un método **difícil de implementar** si el **número de ejemplares a condicionar es muy alto** (Jamieson & Olesiuk, 2001).

Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Variable	No hay antecedentes	Temporales

Sistemas de Disuasión Acústicos

a) **Acústicos Impulsivos:** Éstos corresponden a explosivos detonados bajo el agua, los que se han utilizado principalmente para dispersar a los pinnípedos (Oliva et al., 2004; Jamieson & Olesiuk, 2001).

**Impulsivos Explosivos:** La revisión bibliográfica evidencia el empleo de **bombas espanta focas y pirotecnia submarina** (Shaughnessy et al., 1981; Jamieson & Olesiuk, 2001). Éstos corresponden a explosivos detonados bajo el agua, los que se han utilizado principalmente para dispersar a los pinnípedos (Oliva et al., 2004; Jamieson & Olesiuk, 2001).



Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Moderada/alta ~ 60%	Presente	Si, existen algunos reportes.

Existen preocupaciones de que las bombas para foca puedan causar lesiones físicas a distancias cortas de menos de 4 m (Myrick et al., 1990) y lesiones auditivas a distancias mayores (Finneran, 2015; Wiggins et al., 2019). Kerr & Scorse (2018) han documentado lesiones traumáticas en leones marinos de California, aparentemente resultado de explosiones intraorales.



Debido a que las bombas para focas son explosivas, existe un peligro inherente de que exploten cuando están siendo manipuladas por personal de las granjas salmoneras (Jamieson & Olesiuk, 2001; Oliva et al., 2004).

Impulsivos No Explosivos:

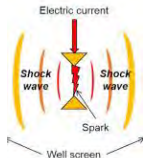
Los sistemas acústicos impulsivos no explosivos que se utilizan como disuasores de mamíferos marinos incluyen una variedad de dispositivos diseñados para producir sonidos fuertes y breves que ahuyenten a estos animales sin causarles daño.

Pulsed Power

En 1995, se llevó a cabo una prueba de campo utilizando un sistema de arco eléctrico, diseñado inicialmente para eliminar organismos incrustantes de los cascos de los barcos, en lobos marinos de California.

El prototipo PPD fue probado en lobos marinos de California en cautiverio (Finneman et al. 2003) y se encontró que era efectivo para disuadir de manera segura a los lobos marinos sin causarles daños permanentes en la audición.

La efectividad en campo del prototipo PPD aún no ha sido evaluada bajo un programa de monitoreo riguroso.



Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Funciona	???	No

No impulsivos

Vocalizaciones de sonidos de depredadores utilizando parlantes submarinos



Utilizado en conjunto con el modelo físico de una orca que se instala en las cercanías de los centros de cultivo.



La efectividad de las transmisiones de grabaciones de sonidos de depredadores, típicamente orcas, para disuadir mamíferos marinos es variable (Petras, 2003)

Cumming & Thompson, 1971; Anderson & Hawkins, 1978; Jamieson & Olesiuk, 2001; Würsig & Galley, 2002; Quick et al., 2003; Sepúlveda & Oliva, 2005; Scordino, 2010; Nunny, 2019; Pavés et al., 2022.

Respuestas observadas altamente variables y específicas del contexto, concluyendo que era muy posible que las llamadas de las orcas no sea un disuasivo confiable (Gordon et al., 2019; Thompson et al., 2020).



Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Variable Temporal hasta 0%	Presente	No/Cambios en comportamiento

No impulsivos

DISPOSITIVO DE DISUASIÓN ACÚSTICA

El término "**dispositivo de disuasión acústica**" se aplica a una variedad de dispositivos diferentes que, aunque difieren en sus características de emisión de sonido, tienen un propósito similar, correspondiente a **disuadir/alertar a los mamíferos marinos de un peligro/zona específica** (McGarry et al., 2022).

La mayoría emiten sonidos de frecuencia media a alta, las características acústicas de cada dispositivo difieren en cuanto a los niveles de sonido producidos, rango de frecuencia, patrón temporal/ciclo de trabajo y armónicos.



No impulsivos

DISPOSITIVO DE DISUASIÓN ACÚSTICA

Características y denominaciones de dispositivos disuasivos acústicos. Se indica Nivel de fuente (dB), frecuencia de operación (kHz)

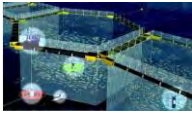
Característica	Denominación	Referencia
<185 dB re 1 µPa @ 1 m	DDA, Pingers	Todd & Jiang, 2018
>185 dB re 1 µPa @ 1 m	DHA	
150 dB re 1 µPa @ 1 m, 10 a 100 kHz	DDA	Madsen, 2005
>170 dB re 1 µPa @ 1 m, 5 kHz y 30 kHz	DHA	
<180 dB rms re 1 µPa @ 1 m, móviles, transitorios	DDA, Pingers	Nowacek et al. (2007)
>180 dB rms re 1 µPa @ 1 m, permanentes	DHA	

No impulsivos

DISPOSITIVO DE DISUASIÓN ACÚSTICA

Los Dispositivos de Hostigamiento Acústico (DHA) y Dispositivos de Disuasión Acústica (DDA)

Los DDA están diseñados para múltiples aplicaciones, incluyendo pesca, acuicultura, minería submarina y obras civiles, no obstante, su uso primordial es en pisciculturas (Schakner & Blumstein, 2013) y fueron **ampliamente utilizados a comienzos de la década de los 80's**; emite sonidos bajo el agua a **frecuencias fijas o aleatorias**, en promedio la intensidad del sonido es alrededor de 140 dB (Oliva et al., 2014).



Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Variable	Presente	Temporales/comportamiento
Temporal		to

No impulsivos

DISPOSITIVO DE DISUASIÓN ACÚSTICA

Durante la **década de los 90'** estos sistemas **se modificaron** con emisiones de sonido de hasta 240 dB, **debido a problemas de acostumbramiento**, lo que llevó al desarrollo tecnológico de los dispositivos, denominados **DHA** o "espantafocas", que podían **emitir sonidos que serían dolorosos para las focas y potencialmente también para otras especies** (McGarry et al., 2022), sin embargo, no sólo no produjeron el efecto esperado, sino que se ha planteado que este **sonido puede afectar a otras especies de mamíferos marinos** presentes en el área, particularmente cetáceos (Gordon & Northridge, 2002).

La investigación realizada por Sepúlveda & Oliva (2005) encontró que los DHA eran en su mayoría **ineficaces para los leones marinos sudamericanos**. De manera similar, el estudio de Baxter (2012) reveló que, si bien los DHA's pueden tener **efectos disuasorios a corto plazo** en el lobo fino de Nueva Zelanda, los animales aprenden rápidamente a tolerarlos.


Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Variable	Presente	Probable/SI/temporales y permanentes VHF
Temporal		

Impulsivo

DISPOSITIVO DE DISUASIÓN ACÚSTICA

Rocientemente, una nueva generación de disuasores acústicos se ha presentado en el mercado con el nombre de "Tecnología de Sobresalto Acústico Dirigido" (TAST, por sus siglas en inglés) fue desarrollada para proteger las granjas de salmones de la depredación de focas sin dañar a las mismas.

Los dispositivos TAST logran la especificidad del objetivo seleccionando una banda de frecuencia en la cual la sensibilidad auditiva de las especies, que no son la objetivo, es mucho menor que la sensibilidad de la especie objetivo (por ejemplo, focas) (Thompson et al., 2020).




Impulsivo

DISPOSITIVO DE DISUASIÓN ACÚSTICA

El diseño para dirigirse específicamente a un grupo de ejemplares, sin afectar a otras especies, se obtiene a partir de las diferencias en las sensibilidades auditivas interespecíficas (Götz & Janik 2016; Layman, 2023). Claramente esto exige tener un conocimiento acabado de las especies, vocalizaciones y audiogramas de las especies involucradas en el proceso de disuasión.

Langstein (2023) no se presentaría evidencia de acostumbramiento y el efecto del TAST parece atenuarse rápidamente con la distancia,



Efectividad	Acostumbramiento	Daño/Comportamiento
Alta > 85%	Probable a largo plazo	Probable/comportamiento en LF

OTROS DISPOSITIVO DE DISUASIÓN

Seals in for a shock from electric fish

Award-winning aquaculture supplier Ace Aquatrec has come up with a way of chasing off hard-of-hearing seals that aren't put off by acoustic deterrents. The company has developed an "electric fish" that gives a seal a shock when it touches it.



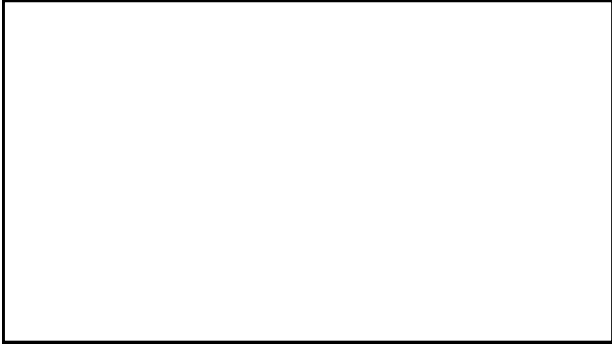
Entrenan a las focas y leones marinos a evitar los pasillos y jaulas de los criaderos de peces utilizando campos eléctricos y la respuesta de sobresalto.

Los Sistemas de Disuasión de Pinnípedos (PDS)

OTROS DISPOSITIVO DE DISUASIÓN



Problema observado	Problema observado	Problema observado	Problema observado	Problema observado	Problema observado	Problema observado
Control de ruido	NO	NO	NO	Manejo general	Exposición directa de ADD	
Locales	Alto en ruidos de escape para propulsión ADD	No	No hay evidencias	Tiempos muertos, delays, cambios de hora	Bajo costo	No hay pruebas en acústica
Formas de explotación	Variable/temperal	Si	Compartimentación, pérdida de modo de explotación	Reducción de		
Manejo de explotación	Variable, por la general tipo/temperal	Si	Exposición directa del modo, modo de explotación	Protegidos		Resumen de ADD: alto en ruidos de escape para propulsión ADD
Redes de explotación	Si	No	Manejo por equipos, propulsión, delays, delays, delays en la explotación	NO/Chorros, delays, delays en la explotación	Alto protección	Alto costo
Quemadores	Alto en ruidos de escape para propulsión ADD, alto en ruidos de escape para propulsión ADD	No	Temperales, manejo de ruidos, delays en la explotación	Protegidos		ADD de gestión en ruidos de escape para propulsión ADD
Explotación	Moderno alto y ADD	Si	Manejo de ruidos, pérdida de explotación temporal y permanente	Protegidos	Explotación	Ruidos de escape para propulsión ADD
Sistema de explotación	Variable/temperal	Si	Control de explotación, modo de explotación, delays en la explotación	Protegidos, controlados, manejo		Alto gestión de explotación temporal y permanente
ADD	Variable/temperal	Si	Manejo de ruidos, delays en la explotación, delays en la explotación			Efectos de explotación temporal y permanente
Explotación de ADD	Variable/temperal	Si	Manejo de ruidos, delays en la explotación, delays en la explotación	Controlados para ruidos		Efectos de explotación temporal y permanente
TST	Alto y ADD	Problema, L.E.C	Problema en ADD		Ruido menor de explotación	



Los rangos de desplazamiento permanente del umbral auditivo (PTS) y desplazamiento temporal del umbral auditivo (TTS) se refieren a las distancias dentro de las cuales los animales marinos pueden experimentar daños auditivos debido a la exposición al ruido.

Estos términos son cruciales para entender los impactos de los dispositivos de disuasión acústica (ADD) y otras fuentes de ruido en la fauna marina.

Desplazamiento Temporal del Umbral Auditivo (TTS)

Definición: El TTS es una forma de pérdida auditiva temporal. Ocurre cuando un animal está expuesto a niveles de sonido elevados por un periodo de tiempo, causando una elevación temporal del umbral auditivo (la menor intensidad de sonido que puede detectar).Recuperación: El umbral auditivo normalmente vuelve a su nivel original después de un periodo de tiempo sin exposición a sonidos intensos.

Rangos de TTS: Indican la distancia desde una fuente de sonido (como un ADD) dentro de la cual los animales pueden experimentar este efecto temporal. Por ejemplo, si un ADD tiene un rango de TTS de 5 km para cetáceos de muy alta frecuencia, esto significa que los animales dentro de esa distancia pueden sufrir un TTS debido a la exposición al sonido del ADD.

## TALLER DE DIFUSIÓN DE RESULTADOS

FIPA 2023-10 "Evaluación y análisis de nuevas tecnologías y/o sistemas para evitar la Interacción con resultado de muerte o daño grave de mamíferos marinos con los centros de acuicultura de salmones"

Mauricio Ahumada E.



Evaluación y análisis de nuevas tecnologías y/o sistemas para evitar la Interacción con resultado de muerte o daño grave de mamíferos marinos con los centros de acuicultura de salmones (FIPA N° 2023-10)

**JUSTIFICACIÓN:** Generar medidas de mitigación que disminuyan o impidan posibles interacciones de mamíferos marinos con los centros de cultivo. Evitar la mortalidad, daños graves o cualquier acción que pueda ser perjudicial en su interacción directa con redes, cabos o cualquier parte de la infraestructura de los centros

Necesidad de levantar información tanto a nivel nacional como internacional, respecto del uso de tecnologías y/o sistemas para evitar el ingreso o acercamiento de los mamíferos marinos a los centros de cultivo. Dicha información permitirá a la Subsecretaría contar con mayores herramientas para la evaluación ambiental de proyectos y, a su vez, realizar los ajustes regulatorios pertinentes

**OBJ. GENERAL:** Evaluar distintas alternativas existentes a nivel nacional o internacional sobre tecnologías y sistemas que permitan evitar las interacciones con resultado de muerte o daño grave de mamíferos marinos con las actividades de salmonicultura.

### OBJ 1

Analizar la bibliografía nacional e internacional respecto de tecnologías y sistemas que utiliza o se puedan utilizar en el cultivo de peces en balsas jaulas, para evitar la interacción con resultado de muerte o daño grave de los mamíferos marinos con los centros de cultivo

### OBJ 2

Realizar un análisis de las ventajas y desventajas de los diferentes sistemas y tecnologías disponibles, enfocado a los efectos en los mamíferos marinos, recogiendo las opiniones de expertos nacionales e internacionales sobre el uso de las distintas tecnologías y sistemas

### OBJ 3

Evaluar y proponer las mejores alternativas tecnológicas y/o de sistemas para evitar la interacción con resultado de muerte o daño grave de los mamíferos marinos, incluyendo un análisis económico de los costos de implementación para las distintas tecnologías o sistemas seleccionados

### OBJ 1 Recopilación de información

- ✓ TECNOLOGÍAS/SISTEMAS EVITAR INTERACCIÓN DE MM
- ✓ DISUASIVOS ACÚSTICOS
- ✓ DISTRIBUCIÓN DE MM EN ZONAS ADYACENTES A CENTROS
- ✓ TECNOLOGÍAS DISUASIÓN (TD)

### OBJ 2 Análisis

- ✓ OPINIÓN TÉCNICA TIPOS INTERACCIÓN Y DESEMPEÑO TD
- ✓ EFECTO SONIDO, UMBRALES DE RUIDO, CONOCIMIENTO TD, INCIUDAD Y TIPOS DE INTERACCIÓN

### OBJ 3 Evaluación y propuesta

- ✓ COSTOS ASOCIADOS

- ✓ PRINCIPALES FORTALEZAS Y DEBILIDADES
- ✓ PRIORIZACIÓN ALTERNATIVAS

- ✓ REVISIÓN DE LITERATURA
- ✓ JALOS DE CENTRO
- ✓ PROVEEDORES DE EQUIPOS
- ✓ INVESTIGADORES U. SAINT ANDRÉS (UK)

PROPUESTA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA MEJOR

## TALLER DE EXPERTOS

Nombre	Institución
Maritza Sepulveda	Universidad de Valparaíso
Maria José Pérez Álvarez	Universidad de Chile
Alfio Yori	Universidad Austral de Chile
Iván Hinojosa	Universidad Católica de la Santísima Concepción
Susannah J. Buchan	Universidad de Concepción
Carlos Felipe Hurtado	Pont. Univ. Católica de Valparaíso

## Principales hitos:

Inicio: 14/09/2023  
Aprobación Informe de Avance: 22/03/2024  
Aprobación Pre Informe Final: 13/12/2024  
Entrega Informe Final: 13/01/2025

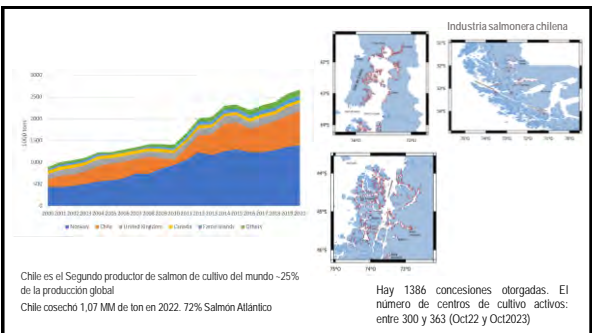
## Agenda del Taller:

09:10. Bienvenida y presentación  
09:15. Susannah Buchan. La acústica y los cetáceos  
09:50. María José Pérez-Alvarez. Los cetáceos en la Patagonia chilena  
10:15. Alfio Yori. El ruido submarino antrópico  
10:50. Maritza Sepulveda. Interacción lobo marino común-salmonicultura  
11:25. Presentación Pedro Apablaza. Resultados revisión métodos disuasión  
12:10. Presentación Mauricio Ahumada. Análisis de casos y taller de expertos  
12:55. Consultas y discusión  
13:10. Cierre

## TALLER DE DIFUSIÓN DE RESULTADOS

FIPA 2023-10 "Evaluación y análisis de nuevas tecnologías y/o sistemas para evitar la Interacción con resultado de muerte o daño grave de mamíferos marinos con los centros de acuicultura de salmones"

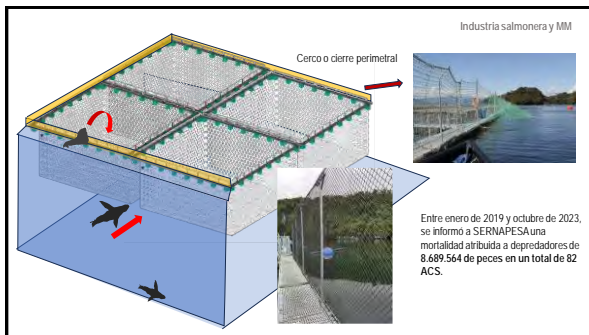
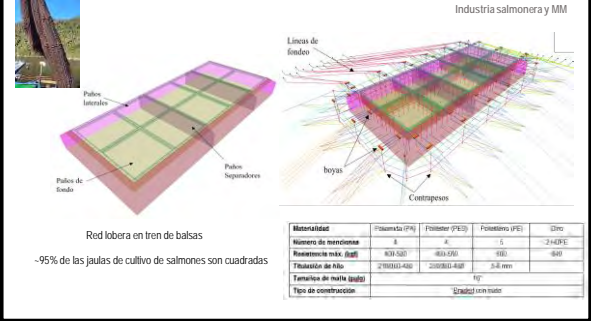
Análisis de casos y taller de expertos - Mauricio Ahumada E. (PUCV-TECPES)



Decreto Supremo N°125 de 2019 modifica Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA) - Art 4

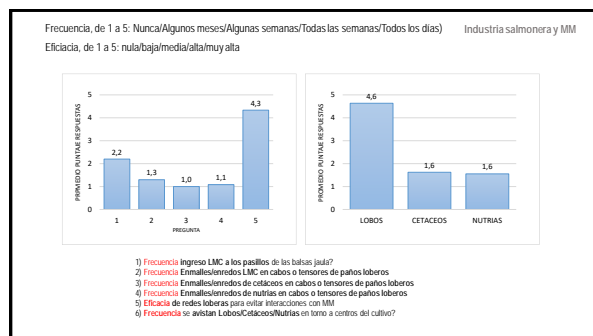
"Todo centro de cultivo de salmonídeos ubicado en río, estuario o mar deberá instalar alrededor de las redes peceras y en todo su perímetro, una red que deberá estar elaborada de un material y resistencia tal que permita evitar o minimizar los enmalles de mamíferos marinos en las redes peceras y el escape de ejemplares en cultivo producto de la ruptura de las redes peceras por parte de estos organismos. Esta obligación no será exigible a los centros de cultivo que dispongan de redes peceras cuyo material y resistencia sea tal que permita evitar o minimizar los enmalles de mamíferos marinos y el escape de ejemplares en cultivo producto de la ruptura de las redes"

"sustituida o complementada por la implementación de un método o técnica que, cumpliendo el mismo objetivo, sea establecida por resolución de la Subsecretaría."









Industria salmonera y MM

### Caracterización de Interacciones

- Enmallados en la red lobera
- El ingreso de LMC principalmente por roturas de la red lobera, debido a desgaste por roces (eg. debido a maniobras de embarcaciones), debido a que la muerden o empujan hasta romperla o aprovechando su baja tensión o la existencia de corrientes fuertes.
- Igualmente trepan al pasillo de la jaula por sobre la red lobera, en especial en puntos en que los cercos perimetrales se encuentran sueltos.
- Percepción enmallamiento ocasional, evento raro, más en el pasado.

Industria salmonera y MM

### Delfín chileno (ejemplares muertos):

- Enredo de un ejemplar de sexo desconocido en Guallecas (Aysén) en 2007
- Enredo de un ejemplar de sexo desconocido, en Canal Lemuy (Los Lagos) en 2011
- Enredo de una hembra, en Canal Cupquelán (Aysén) en 2015
- Enredo de un macho en Seno Skyring (Magallanes) en 2015
- Enredo de un ejemplar de sexo desconocido en Canal Puyuhuapi (Aysén) en 2017

### Ballena jorobada:

- Enredo de ejemplar de sexo desconocido, encontrado muerto, en el Archipiélago de las Guallecas (Aysén) en 2007.
- Enredo de ejemplar de sexo desconocido en el Canal Memory (Aysén), liberado por trabajadores en 2017.

### Seis delfines chilenos (*C. eutropia*)

### Dos de ballenas jorobadas (*M. novaeangliae*)

### Varamiento dos ballenas sei (*B. borealis*) (Aysén)

### \*\*Dos ballenas jorobadas (Aysén-Cupquelán y Magallanes-Seno Glacier)

Industria salmonera y MM

Marcas de mallas y/o reportados adosados a redes loberas

Enmalle ballena jorobada

Enredo cabos/cadena ballena sei

### Interacciones

- La interacción con el LMC es la que presenta mayor frecuencia y es percibida como de mayor importancia por la industria.
- La industria ha incorporado medidas tecnológicas (redes loberas, otras) y generado sugerencias de buenas prácticas para minimizar interacciones con LMC.
- La autoridad ha establecido obligatoriedad de uso de redes antidepredadores, con excepciones, el reporte de interacciones/avistamientos de MM.
- Hay datos que indican mortalidad de LMC, principalmente por enmallamiento en redes loberas, con disminución respecto a mediados de la década de 2000 por reducciones en tamaños de malla a 10 plg.
- En 2022 y 2023 el enmallamiento correspondió principalmente juveniles de LMC.
- Se han reportado modalidades de interacciones de LMC: nocturnos, estacionalidad, por roturas de mallas loberas o accediendo al pestillo de balsas jaula.
- Hay reportes de interacciones con cetáceos (8+2 caso reportados) con tres especies en lapso de diez años: delfín chileno, ballena jorobada y ballena sei. Hay indicios de enmallamiento de delfines y de enredos en cabos/cadenas en ballenas.

### a) Disuasivos acústicos en UK (Escocia)

- 22 especies de mamíferos marinos, incluyendo siete cetáceos de presencia común
- 73% de las granjas de cultivo escocesas se ha registrado depredación por focas, estimándose que la acción de depredadores es la causa del 17,5% de los escapes (88.000 salmónes) entre 2009 y 2012
- 14 grupos y de *P. vitulina* de 157.300 y 37.200 ejemplares en Escocia

Foca gris (Grey Seal, *Halichoerus grypus*)Foca común o moteada (Harbour seal, *Phoca vitulina*)

En Escocia, durante 2018 los ataques de focas generaron una mortalidad de 525.000 salmónes, correspondientes a 861 ton de biomasa



Fuente: Scottish Salmon  
<https://www.salmonscotland.co.uk/reports/seals-in-scotland>

Control por Disparos (Hasta 2021). 329 licencias en 2020 para matar un total de 104 focas

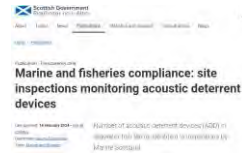
### Redes antidepredadores, Dispositivos Acústicos (DDA)

- Fines años 80: redes anti predadores en 85% centros, DDA y disparos.
- En década años 2000: Poco uso de redes antidepredadores. Uno de 136 centros en 2010.
- Entre 2014 y 2019 entre el 58% y el 71% de los centros utilizo DDA (Aimar, Terecus, AceAqualtec)
- El uso de redes antidepredadores ha aumentado del 20% de los centros (2016) a 40% en 2020. Es probable se confunda con el uso de redes peceras de HDPE (Thompson, 2021)

Licenses granted by Marine Scotland and seals shot



- Principal preocupación de efecto de los DDA se enfoca en la marsopa común (*Harbour porpoise*) (*Phocoena phocoena*)
- Todos los cetáceos son Especies Europeas Protegidas (EPS) (Conservation (Natural Habitats, &c.) Regulations, 1994)
- Es delicto capturar, herir, matar o acosar deliberada o imprudentemente un animal silvestre considerado EPS sin que se posea una licencia específica
- La Autoridad Escocesa reconoce que los DDA pueden perturbar EPS, por ejemplo, delfines y marsopas.
- Un DDA que perturba o molesta a EPS sólo puede ser utilizado si el operador posee una licencia EPS, excepto si es posible demostrar que el equipo no perturba especies protegidas

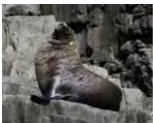


En 2023, de un total de 51 sitios de cultivos inspeccionados, se detectó la presencia de DDA en dos centros de cultivo, ninguno de ellos en uso, mientras que en 2022, en 112 centros inspeccionados no se detectaron DDA en uso

#### Tendencias principales

- Busqueda de alternativas basadas en barreras físicas (dobles redes, anti depredadores)
- Innovación en nuevos materiales de redes anti depredadores

#### b) Situación de disuasivos acústicos en Australia



Australian fur seal  
(*Arctocephalus pusillus*)



New Zealand fur seal, Long-nosed Fur Seal o Koroheke  
(*Arctocephalus forsteri*)

Pérdidas estimadas en un 10% de los costos de producción. Entre 2000 y 2002 de A\$11,5 MM and A\$12,1 MM

Población de  
92.000 ejemplares *A. pusillus*  
57.000 ejemplares *Arctocephalus forsteri*

Entanglements can occur in anti-predator nets or when seals become trapped between an anti-predator net and the adjacent cage net (Kemper *et al.*, 2003). Individual seals usually attempt to access pens at night, and do not appear to be influenced by the size or species of fish in pens.

Año	Medida
1985-1995 principalmente 1987/88	Disparos
1987-2001	Redes anti depredadores
1986-2001	Seal crackers
1999-2001	Defensas eléctricas
1990-2001	Trampas y liberación en el centro de cultivo
1990-2001	Trampas y relocalización
1990-2001	Persecución con botes
1985-2001	Dispositivos acústicos de acoso
1995-2001	Redes tratadas
1987/88	Pruebas de aversión al Cloruro de Litio

"The only effective protection is to exclude seals from the immediate vicinity of fish pens by strategic site placement, regular gear maintenance and physical barriers using appropriate net designs and construction materials"



Relocalizaciones:

- Entre 1997 y 2001 se reportaron 1.441 relocalizaciones, correspondientes a un total de 667 ejemplares. Entre 1990 y 2000 el 52% de los ejemplares habían sido capturados mas de una vez

"Disuasivos de lobos marinos"


Desde 1986, de utilizan "Seal crackers", reportados como efectivos bajo un uso apropiado, aunque se reconoce que los animales podrían presentar acostumbramiento


Legislación interna norma su empleo

Certificadora (ASC) rechaza su empleo, asimilándolos a DDA

84.035 unidades entre 2018 y 2021


22.751 unidades entre 2021 y 2023. Seal crackers (98,3%)





Barreas físicas

- Cierres perimetrales
- Redes antipredadores
- Hay una norma legal que detalla medidas de exclusión que deben adoptarse (tipo, medidas, características por tipo de balsa jaúa)



MINIMUM REQUIREMENTS 2018A

FOR THE MITIGATION OF SEAL INTERACTIONS WITH AQUACULTURE STAFF AND INFRASTRUCTURE IN TASMANIA

Análisis de casos

Dispositivos disuasivos de focas. Si hay riesgo inaceptable para el personal de la concesión o de interferencia con la infraestructura de cultivo. Sujeto a las condiciones y limitaciones indicadas en el Minimum Requirements 2018A y de permisos relevantes:

MINIMUM REQUIREMENTS 2018A

FOR THE MITIGATION OF SEAL INTERACTIONS WITH AQUACULTURE STAFF AND INFRASTRUCTURE IN TASMANIA


SEAL MANAGEMENT FRAMEWORK 2018

FOR THE MITIGATION OF SEAL INTERACTIONS WITH AQUACULTURE STAFF AND INFRASTRUCTURE IN TASMANIA

Tendencias principales:

Innovación en diseño, redes antipredadores

Reportes periódicos de mortalidad de mamíferos marinos a la Autoridad. Información pública de empresas




→ Wildlife safety

→ Employee safety

→ Stock security

→ Reduced environmental impact

→ Reduced economic losses






Figure 4. Dimensions for a 100m diameter pens (Source: Huon Aquaculture 2019)

The net material is Ultra High Strength Polyethylene (UHPPE):

1) Containment UHPPE: 15mm or 30mm mesh knotless net

2) Predator (Bait) UHPPE: 60mm mesh net not supported by flexible bait poles

3) Predator (Bait and Shark) UHPPE: 120mm mesh, double knotted predator net, extending around the inner net and 2.0m above the water

https://dashboard.huonaqua.com.au/environment/wildlife

Análisis de casos

Aquaculture Facility Certification

BAP Farm Standard

Issue 3.0 - 01 March 2023

BAP Aquaculture Framework

Certification Standards, Guidelines

ASC Salmon Standard

Version 1.4

Issue Date: September 01, 2022

Effective Date: February 01, 2023

- At marine net pen sites, the WPP shall include documentation to show that any acoustic harassment devices used are approved by regulators through a review of environmental impacts with specific reference to endangered, protected, threatened or cetacean species in the area. Such devices shall not be deployed if the review indicates they can adversely affect these species.
- At marine net pen sites, the farm may only use acoustic harassment devices to control predators if independent expert opinion verifies that their use will not harm endangered, protected or threatened species or any cetaceans, and if they are legally approved and/or permitted for use.

Los DDA deberían estar aprobados por reguladores mediante una revisión de impactos con referencia específica a especies ETP. Se requiere opinión experta independiente

Given the impacts associated with ADDs/AHDs and the availability of other, potentially less impactful and more effective deterrence practices, the requirements ensures that farms do not use ADDs/AHDs. An exception to this requirement for new technologies may be granted by the Technical Advisory Group of the ASC if there is clear scientific evidence that future ADD/AHD technology presents significantly reduced risk to marine mammals and cetaceans.

Prohibe DDA, podria entregarse excepción si hay evidencia clara a futuro que tecnología presenta riesgos reducidos para MM y cetáceos

Análisis de casos

Principales conclusiones

- La principal preocupación de los productores es la interacción con pinnípedos: lobos marinos o focas. Los datos disponibles sobre interacciones con cetáceos (enredos) indican pocos eventos aunque impactan poblaciones con problemas de conservación o con estimados de abundancia desconocidos (eg. delfín chileno, ballena azul).
- La industria ha adaptado sus medidas de control desde técnicas letales (disparos) a medidas de menor impacto hasta inicios de década de 2020, app: redes antipredadores en Chile, DDA en Escocia, Relocalización y "Disuasivos submarinos" (eg explosivos) en Australia.
- Actualmente, los DDA en Escocia y medidas de manejo en Australia enfrenta restricciones legales (eg efecto de DDA en cetáceos), críticas respecto de su efectividad o externalidades (relocalización), prácticas amplio escrutinio público (prensa, ONG, otros) y obstáculos con Certificadoras (prohibición ASC, autorización con condiciones BAP).
- En Australia y Escocia se ha avanzado en el uso de redes dobles o redes antipredadores como alternativa, considerando la incorporación de nuevos materiales. En Escocia se ha avanzado en el desarrollo de nuevas tecnologías de DDA de baja frecuencia.

Análisis de casos

429

## TALLER DE EXPERTOS

Esquema de trabajo

**OBJETIVO:** Seleccionar las mejores alternativas tecnológicas y/o de sistemas para evitar la interacción con resultado de muerte o daño grave de los mamíferos marinos en la salmonicultura



1. IDENTIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS
  - a) Discusión de revisión de las tecnologías
  - b) Concepto de daño grave
2. FODA - ANÁLISIS INTERNO (FyD) DE LAS TECNOLOGÍAS
  - a) Análisis de las F y D
  - b) Priorización de las F y D
3. COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS MEDIANTE MULTICRITERIO Proceso Analítico Jerárquico (AHP)
  - a) Definición del problema.
  - b) Identificación e identificación de criterios.
  - c) Priorización de las tecnologías según criterios



Identificación de tecnologías

Dispositivo	Efectividad	Acostumbramiento	Possible efecto adverso	Ventaja	Desventaja
Cortina Burbuja	N/A	N/A	N/A	Disminuye efecto de DGA	
Luces	Alta pesca enmallada pequeños MM	No	No hay evidencias	Bajo costo	No hay pruebas en acuicultura
Formas depredadores	Variable-temporal	Si	Comportamiento		
Hostigamiento	Variable, por lo general baja/temporal	Si	Enmascara, sonido, escucha y estrés		24/7, muy intensivo para ser efectivo
Redes anti-depredadores	Alta	No	Muerte por Enredos	Alta protección	Alto costo
Quimiosensoriales	Alta	No	Temporales, molestias físicas		Difícil de aplicar a n elevado de ptop.
Explosivos	Moderada-alta > 60%	Si	Muerte, daño físico	Económico	Riesgos animal y personas
Sonidos de depredadores	Variable-temporal	Si	Cambios de comportamiento		Pierde efectividad tras uso prolongado
DHA	Variable-temporal	Si	En MM VHF		Efectos negativos en MM
DDA	Variable-temporal	Si	Probable		Efectos Negativos probable
TAST	Alta > 85%	Probable, S.E.C	En MM LF		Ruido menor de afectación

Identificación de tecnologías

### Daño grave

La Marine Mammal Protection Act (MMA) habla de **daño físico** (grave o no grave = serious o non-serious injury) y de **acoso** (harassment). Ver Process for Distinguishing Serious from Non-Serious Injury of Marine Mammals, en donde un **daño físico grave es cuando hay mas de un 50% de probabilidad de muerte** ([https://media.fisheries.noaa.gov/2022-02/02-238\\_Policy%20Renewal\\_ready%20for%20Col%20signature%20-%20signed.pdf](https://media.fisheries.noaa.gov/2022-02/02-238_Policy%20Renewal_ready%20for%20Col%20signature%20-%20signed.pdf))

Daño auditivo permanente o temporal (PTS, TTS), cambio conductual (Umbral acústicos NOAA)

### Acoso

Ley 20.293. "Art2.- 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.

Identificación de tecnologías

	BH	AY	MJP	MS	SB	FH
Cortina de burbujas						
Luces						
Formas depr.						
Hostigamiento						
Redes anti depr.						
Químicos sensoriales						
Explosivos						
Sonidos de depredadores						
DHA/DDA/TAST						
Eléctrico						
Pingers						

Sin evidencia/ falta investigación
Complementaria
Sin aptitud
Con aptitud/ con cumplimiento NOAA-NMFS

Alternativas tecnológicas

AT1. Redes antidepredadores de mayor resistencia (ej. flexibles con alma de acero, materiales de alta resistencia, semirrigidos o rígidos).  
 AT2. Redes antidepredadores tradicionales + Combinación sistema DDA con cumplimiento de norma para especies de MM chilenas y tecnología de confinamiento de ruido submarino.  
 AT3. Redes antidepredadores tradicionales + Combinación sistema DDA con cumplimiento de criterios NOAA (PTS a 100 m) y tecnología de confinamiento ruido submarino.  
 AT4. Redes antidepredadores tradicionales + Combinación sistema de DDA con cumplimiento de criterios NOAA (PTS a 100m).  
 AT5. Redes antidepredadores tradicionales (ej. flexibles, PA, PES, PE)

Fortalezas y debilidades de las AT

2. FODA - ANÁLISIS INTERNO (FyD) DE LAS AT

Análisis de las FyD

i) Propuesta de las FyD para cada AT mediante lluvia de ideas.  
 ii) Análisis y depuración de propuestas  
 iii) Pronunciamento cada experto sobre las FyD más importantes para cada tecnología (marcar valor 1).  
 iv) Elección de las 5 FyD principales con mayor número de menciones para cada AT

TECNO ID	PROPUESTA DEBILIDADES	SB	BH	FH	MJP	MS	AY	SUM
1	1							0
2	2							0
3	3							0
4	4							0
5	5							0
6	6							0
7	7							0
8	8							0
9	9							0
10	10							0
11	11							0
12	12							0

Alternativas tecnológicas

2. FODA - ANÁLISIS INTERNO (FyD) DE LAS AT

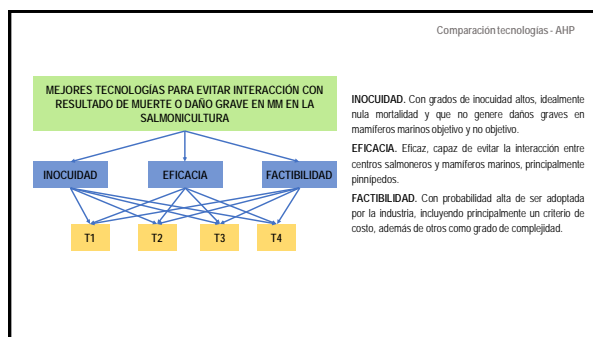
Priorización de las FyD

v) Cada experto entrega puntos de 1 (menor importancia) a 5 (mayor importancia) a las principales FyD de cada AT (marcar valor 1).  
 vi) Se priorizan las FyD para cada AT de mayor puntaje (mayor importancia) a menor puntaje (menor importancia).

TECNO ID	PROPUESTA DEBILIDADES	SB	BH	FH	MJP	MS	AY	SUM
1	1							0
2	2							0
3	3							0
4	4							0
5	5							0
6	6							0
7	7							0
8	8							0
9	9							0
10	10							0
11	11							0
12	12							0

	Alternativas tecnológicas			
	PORTALEZAS	PF	DEBILIDADES	PD
AT1. Redes antidepredadores de mayor resistencia (ej. flexibles con alma de acero, materiales de alta resistencia, semirígidos o rígidos).	MENOR PROBABILIDAD DE ENMALLAMIENTO QUE LAS REDES TRADICIONALES	40	SE REQUIERE REVISIÓN DE ABERTURA (LUZ) DE MALLA	23
AT2. Redes antidepredadores tradicionales + Combinación sistema DDA con cumplimiento de norma para especies de MM chilenas y tecnología de confinamiento de ruido submarino.	ALTA EFICACIA EN PREVENIR DEPREDACIÓN SI SE ELIMINAN CARBOS EN LA LOBERA, PODRÍA REDUCIR PROBABILIDAD DE ENREDOS	37	AUTO COSTO ADQUISICIÓN, INSTALACIÓN	16
AT3. Redes antidepredadores tradicionales + Combinación sistema DDA con cumplimiento de criterios NOAA (PTS a 100 m) y tecnología de confinamiento ruido submarino.	MENOR PROBABILIDAD DE ENMALLAMIENTO POR PRESENCIA DEL DDA	28	REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO ASOCIADO	13
AT4. Redes antidepredadores tradicionales + Combinación sistema DDA con cumplimiento de criterios NOAA (PTS a 100 m) y tecnología de confinamiento ruido submarino.	MENOR ÁREA DE IMPACTO DE RUIDO POR USO DE CORTINA DE BURBUJAS	24	FALTA DE EVIDENCIA CONSISTENTE DE EFICACIA DE DDA / AMBIGÜEDAD EFICACIA	25
AT5. Redes antidepredadores tradicionales (ej. flexibles, PA, PES, PE)	MENOR COSTO RELATIVO QUE REDES DE NUEVA GENERACIÓN	12	REQUERIMIENTO DE INVESTIGACIÓN NACIONAL (AUSCULTACIÓN/CONDUCTA) PARA ESPECIES DE MM	21
	MENOR PROBABILIDAD DE ENMALLAMIENTO POR PRESENCIA DEL DDA	30	FALTA DE EVIDENCIA CONSISTENTE DE EFICACIA DE DDA / AMBIGÜEDAD EFICACIA	32
	MENOR ÁREA DE IMPACTO DE RUIDO POR USO DE CORTINA DE BURBUJAS	21	INTRODUCCIÓN DE RUIDO AL MA	31
	DEFINE UN ÁREA DE AFECTACIÓN (RADIO DE 100 M) PARA LA EVALUAR EL DISPOSITIVO	17	SE REQUIERE ESTANDAR PARA INSTALACIÓN Y USO EFICAZ DE CORTINA DE BURBUJAS	19
	MENOR PROBABILIDAD DE ENMALLAMIENTO POR PRESENCIA DEL DDA	20	INTRODUCCIÓN DE RUIDO AL MA	26
	DEFINE UN ÁREA DE AFECTACIÓN (RADIO DE 100 M) PARA LA EVALUAR EL DISPOSITIVO	15	FALTA DE EVIDENCIA CONSISTENTE DE EFICACIA DE DDA / AMBIGÜEDAD EFICACIA	25
	NORMA VALIDADA INTERNACIONALMENTE (NMFS)	15	EL ÁREA DE AFECTACIÓN NO CONFINADA	29
	NO INTRODUCCIÓN DE RUIDO AL MAR	19	REPORTES DE ENMALLAMIENTOS DE MM	23
	AMPLIA UTILIZACIÓN POR LA INDUSTRIA	16	INEXISTENCIA DE ESTUDIO TÉCNICO PARA LUZ DE MALLA CON PROPÓSITO DE REDUCIR ENMALLAMIENTOS DE MM	19
	MENOR COSTO RELATIVO DE ADQUISICIÓN	15	REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO ASOCIADO	11

Comparación tecnologías - AHP	
AT1. Redes antidepredadores de mayor resistencia (ej. flexibles con alma de acero, materiales de alta resistencia, semirígidos o rígidos).	T1. Redes antidepredadores o loberas de mayor resistencia que las tradicionalmente empleadas en Chile, tales como flexibles con alma de acero, de materiales flexibles de alta resistencia, semirígidos o rígidos.
AT2. Redes antidepredadores tradicionales + Combinación sistema DDA con cumplimiento de norma para especies de MM chilenas y tecnología de confinamiento de ruido submarino.	T2. Redes antidepredadores o loberas de materiales flexibles, tradicionales o de uso común en Chile, complementadas con un Dispositivo de Disuasión Acústica (DDA), el que previamente debiera ser sometido a pruebas para verificar el cumplimiento de normas, considerando adicionalmente el empleo de una tecnología que propenda al confinamiento de ruido submarino a un área acotada, tal como ha sido sugerido para paredes de burbujas submarinas.
AT3. Redes antidepredadores tradicionales + Combinación sistema DDA con cumplimiento de criterios NOAA (PTS a 100 m) y tecnología de confinamiento ruido submarino.	T3. Redes antidepredadores o loberas de materiales flexibles, tradicionales o de uso común en Chile, complementadas con un Dispositivo de Disuasión Acústica (DDA), el que previamente debiera ser sometido a pruebas técnicas in situ para verificar el cumplimiento de criterios de la NMFS, los que considerarán el no generar un cambio de umbral acústico permanente (PTS) a especies de mamíferos marinos más allá de un radio de 100 m en torno al centro de cultivo.
AT4. Redes antidepredadores tradicionales + Combinación sistema de DDA con cumplimiento de criterios NOAA (PTS a 100m).	T4. Redes antidepredadores o loberas de materiales flexibles, tradicionales o de uso común en Chile. Se reconoce en este punto que dicha alternativa, aunque correspondiente a la situación base, tiene márgenes de mejora por ejemplo, dando sustento técnico a la definición de una luz de malla para evitar el enmallamiento de mamíferos marinos, incorporando criterios adecuados de diseño, dimensionamiento e instalación, además de la ejecución de protocolos labores de mantenimiento.
AT5. Redes antidepredadores tradicionales (ej. flexibles, PA, PES, PE)	



Comparación tecnologías - AHP

3. COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS MEDIANTE MULTICRITERIO Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

a) Definición del problema.  
b) Identificación e identificación de criterios.  
c) Priorización de criterios

¿Cuánto más importante es el CRITERIO 1 que el CRITERIO 2?

CRITERIOS	CR1	CR2	CR3
CR1	1	5	3
CR2		1	1
CR3			1

¿Cuánto más importante es el CRITERIO 1 que el CRITERIO 3?

¿Cuánto más importante es el CRITERIO 2 que el CRITERIO 3?

Escala	Comentario	Definición
1	Equilibrante importante	A y B Contribuyen en misma medida al objetivo
3	Moderadamente importante	A es levemente más importante que B
5	Fuertemente importante	A es fuertemente más importante que B
7	Importancia muy fuerte o demostrada	A es mucho más importante que B
9	Importancia extremadamente fuerte	A fuera de toda duda más importante que B
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	



