



SEE WOLF

Sistema de monitoreo y alerta
contra lobo marino común para
centros de cultivo de
salmones.

Autor: Antonio Felmer Barros.

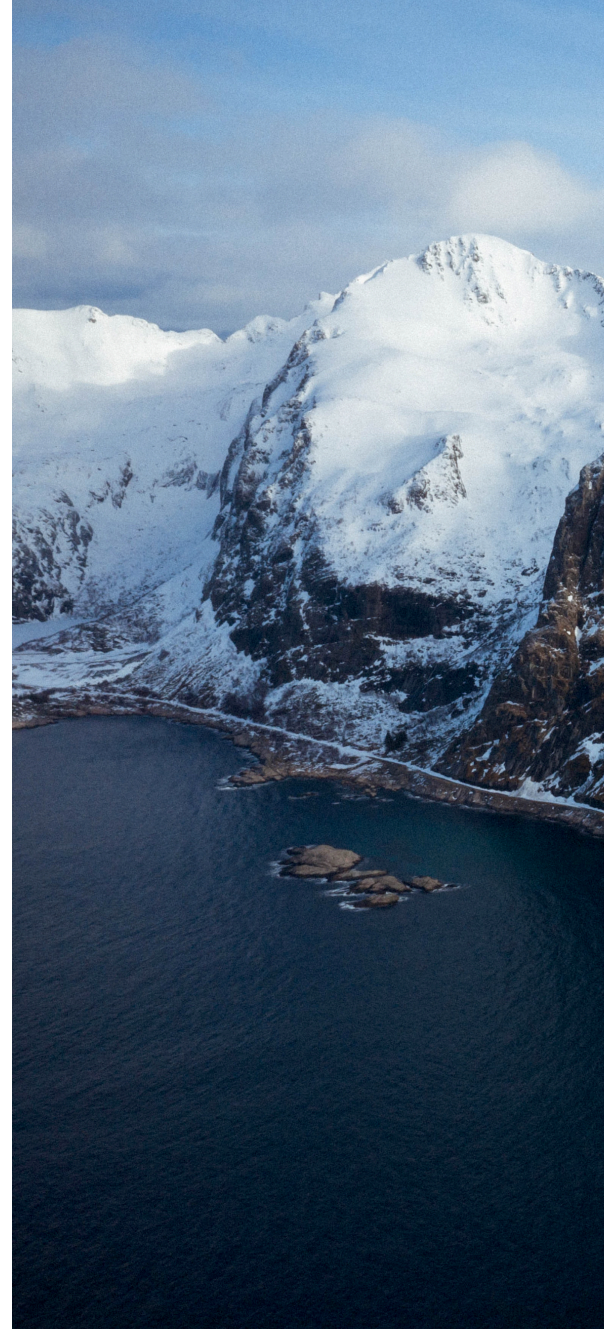


Foto 01: Maksim Romashkin.





Foto 02: Muffin Creatives.



SEE WOLF

**Sistema de monitoreo y alerta
contra lobo marino común para
centros de cultivo de salmones.**

Tesina presentada en la facultad de
Diseño de la Universidad Del Desarrollo
para optar al Título Profesional
de Diseñador.

Santiago, Chile.
04 de Diciembre del 2023.

Profesoras Guías:
Sra. Alejandra Amenábar Figueroa.
Sra. Paulina Contreras Correa.

Autor: Antonio Felmer Barros



Foto 03: Nick Hall.



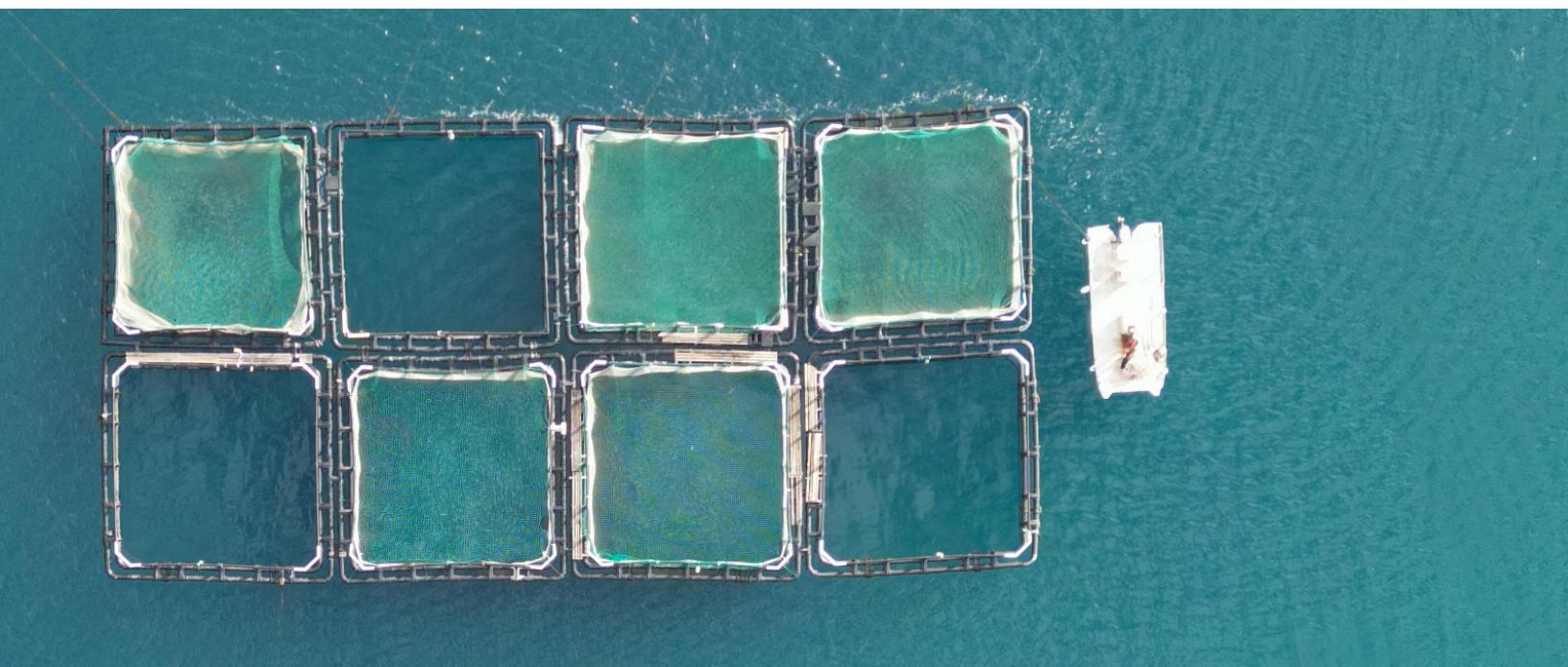
AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mis profesoras guías, Alejandra Amenábar y Paulina Contreras por su dedicación y esperanza por sacar lo mejor de nosotros.

A Gunther Muller quién fue un pilar de motivación e información para esta investigación.

A mi familia por su fé y apoyo en todo este proceso.





SEE WOLF

See Wolf es la mezcla de dos conceptos, Sea Wolf (Lobo Marino) y See (ver).



MOTIVACIÓN PERSONAL

Mi motivación personal para adentrarme en la investigación del monitoreo de lobos marinos comunes y su interacción con la industria salmonera se nutre de la convicción de que comprender estas dinámicas es esencial para preservar un equilibrio entre la industria acuícola y el medio ambiente. La biodiversidad marina, representada por los lobos marinos, desempeña un papel clave en la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos.

Mi interés no solo radica en entender la compleja relación entre estas especies y la industria salmonera, sino también en contribuir con soluciones innovadoras y tecnológicas que fomenten prácticas más respetuosas con el medio ambiente.

Este camino de investigación busca promover la coexistencia armoniosa entre la vida marina y las actividades humanas.

Abstract.

El presente resumen aborda la pregunta de investigación sobre la viabilidad de captar el comportamiento del Lobo Marino Común para monitorear y alertar a los centros de cultivo acerca de posibles ataques a la producción en Chile. La interacción entre los lobos marinos y la industria salmonera plantea desafíos significativos para la industria, dando así al propósito del estudio que es determinar, si es factible monitorear el comportamiento de los lobos marinos y brindar alertas tempranas a los centros de cultivo para prevenir futuros ataques.

Es importante hacerse esta pregunta debido a los impactos económicos que los ataques de lobos marinos pueden afectar sobre la producción acuícola en Chile. Estos ataques pueden ocasionar pérdidas considerables para los centros de cultivo, afectando la sostenibilidad de la industria.

El monitoreo de los lobos marinos permitiría a los centros de cultivo anticipar medidas preventivas oportunas y prácticas de manejo adaptativas, reduciendo los daños y minimizando las pérdidas económicas.

La respuesta a esta pregunta es fundamental para desarrollar estrategias de manejo y conservación efectivas. Si se demuestra que es posible monitorear al Lobo Marino Común y anticipar sus ataques, se podrían implementar sistemas de monitoreo en los centros de cultivo para advertir sobre la presencia cercana de estos animales y así tomar acciones preventivas.

Esto contribuiría a una coexistencia más armoniosa entre la industria acuícola y los lobos marinos, minimizando los conflictos y manteniendo la conservación de estas especies marinas.

Palabras clave: lobo marino, monitoreo, centros de cultivo, ataques, producción acuícola, salmones, diseño y tecnologías.



Índice:

1. Abstract.	
2. Introducción.	14
3. Marco teórico.	15
a. Salmones en Chile.	16
i. Desarrollo natural del salmón.	
ii. Componentes del salmón.	
b. Industria Salmonera en Chile.	18
i. Historia de la Industria.	
ii. Consecuencias en el medio ambiente.	
iii. Principales productores de Salmón.	
iv. Estudio de mercado.	
v. Proyecciones a futuro.	
c. Procesos de producción.	26
i. Desove, fertilización e incubación.	
ii. Alevinaje.	
iii. Smoltificación.	
iv. Engorda.	
v. Procesamiento y producto.	
d. Centros de cultivo.	34
i. Ubicación geográfica.	
ii. Infraestructura del centro.	
iii. Visualización tipos de redes.	
e. Problemáticas detectadas.	43
i. Fouling.	
ii. Caligus.	
f. Lobo Marino Común (<i>Otaria Flavescens</i>).	52
i. Problemática detectada.	
ii. Inteligencia del Lobo Marino.	
iii. Características principales.	
iv. Ubicación Lobo Marino Común.	
v. Conclusiones.	
4. Ideación del proyecto.	69
a. Delimitación del tema.	
b. Referentes y patentes.	
c. Espectros de audición.	

5. Desarrollo de investigación. _____	74
a. Una nueva visión. _____	74
i. Metodología del diseño especulativo.	
ii. Prospección a futuro.	
b. Revisión de literatura. _____	82
i. Areas de innovación.	
ii. Tecnologías de visualización.	
iii. Tecnologías de sensores acústicos.	
iv. Tecnologías de recopilación de datos.	
v. Resumen elección tecnologías.	
c. Comparación tecnologías de mercado. _____	114
i. Cuadro comparativo tecnologías recopilación de datos.	
ii. Cuadro comparativo tecnologías ROVs.	
iii. Cuadro comparativo tecnologías Hidrófonos.	
iv. Cuadro comparativo tecnologías telemetría satelital.	
6. Prospección de escenarios. _____	123
a. Futuro Probable - Escenario 1: "Coexistencia Armónica". _____	123
b. Futuro Plausible - Escenario 2: "Regulación y Cooperación". _____	127
c. Futuro Posible - Escenario 3: "Tecnología Innovadora en Acción". _____	135
7. Tecnoacuicultura: Innovación sostenible. _____	139
a. Sistema de monitoreo. _____	139
b. Descripción módulo Hexagonal. _____	141
c. Stakeholders y beneficiarios. _____	142
d. Plan de financiamiento. _____	144
8. Aporte a la investigación. _____	146
a. Ámbitos. _____	147
b. Conclusión final. _____	148
9. Bibliografía. _____	150



Introducción.

Durante este período, hemos sido testigos de una notable evolución en diversos aspectos del mundo, tales como la economía, la cultura, la sociedad y la tecnología. Los cambios que estamos experimentando se están produciendo de manera exponencial, lo que implica que cada día nos movemos a un ritmo más acelerado que el anterior y nos enfrentamos a problemáticas que están quedando obsoletas. Estos desafíos son precisamente los que el campo del diseño debe abordar para ofrecer soluciones innovadoras y disruptivas en áreas en las que tradicionalmente no ha estado presente.

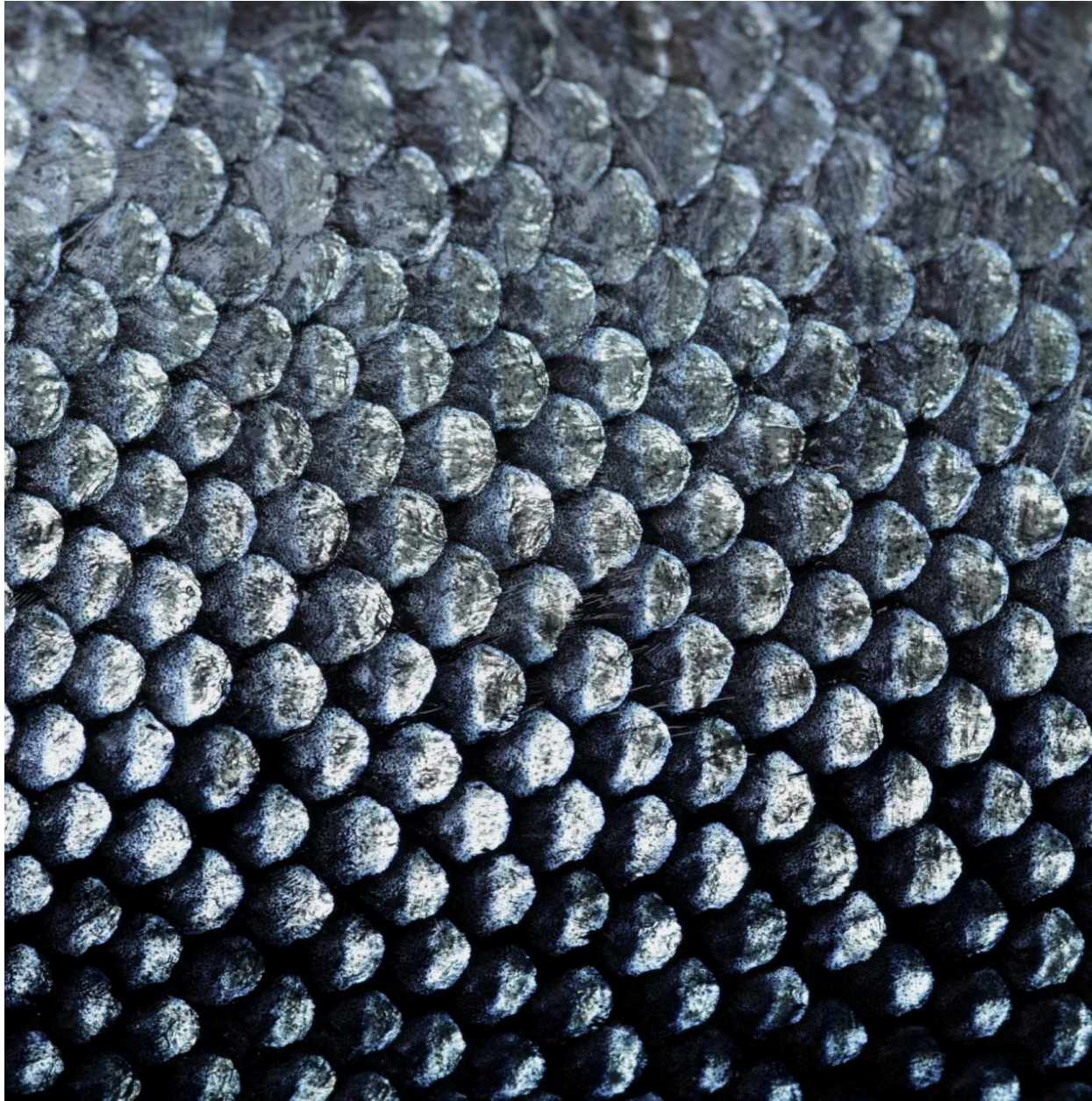
Esta investigación se centrará en la Industria Salmonera de Chile, comenzando por analizar su historia, procedimientos y el sector en general. A lo largo de su desarrollo, esta industria ha enfrentado diversos desafíos, los cuales han sido abordados con éxito desde una perspectiva de infraestructura y políticas públicas. Sin embargo, aún existen aspectos en los que se requiere buscar enfoques innovadores desde la óptica del diseño para encontrar soluciones alternativas.

El problema principal que se abordará en esta investigación es la relación entre la industria salmonera y el crecimiento poblacional del Lobo Marino Común (*Otaria flavescens*), especialmente en los centros de cultivo ubicados en la región de Los Lagos, en el Golfo de Ancud y el Estuario de Reloncaví.

A continuación, se planteará una hipótesis de investigación y se establecerá un objetivo general el cual es prospectar un sistema submarino de monitoreo sostenible que proteja la producción de salmones de ataques de lobos marinos, respetando el medio ambiente y promoviendo la sostenibilidad en la industria. Para así en un futuro desarrollar un proyecto que pueda intervenir en la interacción entre el Lobo Marino Común y los centros de cultivo de salmones de la industria.

En última instancia, se sustentaran las bases para un futuro proyecto el cual mediante metodologías como la del Diamond Model y la del Diseño Especulativo. Las cuales brindaran un aporte investigativo y diseño de escenarios especulativos en base a las futuras tecnologías, que se verían sometidas a pruebas en el entorno correspondiente, con el objetivo de alertar sobre los próximos ataques del Lobo Marino Común a los cultivos de salmones. Esto permitirá obtener un feedback de alerta positiva para la industria y comprender de mejor manera el comportamiento del Lobo Marino Común.

MARCO TEÓRICO



a. Salmones en Chile.

i. Desarrollo natural del salmón.

Los salmones en Chile se destacan por ser una atracción para los fanáticos de la pesca, su capacidad de resistencia y determinación para llegar al nicho a reproducirse es una hazaña única del salmón.

El salmón se caracteriza por ser un pez del género *Oncorhynchus*, perteneciente a la familia de los salmónidos. Este ejemplar es un pez anadrómo, nacen en agua dulce para luego desarrollarse en el mar y luego volver al agua dulce a reproducirse.

Su reproducción ocurre en la época de Otoño, donde la hembra hace un nido de grava para luego desovar y el macho las fertilice.

Luego de la incubación, se desarrolla el alevín que se caracteriza por tener un saco de color naranja por debajo de la cabeza.

Cuando este logra desarrollarse y salir del nido se convierte en Fry, el cual va creciendo en el río para luego evolucionar a Smolt.

Cuando el salmón desemboca en el mar, es porque se encuentra en la etapa de Smolt donde el ejemplar pasa por procesos de cambios fisiológicos y se adapta a los altos niveles de sal en el mar gracias a la osmoregulación. Para finalmente convertirse en un salmón adulto y completar su ciclo de vida volviendo a los ríos de donde provienen. (Portillo, 2017).

Un dato curioso es que los salmones tienen habilidades únicas como es la magnetorrecepción, el uso de campos magnéticos terrestres para poder ubicarse y la capacidad olfativa para poder moverse y reconocer lugares a los que quieren llegar. (Científica, 2022).

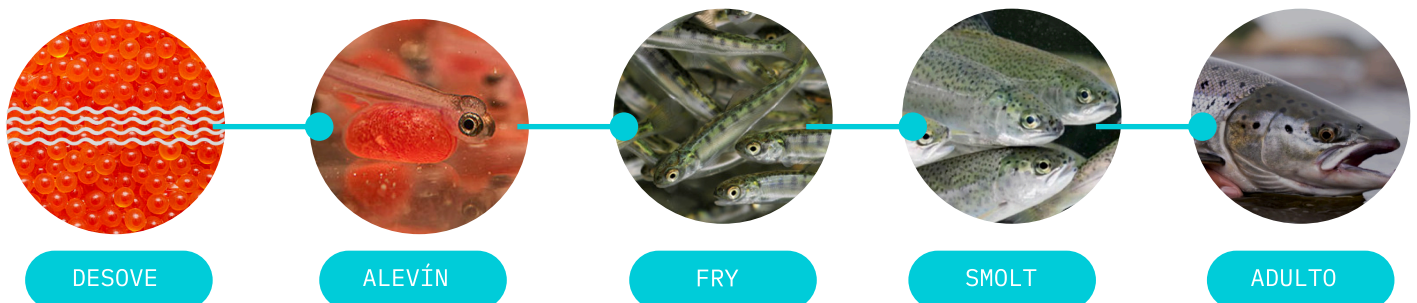


Figura 01: Elaboración propia

ii. Componentes del salmon.



El salmón además de ser un ser vivo altamente atractivo, es un alimento esencial para la dieta humana.

Tiene grandes componentes que ayudan al ser humano a mantener una dieta saludable, es bajo en calorías, es una alta fuente de proteínas, es rico en vitaminas y minerales, incluyendo vitamina D, vitamina B12, yodo y selenio. Estos nutrientes son esenciales para la función adecuada del cuerpo.

La parte más importante del salmón es que contiene altos niveles de ácidos grasos Omega 3 como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA). Estos ácidos grasos son esenciales para la salud cardiovascular y pueden ayudar a reducir el riesgo de enfermedades del corazón. Además se destaca por ser antiinflamatorio, tener efectos antidepresivos, baja la presión arterial y disminuye los niveles de colesterol en el cuerpo.



b. Industria Salmonera en Chile

i. Historia de la Industria.

Según el Consejo del Salmón de Chile, asociación gremial que contribuye mundialmente a la salmonicultura sostenible en Chile, establece que en el siglo XIX se introdujo el salmón en el país, siendo el año 1885 el registrado como la primera llegada de huevos de salmón y trucha. Además, en 1905 se importaron los primeros huevos de Salmón Atlántico (Salmon Salar) y trucha arco iris (*Oncorhynchus Mykiss*).

En los años 70, comenzó la fase industrial y comercial de la salmonicultura en el país. A partir de ese momento, la industria experimentó un rápido crecimiento y se convirtió en una de las principales actividades económicas de Chile.

En la década de 1980, se establecieron las primeras pisciculturas y centros de cultivo de engorda en el sur de Chile, especialmente en la Región de Los Lagos, aprovechando las condiciones favorables de los fiordos y canales de la Patagonia chilena.

A medida que la demanda global de salmón aumentaba, la industria salmonera chilena continuó expandiéndose rápidamente. Durante las décadas de 1990 y 2000, se produjo un auge en la construcción de nuevas pisciculturas y se implementaron tecnologías más avanzadas para el cultivo del salmón. Chile se convirtió en el segundo productor mundial de salmón, solo detrás de Noruega. (Consejo del Salmón, 2021).

ii. Consecuencias en el Medio Ambiente.

La expansión rápida y no regulada de la industria del salmón ha tenido un impacto negativo en el Medio Ambiente. La acumulación de desechos y el uso intensivo de antibióticos y productos químicos han generado preocupaciones sobre la calidad del agua, la salud de los ecosistemas marinos y el impacto sobre otras especies nativas, como lobos marinos y aves marinas. En los últimos años, la industria salmonera chilena ha implementado regulaciones más estrictas y promovido prácticas más sostenibles.

Esto incluye, según la reglamentación de SUBPESCA(1), implementar sistemas de gestión de desechos, desarrollar áreas de cultivo alejadas de ecosistemas sensibles e implementar estándares de certificación para garantizar una producción más responsable y sostenible.

La industria salmonera de Chile ha experimentado un importante crecimiento en las últimas décadas y se ha convertido en uno de los principales pilares de la economía del país. Pero también enfrenta desafíos y ha evolucionado para abordar problemas ambientales y de salud. La sostenibilidad y el equilibrio entre producción y conservación son aspectos esenciales del desarrollo futuro de la industria.

(1). Las especificaciones de cada reglamentación se hacen presentes en la página web de SUBPESCA.

Algunos de los problemas ambientales más importantes asociados con el cultivo del salmón son:

1. Contaminación del agua: la acumulación de nutrientes, productos químicos y desechos orgánicos en la cría de estanques puede provocar la contaminación de los cuerpos de agua circundantes. El exceso de nutrientes puede causar la proliferación de algas nocivas y zonas muertas, lo que afecta negativamente la calidad del agua y la salud de los ecosistemas marinos.

2. Escape de los peces de cultivo: El escape de los peces de cultivo puede tener graves consecuencias para los ecosistemas locales. El salmón cautivo puede competir con las especies silvestres por alimento y hábitat y propagar enfermedades o parásitos a las poblaciones nativas.

3. Uso de productos químicos: El cultivo intensivo de salmón a menudo implica el uso de medicamentos veterinarios como antibióticos y pesticidas para controlar enfermedades y parásitos. Si estos químicos se usan incorrectamente o terminan en el agua, pueden tener efectos negativos en la salud de los peces y el medio ambiente marino.

4. Interacciones con la fauna marina: Las estructuras agrícolas como jaulas y redes de pesca pueden interactuar con la fauna marina, lo que resulta en el atrapamiento accidental de mamíferos marinos, aves y otros animales. Esto puede causar daños a estas especies, incluso la muerte por asfixia o lesiones.

5. Cambios en la biodiversidad y ecosistemas:

La expansión de la salmonicultura puede afectar la biodiversidad y los ecosistemas marinos locales. La alteración de los hábitats costeros y la eliminación de la vegetación pueden afectar negativamente a las especies y la integridad del ecosistema.

Esto puede generar preocupaciones sobre la sobreexplotación de estos recursos marinos y su impacto en las cadenas alimentarias y las poblaciones de peces. Estos desafíos ambientales están obligando a la industria del salmón a adoptar regulaciones más estrictas, implementar prácticas más sostenibles y buscar soluciones innovadoras para reducir el impacto ambiental y promover una producción más responsable y sostenible.

iii. Principales productores de salmón.

18

Empresas de Salmón están presentes en nuestro país donde las que más se destacan son AquaChile, Multi X, Cermaq, Mowi y Australis Seafoods. Dentro de la industria salmonera estas se ubican en tres regiones: Los Lagos, Aysén y Magallanes.

En esta tabla podemos observar la cantidad de centros de cultivo por región que tienen las 5 empresas mas importantes en la industria salmonera.

AquaChile es la empresa con mayor centros de cultivos en el país con un total de 61, la que sigue es Multi X con un total de 33, para así pasar a Cermaq que sigue con una diferencia mínima a Multi X con 31 centros de cultivo. Mowi tiene una diferenciación con estas tres empresas ya que solo tienen centros de cultivo en Los Lagos y Aysén con un total de 24. Finalmente Australis que también se diferencia por no tener centros de cultivo en la región de Los Lagos con un total de 16 centros.

	AquaChile.	Multi X.	Cermaq.	Australis.	Mowi.
Los Lagos.	8	4	14	12	0
Magallanes.	46	23	11	12	7
Aysén.	7	6	6	0	9

Figura 03: Productores de salmón.
Elaboración propia.
Información extraída de aplicación SKILLS.

iv. Estudio de mercado.

La industria salmonera en Chile es un pilar importante de la economía y la producción de alimentos a nivel mundial. Según datos del año 2022, Chile es el segundo exportador más grande de salmón a nivel global, con aproximadamente el 27% de las exportaciones de este producto, solo superado por Noruega, que representa el 38%. La combinación de estos dos países representa aproximadamente el 65% de las exportaciones mundiales de salmón. (Consejo del Salmón, 2022).

Producción actual y proyección a 5 años:

En 2022, la producción de salmón chileno supera las 700,000 toneladas al año. Para los próximos 5 años, se espera un crecimiento continuo en la producción de salmón en Chile. La demanda mundial de salmón, especialmente en mercados como Estados Unidos, Europa y Asia, sigue siendo fuerte. Además, el compromiso de la industria con prácticas sostenibles y la inversión en tecnología de cultivo deberían contribuir al crecimiento (Proyección basada en aplicación Skills).

Generación de empleo y comunidades sostenibles:

La industria salmonera en Chile proporciona un sustento a aproximadamente 70,000 empleos, incluyendo 20,000 empleos directos y alrededor de 50,000 empleos indirectos. Además, se estima que alrededor de 4,000 PYMEs brindan servicios a las compañías salmoneras, creando una cadena de valor esencial. (Garcés, 2020).

Este sector no solo es fundamental para la economía del país, sino que también contribuye a la creación de comunidades sostenibles en el sur de Chile. Los trabajadores tienen acceso a infraestructuras cómodas y responsables, como pontones y barcos durante sus períodos de trabajo. La industria ha evolucionado hacia una producción más responsable y ha reducido los efectos medioambientales de las salmoneras, gracias a políticas públicas que promueven prácticas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente y la biodiversidad.

Situación de la pesca extractiva y la importancia de la acuicultura:

Mientras que la pesca extractiva enfrenta problemas de sobreexplotación y colapso en las zonas costeras, la acuicultura, con un enfoque en la producción sostenible, se convierte en una solución clave. La FAO estima que la producción total de animales acuáticos a nivel mundial podría alcanzar los 202 millones de toneladas en 2030, subrayando la importancia de la acuicultura para la seguridad alimentaria global («El estado mundial de la pesca y la acuicultura», 2020). Además, Chile tiene la oportunidad de liderar en esta área, gracias a sus condiciones óptimas para la acuicultura responsable.

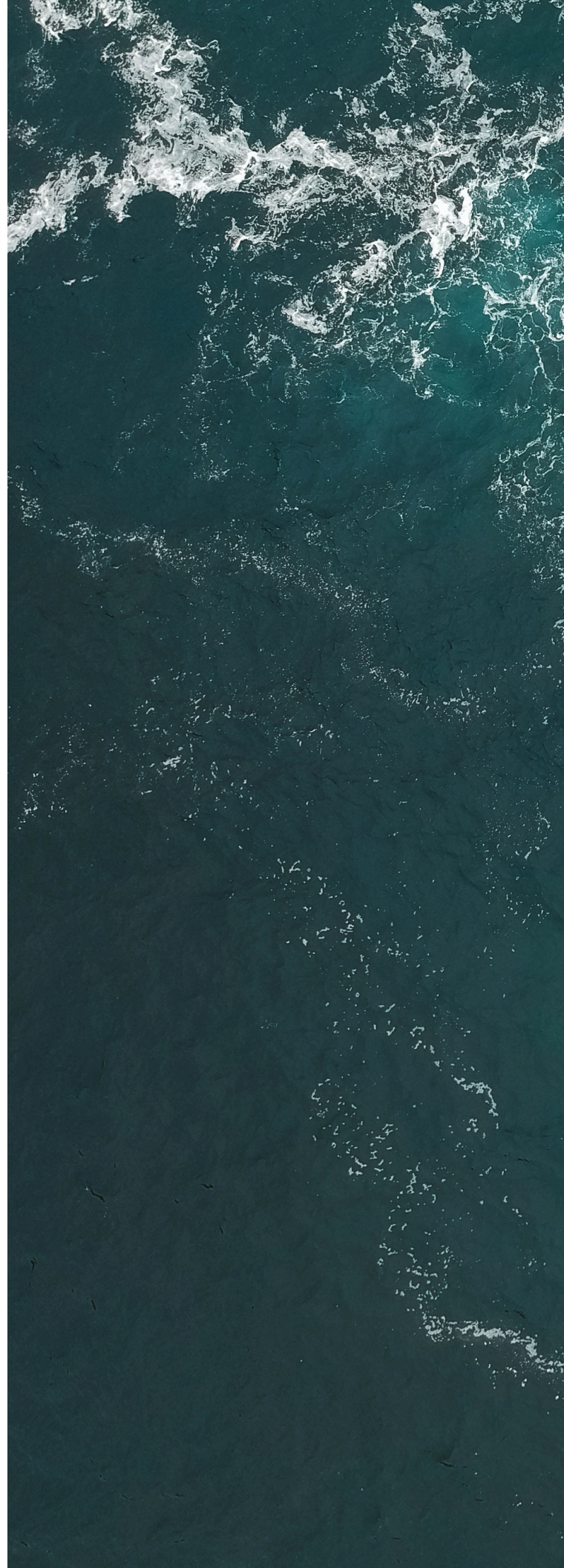
Mejora necesaria y oportunidades en la industria salmonera:

Para lograr el crecimiento proyectado y garantizar la sostenibilidad en la industria salmonera chilena, se requerirá una mayor inversión de capital en las empresas, la contratación y capacitación de empleados, y una mayor alineación con políticas públicas efectivas. Además, es esencial mejorar la comunicación y las estrategias de la salmonicultura para fortalecer la confianza del consumidor.

Diversificación en la acuicultura:

Los datos también muestran que la acuicultura en Chile va más allá de la salmónica, abriendo oportunidades para la producción de otros alimentos marinos, como algas, erizos y moluscos. Estas industrias están en proceso de formación y crecimiento, ofreciendo oportunidades adicionales para la economía y la sostenibilidad en el país.

En resumen, la industria salmonera chilena tiene un presente sólido y un futuro prometedor, con un crecimiento continuo en la producción, la generación de empleo y un impacto económico positivo en las comunidades locales. Además, Chile tiene la oportunidad de liderar en la acuicultura responsable y diversificada, ofreciendo soluciones para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad a nivel mundial.





v. Proyecciones a Futuro.

En los últimos años, la producción de alimentos ha experimentado un crecimiento constante debido a una serie de variables que influyen en este proceso. Una de las principales variables es el aumento de la población mundial, ya que a medida que esta crece, se requiere una mayor cantidad de alimentos para satisfacer las necesidades de todos.

Según las proyecciones de la ONU, se estima que la población mundial alcance los 9.700 millones de personas para el año 2050. Esta cifra representa un aumento significativo en comparación con la población actual. En el caso específico de Chile, se proyecta que su población aumente en un 15,3% para ese mismo año, pasando de los 19,49 millones de habitantes actuales a 21,6 millones («Estimaciones y proyecciones de la población de Chile 1992-2050», 2018).

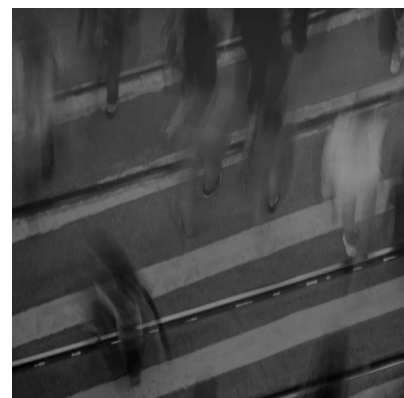
Otra variable importante que afecta la producción de alimentos es el crecimiento económico de los países. En los últimos años, tanto a nivel mundial como en Chile, se ha observado una desaceleración en la economía. Después de experimentar una expansión en 2021, la economía chilena tuvo una contracción del 2,4% en 2022. Sin embargo, se espera que para finales de 2023 se recupere y registre un crecimiento del 0,7% (Chile Panorama general, s. f.).

A nivel mundial, se estima que la economía también sufrirá una desaceleración del 1,7% en 2023, según las (Mundial, 2023).

Estos datos demuestran la importancia de considerar tanto el crecimiento de la población como el desempeño económico al abordar la producción de alimentos. Es fundamental desarrollar estrategias y políticas que permitan incrementar la producción de alimentos de manera sostenible y eficiente, para garantizar la seguridad alimentaria de las futuras generaciones.

En un contexto de crecimiento demográfico y volatilidad económica, resulta fundamental implementar estrategias agrícolas y alimentarias sostenibles y eficientes. Esto implica mejorar la productividad, fomentar la innovación tecnológica, asegurar un acceso equitativo a los recursos y promover prácticas agrícolas que sean respetuosas con el medio ambiente.

En síntesis, el aumento de la población mundial y las variaciones en el crecimiento económico son dos variables clave que impactan en la producción de alimentos. Es de vital importancia tener en cuenta estas variables al desarrollar políticas y prácticas que garanticen la disponibilidad de alimentos suficientes y sostenibles tanto para las generaciones actuales como futuras.



La combinación de un crecimiento poblacional acelerado y una desaceleración económica plantea desafíos significativos en términos de expansión urbana y disponibilidad de tierras fértiles para la producción de alimentos. Con la previsión de que las áreas urbanas representen el 66% de la urbanización global (Montanarella et al., 2016), se prevé una presión creciente sobre las áreas rurales con suelos fértiles, que son indispensables para cultivar alimentos y satisfacer las necesidades de una población en constante crecimiento.

En la actualidad, se estima que solo queda disponible un 38% de suelo fértil (FAO. 2011) y esta cifra ha estado disminuyendo de manera constante. Esta reducción plantea una pregunta crucial: ¿cómo alimentaremos a la población en los próximos años y qué medidas innovadoras y recursos alternativos podemos emplear? Es imperativo explorar soluciones creativas y sostenibles para abordar esta problemática y asegurar la seguridad alimentaria a largo plazo.

El cambio climático es un fuerte impulsor a optar por nuevas oportunidades de cultivo de alimentos. En Chile existen diferentes problemas frente al cambio climático pero ha ido evolucionando la forma de cómo combatirlos, ya sea por energías renovables, desarrollo económico, circularidad en las industrias, cambios de comportamiento en las personas frente a sus residuos, protección de áreas protegidas, etc. El aporte de este país frente a la emisión de gases contaminantes es de un 0,24% a nivel mundial (Reporte del Estado del Medio Ambiente 2021 da cuenta del desempeño ambiental de Chile, 2022), en donde finalmente Chile tiene una leve contaminación a nivel mundial, lo que genera que sea un país con condiciones medioambientales óptimas para el cultivo de alimentos.

La ubicación geográfica de Chile es de alta importancia, nos da muchas opciones para el cultivo de alimentos y una de las más importantes es el mar. El uso de este elemento en el país ha permitido poder aumentar la economía y popularidad mundial en el cultivo de alimentos, al tener un lugares de óptimas condiciones hemos aprovechado muy poco sus recursos. Es por esto que la acuicultura responsable es una oportunidad para Chile.



Foto 09: Errin Casano.

c. Procesos de producción.

Características del Salmón.

Anadriónomo: Nacen en agua dulce para desarrollarse en el mar, mediante la Osmoregulación.

Reproducción: Epoca de Otoño, donde la hembra hace un nido de grava para desovar y el macho fertilice.

Magnetorecepción: Uso de campos magneticos terrestres para poder ubicarse.

Olfato: Su capacidad olfativa los ayuda a reconocer lugares y alimento para poder sobrevivir al ambiente.

Alevinaje.



2.

Segunda Etapa: Luego de la eclosión los alevines luego de abocar el saco vitelino, el cual se puede observar en la imagen un saco nadador por debajo del cuerpo del Alevín.

Primera Etapa: Las ovas se encuentran en agua dulce, estas tienen entre 2 a 3 meses y se debe generar una clasificación de estas.

3.

Esmoltificación.



Tercera Etapa: Tenemos al Fry el cual debe pasar de 9 a 13 meses de adaptación y pesar mas de 50 gramos para convertirse en un smolt.

Tipos de salmones.

Salmón Coho.



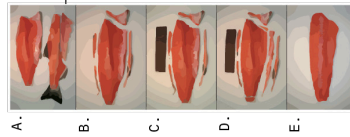
Salmón Atlántico.



Trucha.



Trims



Procesamiento.



Sexta Etapa: El procesamiento comienza con la limpieza de los filetes, luego se enfrían y se desangran. Luego se retiran las vísceras con diferentes técnicas de corte. Para finalmente ser fileteado y ser empacado para su venta o

Engorda.

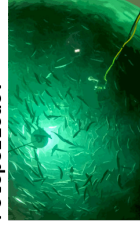


Cuarta Etapa: Su este proceso de engorda. Los Smolts son sometidos a procesos de adaptación como:
- Fotoperiodo.
- Alimentación.
- Osmoregulación.
- Mortalidad.

4.

Procesos de adaptación.

Fotoperiodo.



Los salmónes son animales de cría que necesitan una cantidad de luz para utilizar su proceso fisiológico.

Mortalidad.



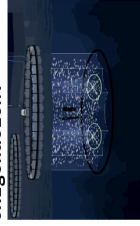
durante el proceso de engorda. Hay bajas de mortalidad por lo que existe un extractor de mortalidad al fondo de la red piscera.

Alimentación.



Los salmónes son animales de cría que necesitan una cantidad de luz para utilizar su proceso fisiológico. Llegar la comida a la producción.

Oxigenación.



Los procesos de oxigenación son fundamental para el crecimiento de los salmónes de agua dulce dentro de las Jaulas pisceras.

5.

Adulto.



Quinta Etapa: Se espera y cuando el Salmón adulto duran 9 a 18 meses hasta que crumpla con un peso de entre 3 a 5kg para ser cosechado.

6.

Figura 04: Proceso del salmón. Elaboración propia.

i. Desove, fertilización e incubación.

De acuerdo a la entrevista realizada a Gunther Muller, Founder & CEO Skills Chile SpA, con 19 Años de experiencia en conocimientos específicos en la cadena de producción y operación en la Industria Salmonera en Chile. Se exponen los procesos de producción en la industria salmonera.

Dentro de los procesos de la Industria del Salmón, existen distintas etapas que se conectan entre sí para poder dar un producto de excelencia a sus consumidores, generando valor en ellos dándoles una buena experiencia de alimentación.

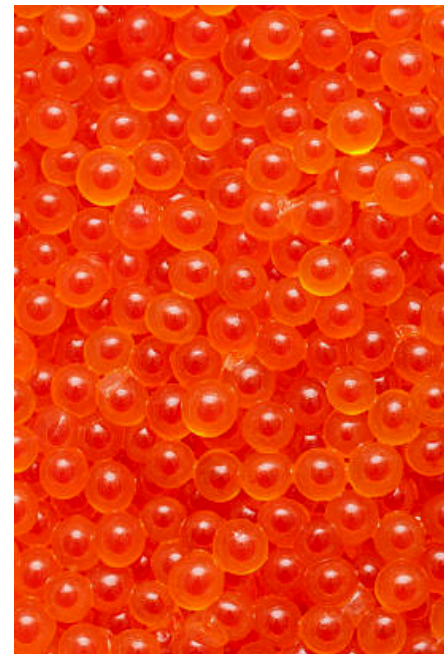
Para esto el proceso de producción del salmón pasa por eslabones desde su incubación en agua dulce, luego proceso de engorda en agua de mar y finalmente pasa a las plantas de proceso donde se genera el producto para ser exportado al cliente.

En primer lugar, tenemos la fase de agua dulce, que se considera una de las etapas más complejas y delicadas en el proceso de cultivo del salmón, ya que el cuidado y la gestión precisa de las variables son fundamentales para obtener salmones de alta calidad como producto final.

En este punto inicial, nos encontramos con la etapa de recepción de las Ovas, que abarca un período de 2 a 3 meses. Durante esta fase, las Ovas son meticulosamente evaluadas de acuerdo con protocolos sanitarios y estándares de calidad. Es imperativo que estas Ovas cuenten con una certificación que garantice su condición de libres de patógenos.

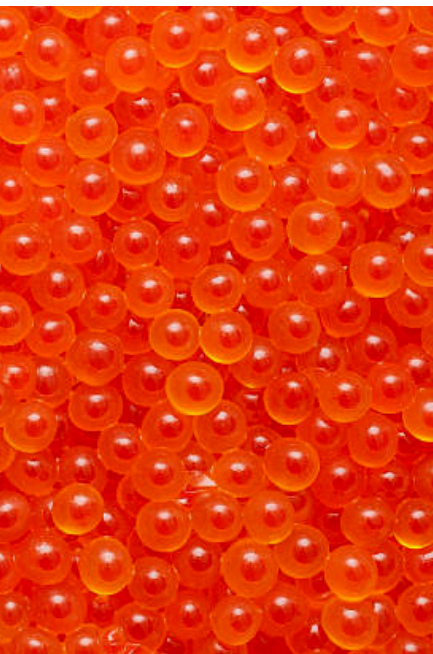
La etapa siguiente se refiere a la Incubación, que comienza con la recepción de las Ovas en su estado rojo y se extiende hasta el momento de la eclosión de los alevines, así como su posterior absorción del saco vitelino.

Luego avanzamos hacia la etapa de la primera alimentación, en la que los alevines se alimentan por primera vez. Durante este proceso, se realiza una selección cuidadosa en función de su peso, lo que es esencial para determinar cuáles serán sometidos a un proceso de vacunación.



ii. Alevinaje.

La etapa de alevinaje es donde los peces alcanzan un peso de 2 gramos hasta llegar a los 20 gramos en el que son nuevamente seleccionados y distribuidos según sus tallas y posteriormente una vez alcanzado el peso de 50 gramos, son trasladados a el área de Esmoltificación.



iii. Esmoltificación.

La etapa de Esmoltificación tiene un periodo desde los 9 hasta los 13 meses, en la cual se someten a estrategias de fotoperiodo para promover el inicio de la Esmoltificación, que es la adaptación del salmón, pasar de agua dulce a agua de mar, de nuevo son vacunados contra diferentes enfermedades (las más comunes son IPN virus, Aerosoma, Vibrio, SRS, ISA virus) que pueden contraer al enfrentar los desafíos sanitarios en el mar. Cuando logran la Esmoltificación y alcanzan el peso de entre 130 - 400 gramos, dependiendo del lote de producción son trasladados a los centros de cultivo en agua de mar.

El traslado a los centros de cultivo ocurre de dos formas. Una es si es que existe una piscicultura el transporte debe ser terrestre para luego ser trasladado marítimamente. La otra opción es solo por mar ya que los alevines esmoltificación fueron cultivados en wellboats y estos los trasladan directamente a los centros de cultivo.



iv. Engorda.

Siguiendo con los procesos de la industria, la etapa de Engorda comienza con la recepción de los smolts en los centros de cultivo, continuando con una alimentación sostenida, por tiempos de 8 a 10 meses para las especies de Salmón Coho y Trucha, luego para el Salmón Salar es un periodo de 16 a 18 meses.

Durante este proceso existen diferentes metodologías para mantener al salmón cómodo en su ambiente y aumentar su proceso de alimentación.

Uno de esos es el fotoperiodo (0A) en donde el producto es sometido a luz nocturna para así adelantar su producción, esta tecnología modifica artificialmente la fisiología reproductiva del salmón.

El segundo son las máquinas de alimentación para los salmones (0B), las cuales tienen tecnologías de última generación, estas tienen un sistema automático para alimentar a los peces y sensores que le permiten obtener data del ambiente y repartir la comida necesaria en el cultivo de salmones.

También tenemos los sistemas de extracción de mortalidad (0C), estos se ubican en el fondo de la red generando una especie de embudo en donde los peces muertos caen dentro para luego ser succionados por el corrugado (manguera) para ser acopiados en canastos y luego enviados con destino al ensilaje.

Finalmente tenemos los sistemas de difusión de oxígeno en las peceras (0D), el uso del oxígeno puro en la crianza de peces puede mejorar las variables productivas además de evitar mortalidades masivas, ya que una mayor concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua aumenta la apetencia, mejora la conversión y disminuye el estrés de los salmones.



0A



Foto 13: Aqua.

0B



Foto 14: Mundo Acuicola.

0C

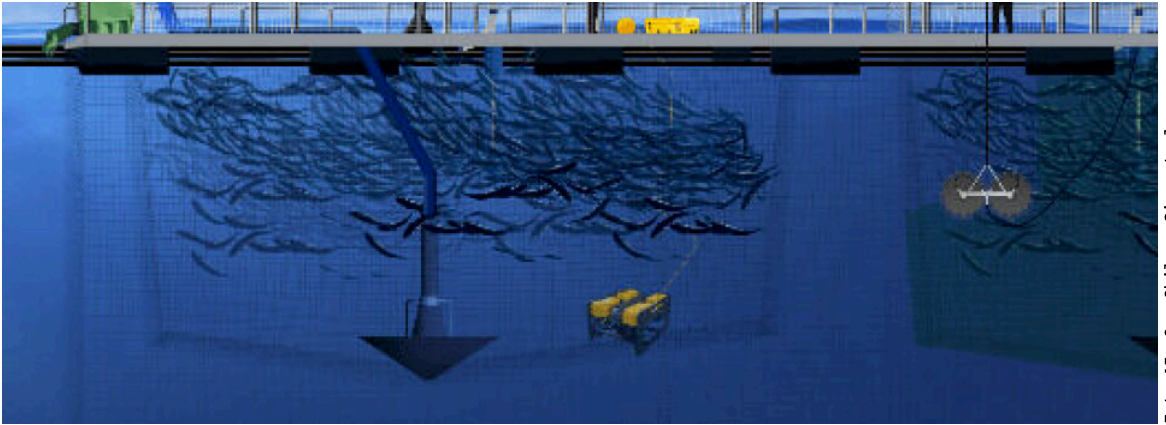


Foto 15: Quo Chile - Sisicontrol

0D

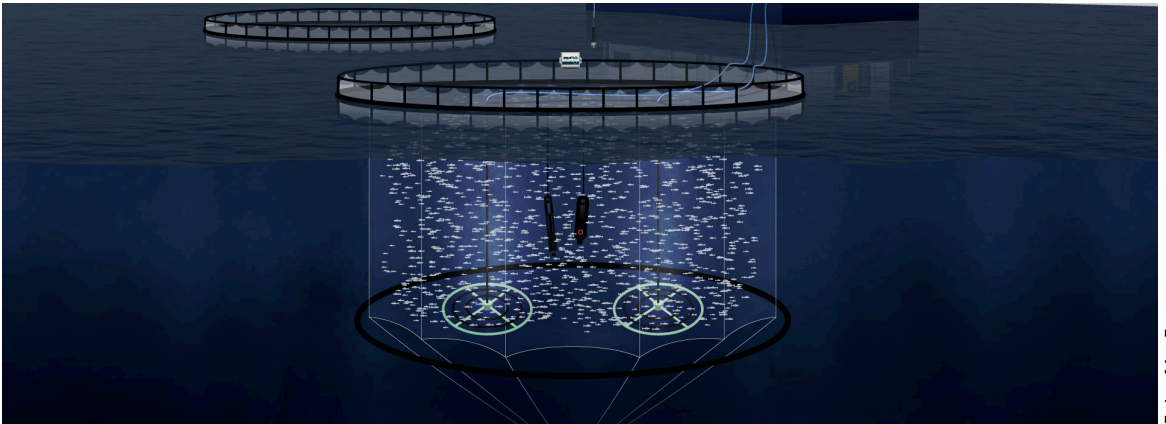


Foto 16: Innovasea.



v. Procesamiento

En Chile existen 52 plantas de proceso de Salmon, 34 en la X Región, 9 en la XII Región, 7 en la VIII Región y 2 en la XI Región. En ellas ocurre el proceso de producción del salmón.

El proceso de recepción y procesamiento del salmón comienza con su entrada en el estanque de enfriamiento en caso de que estén vivos, o en bins si vienen de la planta primaria. A continuación, se lleva a cabo el corte de agallas y el desangrado. Después, el salmón pasa por una línea de lavado y eviscerado, con la técnica de corte vertical para retirar las vísceras y los restos no comestibles, algunos con corte de cabeza y otros sin él.

La etapa más conocida es la línea de fileteado, en la que se hacen diferentes cortes al salmón, incluyendo el esquelón, despinado, filetes trim (fresco o congelado), trozos o pulpa (congelado).

Finalmente, el producto se empaca y se mantiene en cámaras de frío en el frigorífico antes de su comercialización.

Tipos de corte de salmón.



Filetes con piel y sin piel.



Porción cola sin piel.



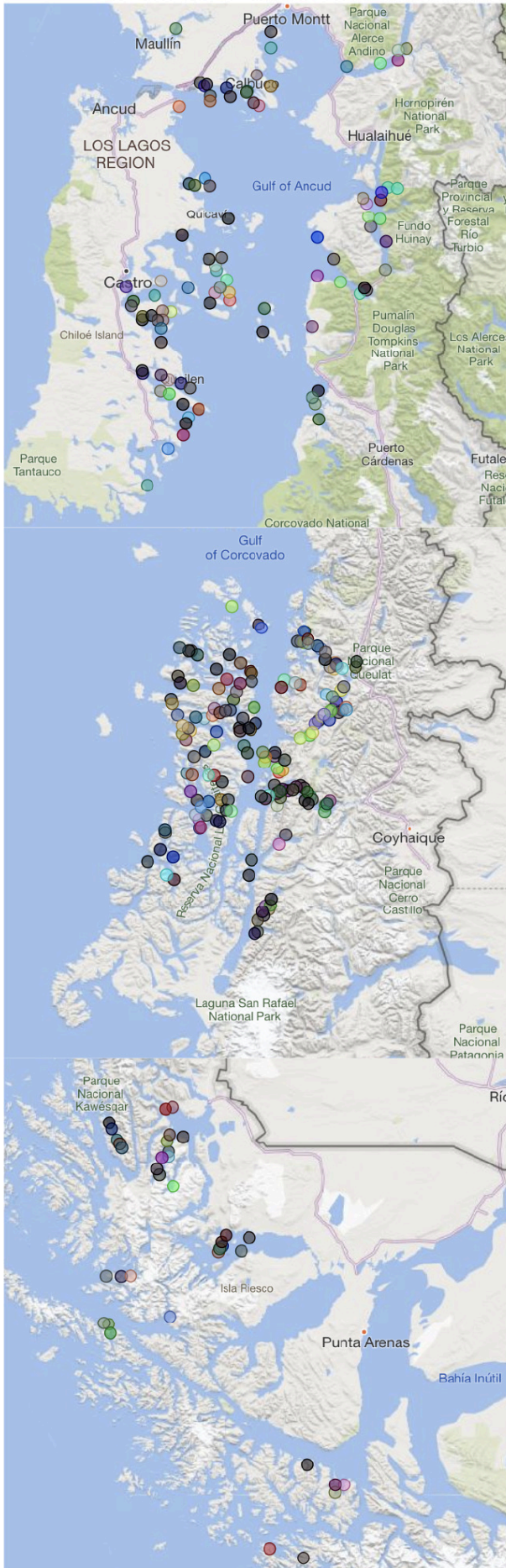
Porciones con piel.



d. Centros de cultivo.







i. Ubicación geográfica de los centros de cultivo.

Los centros de cultivo en Chile desempeñan un rol esencial en la economía y la producción de alimentos del país, capitalizando la diversidad de su geografía para cultivar una amplia gama de productos. La ubicación geográfica de estos centros de cultivo emerge como un factor crítico que incide de manera determinante en su productividad y en las variables que garantizan su éxito.

En particular, un centro de cultivo de salmónes es una instalación específicamente diseñada para la crianza y cultivo de salmónes en un entorno controlado, generalmente en el mar, como fiordos.

Estos centros representan una pieza fundamental de la industria salmonera, cuyo objetivo es la producción sostenible de salmón de alta calidad.

En Chile, la ubicación de estos centros varía sustancialmente de una región a otra. La Región de los Lagos alberga un total de 96 centros de cultivo, evidenciando su relevancia en la producción acuícola. Por otro lado, es en la remota Región de Magallanes donde se registra una notoria concentración de 164 centros de cultivo activos, gracias a sus condiciones geográficas y climáticas excepcionales.

En contraste, en la zona austral de Chile, particularmente en la Región de Aysén, se ubican 39 centros de cultivo, en menor número en comparación con otras regiones. Esta región se distingue por un clima más frío y húmedo, ideal para la acuicultura, especialmente en la producción de salmónes y truchas. Su proximidad a los fiordos y canales proporciona condiciones óptimas para la cría de peces, mientras que su estratégica ubicación en la costa del Pacífico facilita el acceso a los mercados internacionales. Estas cifras ejemplifican cómo la geografía y el clima de Chile ejercen una influencia determinante en la distribución de los centros de cultivo en el país.

	Centros de cultivo activos.
Los Lagos.	96
Magallanes.	164
Aysen.	39

Información extraída de aplicación SKILLS

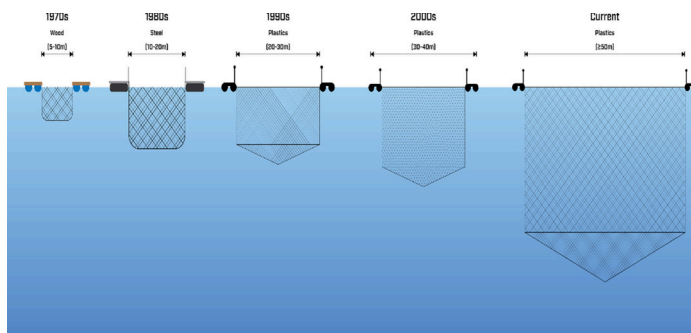
ii. Infraestructura del centro.

La infraestructura de un centro de cultivo de salmones está diseñada para brindar un ambiente controlado y seguro para la cría y el cultivo de salmones.

A continuación, se describen los elementos de infraestructura típicos que se encuentran en un centro de cultivo de salmones:

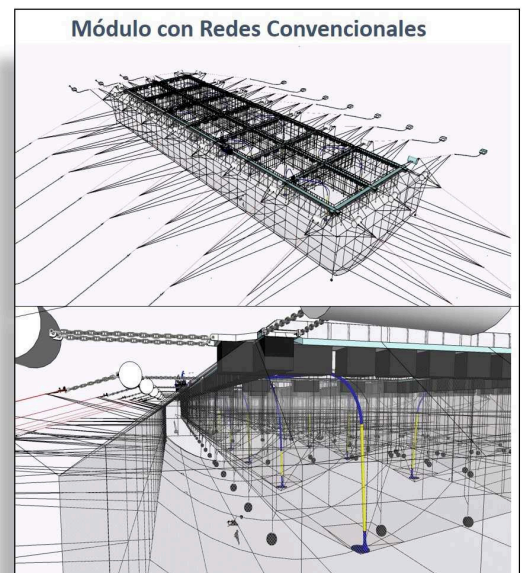
- 1. Jaulas o estructuras de cultivo:** Las jaulas son la pieza central de la infraestructura. Estas estructuras flotantes suelen estar hechas de materiales resistentes a la corrosión, como redes de nailon, dyneema, poliéster y polietileno. En estas jaulas, los salmones se crían y se les proporciona alimento.
- 2. Sistema de anclaje:** Sirven para mantener las jaulas en su lugar y garantizar estabilidad. Estos pueden consistir en cadenas y boyas. La selección de un sistema de anclaje adecuado depende de la ubicación del centro de cultivo.
- 3. Sistema de suministro de agua:** Los centros de cultivo requieren un sistema de suministro de agua de mar, por lo tanto pueden incluir bombas de agua de mar, sistemas de filtración y control de temperatura.
- 4. Planta de procesamiento:** En algunas instalaciones, se encuentra una planta de procesamiento que se utiliza para el procesamiento de los salmones cosechados. Aquí se llevan a cabo tareas como la limpieza, el fileteado y el envasado de los salmones antes de ser enviados al mercado.
- 5. Sistemas de monitoreo y control:** La infraestructura incluye sistemas de monitoreo avanzados que supervisan las condiciones del agua, la calidad del agua, la temperatura y otros parámetros ambientales. Esto permite a los operadores tomar medidas en tiempo real para garantizar la salud y el bienestar de los salmones.
- 6. Sistemas de alimentación:** Los centros de cultivo cuentan con sistemas de alimentación automatizados que administran raciones de alimento de manera controlada y precisa. Estos sistemas garantizan que los salmones reciban una dieta equilibrada y nutricional.
- 7. Redes de seguridad:** Para evitar la fuga de salmones y prevenir la entrada de depredadores u organismos no deseados en las jaulas, se utilizan redes de seguridad que rodean las estructuras de cultivo.

Según el informe "Innovation in the Norwegian Aquaculture Industry" escrito por Samson Afewerki, se ha observado una notable evolución en la tecnología de las redes de jaulas abiertas a lo largo del tiempo. El análisis de este estudio revela una transformación significativa en las dimensiones de estas jaulas desde la década de 1970 hasta la actualidad. En sus primeras etapas, en los años 70, el tamaño promedio de las jaulas oscilaba entre 5 y 10 metros de diámetro, y solían estar construidas de madera. En la década de 1980, el diámetro aumentó a alrededor de 10 a 20 metros, y los acuicultores realizaron la transición de la madera a plataformas de acero integradas. Durante las décadas de 1990 y 2000, el tamaño de las jaulas alcanzó los 30 y 40 metros, respectivamente, volviéndose demasiado grandes para las estructuras de acero y llevando a los salmicultores a adoptar anillos de plástico como alternativa. Con el tiempo, el tamaño de las jaulas continuó aumentando, y en la actualidad, el tamaño promedio de la jaula ha llegado a 50 metros de diámetro, con la tendencia de utilizar marcos fabricados comúnmente en plástico (Afewerki et al., 762).



Gunther Müller, CEO de Cittedini Chile SpA, una destacada empresa fabricante de redes de alta calidad para la industria salmonera, establece que en el proceso de instalación de los centros de cultivo, se emplea un método conocido como "fondeo", que implica el uso de módulos compuestos por jaulas cuadradas de metal o balsas de dimensiones típicas de 30x30 o 50x50 metros.

Para lograr el fondeo exitoso de estos módulos, es esencial considerar los pesos muertos, que generalmente ascienden a 20 toneladas, así como las líneas de soporte, caracterizadas por cadenas, grilletes, cables y cabos. Además, para mantener la flotabilidad del módulo, se emplean boyas y flotadores con una capacidad de hasta 3,500 litros.





iii. Visualización tipos de redes.

La etapa final en el proceso implica la instalación de redes, que se dividen en cuatro tipos esenciales. Las redes perimetrales de predadores comprenden dos categorías: las "loberas", diseñadas para prevenir los ataques del Lobo Marino Común y reducir el estrés en el cultivo de peces bajo el agua, y las "pajareras", que se ubican por encima del cultivo para evitar los ataques aéreos de aves.

Adicionalmente, se emplean otros dos tipos de redes. La "pecera", con una malla de 1 a 1 ¼ pulgadas, se utiliza para contener salmones en estado de esmoltificación, cuando son más pequeños. Su ciclo de vida es de aproximadamente 4 a 5 meses. Una vez que los salmones alcanzan un tamaño y peso específicos, se cambia a la "red de engorda", que presenta una malla de 2 a 2 ½ pulgadas.

Estas redes están confeccionadas con diversos materiales, como Nylon, Poliéster, Polietileno, Hdpe y Dyneema, este último destacándose como la opción preferida debido a su excepcional resistencia y los excelentes resultados que ha demostrado en la industria acuícola.

Las dimensiones de las redes se determinan considerando múltiples factores. En primer lugar, se tiene en cuenta el tamaño y peso de los salmones. Además, se evalúa la oxigenación del cultivo y las corrientes de agua, que desempeñan un papel crucial en el equilibrio entre el entorno del cultivo y el ambiente exterior, permitiendo ajustes constantes para mantener las condiciones óptimas para el desarrollo de los salmones. (Rev Aquac. 2022)

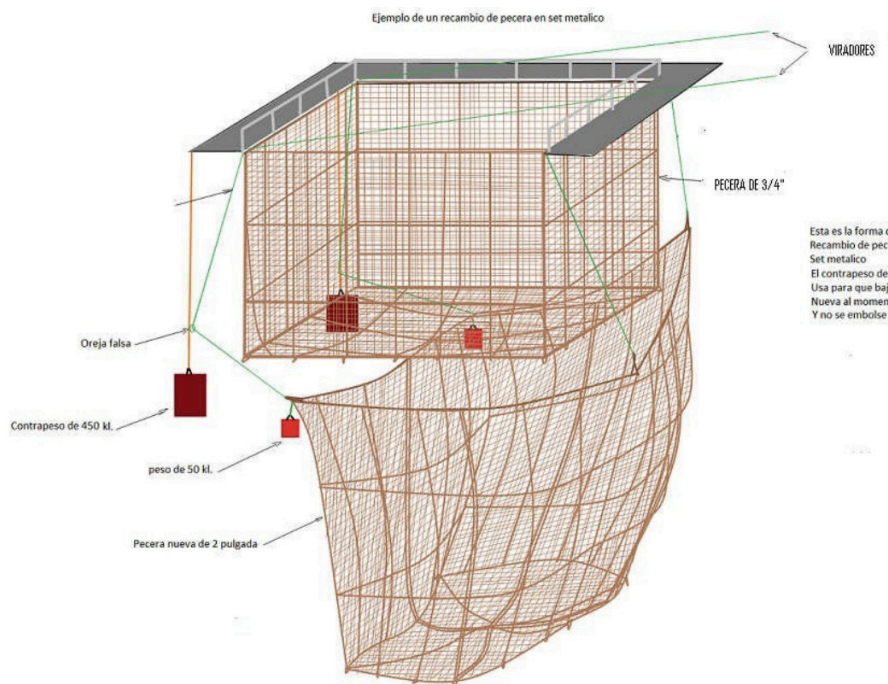
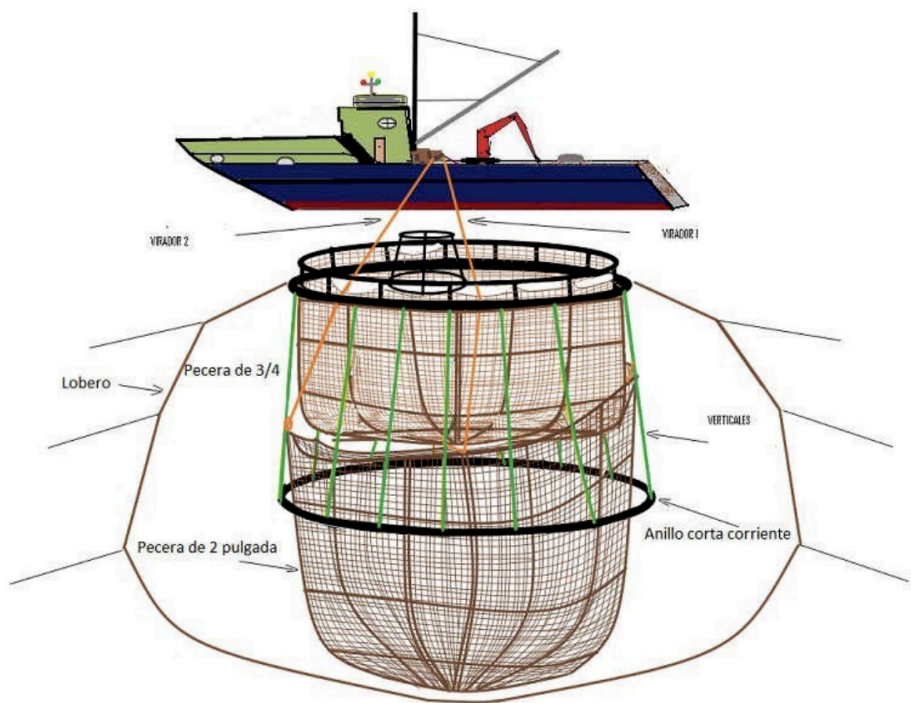




Foto 20: Rik Veldeman.

e. Problemáticas detectadas

i. Fouling

Según la entrevista realizada a Gunther Müller, la industria salmonera se enfrenta a tres desafíos fundamentales:

1. **Fouling:** Uno de los problemas recurrentes es el fouling, que se refiere a la acumulación de sustancias disueltas en el mar en la superficie de las redes de las peceras. Gunther explica que el fouling se produce en las mallas de las redes de las peceras, donde los desechos tanto externos como generados por los peces se adhieren a las mallas. Estas mallas suelen estar compuestas por multifilamentos, lo que crea un efecto de colador. A medida que las corrientes marinas interactúan con estas redes, se acumulan microalgas y desechos en la malla, disminuyendo la oxigenación del cultivo de salmón. Este fenómeno es lo que se conoce como la "ley de $\frac{3}{4}$ ", que se refiere a la preferencia de los peces por alimentarse en lugar de respirar. En promedio, las peceras deben mantener una oxigenación de 7 miligramos de oxígeno por litro. Cuando esta cifra comienza a disminuir y se alcanza un nivel inferior a 5,4 miligramos de oxígeno en el cultivo, los peces comienzan a experimentar estrés y deben equilibrar su necesidad de respirar y alimentarse. Si esta situación persiste, los peces pueden llegar a un punto crítico en el que su capacidad de respirar se ve comprometida y, eventualmente, pueden morir por falta de oxígeno.

Este proceso pone de relieve la importancia de mantener una adecuada oxigenación en los cultivos de salmón para asegurar su salud y desarrollo.

Otro desafío derivado del fouling es la disminución del flujo de agua, lo que impide una limpieza natural profunda. Además, la acumulación de peso en la red debido al fouling provoca su tensión y eventual corte, lo que añade una carga adicional al sistema.

Para abordar este problema, existen tres enfoques de solución que se utilizan en la actualidad. El primero, que ya hemos mencionado, es la oxigenación de las peceras, que, si bien mejora la oxigenación, no aborda directamente el fouling, ya que su objetivo es la eliminación de este último.

Efecto Fouling.

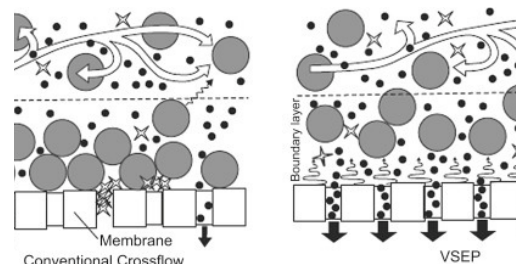


Foto 21: Science Direct.



Foto 22: Greenpeace.

El método más popular es el lavado in situ, utilizado por aproximadamente el 70% de las empresas. Este proceso implica el uso de una hidrolavadora equipada con un juego de discos, una manguera y un filtro de succión. Su función es lavar las redes bajo el agua, eliminando las microalgas acumuladas. Gracias a las corrientes marinas, los desechos eliminados son llevados lejos del sitio de cultivo. El lavado in situ se lleva a cabo de acuerdo con la época del año; en invierno, se realiza cada 60 días, mientras que en verano, la frecuencia se aumenta a cada 15 días. Además de los beneficios ambientales, esta técnica también resulta en un ahorro significativo para las empresas al optimizar los costos de producción.

Otra solución convencional consiste en la utilización de talleres de redes, donde se lleva a cabo un reemplazo de las mallas por unas nuevas cada 3 o 4 meses antes de someterlas a un proceso de lavado. La frecuencia de estos cambios varía según la temporada del año. Sin embargo, esta opción conlleva desafíos en términos de costos, ya que las empresas deben considerar los gastos asociados a la adquisición de nuevas redes, la mano de obra y la tecnología necesaria para llevar a cabo el proceso de reemplazo.

Por último, encontramos las redes de impregnación, una solución en la que empresas especializadas en pinturas han colaborado para desarrollar productos antifouling. Estas pinturas están diseñadas para cumplir con las estrictas normativas ambientales vigentes en la industria acuícola. Se han creado dos tipos de pinturas, adaptadas a las distintas temporadas, alta y baja de fouling. Estas pinturas, además de prevenir la acumulación de fouling, generan menos estrés en los peces y se ajustan a protocolos sanitarios que promueven la conservación del medio ambiente y la biodiversidad en la zona.

Mantenimiento de redes en talleres especializados.



Foto 23: Salmonexpert.

Información proveniente de Cittadini, entrevista Gunther Muller.

Maquina para el lavado IN SITU.



Foto 24: AKVA group.

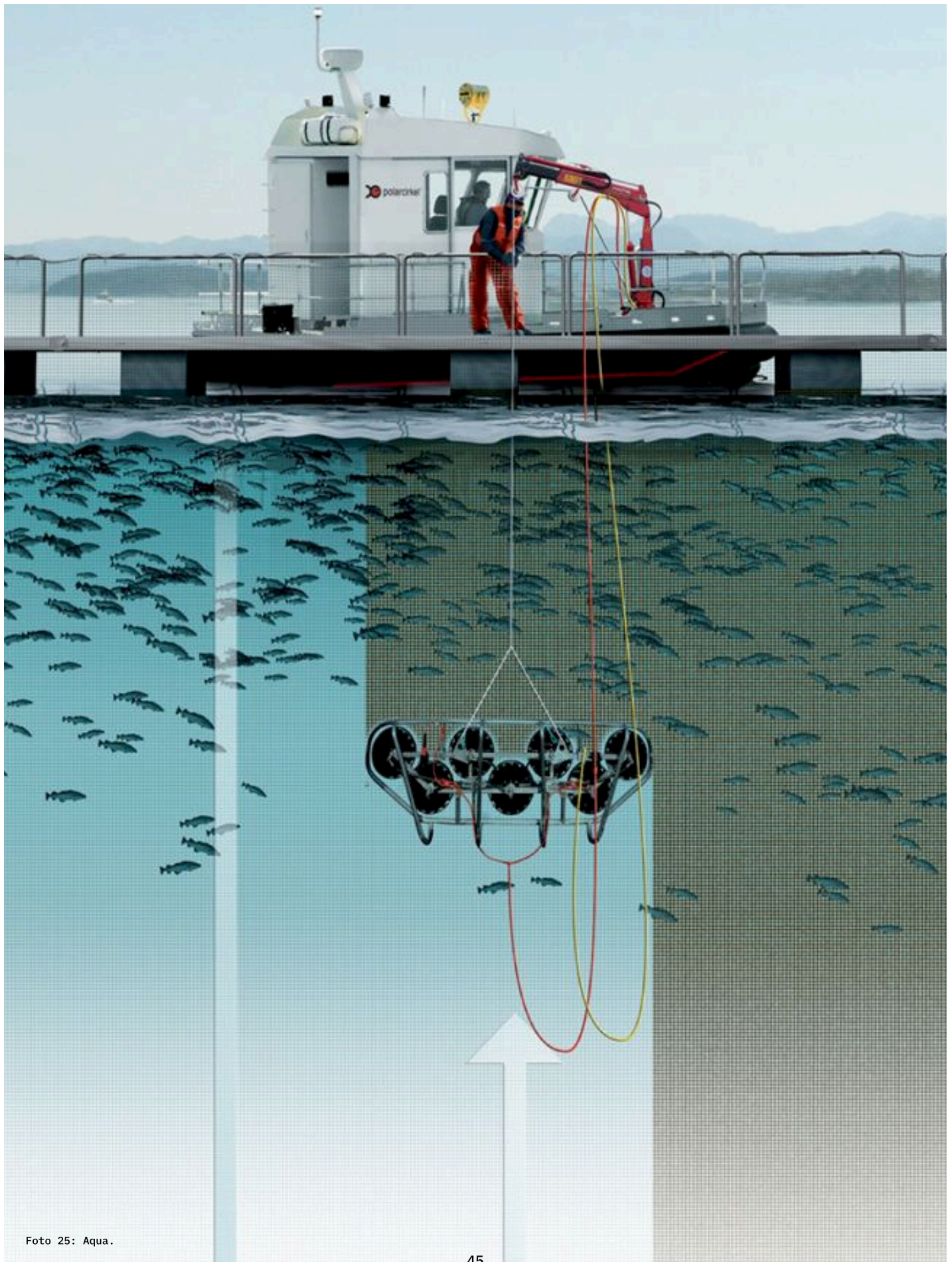


Foto 25: Aqua.



Foto 26: Incar Centre.

ii. Caligus.

El segundo desafío significativo en los centros de cultivo, según Gunther Muller, es el manejo de la infestación de Caligus, un problema que genera costos considerables en la industria del salmón en Chile. Estos ectoparásitos marinos afectan a los peces nativos, incluyendo los salmones, y son comúnmente conocidos como "piojos de mar" debido a su semejanza con los piojos terrestres (Gunther Müller).

En el caso de los salmones, la infestación de Caligus puede desencadenar una enfermedad conocida como "caligidosis," caracterizada por la presencia de piojos de mar en la piel, aletas y branquias de los peces. Esta infestación puede provocar irritación, pérdida de peso, anemia y debilidad, impactando negativamente en el crecimiento y la supervivencia de los salmones. Los salmones infestados se estresan al punto de dejar de alimentarse y pasan el día intentando rascarse para eliminar los Caligus. Este comportamiento se manifiesta en saltos hacia las redes pajareras en un intento de rascarse, así como en movimientos agitados bajo el agua (G, s. f.).

El control de la infestación de Caligus es fundamental para la salud y el bienestar de los peces, así como para la industria acuícola en su conjunto. Se emplean diversas estrategias para combatir la infestación de Caligus, que incluyen el uso de productos químicos, la eliminación mecánica y la mejora de las condiciones ambientales en los estanques de cultivo (Appel, 2022).

Un método comúnmente empleado es el baño antiparasitario, que sumerge a los peces en una solución de un agente químico específico, diseñado para eliminar los piojos de mar y otros parásitos que puedan afectar la piel, aletas y branquias de los peces. Sin embargo, la elección del agente químico depende de diversos factores, como la especie de pez, el tamaño y la edad de los peces, y las condiciones ambientales del estanque de cultivo.

El baño antiparasitario es una medida que se aplica con precaución, ya que los productos químicos utilizados pueden resultar tóxicos para los peces si se emplean en concentraciones excesivas o durante un período prolongado. Por lo tanto, es fundamental adherirse a las pautas de aplicación recomendadas y llevar a cabo un monitoreo meticuloso de los peces después del tratamiento con el fin de detectar cualquier efecto secundario o complicación.

Hace unos pocos años, SMIR introdujo un sistema mecánico innovador como alternativa a los productos químicos tradicionales para el control del piojo de mar. Este sistema, conocido como Hydrolicer, es un método de baño antiparasitario que se caracteriza por su amigabilidad tanto con los salmones como con el medio ambiente. En lugar de productos químicos, utiliza agua de mar para combatir la infestación de Caligus y otros parásitos en los salmones y otros peces. En el proceso, los peces son transferidos a una cámara donde se someten a inyecciones de agua a alta presión, lo que resulta en la eliminación de los piojos de mar y otros parásitos adheridos a la piel, aletas y branquias de los peces.

Baño antiparasitario.



Foto 27: Aqua.

Salmón infectado por Caligus.



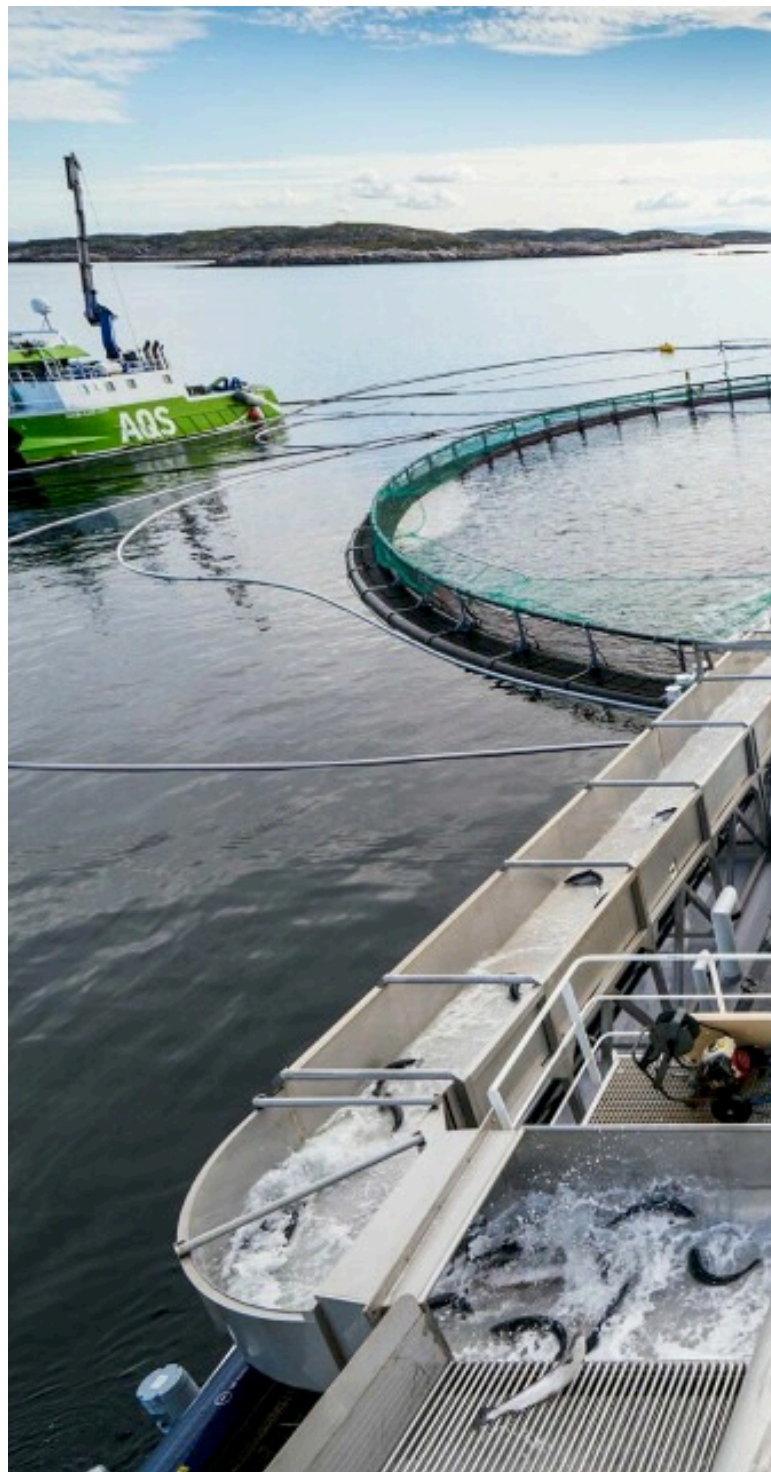
Foto 28: Salmonexpert.

Durante el proceso de Hydrolicer, los peces se desplazan a través de una serie de compartimentos que contienen agua a alta presión y corrientes de agua. Estos compartimentos han sido diseñados para garantizar un baño completo y uniforme en agua de mar, que se emplea como agente antiparasitario para eliminar los piojos de mar y otros parásitos (Hydrolicer: SMIR continúa avanzando en el control del piojo de mar y bienestar animal, 2022).

Una de las ventajas más destacadas de Hydrolicer radica en el uso de agua de mar, la cual no es tóxica para los peces, lo que lo convierte en una opción más natural y respetuosa con el medio ambiente en comparación con los productos químicos utilizados en otros métodos de baño antiparasitario. Además, el proceso de Hydrolicer es más eficiente y rápido que otros métodos similares, lo que reduce el estrés en los peces y acorta el tiempo de tratamiento.

Es importante destacar que, aunque el proceso de Hydrolicer es beneficioso, puede causar estrés en los peces si se emplea una presión de agua demasiado alta. Por lo tanto, es esencial seguir las pautas recomendadas y llevar a cabo una supervisión minuciosa de los peces después del tratamiento para identificar posibles efectos secundarios o complicaciones.

De acuerdo con Aqua, el sistema Hydrolicer de SMIR ha superado las 200 líneas operativas en todo el mundo, con una capacidad impresionante para lavar hasta 300 toneladas de salmones por hora. Este sistema se ha consolidado como una de las tecnologías más influyentes en el hemisferio norte y ha demostrado una eficiencia promedio estimada del 90% en la eliminación del Caligus (SMIR: Hydrolicer supera las 200 líneas operativas en el mundo, 2022).





f. Lobo Marino Común (*Otaria Flavescens*).





i. Problemática Detectada.

En el fascinante mundo de la ciencia y las investigaciones, los descubrimientos nunca dejan de sorprendernos. La tercera problemática que reveló Gunther Muller es la interacción del lobo marino común (*Otaria Flavescens*) con los centros de cultivo de la industria salmonera, el cual se destaca por sus ataques a la producción de salmones y a generar daños en la infraestructura.

En ese sentido, tuve el privilegio de conversar con Luis Velásquez, trabajador de la empresa GMT, experto en biología marina y con más de 29 años de experiencia en el proceso de producción donde se abordan las problemáticas explicadas anteriormente, en este caso la entrevista trató principalmente sobre el Lobo Marino Común.

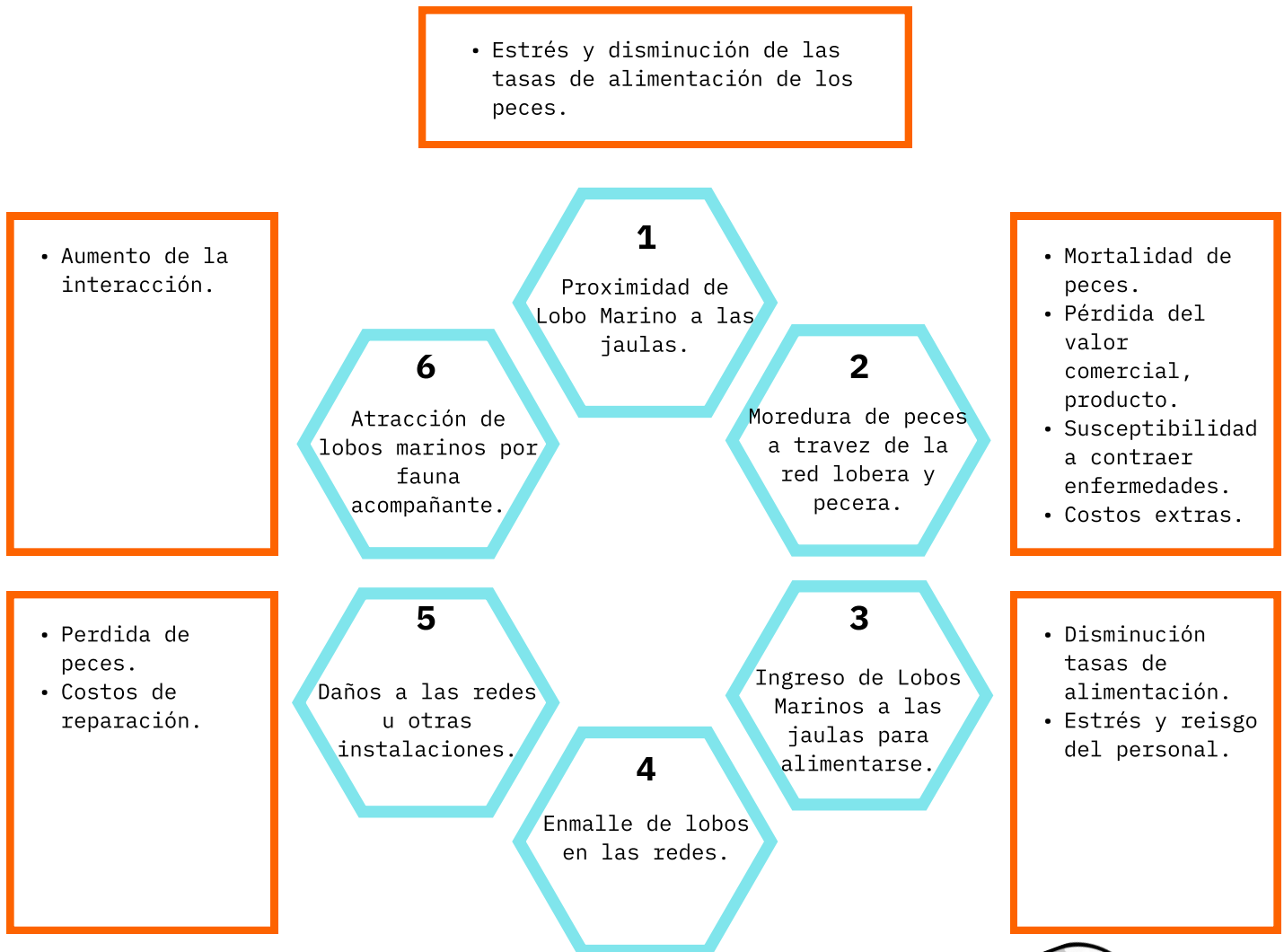
Luis comenta que; “Las salmoneras han enfrentado problemas con el lobo marino común, ya que estos animales se alimentan de los salmones que se encuentran en los estanques de cultivo y causan daños económicos significativos a la industria de la acuicultura. Además, los lobos marinos pueden propagar enfermedades y parásitos a los salmones, lo que puede afectar la salud y el bienestar de los peces y comprometer la calidad del producto final.

Este mamífero acuático, caza los salmones en los centros de cultivo en Chile principalmente por oportunismo y necesidad alimentaria. Los lobos marinos pueden detectar la presencia de los salmones a través del olfato y la vista, y se acercan a los estanques de cultivo para cazar los peces cuando encuentran la oportunidad” (Luis Velásquez).

Una vez que un lobo marino identifica un centro de cultivo, puede utilizar diferentes técnicas para cazar los salmones, incluyendo saltar sobre las redes protectoras o perforarlas, o incluso ingresar al estanque de cultivo. Generando a su vez un daño a la infraestructura del centro y costos extras a la industria salmonera.



Tipos de interacción pinípedos y salmonicultura.



⬡ = Interacción.

▭ = Consecuencia.



Figura 06: Elaboración propia.
 Dibujo 01: Elaboración propia.
 Proyecto FIP 2003, Informe Final. Interferencia de mamíferos marinos con actividades pesqueras y de la acuicultura.



Figura 14. Fotografía que muestra un salmón atacado por un lobo marino común.

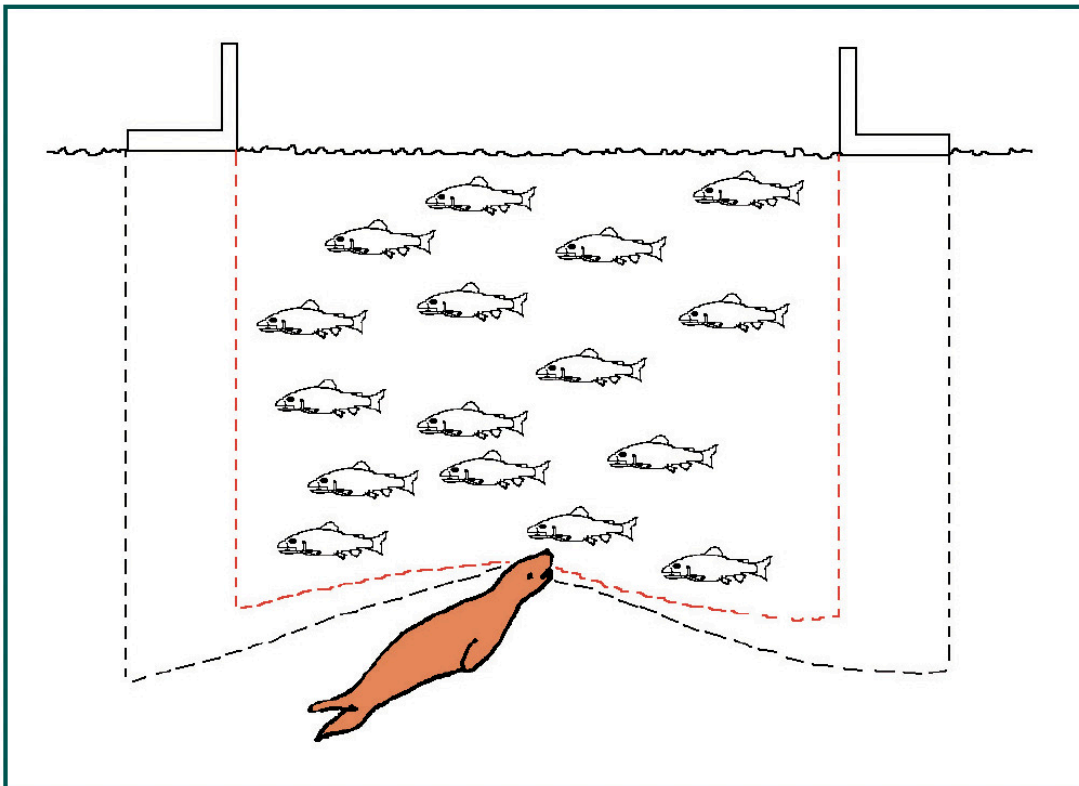


Figura 15. Conducta de ataque del lobo marino común en las balsas-jaulas de salmones.



Foto 31: Michel Tweddle.

ii. Inteligencia del Lobo Marino.

Luis explicó los aspectos más destacados de la inteligencia de los lobos marinos la cual es su capacidad de aprendizaje y adaptación al entorno. Estos animales son considerados altamente inteligentes debido a varias características:

1. Aprendizaje por observación:

Los lobos marinos tienen la capacidad de aprender observando e imitando a otros miembros de su grupo. Pueden aprender rápidamente nuevas habilidades y comportamientos al observar a otros individuos realizar ciertas acciones.

2. Resolución de problemas:

Los lobos marinos son capaces de resolver problemas complejos y encontrar soluciones.

Pueden enfrentar desafíos como abrir contenedores, encontrar comida escondida o superar obstáculos para obtener recompensas.

3. Comunicación y cooperación:

Estos animales tienen un sistema de comunicación sofisticado que les permite interactuar entre sí.

Pueden utilizar diferentes vocalizaciones, gestos y señales para comunicarse y coordinar actividades en grupo, como la caza o la defensa del territorio.

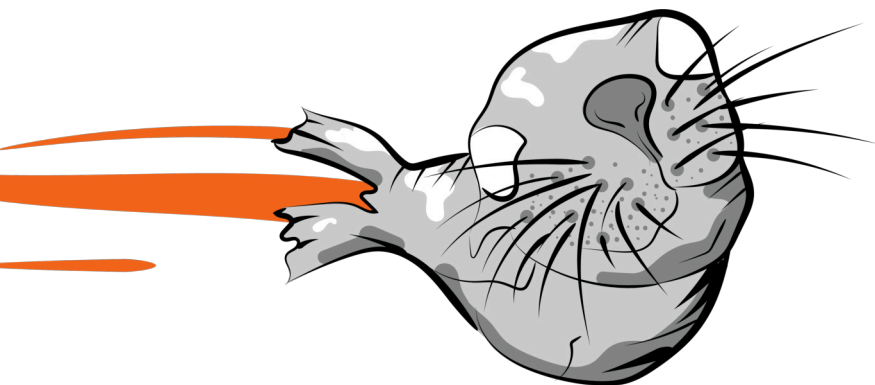
4. Memoria y reconocimiento de patrones:

Los lobos marinos tienen una memoria excepcional y pueden recordar lugares, rutas y comportamientos específicos durante largos periodos de tiempo. También son capaces de reconocer patrones y asociaciones entre diferentes estímulos, lo que les permite tomar decisiones informadas.

5. Adaptación al entrenamiento:

Los lobos marinos son animales muy receptivos al entrenamiento. Son utilizados en programas de espectáculos acuáticos y exhibiciones en acuarios, donde pueden aprender una amplia variedad de comportamientos y realizar trucos en respuesta a señales de entrenadores.

Estas habilidades cognitivas muestran la inteligencia de los lobos marinos y su capacidad para adaptarse a diferentes situaciones.



iii. Características principales.

Los Lobos de Mar han estado presentes en las costas chilenas desde hace muchos años, se remonta al año 1750 los primeros escritos y estudios acerca de esta especie. Se avistaba en Juan Fernández, Chile, Magallanes, Tierra del Fuego, Islas Australes.

En el periodo colonial, los pueblos aborígenes fueron uno de los primeros en cazar a este animal, ya que por necesidad, la materialidad del Lobo de mar ayudaba a estas personas. La carne del lobo alimentaba a la gente, el aceite refinado que contiene este animal sirve para curtir y quemar, sus pieles servían para hacer balsas, confecciones de ropa y zapatos.

Luego fue comercializado este animal en distintos lugares, su exportación por el aceite y las pieles eran muy valiosas, embarcaciones desde Europa y Norteamérica generaron una sobreexplotación de este animal, por lo que las autoridades decidieron establecer políticas públicas para disminuir su caza, en el gobierno del presidente Jorge Montt, 1892 comenzaron las ordenanzas que prohíben la caza del lobo marino y hasta el día de hoy siguen vigentes. (Federico Albert: apreciaciones sobre la caza y pesca de los lobos marinos en los territorios australes de Chile, 1901, 2018)

En Chile, residen cuatro especies distintas de lobos marinos: el lobo Marino Común (*Otaria Flavescens*), el lobo fino austral (*Arctocephalus australis*), el lobo fino de Juan Fernández (*Arctocephalus Philipii*) y el lobo fino antártico (*Arctocephalus gazella*). La especie más prevalente es el *Otaria Flavescens*.

Los lobos marinos comunes son mamíferos acuáticos de considerable tamaño; los machos pueden alcanzar una longitud de 2.8 m y un peso de hasta 350 kg, presentando un pelaje grueso de tono café oscuro en el cuello. En contraste, las hembras miden 2.2 m y pesan alrededor de 140 kg, destacándose por la ausencia de pelaje espeso en el cuello, que es más liso en general y de color gris oscuro.

Estas criaturas exhiben habilidades cognitivas que resaltan su notable inteligencia y su capacidad para adaptarse a diversas situaciones. No obstante, es crucial reconocer que la inteligencia animal se manifiesta de manera singular, adaptada a su entorno y necesidades específicas.

Entre las notables destrezas de estos animales se encuentra su asombrosa capacidad de nado, llegando a recorrer hasta 80 km diarios en búsqueda de alimento. Poseen una fuerza y resistencia excepcionales, y su agudo sentido del olfato y vista contribuyen a su eficacia en la detección de salmones.

El lobo marino común exhibe una inteligencia sobresaliente al obtener alimentos, aprovechando su aguda visión que, aunque no alcanza la nitidez humana, le permite percibir colores como el azul y el verde. Su visión nocturna, respaldada por una alta concentración de bastones en los ojos, facilita su desenvolvimiento en condiciones de poca luz.

En cuanto a su capacidad auditiva, similar a la de otros mamíferos marinos, los lobos marinos muestran una destacada habilidad para detectar sonidos tanto en el agua como en el aire. Su sensibilidad a las frecuencias bajas les permite discernir la presencia de presas, depredadores y otros lobos marinos en su entorno acuático.

En términos de comportamiento, los lobos marinos siguen patrones estacionales, como el periodo de caza entre abril y mayo, así como noviembre y diciembre, y el periodo de reproducción que tiene lugar entre enero y marzo.

Es evidente que el crecimiento sustancial de la salmonicultura en Chile, junto con la disminución de la pesca, ha proporcionado un nuevo y eficaz nicho alimentario para el lobo marino común (Durán et al., 2011). Este fenómeno resalta la capacidad de adaptación y aprovechamiento de recursos de estos animales en respuesta a cambios en su entorno.

Hay diferentes puntos en los cuales los lobos marinos son atraídos por las salmoneras:

1. El crecimiento poblacional de los lobos marinos ha generado una disminución de concentración de peces nativos lo cual provoca un efecto cebo a la producción de salmones para los lobos marinos.
2. A la vez este efecto se produce por la mortalidad de los salmones en las peceras, por lo que las acciones deben ser inmediatas y retirar a los peces muertos depositados en el fondo de las redes con mayor frecuencia posible.

Este tema trae además daños indirectos en las redes ya que las loberas podrían estar en mal estado al igual que las peceras, por lo que también necesitan una revisión y reparación inmediata, la desventaja de este problema es el tiempo ya que se debe bucear en profundidad para poder revisar el estado de las redes.

Cuando es periodo de cosecha, también es un tiempo en donde hay que estar atento ya que se hacen manipulaciones de redes, traslado de peces vivos. En este punto la empresa debe tener planes de contingencia anti escapes de los salmones para no perder producción y no atraer a los depredadores.

De los tres puntos se logra analizar que la industria salmonera debe tener prácticas de manejo responsable para no atraer al lobo Marino Común y cuidar la biodiversidad que se encuentra en el entorno de las jaulas.

Para esto deben ser atentos en la práctica de alimentación, donde se encuentran los sistemas semiautomáticos, con cámaras submarina para la detección del momento en que se deba suspender la alimentación, una dosificación exacta de alimento, tratar de disminuir la contaminación del fondo bajo las jaulas y así obtener una menor pérdida económica («INTERFERENCIA DE MAMÍFEROS MARINOS CON ACTIVIDADES PESQUERAS Y DE ACUICULTURA», s. f.).



La práctica de los residuos también debe ser meticulosa, con métodos de extracción. Tenemos los residuos orgánicos, que son alimento no consumido, fecas de salmones, mortalidad de los peces. Residuos sólidos como bolsas de alimento, madera de bins, plásticos, cartones, envases. Residuos sólidos peligrosos que se componen por pilas, lubricantes y baterías.

En mortalidad es donde más precaución hay que tener frente a los lobos marinos ya que ocurre el efecto cebo hablado anteriormente. Antiguamente se utilizaba una infraestructura circular para la deposición de las redes estas en comparación con las cuadradas mantenían un alto nivel de mortalidad de salmones.

El manejo de redes, en este caso de las loberas se componen por una red interior, la cual está tensada, tiene un calibre y una distancia de la red pecera. Luego están las exteriores que son metálicas, las cuales son la estructura para mantener las redes peceras y loberas.



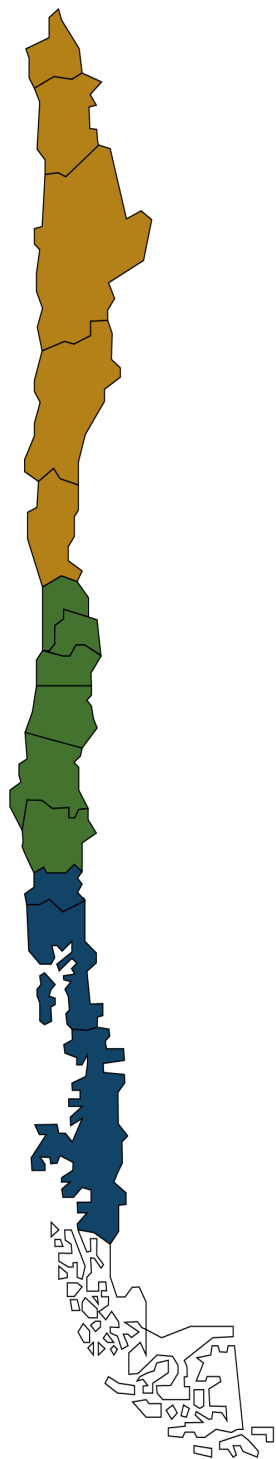
Las políticas públicas han presentado diversas alternativas para mitigar la presencia de lobos marinos, con algunas opciones más viables que otras. Por ejemplo, se ha considerado el uso de sistemas de protección, como los conocidos sistemas de sonido. Sin embargo, se ha observado que estos resultan ineficaces, ya que los lobos marinos tienden a adaptarse a estos elementos sónicos, desarrollando estrategias para evadir el sonido, como asomar la cabeza fuera del agua. A pesar de que las redes han aumentado en complejidad y costos para las empresas, se han vuelto esenciales para mantener barreras físicas entre los lobos marinos y los salmones («EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL LOBO MARINO COMÚN EN LA MORTALIDAD NATURAL DE LAS ESPECIES OBJETIVO DE LAS PESQUERÍAS CHILENAS», 2021).

En el contexto de las políticas públicas y regulaciones, estas han tenido un impacto significativo en las estrategias adoptadas para abordar la presencia de lobos marinos en Chile. Aunque se han implementado regulaciones estrictas para la protección de esta especie, se ha observado un aumento en la población de lobos marinos a lo largo del tiempo en las costas chilenas. Este desafío requiere encontrar soluciones efectivas que no solo salvaguarden la actividad pesquera, sino que también consideren el impacto ambiental y la preservación de otras especies marinas.

Los lobos marinos se distribuyen a lo largo de Chile, con una población de 144,000 ejemplares, siendo más prominente en la Región de Los Lagos y la Región de Aysén. En la Región de Los Lagos, las loberas más destacadas son Isla Metalqui y la Isla Doña Sebastiana. Según Doris Oliva, bióloga de la Universidad de Valparaíso, la población de lobos marinos se mantiene estable, aunque la información del censo sugiere un posible crecimiento poblacional debido a las regulaciones que protegen a la especie. Además, datos biológicos indican que los lobos marinos pueden mantenerse en el tiempo, ya que el 75% de las crías sobreviven durante las épocas de reproducción, contribuyendo al aumento de la población. El largo ciclo de vida de 20 a 30 años de estos ejemplares también respalda su capacidad de persistir.



iv. Ubicación Lobo Marino Común.



Aumento población de 40.000 a 50.000

Loberas populares:

- Punta Lobos.
- Punta piojo.
- Bandurrias del sur.

Aumento población de 17.000 a 27.000

Loberas populares:

- Topocalma.
- Cobquecura.

Aumento población de 50.000 a 67.000

Loberas populares:

- Isla Metalqui.
- Punta Chalgaco.
- Isla Guafo.
- Isla Guamblin.

Figura 1: Tendencia de la abundancia poblacional del Lobo Marino Común en la Zona Norte por Región

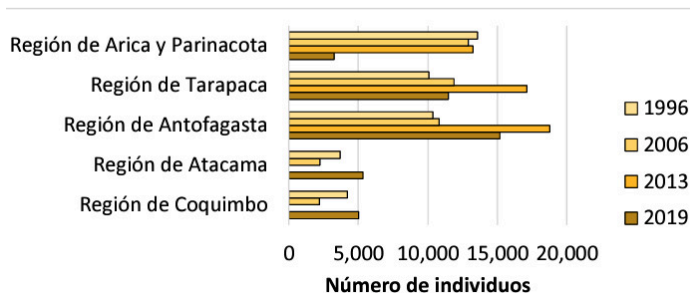


Figura 3: Tendencia de la abundancia poblacional del Lobo Marino Común en la Zona Centro por Región

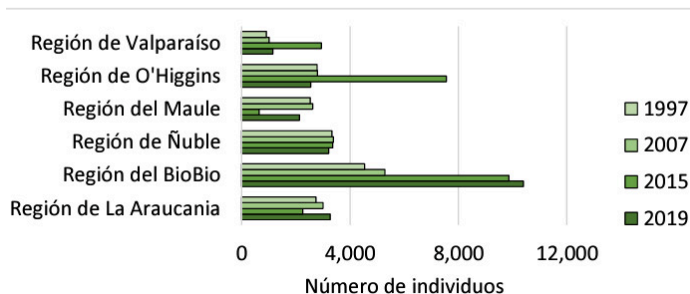


Figura 5: Tendencia de la abundancia del Lobo Marino Común en la Zona Sur

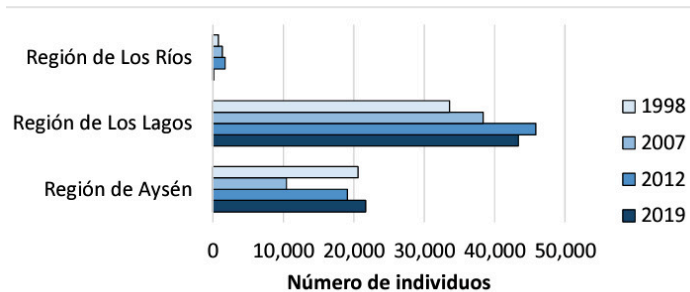




Foto 32: Salmonexpert.

v. Conclusiones.

Sin embargo existen componentes no integrados en la ecuación para mitigar a los lobos marinos y es la unión de los estudios biológicos marinos, con la ecología y el comportamiento de los lobos marinos. Las soluciones son muy por encima de lo que ya se sabe sin resolución investigativa a profundidad de cómo podemos solucionar este problema, ya que la presencia de lobos marinos en los centros de cultivo genera una disminución en la producción de salmón, uno por los ataques del lobo donde este logra entrar a las jaulas, morder el estómago de los salmones y succionar sus órganos dejando toda la carne del salmón como mortalidad y desecho en las jaulas. Como también el estrés que le genera a los demás salmones, haciendo que estos no se alimenten lo que es necesario para poder comercializar el producto, y además generando movimiento excesivo del pez alrededor de la jaula, lo cual hace que su peso disminuya. A su vez hay que tener en cuenta el daño a la infraestructura del centro de cultivo y el costo a los servicios extra como de sanidad y buzos para controlar el evento.

El propósito de esta investigación, es poder establecer una visión futura para combatir el problema del lobo marino común, ya que las últimas tecnologías no han funcionado y los centros de cultivo necesitan poder controlar el comportamiento de los lobos, para ello hay que establecer una lectura y recolección de datos sobre como se comportan los lobos marinos.

Según Luis Velásquez, existen diversas formas de monitorear a los lobos marinos para obtener información sobre su comportamiento, población y hábitats. A continuación, se presentan algunas técnicas comunes utilizadas para este propósito:

1. Observación directa:

Los investigadores pueden llevar a cabo observaciones directas en el campo, utilizando binoculares o telescopios desde la costa o embarcaciones. Este enfoque puede proporcionar información sobre la presencia, ubicación, comportamiento y interacciones sociales de los lobos marinos.

2. Marcado y seguimiento:

Se puede realizar el marcado individual de los lobos marinos con etiquetas, marcas o dispositivos de seguimiento, como etiquetas satelitales o transmisores de radio. Estos dispositivos permiten rastrear los movimientos de los individuos, obtener información sobre sus patrones de migración, hábitats utilizados y áreas de alimentación.

3. Cámaras de monitoreo:

Se pueden instalar cámaras de monitoreo en áreas frecuentadas por los lobos marinos, como colonias de reproducción o lugares de descanso. Estas cámaras pueden ser activadas por movimiento o programadas para tomar fotografías o grabar videos, lo que permite obtener datos sobre la actividad de los lobos marinos en ausencia de observadores humanos.

4. Análisis genético:

Mediante la toma de muestras de tejido o excrementos de los lobos marinos, se puede realizar análisis genéticos para obtener información sobre la estructura poblacional, diversidad genética y parentesco entre los individuos.

5. **Monitoreo acústico:**

Los lobos marinos emiten vocalizaciones bajo el agua. El monitoreo acústico consiste en el uso de hidrófonos sumergidos para registrar y analizar estos sonidos. Esto puede proporcionar información sobre la comunicación, comportamiento reproductivo y áreas de alimentación de los lobos marinos.

Estas técnicas de monitoreo se utilizan de manera complementaria para obtener un panorama más completo sobre la ecología y el estado de las poblaciones de lobos marinos. Gunther Muller destacaba que, "es importante destacar que el monitoreo de estas especies debe llevarse a cabo con métodos que minimicen cualquier perturbación o impacto negativo en los animales. Además, es necesario cumplir con las regulaciones y permisos correspondientes para realizar investigaciones en animales protegidos."

En Chile, la conservación de los lobos marinos está respaldada por diversas políticas ambientales y regulaciones. Algunas de las políticas clave relacionadas con la protección de los lobos marinos en Chile son las siguientes:

1. **Ley N° 18.892 -**

Ley General de Pesca y Acuicultura:

Es una que regula todas las actividades relacionadas con la pesca y la acuicultura en el país. Esta legislación establece un marco legal completo que abarca desde la explotación de los recursos pesqueros y acuícolas hasta la conservación del medio ambiente marino.

2. **Ley N° 19.300 -**

Bases Generales del Medio Ambiente:

Establece las bases generales para la protección del medio ambiente en Chile. Su objetivo principal es asegurar un desarrollo sostenible que respete y conserve los recursos naturales y el entorno ambiental del país.

3. **Áreas Protegidas:**

Chile cuenta con una red de áreas protegidas, como parques nacionales y reservas marinas, que buscan preservar y conservar la biodiversidad marina y costera, incluyendo los hábitats de los lobos marinos. Estas áreas establecen regulaciones específicas para proteger a las especies y sus hábitats.

4. **Reglamento de Protección de los Mamíferos Marinos:**

Este reglamento establece medidas de protección específicas para los mamíferos marinos en Chile, incluyendo los lobos marinos. Establece las condiciones y restricciones para actividades humanas que puedan afectar a estos animales, como la observación de fauna o turismo.

Estas políticas ambientales y regulaciones están diseñadas para proteger y conservar a los lobos marinos en Chile, asegurando la preservación de sus hábitats y promoviendo su bienestar. Es importante destacar que estas políticas están sujetas a actualizaciones y modificaciones a medida que se desarrollan nuevas investigaciones y se establecen nuevas necesidades de conservación.

"En las profundidades de los fiordos, la tecnología de monitoreo se convierte en un puente entre lobos marinos y la industria salmonera, cambiando la historia a una convivencia armoniosa."

Antonio Felmer.



4. Ideación de un sistema.

a. Delimitación del tema

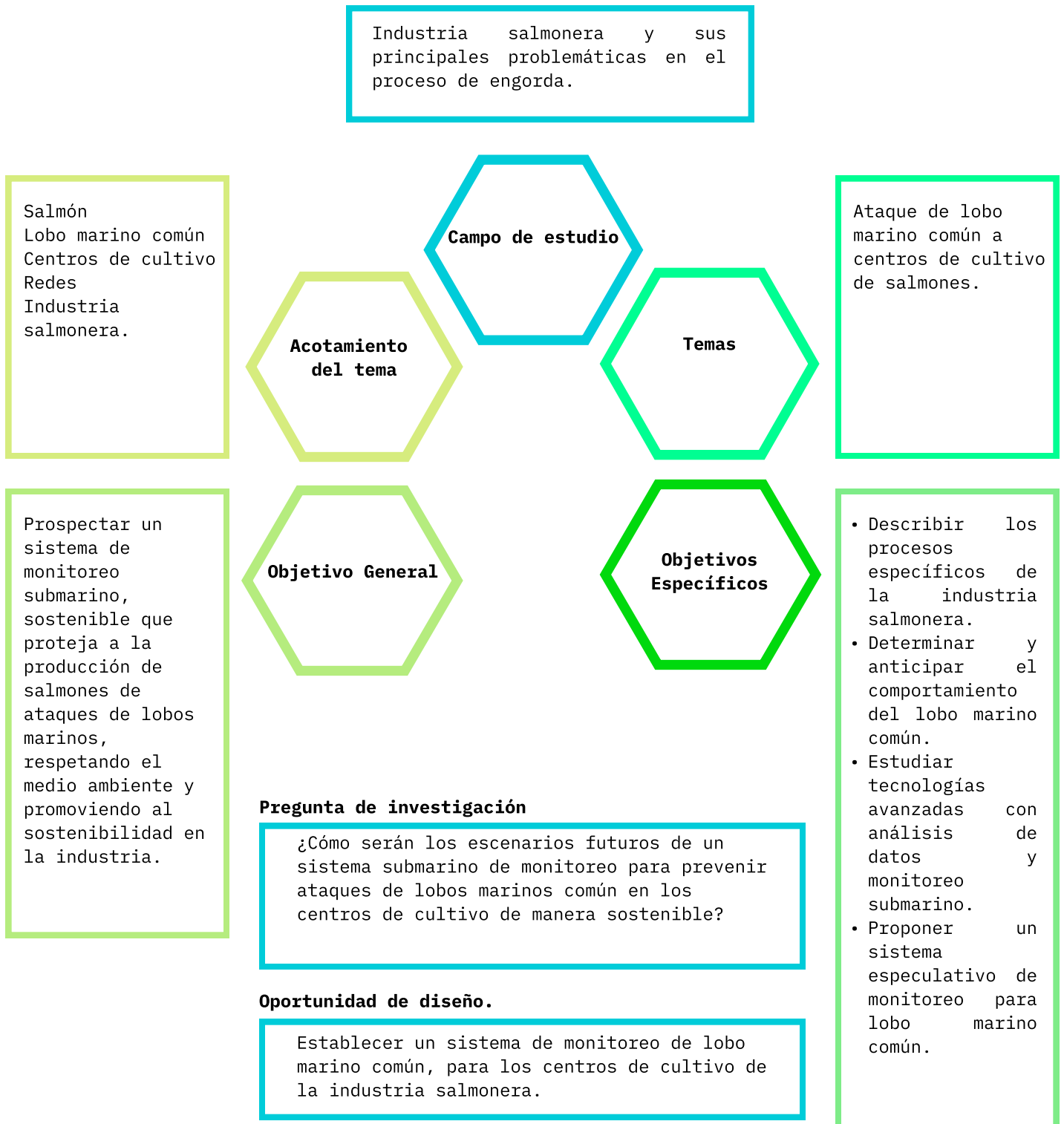


Figura 07: Delimitación del tema
Elaboración propia.

b. Referentes y patentes.



 **DEEP TREKKER**

ROV son vehiculos remotos operados por personas, los cuales brindan soluciones a diversos proyectos submarinos.

- Tecnología BRIDGE.
- Control simplificado (Software).
- Comunicación constante.
- Detalles especificos:
 - Profundidad: 305M.
 - Propulsores: 6.
 - Peso: 55 lbs.
 - Duración batería: 6hrs.
 - Batería intercambiable.
 - Carga directa.
 - Rotación sonar: 260°.
 - Rotación cámara: 260°.
 - Sonda.
- Estudio corto alcance para aguas turbias.
- Ubicación e identificación de objetivos, posicionamiento de sonda y USBL.
- Controlador impermeable.
 - Datos en pantalla, visualización frontal.
 - Puertos externos, conectividad HDMI, USB, Ethernet y SD.
- Funcionalidad de cámara 4K.
 - Claridad.
 - Corrección de imagen automática.
 - Corrección de color bajo el agua.
 - Funcionamiento con poca luz.

(DTG3 ROV | Deep Trekker, s. f.)

ACE
AQUATEC



Diseño de patrones de sonidos aleatorios generados por computador, generando respuesta acústica de sobresalto a frecuencia media para evitar riesgos auditivos y efectos de habituación a una sola frecuencia.(Mid-Frequency Acoustic Startle Response Device| ACE Aquatec, s. f.).



Sistema de ahuyentamiento de lobos marinos mediante dispositivo ADD, denominado sistema LARC.

Emite sonidos aleatoriamente desde un banco de 70 frecuencias

Con modalidad pasiva -activa para evitar riesgos auditivos y efectos de habituación del Lobo Marino Común.



Aplicación de inteligencia artificial en imágenes para procesos de producción e industriales.

- Conteo y seguimiento.
- Rastreo y monitoreo.
- Visualización e indicadores.
- Precisión en la toma de decisiones, así obtener datos reales que se necesitan para optimizar y mejorar los procesos de producción.

(Lythium, s. f.)



Análisis en tiempo real obteniendo información exacta del desarrollo del pez.

- Servicio al cliente.
- Integración con aplicaciones de análisis de data, API - Excel.
- Data en tiempo real.

Data problemáticas:

- Situación de desarrollo.
- Salud.
- Piojos.

(OptoScale, s. f.)



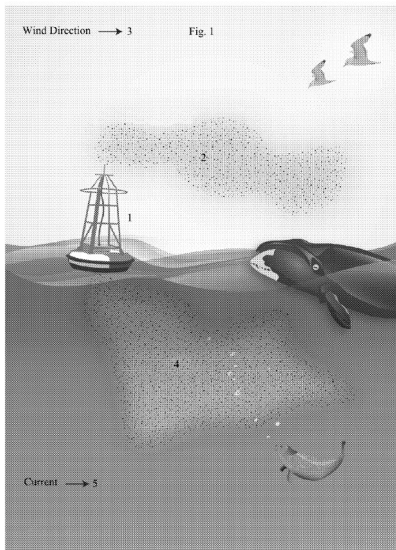
KARMENstudio

advanced aquaculture video analysis

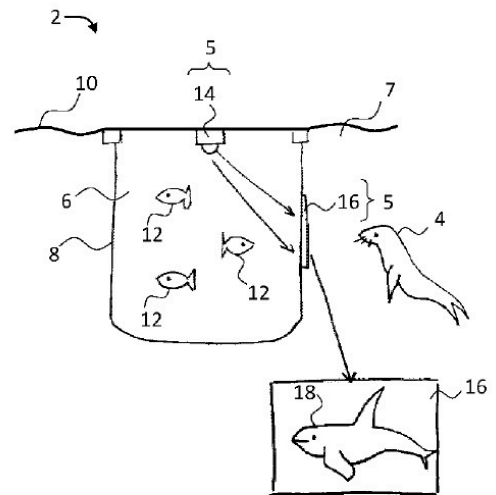
- Machine learning.
- Artificial Intelligence.
- Physical modeling.

(KARMENstudio, 2022)

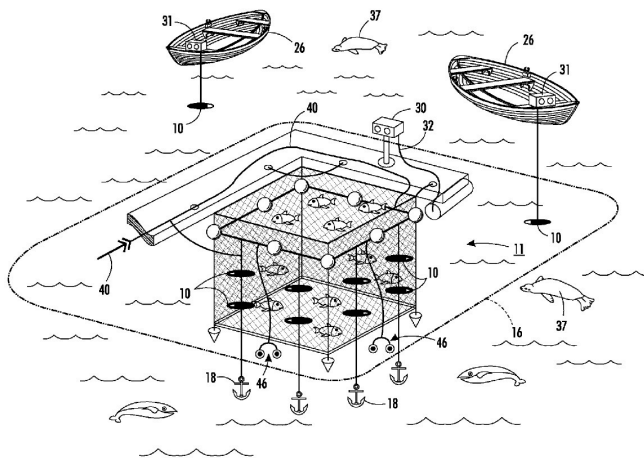
Patentes.



Method of using biologically-relevant chemical attractants for marine predators - Liberación de atrayentes químicos biológicamente reveladores con el fin de que se movilizan hacia la fuente que despliega el material. (Hagelin, 2013).



Methods and systems for repelling fish eating predators - Se relaciona con métodos y sistemas para repeler uno o más depredadores que comen peces. En donde se muestra una imagen en movimiento de un depredador para que ahuyente al que quiere comer peces.



Low frequency acoustic deterrent system and method - Repeler mamíferos acuáticos de ciertas regiones del agua. Impulsos acústicos que están distribuidos debajo del agua, alrededor de las jaulas peceras. (Delacroix, 2010)

c. Espectros de audición

Propagación del sonido.

El sonido en el agua es omnidireccional.

Dispositivos de disuasión.

Dispositivo acústico de disuasión - ADD.

- 170 - 180 dB / 5 - 17 kHz

Dispositivo acústico de hostigamiento - AHD.

- 195 - 205 dB / 10 - 40 kHz

Grupo audición especies.

Funcional.

Cetáceos:

LF: 7 Hz - 35 kHz
MF: 150 Hz - 160 kHz
HF: 275 Hz - 160 kHz

Efectos comportamiento.

Cetáceos:

LF: 183 dB / 199 dB
MF: 185 dB / 198 dB
HF: 155 dB / 173 dB

Lesión.

Cetáceos:

LF: 198 dB
MF: 198 dB
HF: 198 dB

Funcional.

Pinípedos:

Morza - Folidos: 50 Hz - 86kHz
Otários: 60 Hz - 39 kHz

Efectos comportamientos.

Pinípedos:

Agua: 185 dB / 80 - 110 dB
Aire: 203 dB / 70 - 110 dB

Lesión.

Pinípedos:

Agua: 218 dB
Aire: 149 dB

5. Desarrollo de investigación.

a. Una nueva visión.

A la luz del contexto analizado, se evidencia que la industria salmonera continúa enfrentando desafíos significativos relacionados con los ataques de lobos marinos. La implementación de tecnologías de disuasión se ve limitada por las estrictas regulaciones y protecciones internacionales destinadas a salvaguardar a estos mamíferos marinos. Estas normativas imponen restricciones y precauciones para evitar impactos negativos en la población y el bienestar de los lobos marinos, lo que complica la adopción de medidas efectivas de disuasión.

El equilibrio entre la protección de la vida marina y la sostenibilidad de la industria acuícola se convierte en un desafío fundamental. A pesar de la necesidad de proteger a los lobos marinos y garantizar su supervivencia, la industria salmonera se enfrenta a la urgencia de encontrar soluciones innovadoras y compatibles con las regulaciones existentes. El diseño y la implementación de estrategias que minimicen los conflictos entre ambas partes se convierten en aspectos clave para abordar esta problemática de manera integral y sostenible.

Ante el estancamiento provocado por las regulaciones existentes, es imperativo buscar nuevas vías de abordar este problema y garantizar la coexistencia sostenible entre la industria salmonera y los lobos marinos. En este sentido, la investigación se orienta hacia la metodología del diseño especulativo, una herramienta que ofrece una visión prospectiva y creativa para preparar el terreno hacia el futuro de la industria salmonera en relación con la convivencia con los lobos marinos.

El diseño especulativo permitirá explorar escenarios imaginativos y soluciones innovadoras que respeten las regulaciones vigentes y, al mismo tiempo, aborden eficazmente los desafíos planteados por los ataques de lobos marinos. Al adoptar este enfoque, se busca anticipar posibles evoluciones en la interacción entre ambas partes, proponiendo estrategias que no solo minimicen los conflictos, sino que también promuevan la armonía entre la actividad salmonera y la preservación de la vida marina.

Esta visión futurista a través del diseño especulativo no solo abre nuevas perspectivas para la industria salmonera, sino que también destaca la importancia de la innovación y la adaptabilidad como elementos cruciales para la resolución de problemas en un entorno cambiante y regulado.

i. Metodología del diseño especulativo.

La metodología del diseño especulativo es una aproximación creativa y reflexiva que se centra en explorar futuros posibles y potenciales a través de la creación de artefactos o escenarios especulativos. A diferencia del diseño convencional, que se enfoca en soluciones prácticas y tangibles para problemas actuales, el diseño especulativo se aventura en el terreno de la especulación y la imaginación, buscando estimular el pensamiento crítico y la discusión sobre el impacto de las tecnologías y las prácticas en el futuro.

“Basado en Hancock y Bezold (1994) se propone un diagrama cónico para representar el tiempo como un ecosistema especulativo en donde el futuro puede ser posible, plausible, probable o preferente. Siguiendo el enfoque de Henchey & Burgess (1987), a continuación se describe las características de cada uno de estos futuros especulados y por supuesto, su relación con el diseño y el proceso creativo”. (Hancock & Bezold, 1994).



Las características clave del diseño especulativo incluyen:

1. Escenarios Futuros:

Se crean narrativas o representaciones visuales que describen posibles futuros en función de cambios en la tecnología, la sociedad o el medio ambiente.

2. Artefactos Especulativos:

Se diseñan objetos o artefactos ficticios que representan tecnologías o prácticas imaginarias.

3. Preguntas Críticas:

Busca cuestionar las suposiciones subyacentes y fomentar la reflexión profunda sobre las decisiones que tomamos en el presente.

4. Participación Activa:

Invita a las personas a participar activamente en la creación y la interpretación de los escenarios y artefactos.

La metodología comprende tres escenarios futuros:

Escenario 1:

Los futuros probables son escenarios que "probablemente sucederán", se perciben como altamente factibles y con una mayor probabilidad de ocurrir, basándose en evidencia empírica y análisis. Estos futuros se caracterizan por apoyarse en datos, investigaciones y tendencias sólidas, lo que permite prever direcciones consideradas como muy probables para el desarrollo futuro. Su propósito principal es informar sobre las perspectivas más probables del futuro, ofreciendo un enfoque respaldado por evidencia para comprender y anticipar los posibles caminos que pueden tomar los acontecimientos venideros.

Escenario 2:

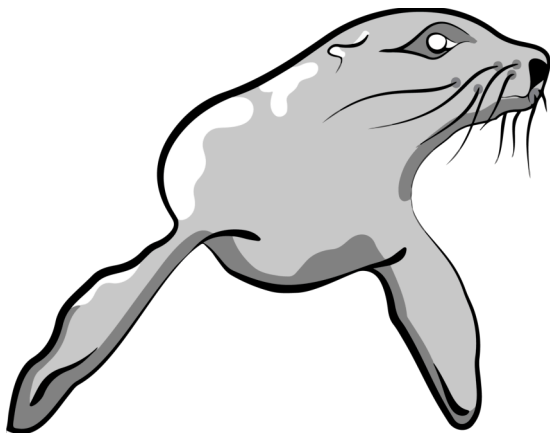
Los futuros plausibles se definen como escenarios que, conforme a las tendencias y desarrollos actuales, tienen la posibilidad de ocurrir en el futuro. Estos escenarios se caracterizan por basarse en "lo que podría llegar a suceder" explorando vías realistas, datos e investigaciones lógicas que podrían surgir a partir de las condiciones existentes.

Su propósito principal es ofrecer una comprensión más fundamentada y respaldada sobre cómo ciertos futuros podrían materializarse, contribuyendo así a un análisis más realista y basado en datos de posibles evoluciones futuras.

Escenario 3:

Los futuros posibles, abarca lo que "puede llegar a suceder", en la metodología del diseño especulativo, que se distinguen por ser escenarios imaginativos y creativos que pueden o no llegar a ser factibles en la realidad.

Estos se presentan a menudo a través de narrativas o representaciones visuales que exploran ideas innovadoras, tecnologías futuristas o cambios socioculturales extremos, con el objetivo fundamental de estimular la creatividad, cuestionar supuestos convencionales y ampliar la comprensión de las posibilidades futuras.



iii. Prospección a futuro.

En vista a como se describen los escenarios en la metodología, se elaboran tres escenarios especulativos para visualizar como se puede abordar esta problemática en un futuro.

Escenario 1:

“Coexistencia Armoniosa”.

En un futuro probable, la industria salmonera en Chile ha implementado **un sistema submarino de monitoreo** que utiliza tecnología de vanguardia, incluyendo drones submarinos autónomos (ROVs) y sensores avanzados.

Cuando se detecta un aumento en la probabilidad de ataques, se activan dispositivos de hidrófonos que envían una señal al personal del centro, activando así los ROVs y poder observar a los mamíferos marinos interactuar con las redes. Los datos recopilados se analizan en tiempo real mediante algoritmos de inteligencia artificial para anticipar el comportamiento de los lobos marinos.

La colaboración entre la industria, científicos y organizaciones de conservación ha llevado a prácticas más sostenibles y al respeto del medio ambiente marino.

Escenario 2:

“Regulación y cooperación”.

En un futuro plausible, la industria salmonera en Chile ha establecido en **colaboración con las autoridades** y organizaciones de conservación una regulación más equilibrada incorporando los avances tecnológicos que respeten la vida submarina.

Se ha implementado un sistema de monitoreo submarino utilizando tecnología avanzada. Aunque los ataques de lobos marinos siguen siendo una preocupación, la cooperación entre las partes interesadas ha llevado a la creación de un sistema de monitoreo en tiempo real para obtener información del comportamiento de los lobos de mar, alrededor de los centros de cultivo.

Aunque los conflictos persisten, el enfoque en la sostenibilidad y la regulación efectiva debiese permitir la utilización de tecnologías disuasivas contra el lobo marino.

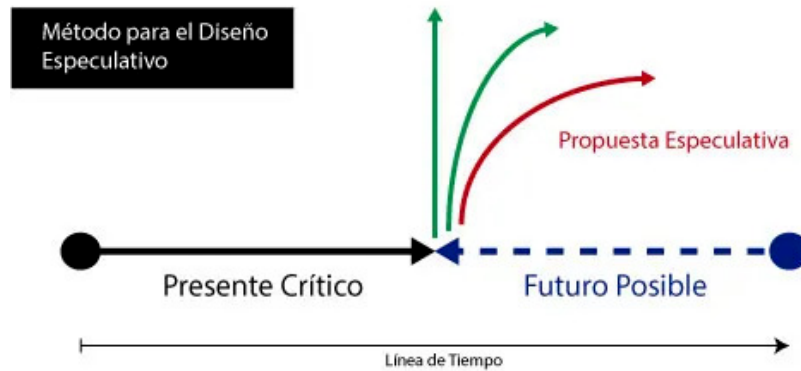
Escenario 3:

“Tecnologías innovadoras en acción”.

En un futuro posible, la industria salmonera ha adoptado ampliamente un sistema de monitoreo submarino basado en tecnología de punta. Se han desarrollado **dispositivos de disuasión** no invasivos altamente efectivos que se activan mediante la recepción de una frecuencia única y prácticas de manejo adaptativas.

Los datos recopilados se utilizan para anticipar y prevenir ataques de lobos marinos de manera efectiva. La colaboración con científicos ha llevado a la comprensión de los patrones de comportamiento de los lobos marinos, permitiendo una protección más eficaz de la producción de salmones.

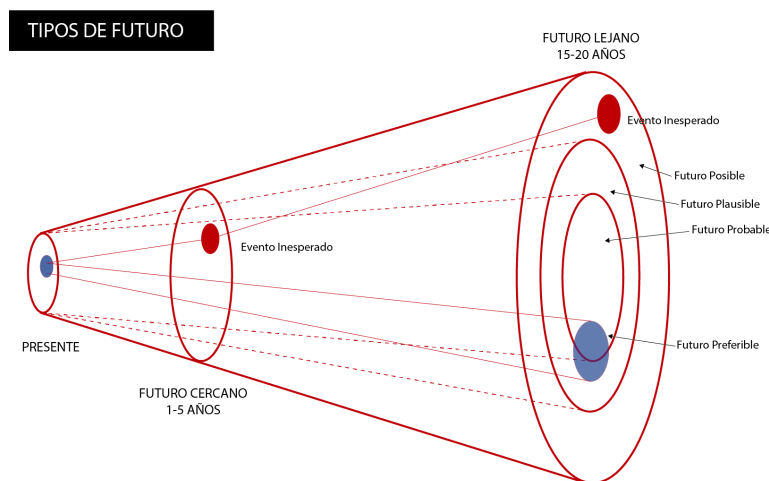
Este enfoque sostenible se ha convertido en un estándar de la industria, y se han reducido significativamente los conflictos con los lobos marinos.



La propuesta de exploración investigativa, incluye tres momentos:

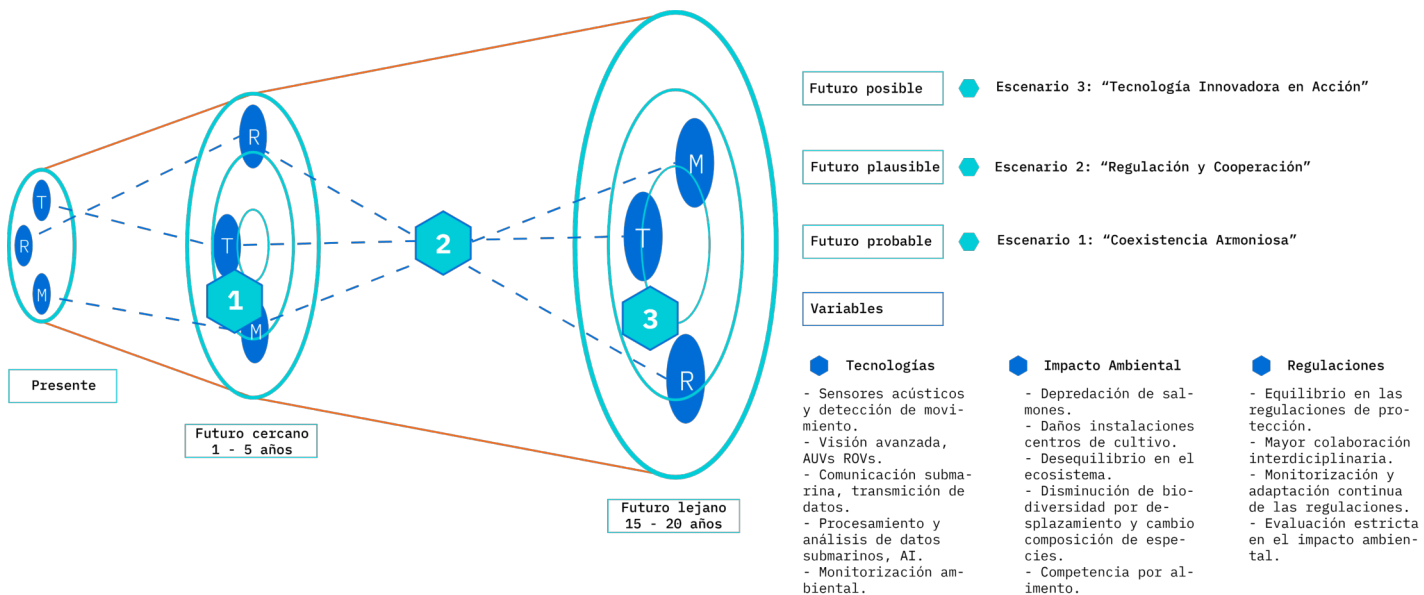
- i) Identificar el Presente Crítico;
- ii) Describir un Futuro Probable a partir del presente crítico, y
- iii) Desarrollar una propuesta de diseño especulativa que lleve a la reflexión de la problemática.

“El diseño especulativo es entonces una forma de hacer diseño con un alto componente de incertidumbre con la finalidad de catalizar nuestras relaciones con el presente. También es una manera de ejercer la obligación que tiene todo diseñador de presentar una visión prospectiva de su realidad.” (Cely, 2018).



Basado en: Hancock, T., & Bezold, C. (1994). Possible futures, preferable futures. *The Healthcare Forum Journal*, 37(2), 23-29.

Luego se propone un diagrama cónico para representar el tiempo como un ecosistema especulativo del monitoreo de los centros de cultivo a los lobos marinos.



El diagrama se lee de izquierda a derecha donde vemos en primer lugar los círculos los cuales se dividen en tres, el primero es del presente, el segundo es un futuro cercano (1 a 5 años) y el tercero un futuro lejano (15 a 20 años).

Finalmente tenemos la ubicación de los escenarios en el tiempo. El escenario uno es el mas cercano a un futuro de 1 a 5 años, luego tenemos el escenario dos que esta a 10 años y finalmente el escenario tres que se encuentra en un futuro lejano a suceder.

Seguido por las variables que afectan al ecosistema, Tecnologías (T), Impacto Ambiental (M) y Regulaciones (R) estas se ubican con el propósito de mientras mas cerca del centro mas probable sucederán.

Hay que destacar también a la inteligencia artificial (IA) y la metodología del diseño especulativo están vinculadas en su exploración del futuro. Mientras que la IA se centra en prever posibles desarrollos basados en datos, el diseño especulativo imagina futuros alternativos, utilizando la IA como parte de sus escenarios ayuda a prospectar de mejor manera un sistema coherente a las variables de estudio de esta investigación.



Imagen 08: Adobe FireFly.



Ambas áreas reflexionan sobre las implicaciones éticas y sociales de la tecnología, experimentan con prototipos y fomentan el diálogo público. Juntas, pueden contribuir a una comprensión más completa de cómo la tecnología afectará la sociedad en el futuro.

b. Revisión de literatura

i. Areas de innovación.

Una de las áreas más significativas de innovación en la industria ha sido el desarrollo de tecnologías avanzadas para la acuicultura, incluyendo mejoras en el diseño de jaulas, sistemas de monitoreo y control ambiental. Según el informe "Innovation in the Norwegian aquaculture industry", en 2004 se implementó el estándar técnico noruego NS9415, que especificaba requisitos para el diseño de barcasas de alimentación, flotadores, jaulas de red y sistemas de amarre. Esto llevó a que varias granjas reemplazaran su equipo existente, lo que a su vez redujo el número de incidentes de escape importantes.

Además de estas mejoras en el diseño de jaulas, ha habido avances significativos en los sistemas de monitoreo y control ambiental. Se ha introducido tecnología de sonar y visión por computadora para monitorear los peces y la columna de agua, lo que permite una gestión más precisa y eficiente de las poblaciones de peces. Estos sistemas de monitoreo también han permitido la detección y el tratamiento temprano de enfermedades y parásitos, contribuyendo a la sostenibilidad general de la industria acuícola.

Además, ha habido mejoras significativas en el control ambiental, incluyendo el desarrollo de sistemas de acuicultura de recirculación (RAS) que permiten la reutilización del agua y la reducción de residuos. Estos sistemas han demostrado ser más eficientes y sostenibles que los sistemas tradicionales de agua abierta, y han contribuido a la sostenibilidad general de la industria. (Tveterås, R., Afewerki, S., & Thorvaldsen, T. (2020)).

Finalmente, ha habido mejoras significativas en las regulaciones que rigen la industria acuícola. En particular, se ha enfocado en implementar estándares de calidad y seguridad, así como regulaciones destinadas a reducir el impacto ambiental de las operaciones acuícolas. Estas regulaciones han contribuido a la sostenibilidad general de la industria y han ayudado a garantizar la viabilidad a largo plazo de la producción acuícola.

En el marco de esta evolución, este proyecto de investigación se adentrará en tres casos de estudio que exploran tecnologías claves: tecnologías de visualización, sensores acústicos y recopilación de datos. Estos casos ofrecerán una visión detallada de cómo estas innovaciones específicas están moldeando el futuro de la acuicultura, proporcionando una base sólida para comprender su impacto y potencial aplicación en el campo.

ii. Tecnologías de visualización.

La aplicación de sistemas de visualización submarina en la industria salmonera no solo ha revolucionado la gestión de las operaciones acuícolas, sino que también ha presentado ventajas significativas en el monitoreo de la biodiversidad marina, contribuyendo así a la coexistencia armoniosa entre la acuicultura y la vida marina circundante.

Estos sistemas ofrecerían una detección temprana de la presencia de lobos marinos en las proximidades de las instalaciones acuícolas, para así poder implementar medidas preventivas para evitar interacciones no deseadas. La observación continua del comportamiento de estos mamíferos marinos proporciona información valiosa sobre sus actividades y patrones de movimiento, permitiendo a los productores comprender mejor su comportamiento y tomar decisiones informadas.

La anticipación de la presencia de lobos marinos mediante sistemas de visualización submarina facilitaría la prevención de conflictos entre estos animales y las operaciones de acuicultura. Los operadores pueden ajustar prácticas de alimentación, introducir barreras físicas o implementar dispositivos disuasorios para minimizar la probabilidad de interacciones no deseadas.

Además, estos sistemas permiten la identificación y abordaje rápido de situaciones que podrían representar riesgos para los lobos marinos, como enredos accidentales o la ingestión de desechos acuícolas. Esto contribuye a la reducción de posibles amenazas para la fauna marina y fortalece los esfuerzos de conservación.

La implementación de sistemas de visualización submarina también se alinea con el cumplimiento de regulaciones ambientales relacionadas con la protección de la fauna marina. Este enfoque no solo garantiza la sostenibilidad de las operaciones acuícolas, sino que también respalda la conservación de la biodiversidad marina.

Finalmente, los datos recopilados a través de estos sistemas no solo son valiosos para la gestión operativa, sino que también contribuyen a la investigación y conservación de las poblaciones de lobos marinos. Proporcionan información detallada sobre el comportamiento, la distribución y la salud de estos animales, lo que puede ser utilizado para programas de monitoreo y estrategias de gestión a largo plazo.



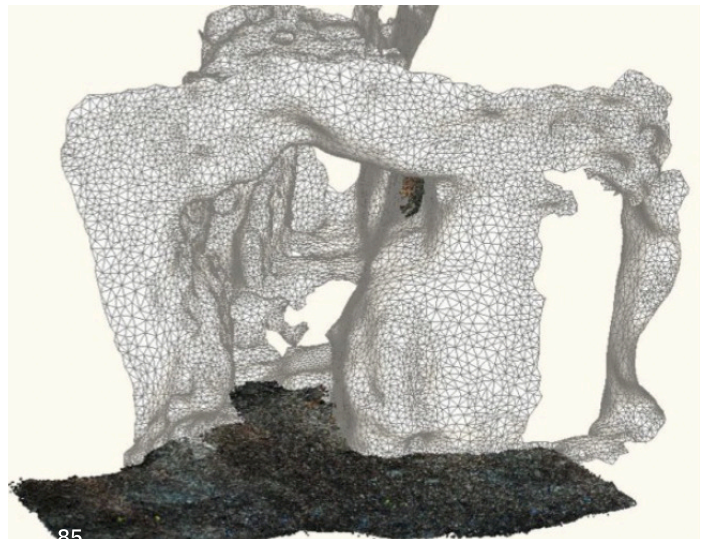
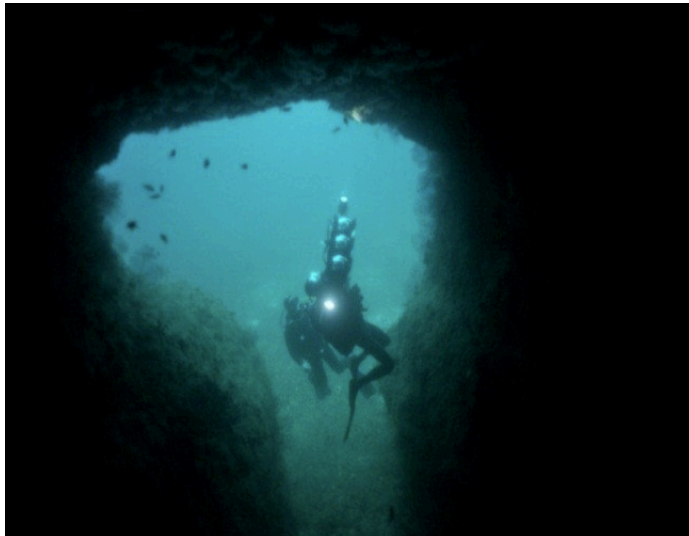
ROV-3D Underwater Survey Combining Optical and Acoustic Sensor.

El proyecto ROV-3D tiene como objetivo desarrollar procedimientos automatizados para levantamientos submarinos en 3D mediante el uso de sensores acústicos y ópticos. La iniciativa combina un escáner acústico 3D con un sistema óptico para realizar un exhaustivo escaneo de la escena a modelar y una restitución fotogramétrica de alta resolución de las diferentes áreas en la escena. Las herramientas de software desarrolladas durante el proyecto facilitarán el registro automático de ambas fuentes de datos, y algoritmos adicionales reconocerán y modelarán objetos de interés. El objetivo final es proporcionar un conjunto completo de herramientas y métodos para levantamientos submarinos en entornos complejos y variados, como cuevas, naufragios y paredes, donde un simple modelo de terreno no es suficiente.

Este enfoque no solo plantea desafíos científicos, como el procesamiento de imágenes, el ajuste multimodal y la visualización terrestre, sino que también abre nuevas oportunidades en campos como la biología marina, la arqueología submarina y la industria submarina, incluyendo actividades off-shore e industrias portuarias. En este contexto, la capacidad de medir y modelar grandes sitios submarinos en poco tiempo se convierte en un impulsor clave para el avance en estas disciplinas.

Según el estudio, el proyecto ROV-3D busca automatizar los levantamientos tridimensionales en entornos submarinos mediante sensores acústicos y ópticos. La combinación de un escáner acústico 3D y un sistema óptico permite escanear extensivamente la escena y realizar una restitución fotogramétrica de alta resolución de las diferentes áreas. Las herramientas de software desarrolladas automatizarán el registro de ambas fuentes de datos, y algoritmos adicionales identificarán y modelarán objetos de interés. El proyecto busca proporcionar herramientas y métodos completos para levantamientos submarinos en entornos complejos como cuevas, naufragios y paredes, donde los modelos de terreno convencionales no son suficientes.

Además, la combinación de sensores ópticos y acústicos ofrece beneficios significativos. El sensor acústico puede adquirir grandes cantidades de datos de baja resolución, mientras que el sensor óptico puede capturar datos de alta resolución en menor cantidad. Esto permite construir modelos 3D de alta resolución para la modelización de escenas complejas. El modelo resultante puede generar diversos tipos de salidas, como Sistemas de Información Geográfica (SIG) 3D, Modelos de Terreno (MNT) y Mosaicos. El sonar 3D utilizado en el proyecto tiene la capacidad única de adquirir y mantener múltiples puntos de elevación Z para un par de coordenadas (X, Y) dado, a diferencia de los sistemas batimétricos convencionales que retienen solo los puntos más altos. (Drap, P., Merad, D., Boï, J.-M., Boubguira, W., Mahiddine, A., Chemisky, B., Seguin, E., Alcalá, F., & Bianchimani, O. 2011).



Imágenes extraídas de (Drap, P., Merad, D., Boi, J.-M., Bouguira, W., Mahiddine, A., Chemisky, B., Seguin, E., Alcalá, F., & Bianchimani, O. 2011).

Hybrid optical-acoustic model for underwater wireless communication

El documento, aborda la optimización del consumo de energía en redes de comunicación inalámbrica submarina (UWCNs) mediante un enfoque híbrido óptico-acústico. Los autores proponen una solución que combina enlaces acústicos y ópticos para transmitir datos en UWCNs. Formulan un problema de optimización para minimizar el consumo total de energía de la red, teniendo en cuenta parámetros ambientales y condiciones cambiantes de tráfico.

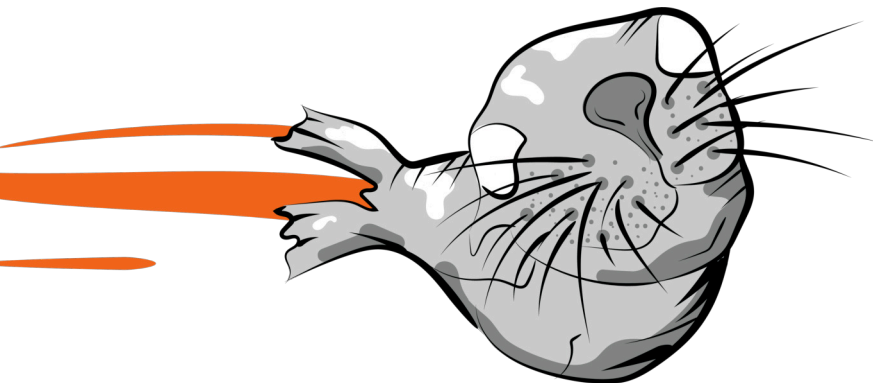
El PDF presenta la formulación matemática del problema de optimización y discute las restricciones y la función objetivo. Los autores también comparan su solución propuesta con soluciones puramente acústicas, puramente ópticas y un esquema híbrido óptico-acústico relacionado de un trabajo anterior. Analizan el consumo de energía y el rendimiento promedio de la carga útil de estas soluciones.

Los resultados muestran que la solución híbrida óptico-acústica propuesta supera a las demás en cuanto a consumo de energía y carga útil recibida. Ofrece una carga útil más alta y alcanza más del 70% de la carga ofrecida durante el período evaluado. La solución puramente óptica tiene un buen desempeño en una ocasión, mientras que la red puramente acústica tiene un rendimiento deficiente en comparación con las otras soluciones.

La comparación entre la solución óptica pura y la solución híbrida - óptica se da por:

Solución Óptica Pura: Esta solución implica el uso exclusivo de enlaces ópticos para transmitir datos en la red de comunicación submarina (UWCN). Requiere más nodos de retransmisión (RNs) para ampliar el rango de comunicación, lo que resulta en un mayor consumo total de energía de la red. Sin embargo, los módems de comunicación óptica submarina (UOC) individuales consumen menos energía en comparación con los módems de comunicación acústica submarina (UAC).

Solución Híbrida Óptico-Acústica Relacionada: Esta solución, mencionada, es un esquema híbrido óptico-acústico que considera parámetros ambientales para determinar la idoneidad de la relación señal-ruido (SNR) del canal para la comunicación óptica. Combina enlaces acústicos y ópticos para la transmisión de datos. Sin embargo, esta solución consume más energía en comparación con las soluciones puramente acústicas y ópticas y tiene un rendimiento inferior en cuanto a consumo de energía y rendimiento en comparación con la solución híbrida óptico-acústica propuesta.



Por lo tanto, ¿Cuáles son las ventajas de combinar la óptica submarina y la acústica en el modelo propuesto?

Las ventajas de combinar óptica y acústica submarina en el modelo óptico-acústico híbrido para comunicación inalámbrica submarina son las siguientes:

Altas Tasas de Datos: La óptica submarina ofrece altas tasas de datos, permitiendo la transmisión de grandes cantidades de información en un tiempo más corto en comparación con la comunicación acústica.

Mayor Rango de Comunicación: La comunicación acústica proporciona rangos de comunicación más extensos en entornos submarinos en comparación con la óptica. Al combinar ambas tecnologías, el modelo híbrido puede aprovechar el mayor alcance de la acústica cuando sea necesario.

Eficiencia Energética: La óptica submarina consume menos energía en comparación con la acústica. Al utilizar la óptica para la comunicación de alta velocidad y la acústica para la comunicación a larga distancia, el modelo híbrido puede lograr una comunicación eficiente en términos de energía.

Adaptabilidad a Condiciones Variables: El modelo híbrido puede seleccionar dinámicamente el enlace de comunicación apropiado según las cargas de tráfico variables y las condiciones meteorológicas dinámicas. Esta adaptabilidad garantiza una comunicación confiable en diferentes entornos submarinos.

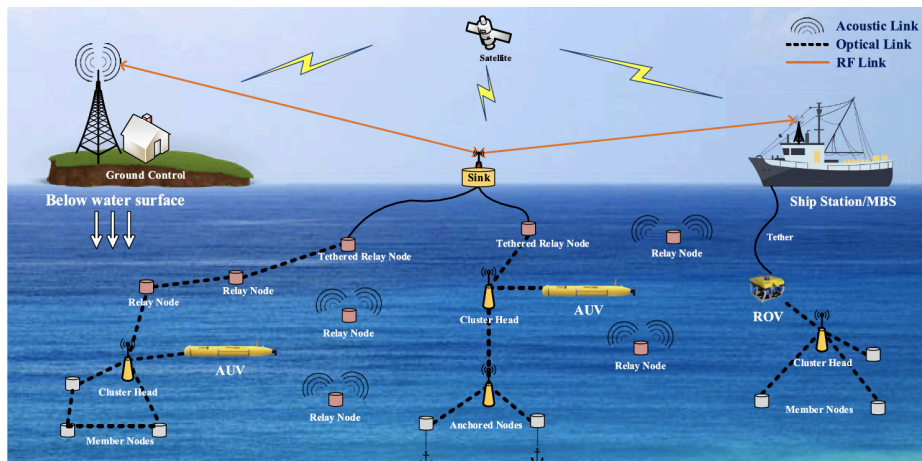
Robustez: El modelo híbrido es más robusto ante el tráfico submarino dinámico y las condiciones meteorológicas en comparación con soluciones acústicas u ópticas independientes. Puede cambiar entre óptica y acústica según la idoneidad de cada tecnología en una situación dada.

En resumen, la combinación de óptica y acústica submarina en el modelo óptico-acústico híbrido ofrece una solución eficiente y adaptable para la comunicación inalámbrica submarina, proporcionando altas tasas de datos, mayores rangos de comunicación y robustez en condiciones variables.

Finalmente, ¿Cómo funciona el modelo híbrido óptico-acústico para respaldar aplicaciones de alta velocidad para vehículos submarinos?

El modelo híbrido óptico-acústico respalda aplicaciones de alta velocidad para vehículos submarinos al combinar las ventajas de la óptica y la acústica submarina. La óptica submarina ofrece tasas de datos elevadas y consume menos energía, mientras que la acústica proporciona rangos de comunicación más extensos. Al utilizar enlaces ópticos para la comunicación de alta velocidad a corta distancia entre nodos dentro de un conjunto, y enlaces acústicos para la transferencia de datos a larga distancia hacia nodos remotos o estaciones base, el modelo híbrido optimiza el consumo de energía y permite aplicaciones de alta velocidad. Esto permite que vehículos submarinos como vehículos submarinos autónomos (AUVs) y vehículos operados de forma remota (ROVs) transmitan eficientemente grandes cantidades de datos bajo el agua.

En conclusión, el problema descrito en el documento es la optimización del consumo de energía en una red de comunicación submarina híbrida óptico-acústica (UWCN). El objetivo es minimizar el consumo total de energía de la red teniendo en cuenta las condiciones ambientales variables y las demandas de tráfico. El problema se formula como un problema de programación entera binaria (BIP), donde la entrada incluye la demanda horaria de tráfico de la red y las condiciones climáticas. El objetivo es seleccionar los enlaces más apropiados (acústicos, ópticos o ambos) según las cambiantes condiciones climáticas y las demandas de tráfico para minimizar el consumo de energía. El documento presenta una solución propuesta y compara su rendimiento con soluciones independientes totalmente acústicas y totalmente ópticas para UWCN, así como con un esquema híbrido óptico-acústico relacionado de la literatura previa. Los resultados muestran que la solución propuesta logra ahorros significativos de energía en comparación con las soluciones existentes. (Gussen, C. M. G., Diniz, P. S. R., Campos, M. L. R., Martins, W. A., Gois, J. N., Zahed, M. I. A., & Kamruzzaman, J.2021).



Imágenes extraídas de (Gussen, C. M. G., Diniz, P. S. R., Campos, M. L. R., Martins, W. A., Gois, J. N., Zahed, M. I. A., & Kamruzzaman, J.2021).

iii. Tecnologías de sensores acústicos.

La implementación de sistemas de sensores acústicos submarinos en la industria salmonera emerge como una estrategia innovadora y efectiva para el monitoreo de lobos marinos, ofreciendo diversas ventajas cruciales.

Estos sofisticados sensores permiten una detección temprana y precisa de la presencia de lobos marinos en las proximidades de las instalaciones acuícolas. Gracias a su capacidad para identificar vocalizaciones y patrones acústicos específicos, los sensores proporcionan alertas tempranas, permitiendo la toma de medidas preventivas de manera oportuna.

La capacidad de monitoreo continuo de estos sensores acústicos ofrece una vigilancia constante sobre la actividad de los lobos marinos. Esta información acumulativa a lo largo del tiempo es esencial para comprender los patrones de comportamiento y la frecuencia de las visitas de estos animales a las áreas acuícolas.

La automatización del proceso de monitoreo mediante sensores acústicos no solo mejora la eficiencia, sino que también resulta en ahorros significativos de recursos y costos operativos en comparación con métodos manuales tradicionales.

La detección temprana y precisa facilitada por estos sensores contribuye directamente a la minimización de interacciones no deseadas entre los lobos marinos y las operaciones de acuicultura. Esta reducción de conflictos es esencial para preservar la fauna marina y proteger la infraestructura acuícola.

Los datos recopilados por los sensores acústicos se integran fácilmente con sistemas de gestión acuícola, permitiendo una toma de decisiones más informada y la implementación de estrategias de manejo adaptativas en tiempo real.

Además, este monitoreo preciso cumple con regulaciones ambientales y de conservación, reforzando el compromiso de la industria salmonera con prácticas sostenibles y la protección de la vida marina.

Los datos obtenidos por estos sensores también tienen aplicaciones en investigación y conservación, proporcionando una base valiosa para comprender mejor los patrones de comportamiento y la distribución de los lobos marinos en las áreas cercanas a las operaciones acuícolas.



Underwater wireless sensor networks.

Esta investigación aborda los desafíos y posibles aplicaciones de las redes de sensores inalámbricos submarinos. Se centra específicamente en el desarrollo de protocolos de enrutamiento para estas redes y explora diferentes esquemas de enrutamiento y los desafíos asociados. Los principales objetivos de esta investigación son mejorar la eficiencia de la transmisión de datos, minimizar el consumo de energía y optimizar el uso del ancho de banda.

Underwater wireless sensor networks (UWSNs), discute diversos protocolos de dirección para redes de sensores submarinos. Explora diferentes técnicas y algoritmos utilizados para la conducción de paquetes de datos en UWSNs, incluyendo enrutamiento basado en la ubicación, enrutamiento basado en aprendizaje por refuerzo y enrutamiento oportunista. El PDF también destaca los desafíos y consideraciones en el diseño de protocolos de enrutamiento eficientes para UWSNs, como el consumo de energía, la vida útil de la red y la comunicación en áreas sin cobertura.



¿Cuales son los desafíos enfrentados en el desarrollo de protocolos de enrutamiento para redes de sensores inalámbricos submarinos?

Energía Limitada:

Los nodos ubicados bajo el agua tienen una energía limitada y no pueden ser reemplazados fácilmente. Esta limitación requiere el desarrollo de protocolos de enrutamiento eficientes en energía que equilibren la energía del nodo y la transmisión de datos.

Escenarios Submarinos Complejos:

Los entornos submarinos son complejos, lo que puede llevar a tasas de éxito más bajas durante la entrega de datos. Factores como ataques de seguridad y atenuación del canal pueden afectar el rendimiento de los protocolos de enrutamiento.

Falta de un Modelo Preciso de Consumo de Energía:

Existe una falta de modelos precisos de consumo de energía para UWSNs. Desarrollar un modelo de energía adecuado y validado es crucial para diseñar protocolos de enrutamiento eficientes.

Características Únicas de los Canales Submarinos:

Los canales submarinos tienen características únicas como alta atenuación, ancho de banda de canal restringido y baja potencia de la batería. Estas características requieren el uso de técnicas sofisticadas de procesamiento de señales en el receptor para compensar las limitaciones del canal submarino.

Los esquemas de enrutamiento en redes de sensores inalámbricos submarinos contribuyen a mejorar la eficiencia en la transmisión de datos de varias maneras:

Eficiencia Energética:

Los esquemas de enrutamiento buscan minimizar el consumo de energía en los nodos sensores submarinos. Al enrutarse eficientemente los paquetes de datos hacia el nodo receptor, los protocolos de enrutamiento reducen la carga energética en nodos individuales, prolongando la vida útil general de la red.

Reducción del Retardo de Propagación:

Los esquemas de enrutamiento priorizan la minimización del retardo de extremo a extremo en la transmisión de datos. Al seleccionar rutas óptimas y evitar enlaces congestionados o poco confiables, los protocolos de enrutamiento ayudan a reducir el tiempo que lleva a los paquetes de datos llegar a su destino, mejorando la eficiencia general de la transmisión de datos.

Utilización del Ancho de Banda:

Los esquemas de enrutamiento buscan utilizar de manera efectiva el ancho de banda limitado disponible en las redes submarinas. Al emplear técnicas como la agregación de datos, la compresión y la priorización, los protocolos de enrutamiento optimizan la utilización del ancho de banda disponible, permitiendo una transmisión de datos más eficiente.

Minimización de la Redundancia de Paquetes de Datos:

Los esquemas de enrutamiento buscan minimizar la difusión de múltiples copias del mismo paquete de datos. Al emplear técnicas como el enrutamiento centrado en datos o el enrutamiento basado en información geográfica, los protocolos de enrutamiento aseguran que los paquetes de datos se envíen eficientemente hacia el nodo receptor sin duplicaciones innecesarias, reduciendo la congestión de la red y mejorando la eficiencia en la transmisión de datos.

Por lo tanto las posibles aplicaciones de esta tecnología en el campo de la acuicultura pueden incluir:

Monitoreo Ambiental:

Las redes de sensores inalámbricos submarinos pueden utilizarse para monitorear parámetros de calidad del agua, como temperatura, niveles de pH, oxígeno disuelto y salinidad. Esta información puede ayudar a los acuicultores a mantener condiciones óptimas para los peces y otros organismos acuáticos.

Análisis del Comportamiento de los Peces:

Mediante la implementación de sensores submarinos, los acuicultores pueden recopilar datos sobre el comportamiento de los peces, como patrones de natación, hábitos alimenticios e interacciones sociales. Esta información se puede utilizar para optimizar estrategias de alimentación, mejorar la salud de los peces y aumentar la eficiencia general de la producción.

Detección y Prevención de Enfermedades:

Los sensores submarinos pueden utilizarse para detectar signos tempranos de brotes de enfermedades en instalaciones de acuicultura. Al monitorear parámetros como la calidad del agua, los niveles de oxígeno y el comportamiento de los peces, los acuicultores pueden identificar posibles riesgos de enfermedades y tomar medidas preventivas para minimizar la propagación de infecciones.

Gestión de Alimentación:

Los sensores submarinos pueden utilizarse para monitorear la distribución de alimentos en granjas de acuicultura. Al rastrear patrones de alimentación y tasas de consumo, los acuicultores pueden optimizar estrategias de gestión de alimentos, reducir desperdicios y asegurar que los peces reciban la cantidad adecuada de nutrición.

Circulación de Agua y Oxigenación:

Las redes de sensores inalámbricos submarinos pueden utilizarse para monitorear y controlar sistemas de circulación de agua en instalaciones de acuicultura. Esto puede ayudar a mantener niveles adecuados de oxígeno, prevenir la acumulación de sustancias dañinas y asegurar un entorno saludable para el crecimiento de los peces.

Optimización de la Cosecha:

Analizando datos recopilados por sensores submarinos, los acuicultores pueden determinar el momento óptimo para la cosecha de peces. Esto puede mejorar la eficiencia, reducir costos y maximizar la calidad y rendimiento de la cosecha.

En la investigación se destacan dos sistemas. Los protocolos de enrutamiento basados en aprendizaje por refuerzo (RL) son una categoría de protocolos que utilizan algoritmos de RL para optimizar el proceso de enrutamiento en redes de sensores inalámbricos submarinos (UWSNs). Aprenden mediante técnicas de prueba y error, mejorando el proceso de enrutamiento basándose en experiencias pasadas. Estos protocolos aprovechan los beneficios del RL para mejorar la eficiencia y el rendimiento de las UWSNs.

En UWSNs, los protocolos de enrutamiento basados en RL involucran el uso de teoría de juegos y técnicas de aprendizaje Q. Tratan el problema de enrutamiento como una actividad de toma de decisiones, donde los nodos sensores buscan maximizar sus ganancias seleccionando estrategias respaldadas por otros nodos. Estos protocolos aprenden del entorno de la red y toman decisiones de enrutamiento en consecuencia.

Algunos ejemplos de estos protocolos incluyen Q-Learning Game-Theoretic Distributed Routing (QGDR), Q-Learning-Based Localization-Free Routing (QLFR), Q-Learning-Based Energy-Delay Routing (QL-EDR), RL-Based Congestion-Avoided Routing (RCAR), entre otros. Estos se centran en optimizar la vida útil de la red, reducir el consumo de energía, minimizar la latencia de extremo a extremo y mejorar la proporción de entrega de paquetes.

Por otro lado, la comunicación acústica se refiere a la transmisión de información mediante ondas sonoras, siendo un método común en las redes de sensores inalámbricos submarinos (UWSNs) para el intercambio de datos entre nodos sensores submarinos.

Las UWSNs son redes de sensores desplegadas en entornos submarinos para recopilar y transmitir datos. La comunicación acústica es adecuada para estas redes debido a su largo alcance de transmisión y baja atenuación en agua de mar, a diferencia de las ondas de radiofrecuencia (RF) que se atenúan considerablemente en el agua.

Sin embargo, la comunicación acústica en UWSNs enfrenta desafíos, como su velocidad de transmisión más lenta que las ondas de RF, generando mayores retrasos de extremo a extremo. El movimiento de corrientes de agua puede afectar la topología de la red, generando densidades desiguales de nodos y una depleción más rápida de nodos en regiones de baja densidad. Además, la comunicación acústica tiene un ancho de banda limitado y tasas de datos reducidas, haciéndola más lenta en comparación con la comunicación óptica y de RF.



En resumen, este texto aborda la investigación sobre redes de sensores inalámbricos submarinos, focalizándose en el desarrollo de protocolos de enrutamiento y explorando diversos esquemas y desafíos asociados. Los objetivos principales son mejorar la eficiencia de la transmisión de datos, minimizar el consumo de energía y optimizar el uso del ancho de banda.

Se identifican desafíos en el desarrollo de estos protocolos, como la limitada energía de los nodos submarinos, la complejidad de los entornos submarinos, la falta de modelos precisos de consumo de energía y la movilidad de nodos. Además, se destacan características únicas de los canales submarinos, como alta atenuación y baja potencia de la batería, que requieren técnicas avanzadas de procesamiento de señales.

Los esquemas de enrutamiento en redes submarinas buscan mejorar la eficiencia mediante la eficiencia energética, la reducción del retardo de propagación, la utilización efectiva del ancho de banda y la minimización de redundancias en la transmisión de datos.

Además, se exploran aplicaciones potenciales de esta tecnología en acuicultura, como monitoreo ambiental, análisis del comportamiento de los peces, detección de enfermedades, gestión de alimentación, circulación de agua y oxigenación, y optimización de la cosecha.

En cuanto a los protocolos de enrutamiento basados en aprendizaje por refuerzo, se mencionan como una categoría que utiliza algoritmos de RL para mejorar la eficiencia y el rendimiento en redes submarinas. Estos protocolos, que emplean teoría de juegos y técnicas de aprendizaje Q, buscan optimizar la vida útil de la red, reducir el consumo de energía, minimizar la latencia y mejorar la proporción de entrega de paquetes.

Sin embargo, la comunicación acústica, común en UWSNs, enfrenta desafíos como velocidad de transmisión lenta, influencia del movimiento de corrientes y limitaciones de ancho de banda. La investigación también destaca problemas como la eficiencia energética, retraso y tasa de error de bits, movilidad de nodos, ataques de seguridad, atenuación del canal y la necesidad de un entorno de simulación mejorado.

En conclusión, la investigación proporciona una visión integral de los desafíos y aplicaciones de las redes de sensores inalámbricos submarinos, destacando la importancia de abordar estos desafíos para aprovechar plenamente el potencial de estas tecnologías en diversos campos, incluida la acuicultura. (Smith, J. D. 2021)

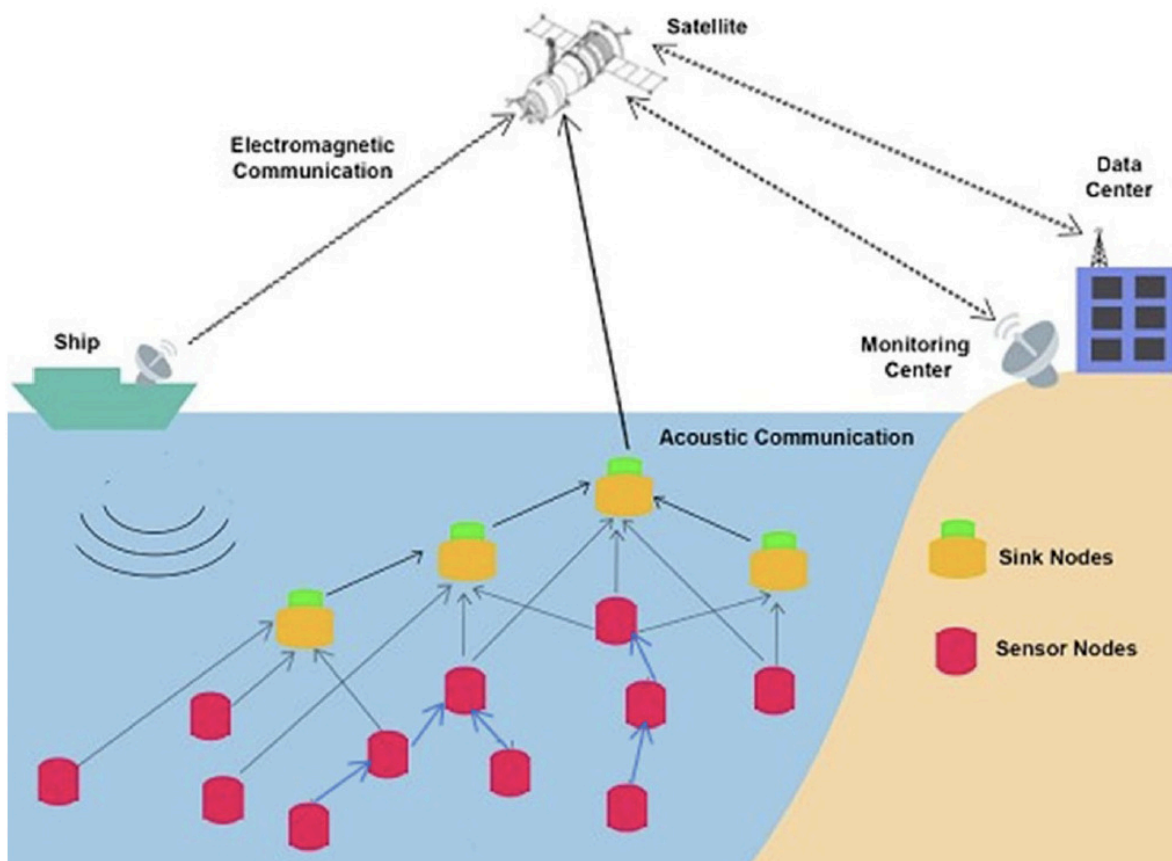


Fig. 1 Basic architecture for underwater sensor network

Development and Application of Underwater Acoustic Communication System

El propósito de esta investigación es explorar los avances más recientes en sistemas de comunicación acústica submarina, incluyendo su diseño, implementación y posibles aplicaciones. El documento aborda diversos temas relacionados con este campo, como la comunicación multiplexada acústica submarina, el reconocimiento de modulación de señales de comunicación acústica submarina y la medición de la respuesta al impulso del canal mediante señales de modulación de frecuencia lineal en entornos de aguas someras. El objetivo de esta investigación es mejorar la eficiencia y efectividad de los sistemas de comunicación submarina, lo que podría tener implicaciones significativas en industrias como la biología marina, la defensa y la exploración de recursos.

Según el documento, un sistema de comunicación acústica submarina consta de un transmisor, un receptor y un canal de comunicación. El transmisor convierte la señal eléctrica en una señal acústica, que luego se transmite a través del canal de comunicación. El receptor recibe la señal acústica y la convierte nuevamente en una señal eléctrica. El canal de comunicación es el medio a través del cual viaja la señal acústica y puede verse afectado por diversos factores como la temperatura del agua, la salinidad y la presión.

El documento también aborda las características de los canales acústicos submarinos, como la propagación multipath, el desplazamiento Doppler y el ruido ambiente, que pueden afectar el rendimiento del sistema de comunicación. En resumen, el sistema de comunicación acústica submarina es una tecnología compleja y desafiante que requiere un diseño y una implementación cuidadosos para lograr una comunicación confiable y eficiente en entornos submarinos.

En cuanto al estado de la investigación, el documento señala que se ha avanzado en los últimos años en el campo de la comunicación acústica submarina en China, con el respaldo de diversas organizaciones y fuentes de financiamiento. Este progreso incluye avances en algoritmos de comunicación, desarrollo de máquinas de comunicación, simulación de protocolos de red, pruebas de aplicaciones de red y formulación de especificaciones de protocolos.

En cuanto a las tendencias de desarrollo, el documento sugiere que la investigación futura en comunicación acústica submarina se centrará en varias áreas. Estas incluyen el desarrollo de nodos de comunicación acústica submarina de alta velocidad de corto alcance y tecnología de redes, el estudio de tecnologías de comunicación acústica submarina de alta velocidad de corto alcance y la optimización de protocolos de red y soluciones técnicas para satisfacer las necesidades de interacción de grandes cantidades de datos en observaciones de redes marinas someras. El documento también señala un creciente interés en el uso de metasuperficies pentamodo para mejorar la comunicación acústica submarina multiplexada, así como el uso de señales de modulación de frecuencia lineal para la medición de la respuesta al impulso del canal en entornos de aguas someras. En general, se espera que el desarrollo de la tecnología de comunicación acústica submarina continúe avanzando en los próximos años, con aplicaciones potenciales en industrias como la biología marina, la defensa y la exploración de recursos.

Un desafío es la banda limitada del canal acústico submarino. La absorción y atenuación del agua del mar en la señal acústica aumenta con el índice de frecuencia, lo que limita la banda del transductor y hace que la señal acústica submarina solo utilice señales de baja frecuencia. Esto resulta en un ancho de banda de canal pequeño, lo que restringe la tasa de comunicación.

Otro desafío es la complejidad del canal acústico submarino. El entorno submarino es altamente variable y factores como la temperatura, salinidad y presión pueden afectar la propagación de las señales acústicas. Esto dificulta predecir el comportamiento del canal y diseñar sistemas de comunicación que puedan operar de manera efectiva en diferentes entornos submarinos.

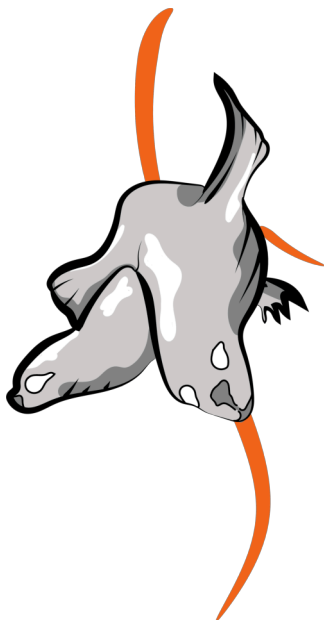
Un tercer desafío es la necesidad de mecanismos robustos de corrección y detección de errores. El canal acústico submarino es propenso a ruido, interferencias y distorsión de la señal, lo que puede llevar a errores en la comunicación. Se necesitan mecanismos efectivos de corrección y detección de errores para garantizar una comunicación confiable en estas condiciones.

En general, desarrollar sistemas de comunicación acústica submarina efectivos requiere abordar estos y otros desafíos, así como avanzar en la tecnología para mejorar la velocidad, distancia y estabilidad de la comunicación.

Una aplicación discutida en el documento es el sistema de monitoreo multipunto de la calidad del agua marina basado en la comunicación acústica submarina. Este sistema está diseñado para monitorear el lecho marino y la calidad del agua a nivel del mar en la acuicultura marina, lo que puede ser desafiante debido al largo período de monitoreo, el alto costo y la imposibilidad de monitorear cambios dinámicos en tiempo real. El sistema utiliza boyas marinas para montar sensores de calidad del agua para medir parámetros de calidad del agua a nivel del mar y boyas para montar DTUs. La comunicación dual con el satélite Beidou realiza la carga de datos en el mar cercano.

Otra aplicación discutida en el documento es el monitoreo ambiental de los hidratos de gas natural en el lecho marino basado en la comunicación hidroacústica. Esta aplicación implica la recolección, transmisión, procesamiento y análisis de datos e información submarina relacionada con el monitoreo ambiental de los hidratos de gas.

En general, la comunicación acústica submarina tiene aplicaciones potenciales en diversas industrias, incluyendo la biología marina, la defensa y la exploración de recursos. La tecnología se puede utilizar para la comunicación, monitoreo y recopilación de datos en entornos submarinos, donde otras formas de comunicación pueden no ser factibles o efectivas. (Liu, Y., & Zhang, Y. 2020)





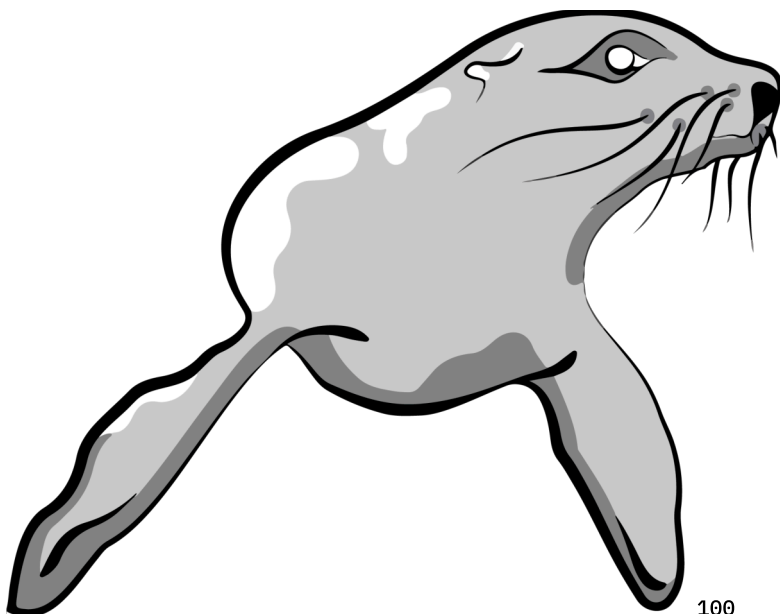
Underwater sensing technologies and applications

Ofrece una revisión de los últimos avances en tecnologías de detección submarina y sus aplicaciones, así como los desafíos y oportunidades en la exploración oceánica. También incluye información sobre fuentes de financiamiento y contribuciones de los autores.

Según la investigación, algunos de los últimos avances en tecnologías de detección submarina incluyen el desarrollo de dispositivos de observación oceánica de bajo costo y alta resolución, como sonar de haz único, sonar multihaz, perfilador de subfondo y sonar de barrido lateral. Además, se ha puesto énfasis en la inteligencia y miniaturización de sensores, especialmente en el desarrollo de nuevos tipos de sumergibles autónomos y Vehículos Submarinos Autónomos (AUV) multifuncionales. La revisión también aborda avances en acústica, óptica y electromagnetismo, así como el uso de múltiples herramientas para obtener resultados óptimos.

Se proporcionan varios ejemplos de aplicaciones específicas para tecnologías de detección submarina. Estas incluyen:

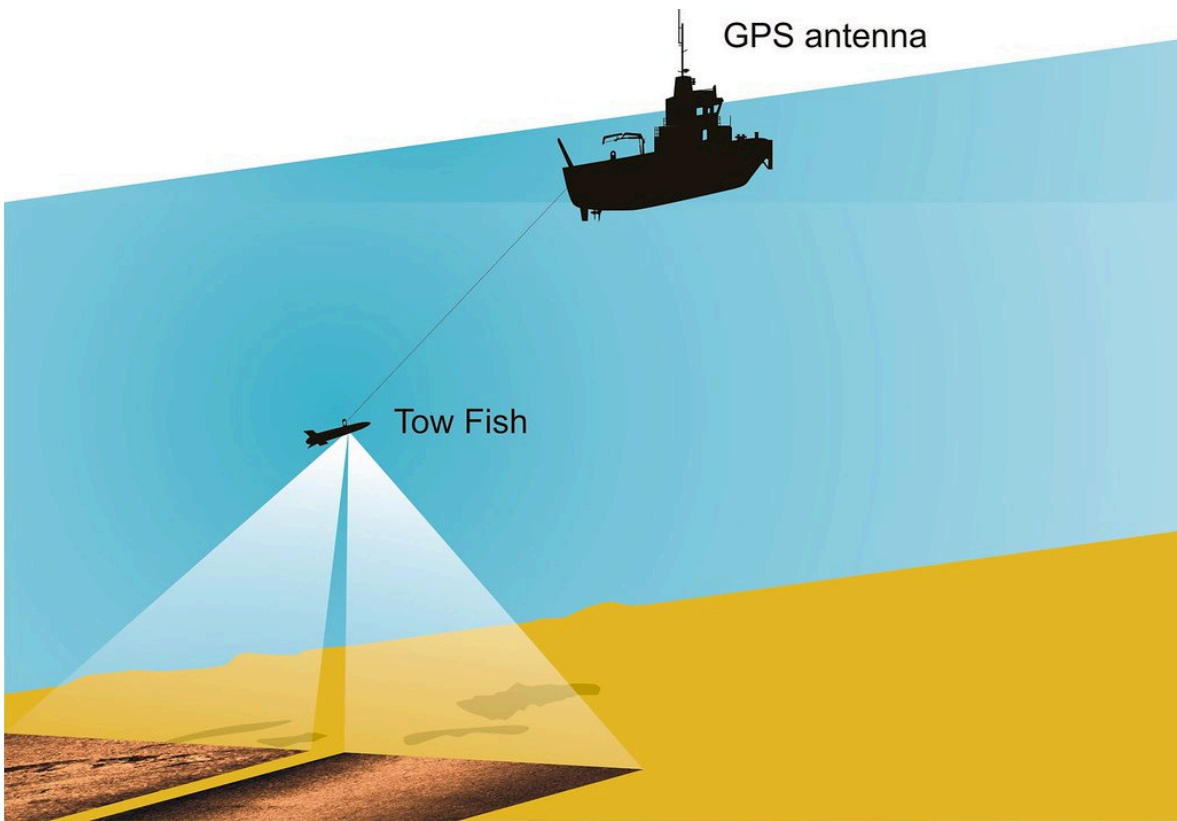
- Inspecciones de áreas marinas mediante ROVs equipados con sonar 3D y LiDAR.
- Estudios arqueológicos submarinos utilizando métodos visuales e imágenes de sonar para la detección de objetos.
- Seguridad marítima, incluida la identificación de intrusos en movimiento y minas oceánicas.
- Mapeo del lecho marino, navegación de sumergibles y detección de objetos submarinos mediante diversos dispositivos de sonar.
- Imágenes submarinas para inspección de objetos, espectrofotometría y fluorofotometría para monitoreo de parámetros ambientales.
- Detección submarina de metales para minas y recursos minerales, e inspecciones de cables y tuberías mediante tecnologías electromagnéticas.
- Exploración oceánica mediante diversos tipos de sumergibles, incluidos vehículos ocupados por humanos (HOV), vehículos operados remotamente (ROV), vehículos submarinos autónomos (AUV), vehículos híbridos ROV y AUV (HROV o ARV) y planeadores submarinos.



Hay que tener en cuenta que, el agua de mar tiene características como la absorción y dispersión que dificultan la aplicación de métodos de detección convencionales bajo el agua. Además, se señala que las características absorbentes y dispersivas del agua de mar plantean desafíos para la imagen submarina. Estas características pueden afectar la precisión y el alcance de los dispositivos de detección, lo que hace necesario desarrollar sensores especializados y técnicas de imagen para aplicaciones submarinas.

Los avances en tecnologías de detección submarina han contribuido al desarrollo general de la industria oceánica al permitir una exploración más eficiente e inteligente de los extensos océanos. Estas tecnologías han posibilitado el mapeo más preciso y detallado del lecho marino, lo que ha llevado al descubrimiento de nuevos recursos y la identificación de posibles peligros. Además, las tecnologías de detección submarina se han utilizado en diversas aplicaciones, como inspecciones de áreas marinas, estudios arqueológicos submarinos, seguridad marítima y exploración oceánica, lo que ha contribuido al crecimiento de la industria oceánica. Como se señala en , el desarrollo de tecnologías de detección submarina debe seguir los requisitos de la exploración oceánica, y se espera que el continuo avance de estas tecnologías impulse aún más el crecimiento de la industria.

Según, la visión futura de las tecnologías de detección submarina prevé el desarrollo de dispositivos de observación oceánica de bajo costo y alta resolución, así como el continuo avance de las tecnologías de navegación y comunicación sumergible. Además, señala que el desarrollo de nuevos tipos de submersibles autónomos, como peces biónicos de aguas profundas, es un tema de investigación candente, lo que plantea nuevas demandas para el desarrollo de sensores. Se espera que la continuación de la miniaturización de sensores y la integración de inteligencia artificial y aprendizaje automático también desempeñen un papel significativo en el futuro de las tecnologías de detección submarina. En general, la visión futura de estas tecnologías es habilitar una exploración más eficiente e inteligente de los océanos, lo que llevará a nuevos descubrimientos y avances en la industria oceánica. (Li, J., Wang, Y., & Chen, H. 2021).



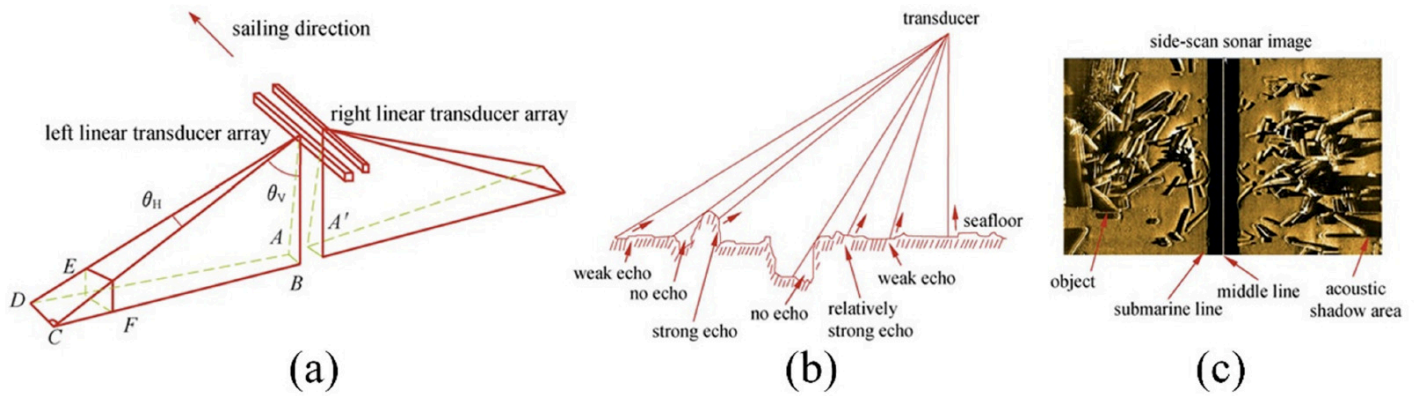


Figure 2. (a,b) Side-scan sonar working principle. (c) Principle of side-scan sonar image generation [21].

iv. Tecnologías de recopilación de datos.

La incorporación de sistemas de recopilación de datos submarinos en la industria salmonera representa un avance significativo para el monitoreo efectivo de lobos marinos, brindando numerosas ventajas clave.

Estos sistemas permiten una detección temprana y continua de la presencia de lobos marinos, estableciendo una vigilancia constante en las cercanías de las instalaciones acuícolas. La recopilación constante de datos ofrece información en tiempo real, facilitando una comprensión profunda de las actividades de estos animales en el entorno marino.

La capacidad para analizar patrones de comportamiento a lo largo del tiempo es esencial. La recopilación de datos a largo plazo permite identificar comportamientos recurrentes, lo que contribuye a una comprensión más completa de la interacción entre los lobos marinos y las operaciones acuícolas.

La eficiencia en la toma de decisiones se ve mejorada gracias a la recopilación continua de datos submarinos. La información actualizada proporciona la base para decisiones rápidas y eficaces, permitiendo a los operadores de la industria salmonera adaptar estrategias en tiempo real y reducir posibles riesgos.

La optimización de estrategias de manejo adaptativas es otra ventaja destacada. Con datos detallados sobre la presencia y el comportamiento de los lobos marinos, se pueden diseñar estrategias específicas para minimizar interacciones no deseadas y mitigar posibles conflictos.

La reducción de interacciones no deseadas se logra mediante la implementación de medidas preventivas basadas en la comprensión mejorada de los movimientos y comportamientos de los lobos marinos. Esto contribuye a la preservación de la fauna marina y a la protección de la infraestructura acuícola.

La capacidad de integración con otras tecnologías existentes en la industria salmonera, como sistemas de monitoreo acústico u óptico, mejora la precisión y la confiabilidad del monitoreo general.

Finalmente, la recopilación precisa de datos submarinos contribuye al cumplimiento de regulaciones ambientales. Al proporcionar evidencia continua sobre las interacciones entre la actividad acuícola y los lobos marinos, la industria puede demostrar su compromiso con prácticas sostenibles y conservación marina.

A survey of deep learning techniques for autonomous driving.

El propósito de esta investigación, como se indica en el documento, es presentar arquitecturas de conducción autónoma basadas en inteligencia artificial, redes neuronales convolucionales y recurrentes, así como el paradigma de aprendizaje profundo por refuerzo. Los autores investigan tanto el enfoque modular de percepción-planificación-acción, donde cada módulo se construye mediante métodos de aprendizaje profundo, como los sistemas End2End, que mapean directamente la información sensorial a comandos de dirección. Además, se abordan desafíos actuales en el diseño de arquitecturas de inteligencia artificial para la conducción autónoma, como la seguridad, las fuentes de datos de entrenamiento y el hardware computacional. La comparación presentada en este estudio ayuda a obtener información sobre las fortalezas y limitaciones de los enfoques de aprendizaje profundo e inteligencia artificial para la conducción autónoma y ayuda en la toma de decisiones de diseño.

Las arquitecturas de toma de decisiones basadas en aprendizaje profundo utilizadas en autos autónomos son los componentes centrales que procesan flujos de observaciones provenientes de diferentes fuentes a bordo, como cámaras, radares, LiDAR, sensores ultrasónicos, unidades GPS y/o sensores inerciales.

Estas observaciones son utilizadas por la computadora del automóvil para tomar decisiones de conducción. Los diagramas de bloques básicos de un automóvil autónomo impulsado por inteligencia artificial se muestran en la Figura 1 del PDF. Las decisiones de conducción se calculan ya sea en un enfoque modular de percepción-planificación-acción o de manera End2End, donde la información sensorial se asigna directamente a las salidas de control. Los componentes del enfoque modular pueden diseñarse ya sea basados en metodologías de inteligencia artificial y aprendizaje profundo o mediante enfoques clásicos no basados en aprendizaje. Se pueden lograr varias combinaciones de componentes basados en aprendizaje y no basados en aprendizaje. Se diseña un monitor de seguridad para garantizar la seguridad de cada módulo. El enfoque modular se descompone jerárquicamente en cuatro componentes que pueden diseñarse mediante enfoques de inteligencia artificial y aprendizaje profundo o métodos clásicos. Estos componentes son Percepción y Localización, Comprensión del Entorno, Toma de Decisiones y Control de Movimiento.

La descripción de las tecnologías de aprendizaje profundo se presenta en la Sección 3 del PDF. Los autores describen tres tipos principales de tecnologías de aprendizaje profundo:

1. Redes Neuronales Convolucionales Profundas (CNN):

Este es un tipo de red neuronal comúnmente utilizado para tareas de reconocimiento de imágenes y videos. Las CNN están diseñadas para aprender y extraer automáticamente características de datos de imágenes crudas.

2. Redes Neuronales Recurrentes (RNN):

Este es un tipo de red neuronal comúnmente utilizado para datos de secuencias, como voz y texto. Las RNN están diseñadas para capturar dependencias temporales en los datos.

3. Aprendizaje Profundo por Refuerzo:

Este es un tipo de aprendizaje automático utilizado para entrenar agentes para tomar decisiones en entornos complejos. En el aprendizaje profundo por refuerzo, un agente aprende a tomar acciones que maximizan una señal de recompensa con el tiempo.

Los autores describen las técnicas de aprendizaje profundo utilizadas para la percepción y localización de escenas de conducción en la Sección 4 del PDF.

La percepción de escenas de conducción implica comprender el entorno alrededor del vehículo, incluida la detección y reconocimiento de objetos, como otros vehículos, peatones y señales de tráfico. La localización implica determinar la ubicación precisa del vehículo dentro del entorno.

Los autores discuten el debate entre el uso de cámaras y sensores LiDAR para la percepción de escenas de conducción. Explican que los métodos de aprendizaje profundo son adecuados para detectar y reconocer objetos en imágenes 2D y nubes de puntos 3D adquiridas de cámaras de video y dispositivos LiDAR, respectivamente.

Luego, los autores describen varias técnicas de aprendizaje profundo utilizadas para la percepción de escenas de conducción, incluyendo:

1. Detectores de Objetos tipo

Caja Delimitadora:

Estos son modelos de aprendizaje profundo que pueden detectar y localizar objetos en una imagen dibujando un cuadro delimitador alrededor de ellos.

2. Segmentación Semántica e Instantánea:

Estos son modelos de aprendizaje profundo que pueden clasificar cada píxel en una imagen como perteneciente a una clase u objeto específico.

3. Localización:

Esto implica el uso de modelos de aprendizaje profundo para estimar la ubicación precisa del vehículo dentro del entorno.

El controlador de movimiento es responsable de calcular los comandos de dirección longitudinal y lateral del vehículo. Los algoritmos de aprendizaje se utilizan ya sea como parte de Controladores de Aprendizaje, dentro del módulo de control de movimiento de la Figura 1(a), o como Sistemas de Control End2End completos que asignan directamente datos sensoriales a comandos de dirección, como se muestra en la Figura 1(b).

Los autores explican que hay dos enfoques principales para el control de movimiento en la conducción autónoma:

1. Controladores de Aprendizaje:

Estos son controladores que utilizan algoritmos de aprendizaje automático para aprender la política de control óptima para el vehículo. Los autores describen varios tipos de controladores de aprendizaje, incluidos enfoques basados en modelos y sin modelos.

2. Sistemas de Control End-to-End:

Estos son sistemas que asignan directamente datos sensoriales a salidas de control, sin necesidad de representaciones o modelos intermedios. Los autores explican que los sistemas de control end-to-end suelen basarse en redes neuronales profundas y se pueden entrenar mediante aprendizaje por refuerzo o aprendizaje por imitación.

El aprendizaje End2End es una técnica de aprendizaje profundo donde las entradas provienen generalmente de un espacio de características de alta dimensión (por ejemplo, imágenes o nubes de puntos). Es un paradigma que se introdujo por primera vez en la década de 1990 y se ha escalado a modelos complejos utilizando algoritmos de retropropagación.

En conclusión, los autores discuten diversas técnicas de aprendizaje profundo utilizadas para la percepción de escenas de conducción, la planificación de rutas, la arbitrariedad del comportamiento y los algoritmos de control de movimiento. Investigan tanto el enfoque modular de percepción-planificación-acción, donde cada módulo se construye mediante métodos de aprendizaje profundo, como los sistemas End2End, que asignan directamente la información sensorial a comandos de dirección. Además, abordan los desafíos actuales en el diseño de arquitecturas de inteligencia artificial para la conducción autónoma, como la seguridad, las fuentes de datos de entrenamiento y el hardware computacional.

Los autores concluyen que las técnicas de aprendizaje profundo están empezando a ser efectivas y confiables incluso para sistemas críticos de seguridad, aunque la garantía completa de seguridad para este tipo de sistemas aún es una pregunta abierta. También señalan que las normas y regulaciones actuales de la industria automotriz no se pueden mapear completamente a tales sistemas, lo que requiere el desarrollo de nuevas normas de seguridad dirigidas al aprendizaje profundo.

En general, los autores ofrecen una descripción detallada de las fortalezas y limitaciones de los enfoques de aprendizaje profundo e inteligencia artificial para la conducción autónoma y ayudan en la toma de decisiones de diseño. Enfatizan la importancia de datos del mundo real para el entrenamiento y prueba de sistemas de conducción autónoma y brindan una descripción detallada de las diversas fuentes de datos y los desafíos asociados con este proceso. (Grigorescu, S. 2019).



v. Resumen elección de tecnologías.

Al revisar las siguientes investigaciones podemos aclarar que existe 1 grupo con 3 tecnologías que son muy importantes para poder abordar un sistema de monitoreo para la acuicultura que aborde el problema del lobo marino común, al grupo se le denomina como:

Sistemas de Recopilación de datos, los cuales permiten analizar patrones de comportamiento a lo largo del tiempo. La recopilación de datos a largo plazo permite identificar comportamientos recurrentes, lo que contribuye a una comprensión más completa de la interacción entre los lobos marinos y las operaciones acuícolas.

Las tecnologías que lo componen son:

1. **Sensores Acústicos Submarinos:** Permiten monitorear la actividad acústica de los lobos marinos, brindando información sobre sus interacciones y comportamientos en las cercanías de los centros de cultivo.
2. **Cámaras Subacuáticas de Alta Resolución:** Ofrecen imágenes detalladas para evaluar visualmente la presencia y el comportamiento de los lobos marinos, facilitando la identificación de posibles interacciones con la industria salmonera.
3. **Dispositivos de Telemetría Satelital:** Monitorizan condiciones como la temperatura del agua y la calidad del hábitat, proporcionando contexto ambiental, para seguir los patrones de movimiento de los lobos marinos y comprender sus hábitos en relación con los centros de cultivo de salmónes.

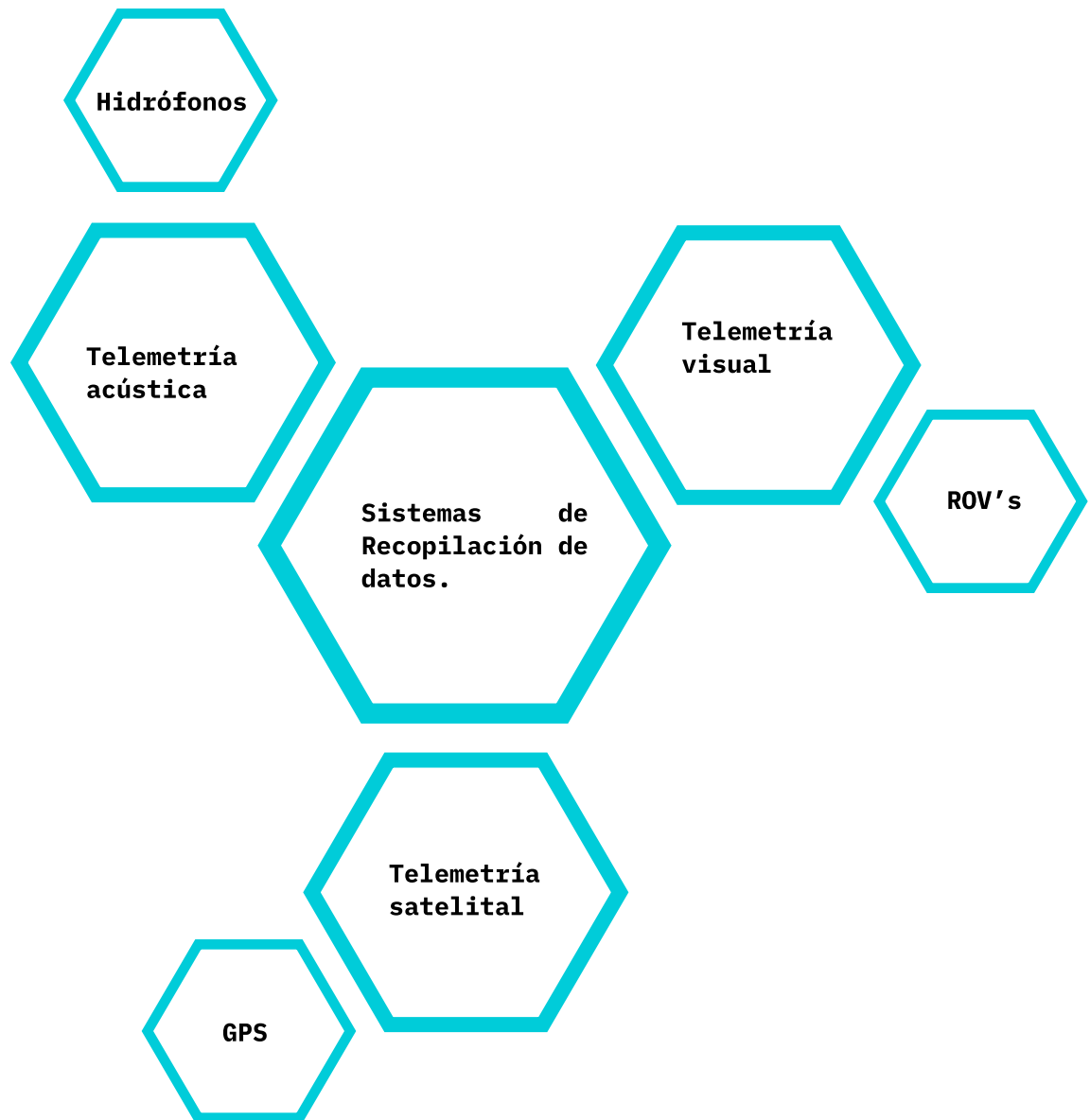




Imagen 10: Adobe FireFly.



c. Comparación tecnologías de mercado



Imagen 12: Adobe FireFly.

i. Cuadro comparativo tecnologías recopilación de datos.

Características	Tecnología A	Tecnología B	Tecnología C
Tipo de Tecnología	Telemetría acústica	Telemetría satelital	Telemetría visual
Principio funcionamiento	Utiliza señales acústicas para rastrear movimientos y comportamientos.	Utiliza señales satelitales para seguir la ubicación y los patrones de movimiento.	Utiliza cámaras subacuáticas para obtener datos visuales del comportamiento.
Precisión de datos	Alta precisión en entornos acuáticos.	Alta precisión en la ubicación geográfica.	Alta precisión visual del comportamiento.
Rango monitoreo	Eficiente en distancias cortas a medianas.	Efectivo para monitoreo a largas distancias.	Limitado a la visibilidad de las cámaras subacuáticas.
Impacto ambiental	Dependiendo de la frecuencia y decibeles puede generar un impacto acústico alto o bajo.	No intrusivo en el entorno.	Potencial impacto visual en la fauna marina.
Facilidad de Implementación	Requiere instalación submarina.	Requiere dispositivos de monitoreo en los lobos marinos.	Requiere manipulación de cámaras subacuáticas.

ii. Cuadro comparativo tecnologías ROVs.

Marca/ Modelo	Características Principales	Camera Primary	Sensores	Configuration
Seabotix vLBV950	Profundidad 950mt Camera Tilt: 180 degrees Diagonal Angle of View: 65 degrees.	650 line high resolution color - 0.1 Lux @ f2.0	Heading, depth, temperature, pitch, roll.	Hand controller, monitor and surface power supply built into protective case.
Saab Seaeye Falcon	Profundidad 300mt No camera tilt.	High Definition (HD) camera for vehicle. (OE14-502).	Scanning y multibeam sonar, altimeter, acoustic tracking.	Hand control unit, touch screen monitor, and wireless keyboard.
Blueye Robotics Blueye Pro	Profundidad 305mt Camera Tilt: -30° a +30°. 115° Vertical field of view	Light sensitive full HD 1080p/30fps, wide angle lens.	Accelerometer. Depth sensor. Magnetometer. Temperature. Pressure sensor.	Wireless drone controller for iOS and Android smartphones and tablets.
Photon TOV	Profundidad 120mt Camera Tilt: 215°. Weight 11.6kg	Enhanced 4K Camera	depth, heading, pitch, roll, turns count y temperature.	Deep Trekker handheld controller.
ECA Group A9-M	Profundidad 300mt Weight 8kg	Camera	Depth, heading, y temperature.	



Imagen 13: Adobe FireFly.



Imagen 14: Adobe FireFly.

iii. Cuadro comparativo tecnologías Hidrófonos.

Marca/ Modelo	Características Principales	Frecuencias	Sensibilidad	Longitud cable
Seis Tech Ys-3000	Profundidad: 3.000 mt	2Hz - 30kHz	-201dBv RE 1uPa.	Ancho: 4,6mm Largo: 1m con posibilidad de personalización.
High Tech HTI-96-Min	Profundidad: 3.048 mt	2 Hz - 30kHz	Max: -165 dB - 1uPa. Min: -240dB - 1uPa.	No especificado.
Loggerhead Snap	Profundidad: 3.000 mt	8 - 96 kHz	Standard: -170 dB - 1uPa Intense: -210 dB - 1uPa	No especificado.
Ocean Sonics icListen RB9 (HF)	Profundidad: 900 mt	10 Hz - 200 kHz	-177 - 1uPa	Sin cable, wireless.

iv. Cuadro comparativo tecnologías telemetría satelital.

Marca/ Modelo	Características Principales	Variabales de operación.	Sensores	Configuración
Lotek MCFT3 Series	Para mamíferos marinos y peces..	138 - 176 MHz. Potencia: +10dB. Presión: 275 mt.	Temperatura. Presión. Acelerómetro. Wet/dry Sensor.	Tag y radio. Opción de registro de datos de archivo.
WildLife Spot.	Para mamíferos marinos	Frecuencia: 401 - 678 MHz. Potencia: N/E. Presión: 2.000 mt.	Temperatura. Wet/dry Sensor.	Tag. Comunicación de datos y herramientas de servicio con el sistema satelital Argos.
TheImaBiote1	Para mamíferos marinos	Frecuencia: N/E. Potencia: N/E. Presión: 290 mt - 1.000 mt.	Profundidad. Temperatura. Actividad. Mortalidad. Conductividad.	Permite la creación de un Tag de forma personalizada.
STARODDI DST micro- ACT	Para mamíferos marinos y peces.	Frecuencia: 0.03 Hz - 10 Hz. Potencia: N/E. Presión: N/E.	Aceleración. Temperatura.	Medición de stress y comunicación de datos.
Telonics. TMG-4310-3	Utilizados en pinipedos y tortugas.	Frecuencia: 160 - 177 MHz Potencia: -163 dB Presión: N/E	Profundidad. Temperatura. Actividad.	GPS transmite posición y envía datos al sistema satelital Argos.



Imagen 15: Adobe FireFly.



6. Prospección de escenarios.

a. Futuro Probable - Escenario 1: "Coexistencia Armónica"

En un futuro probable, los lobos marinos aumentarían su población hasta un punto donde agotarían la biodiversidad de su ecosistema por el que empezarán a cazar salmones de la industria salmonera en Chile, lo cual generaría un impacto importante en la producción de la empresa X.

Para eso se ha implementado un sistema submarino de monitoreo que utiliza tecnología de vanguardia, incluyendo drones submarinos autónomos (ROVs) y sensores avanzados.

Cuando se detecta un aumento en la probabilidad de ataques, se activan dispositivos de hidrófonos que envían una señal al personal del centro, activando así los ROVs y poder observar a los mamíferos marinos interactuar con las redes. Los datos recopilados se analizan en tiempo real mediante algoritmos de inteligencia artificial para anticipar el comportamiento de los lobos marinos.

La colaboración entre la industria, científicos y organizaciones de conservación ha llevado a prácticas más sostenibles y al respeto del medio ambiente marino.

Resumen de tecnologías

Deep Trekker DTG3:

- Características Clave: ROV (Remotely Operated Vehicle) portátil y sumergible, cámara de alta definición, capacidad de exploración en tiempo real.
- Beneficios: Permite la exploración visual y el monitoreo en tiempo real de las instalaciones de cultivo, incluyendo la inspección de redes y estructuras.
- Aplicaciones: Inspección de centros de cultivo, monitoreo visual en tiempo real.

icListen RB9 (HF) de Ocean Sonics:

- Características Clave: Ofrece alta calidad de sonido, rango de frecuencia amplio, almacenamiento de datos y transmisión en tiempo real, resistencia a la corrosión.
- Beneficios: Ideal para estudios de lobos marinos y monitoreo de ruido submarino. Alta fidelidad para una grabación detallada de sonidos subacuáticos.
- Aplicaciones: Investigación de vida marina, monitoreo de ruido y eventos acústicos.

Review Tecnológico: Deep Trekker DTG3 - ROV.

Introducción:

El Deep Trekker DTG3 es un ROV compacto y portátil diseñado para la exploración y el monitoreo subacuático en una variedad de aplicaciones, incluyendo el monitoreo de la vida marina. Este dispositivo se destaca por su facilidad de uso y versatilidad en ambientes marinos.

Características Principales:

1. Profundidad de Operación:

El DTG3 es capaz de operar a profundidades de hasta 200 metros, lo que lo hace adecuado para la mayoría de los centros de cultivo.

2. Portabilidad y Diseño Modular:

Su diseño compacto y modular permite un transporte y despliegue sencillo para su operación.

3. Cámara de Alta Definición:

El ROV está equipado con una cámara de alta definición que proporciona imágenes claras y nítidas, con un rango de 270 grados de rotación, lo que es esencial para la observación detallada de la vida marina y las instalaciones de cultivo de salmones.

4. Batería Recargable:

La batería recargable de 8 horas de duración permite un monitoreo prolongado en el agua sin necesidad de cambiar las baterías.

5. Facilidad de Uso:

El DTG3 se controla a través de una consola portátil e intuitiva, lo que facilita su operación incluso para personas sin experiencia en ROVs.

Ventajas:

• Portabilidad:

Su diseño compacto permite un despliegue rápido desde embarcaciones pequeñas o incluso desde la orilla.

• Bajo Mantenimiento:

El DTG3 no requiere un mantenimiento intensivo, lo que ahorra tiempo y costos.

• Personalización:

Se pueden agregar accesorios y sensores adicionales según las necesidades del proyecto, lo que aumenta su versatilidad.

• Asequible:

En comparación con algunos ROVs de mayor envergadura, el DTG3 ofrece un precio competitivo.

Desventajas:

• Profundidad Limitada:

La profundidad máxima de 200 metros podría ser insuficiente para proyectos que requieren un monitoreo a mayores profundidades.

• Capacidad de Carga Limitada:

Debido a su tamaño compacto, la capacidad de carga útil del DTG3 es limitada en comparación con ROVs más grandes.

• Menos Estabilidad en Aguas con Corriente Fuerte:

Puede tener dificultades en aguas con fuertes corrientes debido a su tamaño y peso relativamente ligero.

Review Tecnológico: icListen RB9 (HF) - Hidrófono.

Introducción:

El icListen RB9 (HF) es un hidrófono de alta calidad diseñado para el monitoreo acústico subacuático en una variedad de aplicaciones, incluyendo la observación y registro de vocalizaciones de la vida marina. Este dispositivo se destaca por su sensibilidad acústica y su capacidad para capturar datos de audio de alta fidelidad en entornos marinos.

Características Principales:

1. Amplio Rango de Frecuencia:

El icListen RB9 (HF) ofrece un amplio rango de frecuencia que abarca desde 10 Hz a 200kHz. Esto permite la detección de una amplia variedad de sonidos, incluyendo las vocalizaciones de la vida marina.

2. Sensibilidad:

Este hidrófono cuenta con una alta sensibilidad, lo que le permite registrar sonidos desde -177 dB re V/uPa a su peak de 184 dB re uPa.

3. Durabilidad:

Diseñado para soportar las condiciones marinas más adversas, el icListen RB9 (HF) está construido para ser duradero y resistente a la corrosión.

4. Conectividad y Almacenamiento:

El dispositivo se conecta a una unidad de control que permite el monitoreo en tiempo real y el almacenamiento de datos.

Ventajas:

1. Alta Calidad de Audio:

La capacidad de capturar sonidos de alta fidelidad es esencial para el monitoreo y la investigación acústica.

2. Resistencia a Condiciones Marinas:

Su diseño robusto y su resistencia a la corrosión garantizan un funcionamiento confiable en entornos marinos.

3. Amplio Rango de Frecuencia:

El rango de frecuencia versátil lo hace adecuado para diversas aplicaciones de monitoreo acústico.

4. Conectividad y Almacenamiento:

La posibilidad de monitorear en tiempo real y almacenar datos facilita la investigación y el análisis posterior.

Desventajas:

1. Costo:

Los hidrófonos de alta calidad, como el icListen RB9 (HF), tienden a tener un costo significativo, lo que puede ser una limitación presupuestaria para algunos proyectos.

2. Requiere Conocimientos Técnicos:

La configuración y operación del dispositivo pueden requerir conocimientos técnicos especializados.

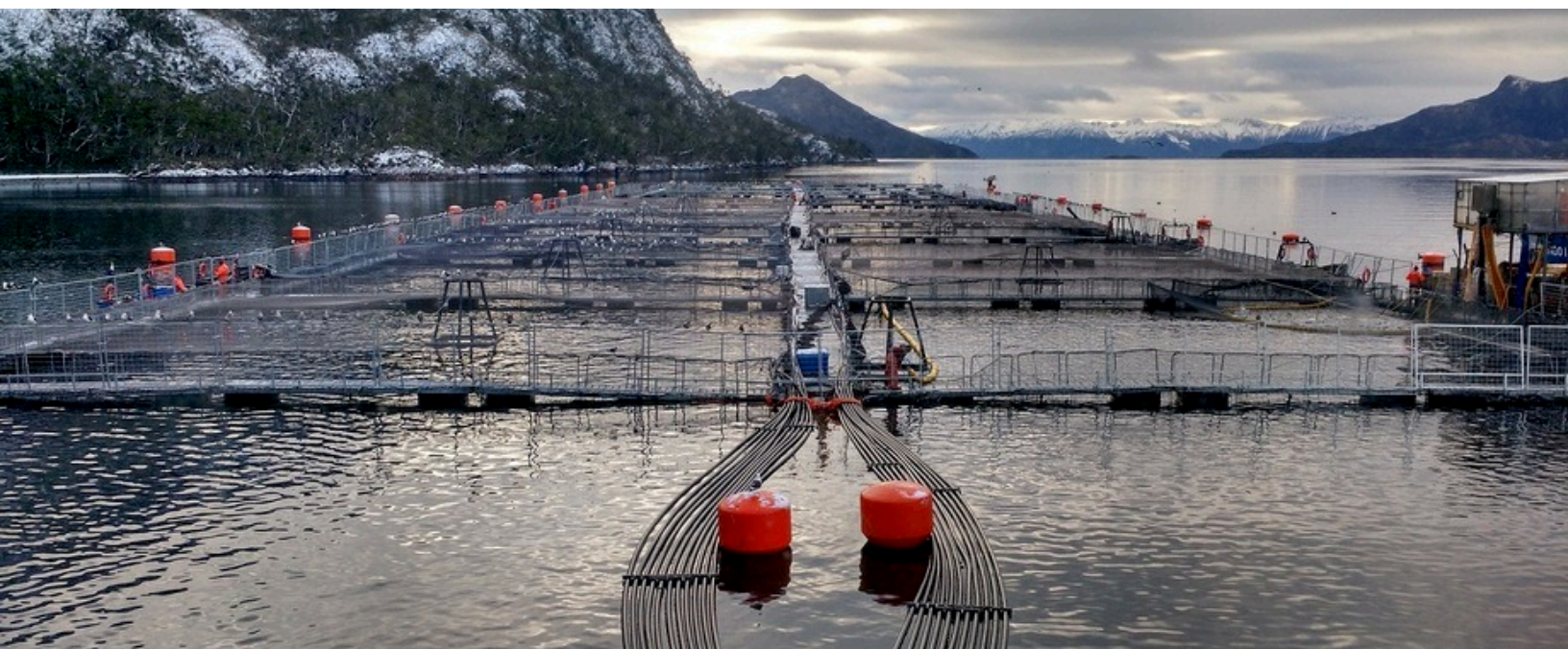


Foto 34: El ciudadano.

b. Futuro Plausible - Escenario 2: "Regulación y Cooperación".

En un futuro plausible, la industria salmonera en Chile ha establecido en colaboración con las autoridades y organizaciones de conservación una regulación más equilibrada incorporando los avances tecnológicos que respeten la vida submarina.

Se ha implementado un sistema de monitoreo submarino utilizando tecnología avanzada. Aunque los ataques de lobos marinos siguen siendo una preocupación, la cooperación entre las partes interesadas ha llevado a la creación de un sistema de monitoreo en tiempo real para obtener información del comportamiento de los lobos de mar, alrededor de los centros de cultivo.

Aunque los conflictos persisten, el enfoque en la sostenibilidad y la regulación efectiva debiese permitir la utilización de tecnologías disuasivas contra el lobo marino.

El sistema de gobernanza y las regulaciones afectan a todos los aspectos de los procesos de innovación y adaptación tecnológica. Sin embargo, las regulaciones son en sí mismas de gran importancia para la sostenibilidad ambiental y económica de las industrias, y se reconocen como una barrera principal para el desarrollo de una producción significativa de acuicultura en muchos países desarrollados, a pesar de un fuerte deseo de crecimiento. Por lo tanto, las innovaciones que relajan las restricciones regulatorias pueden ser tan valiosas como las innovaciones en conocimiento o tecnología.

Resumen de regulaciones.

SUBPESCA, Reglamento ambiental para la acuicultura (Decreto 320):
Esta entidad del gobierno puede emitir normativas y regulaciones específicas relacionadas con la pesca y acuicultura, que incluyen disposiciones sobre el monitoreo y la disuasión de fauna marina en el contexto de la industria salmonera, como se establece en el decreto 320.

Ley de Pesca y Acuicultura (Ley N° 18.892):
Esta ley regula la actividad pesquera y acuícola en Chile. Si bien no trata específicamente sobre el monitoreo y disuasión sonora de lobos marinos, establece las bases legales para la gestión de la actividad pesquera y acuícola, que incluye la protección de los recursos marinos y la relación con las especies marinas.

Ley de Bases Generales del Medio Ambiente (Ley N° 19.300):
Esta ley sienta las bases para la protección y conservación del medio ambiente en Chile. Establece principios generales relacionados con el respeto y protección del entorno natural y los ecosistemas marinos.

Decreto 320 del Reglamento Ambiental para la Acuicultura en Chile

Introducción:

El Decreto 320 es parte del Reglamento Ambiental para la Acuicultura en Chile y fue establecido para garantizar la sostenibilidad de las operaciones acuícolas en el país. Se enfoca en la regulación de los aspectos ambientales, asegurando que las actividades de acuicultura sean compatibles con la conservación de los ecosistemas marinos. (Del Congreso Nacional, s. f.-c).

Características Principales:

1. Autorización Ambiental:

El Decreto 320 establece la necesidad de obtener una Autorización Ambiental para llevar a cabo actividades acuícolas. Esto implica la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) que evalúa los posibles efectos de la operación en el entorno marino y propone medidas de mitigación.

2. Zonificación:

Se establece un sistema de zonificación que define las áreas aptas para la acuicultura y las áreas protegidas donde la actividad no está permitida. Esto contribuye a la gestión ordenada de las operaciones acuícolas.

3. Monitoreo Ambiental:

El Decreto 320 exige que los titulares de concesiones acuícolas realicen monitoreo ambiental de sus operaciones. Esto incluye el seguimiento de la calidad del agua, la salud de los ecosistemas marinos y la evaluación de posibles impactos.

4. Medidas de Mitigación:

Se establecen medidas de mitigación que deben implementarse para minimizar los posibles efectos negativos de la acuicultura en el medio ambiente. Estas medidas pueden incluir sistemas de tratamiento de desechos y prácticas responsables de cultivo.

Artículo 4:

f) Utilizar sólo aquellos sistemas de emisión de sonidos destinados a ahuyentar mamíferos marinos o aves que hubieren sido autorizados expresamente por la autoridad competente.

5. Sanciones y Fiscalización:

El Decreto establece sanciones en caso de incumplimiento de las regulaciones ambientales. Además, prevé la fiscalización y el control de las operaciones acuícolas para garantizar el cumplimiento de las normas.

Ventajas:

1. Conservación Ambiental:

El Decreto 320 contribuye a la conservación de los ecosistemas marinos al establecer medidas de control y mitigación.

2. Gestión Sostenible:

La regulación promueve la gestión sostenible de la acuicultura en Chile al considerar el impacto ambiental en las operaciones.

3. Transparencia y Control:

El sistema de autorización y monitoreo garantiza la transparencia y el control de las actividades acuícolas.

Desafíos:

1. Desafíos de Implementación:

La implementación y fiscalización efectiva de las regulaciones pueden ser un desafío y requieren recursos adecuados.

Ley N° 18.892 - Ley General de Pesca y Acuicultura.

Introducción:

La Ley N° 18.892 es una que regula todas las actividades relacionadas con la pesca y la acuicultura en el país. Esta legislación establece un marco legal completo que abarca desde la explotación de los recursos pesqueros y acuícolas hasta la conservación del medio ambiente marino. (Del Congreso Nacional, s. f.).

Características Principales:

1. Concesiones y Autorizaciones:

La ley establece un sistema de concesiones y autorizaciones para la explotación de recursos pesqueros y acuícolas. Esto incluye concesiones para la pesca industrial y acuicultura, así como licencias de pesca artesanal.

2. Zonificación:

La ley establece una zonificación de las áreas marinas que define dónde se pueden llevar a cabo actividades pesqueras y acuícolas. Esto contribuye a la gestión ordenada de los recursos marinos.

3. Sanciones y Fiscalización:

La ley establece sanciones en caso de incumplimiento de las regulaciones pesqueras y de acuicultura. Además, prevé la fiscalización y el control de las operaciones para garantizar el cumplimiento de las normas.

4. Conservación y Sustentabilidad:

La conservación de los recursos pesqueros y acuícolas es un principio fundamental de la ley. Se establecen cuotas de captura y se promueve la pesca sustentable.

5. Fomento de la Acuicultura:

La ley fomenta el desarrollo de la acuicultura en Chile, estableciendo mecanismos para la concesión de áreas para la actividad acuícola.

6. Protección del Medio Ambiente:

La ley incorpora disposiciones para proteger el medio ambiente marino, incluyendo medidas para la gestión de residuos y la prevención de la contaminación.

Ventajas:

1. Orden y Sostenibilidad:

La ley proporciona un marco legal que establece un orden en las actividades pesqueras y de acuicultura, promoviendo la sostenibilidad de estas actividades.

2. Protección del Medio Ambiente:

Incorpora disposiciones para proteger el medio ambiente marino, lo que es esencial para la conservación de los ecosistemas marinos.

3. Fomento de la Acuicultura:

Fomenta el desarrollo de la acuicultura como una fuente importante de proteínas y una actividad económica en crecimiento.

Desafíos:

1. Ejecución y Fiscalización:

Asegurar una ejecución efectiva de las regulaciones y la fiscalización adecuada es un desafío constante.

Ley N° 19.300 - Bases Generales del Medio Ambiente.

Introducción:

La Ley N° 19.300 establece las bases generales para la protección del medio ambiente en Chile. Su objetivo principal es asegurar un desarrollo sostenible que respete y conserve los recursos naturales y el entorno ambiental del país. (Del Congreso Nacional, s. f.-b).

Características Principales:

1. Evaluación de Impacto Ambiental (EIA):

La ley establece un sistema de Evaluación de Impacto Ambiental que requiere la evaluación y aprobación de proyectos que puedan afectar significativamente el medio ambiente. Esta medida es fundamental para prevenir impactos ambientales negativos.

2. Participación Ciudadana:

La ley promueve la participación ciudadana en la toma de decisiones ambientales, permitiendo que la comunidad pueda expresar sus opiniones y preocupaciones en relación a proyectos que puedan afectar su entorno.

3. Normas y Estándares Ambientales:

La ley establece normas y estándares ambientales que regulan la calidad del aire, agua y suelos, así como otros aspectos relacionados con la protección del medio ambiente.

4. Fiscalización y Sanciones:

Se prevén mecanismos de fiscalización para asegurar el cumplimiento de las regulaciones ambientales. Se establecen sanciones en caso de incumplimiento.

5. Conservación de la Biodiversidad:

La ley promueve la conservación de la biodiversidad y establece mecanismos para proteger los ecosistemas y especies en peligro.

6. Educación y Concienciación Ambiental:

La ley fomenta la educación y concienciación ambiental como parte integral de la protección del medio ambiente.

Ventajas:

1. Protección del Medio Ambiente:

La ley proporciona un marco legal sólido para la protección y gestión del medio ambiente en Chile.

2. Participación Ciudadana:

Involucra a la comunidad en la toma de decisiones relacionadas con el medio ambiente, lo que es esencial para considerar las preocupaciones locales.

3. Evaluación de Impacto Ambiental:

Requiere la evaluación de proyectos antes de su aprobación, lo que contribuye a prevenir impactos negativos en el medio ambiente.

Desafíos:

1. Fiscalización Efectiva:

Asegurar una fiscalización efectiva y la aplicación de sanciones en caso de incumplimiento es un desafío constante.

Ley de Protección de Mamíferos Marinos de Estados Unidos (MMPA):

Introducción:

La MMPA es una de las leyes ambientales más importantes de los Estados Unidos, diseñada para abordar la conservación de mamíferos marinos en aguas estadounidenses y en aguas internacionales donde los ciudadanos estadounidenses están involucrados. Fue promulgada en 1972 y ha sido enmendada en varias ocasiones para fortalecer las protecciones a las especies marinas. (Arancibia, 2023).

Objetivos Principales:

1. Conservación de Mamíferos Marinos:

La MMPA tiene como objetivo primordial la conservación de las poblaciones de mamíferos marinos, incluyendo ballenas, delfines, focas, leones marinos y otros.

2. Prohibición de Captura y Acoso:

La ley prohíbe la captura intencional y el acoso de mamíferos marinos, excepto en situaciones específicas y con permisos.

3. Protección del Hábitat:

La MMPA exige la protección de los hábitats esenciales de mamíferos marinos y la prevención de la degradación de estas áreas.

4. Prevención de Interacciones Negativas:

La ley establece regulaciones para minimizar las interacciones negativas entre mamíferos marinos y actividades humanas, como la pesca y el turismo.

5. Programas de Investigación y Monitoreo:

La MMPA promueve la investigación y el monitoreo de poblaciones de mamíferos marinos para comprender mejor sus necesidades y amenazas.

Aplicación y Regulaciones:

Las agencias federales, como la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) y el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de EE. UU. (USFWS), trabajan en conjunto para implementar y hacer cumplir la MMPA. Estas agencias emiten permisos para actividades como la investigación científica, el rescate y la rehabilitación de mamíferos marinos, y la observación de vida silvestre.

Importancia y Contribuciones:

La MMPA ha tenido un impacto significativo en la conservación de mamíferos marinos en los Estados Unidos. Ha contribuido a la recuperación de poblaciones de especies en peligro de extinción. Además, ha establecido un marco legal para abordar las amenazas a estos animales. Esta ley prohíbe la importación de productos de pesca a los Estados Unidos si se ha determinado que el país de origen no cumple con los estándares de manejo y conservación de mamíferos marinos, incluyendo lobos marinos. La MMPA regula la interacción con mamíferos marinos, incluyendo medidas para minimizar capturas accidentales y garantizar que las prácticas pesqueras no dañen poblaciones de mamíferos marinos.

En el contexto de la industria salmonera, esto significa que si un país permite o utiliza tecnologías disuasorias que puedan dañar a los lobos marinos u otras especies protegidas por la MMPA, podría enfrentar restricciones en la exportación de productos pesqueros a los Estados Unidos. (Fisheries, n.d.).

Certificación ASC Certificación ASC (Aquaculture Stewardship Council)

Introducción:

La Certificación ASC, establecida por el Aquaculture Stewardship Council en 2010, ha emergido como un estándar fundamental para la acuicultura sostenible y responsable. Esta certificación busca abordar los desafíos ambientales y sociales asociados con la producción de productos acuícolas. (Aqua Stewardship Council, 2023)

Características Principales:

1. Enfoque Integral en la Sostenibilidad:

La Certificación ASC adopta un enfoque integral, abordando no solo la salud del ecosistema, sino también aspectos sociales y laborales. Este enfoque garantiza que las prácticas acuícolas cumplan con estándares rigurosos de sostenibilidad, contribuyendo a la preservación de la biodiversidad y la salud del agua.

2. Responsabilidad Social y Laboral:

Uno de los puntos fuertes de la Certificación ASC es su atención a la responsabilidad social. Establece estándares para condiciones de trabajo justas y seguras, asegurando que las operaciones acuícolas respeten los derechos humanos. Esto no solo beneficia a los trabajadores, sino que también promueve prácticas éticas en toda la cadena de suministro.

3. Calidad del Producto:

La Certificación ASC se preocupa por la calidad nutricional y general de los productos acuícolas. Establece criterios que garantizan que los productos cumplan con estándares específicos de calidad, brindando a los consumidores la confianza de que están adquiriendo alimentos saludables y bien producidos.

4. Transparencia y Rastreabilidad:

La certificación fomenta la transparencia en la cadena de suministro, permitiendo a los consumidores rastrear el origen de los productos ASC. Esta transparencia promueve la confianza del consumidor y apoya la toma de decisiones informada sobre sostenibilidad.

5. Gestión del Impacto Ambiental:

La Certificación ASC exige a las operaciones acuícolas gestionar eficientemente los recursos naturales y reducir al mínimo su impacto ambiental. Al promover prácticas que protegen los ecosistemas circundantes, contribuye significativamente a la conservación del medio ambiente.

Conclusión:

La Certificación ASC ha demostrado ser una herramienta valiosa para avanzar hacia la acuicultura sostenible. Su enfoque integral, combinado con estándares sólidos, ha elevado los estándares de la industria, creando un camino hacia una producción de alimentos marinos más ética y responsable. Para productores y consumidores comprometidos con la sostenibilidad, la Certificación ASC brinda una guía confiable y reconocida en el panorama de la acuicultura mundial.

Certificación Global G.A.P. (Good Agricultural Practice)

Introducción:

La Certificación GlobalG.A.P. (Good Agricultural Practice) ha ganado reconocimiento global como un estándar fundamental para la producción agrícola y acuícola sostenible. Aquí se presenta un análisis detallado de los aspectos clave de la Certificación GlobalG.A.P. (GLOBALG.A.P. IFA - Acuicultura, n.d.)

Características Principales:

1. Enfoque Integral en la

Calidad y Sostenibilidad:

GlobalG.A.P. se destaca por su enfoque integral que aborda no solo la calidad del producto final sino también la sostenibilidad en todas las etapas de la producción acuícola. Este estándar busca equilibrar la rentabilidad con la responsabilidad ambiental.

2. Requisitos Rigurosos de Calidad y

Seguridad Alimentaria:

La certificación establece criterios detallados para garantizar la calidad y la seguridad alimentaria de los productos acuícolas. Esto incluye prácticas que aseguran la ausencia de residuos y contaminantes, garantizando la salud y el bienestar del consumidor.

3. Sostenibilidad Ambiental:

GlobalG.A.P. aborda de manera exhaustiva la gestión ambiental sostenible. Establece directrices claras para reducir el impacto ambiental de las operaciones acuícolas, promoviendo prácticas que conserven la biodiversidad y protejan los recursos naturales.

4. Bienestar Animal:

La certificación incluye criterios específicos para el bienestar animal, asegurando que las prácticas acuícolas sean éticas y respetuosas con los animales. Esto incluye pautas para el manejo adecuado de las especies acuáticas y la prevención de enfermedades.

5. Transparencia y Rastreabilidad:

GlobalG.A.P. fomenta la transparencia en la cadena de suministro, permitiendo la rastreabilidad desde la producción hasta el consumidor final. Esto fortalece la confianza del consumidor al proporcionar información sobre el origen y las prácticas de producción.

6. Participación de Productores y Comunidades Locales:

La certificación involucra a los productores y a las comunidades locales, promoviendo la participación activa en prácticas sostenibles. Esto contribuye al desarrollo social y económico de las regiones donde se lleva a cabo la acuicultura.

Conclusión:

GlobalG.A.P. para la acuicultura se presenta como un estándar integral que aborda los desafíos contemporáneos de la producción acuícola. Su enfoque en la calidad, sostenibilidad y bienestar animal establece un marco sólido para una industria acuícola responsable. La certificación proporciona una guía confiable tanto para productores como para consumidores comprometidos con la seguridad alimentaria, la sostenibilidad y la ética en la producción acuícola.



Foto 35: Jorge León Cabello

c. Futuro Posible - Escenario 3: "Tecnología Innovadora en Acción"

En un futuro posible, la industria salmonera ha adoptado ampliamente un sistema de monitoreo submarino basado en tecnología de punta. Se han desarrollado dispositivos de disuasión no invasivos altamente efectivos que se activan mediante la recepción de una frecuencia única y prácticas de manejo adaptativas.

Los datos recopilados se utilizan para anticipar y prevenir ataques de lobos marinos de manera efectiva. La colaboración con científicos ha llevado a la comprensión de los patrones de comportamiento de los lobos marinos, permitiendo una protección más eficaz de la producción de salmones.

Este enfoque sostenible se ha convertido en un estándar de la industria, y se han reducido significativamente los conflictos con los lobos marinos.

Resumen de tecnologías

Vemco VR2W:

- Características Clave: Sistema de detección de etiquetas acústicas, rastreo de peces y otros objetos marinos, almacenamiento de datos a largo plazo.
- Beneficios: Ideal para el seguimiento de peces y otros objetos submarinos. Permite el análisis de movimiento y comportamiento de la vida marina.
- Aplicaciones: Investigación de peces, comportamiento de la vida marina, seguimiento de migraciones.

Review Tecnológico: Vemco VR2W - Dispositivo de Telemetría Acústica

Introducción:

El Vemco VR2W es un avanzado dispositivo de telemetría acústica utilizado en estudios de vida marina. Este dispositivo destaca por su capacidad de rastreo en tiempo real y su versatilidad en la recopilación de datos.

Características Principales:

1. Rastreo en Tiempo Real:

Una de las características sobresalientes del Vemco VR2W es su capacidad para rastrear y registrar la ubicación de las especies marinas. Esto permite un seguimiento continuo y la adquisición de datos precisos.

2. Comunicación Satelital:

El dispositivo se comunica a través de señales satelitales, lo que garantiza una conectividad robusta incluso en áreas remotas. Esto es esencial para la monitorización de animales marinos en alta mar.

3. Amplia Disponibilidad de Sensores:

El Vemco VR2W ofrece la posibilidad de integrar una variedad de sensores adicionales, como sensores de temperatura, profundidad y luz. Esto enriquece la información recopilada y permite un análisis más completo.

Ventajas:

• Rastreo Preciso:

El rastreo en tiempo real brinda una ubicación precisa de los lobos marinos, lo que es fundamental para comprender sus movimientos y hábitos.

• Configuración Flexible:

El dispositivo es versátil y se puede adaptar a diversos escenarios de monitoreo, lo que lo hace adecuado para investigaciones de campo y proyectos a largo plazo.

• Comunicación Confiable:

La comunicación satelital asegura que los datos se transmitan de manera eficiente, lo que es crucial en situaciones donde la conectividad puede ser un desafío.

Desventajas:

• Costoso:

El Vemco VR2W tiende a ser más costoso en comparación con algunos otros dispositivos de telemetría acústica, lo que puede limitar su accesibilidad para algunos proyectos con presupuestos ajustados.

• Necesidad de Experiencia Técnica:

Su configuración y uso efectivo pueden requerir experiencia técnica y conocimientos específicos en telemetría acústica y sistemas de rastreo.





7. Tecnoacuicultura: Innovación sostenible.

a. Sistema de monitoreo.

Finalmente, la investigación nos conduce a una fase en la cual debemos plantearnos interrogantes críticos sobre cómo abordar de manera efectiva este problema para lograr un equilibrio en el ecosistema entre la industria salmonera y los lobos marinos.

En el futuro cercano, visualizamos la necesidad de una "Coexistencia Armónica". Anticipamos una posible sobre población de lobos marinos en el sur de Chile, lo cual podría acarrear mayores desafíos para la industria, especialmente si las regulaciones no experimentan modificaciones y no se puede intervenir en la interacción de los lobos con los centros de cultivo. La única barrera disponible serían las redes loberas que protegen el perímetro de las piscinas de cultivo de salmones.

Este estudio especulativo destaca la razón por la cual aún no se han concebido soluciones coherentes para gestionar la interacción de estos mamíferos con los centros de cultivo. Observamos un nuevo desafío en el horizonte para lograr una "Coexistencia Armónica", y este reside en comprender el comportamiento de los lobos marinos de manera legalmente adecuada. Es imperativo abordar este problema para prevenir ataques directos e indirectos a los centros de cultivo en el futuro.

Por lo tanto, es esencial anticiparnos y establecer un sistema de control que proporcione información directa y no invasiva sobre el comportamiento de estos mamíferos en relación con los centros de cultivo. Este sistema estaría compuesto por una parte externa que captura los datos más relevantes para el monitoreo del lobo marino y una parte interna donde el personal puede visualizar y analizar la información recopilada. Esta iteración con la información permitirá modificar o establecer nuevas regulaciones, generando así soluciones asertivas y sostenibles para estos animales y su ecosistema.

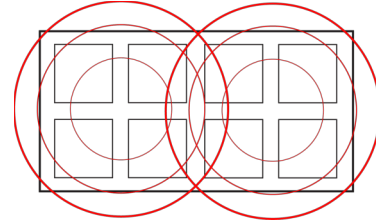
La parte externa del sistema alberga todo el hardware esencial. Destaca un módulo hexagonal que incorpora un micrófono diseñado para captar las comunicaciones de los lobos marinos en la superficie. Además, se integra un componente crucial que envía una señal única a un hidrófono ubicado en los mismos módulos hexagonales. La campana se activará únicamente cuando un lobo marino se acerque e interfiera con la red lobera, activando así el sistema y alertando al personal de un posible evento de interacción. Esto concluye con un monitoreo visual para observar lo que está sucediendo debajo del agua.

La segunda parte del sistema se distingue por la recopilación de datos y la retroalimentación específica de cada variable medida sobre el comportamiento. Estas variables incluyen temperatura, profundidad, ubicación, visibilidad, historial de eventos, entre otras. Este conjunto de datos se presenta a los usuarios a través de una aplicación dedicada, ofreciendo una visión detallada del comportamiento de los lobos en un centro específico o en el área donde se haya instalado el sistema.

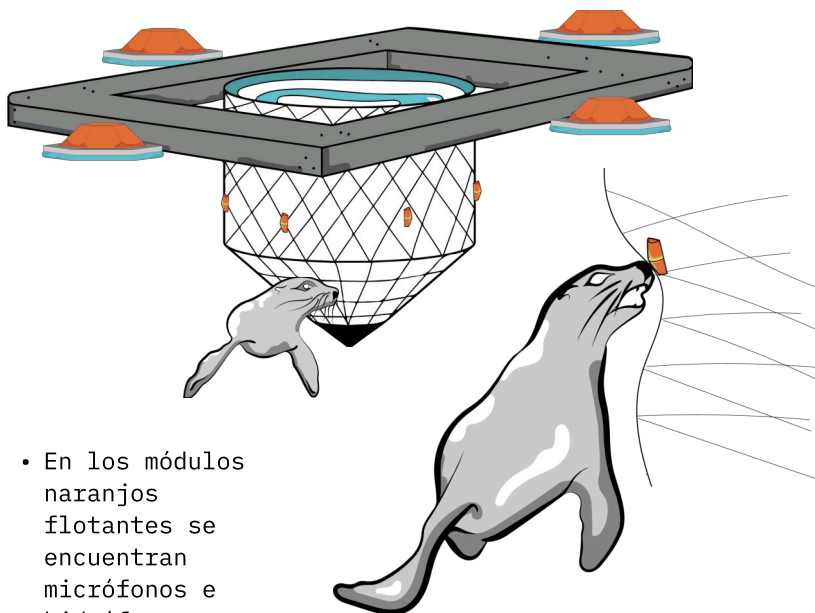


Dibujo 12: Elaboración propia.

1. El Lobo Marino Común, se mueve alrededor del centro de cultivo y existen diferentes tecnologías que se activan al detectar su presencia.



Vista aérea del sector donde se desplazarán los ROV's.

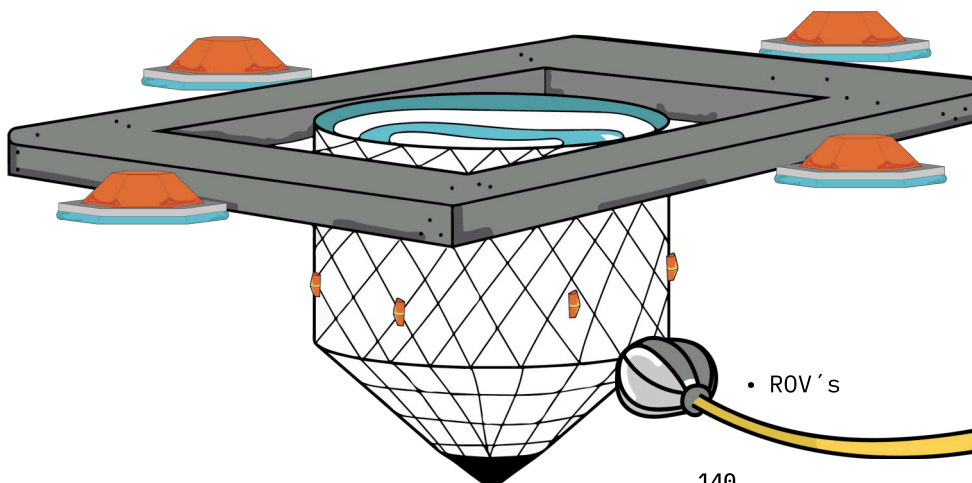


- En los módulos naranjos flotantes se encuentran micrófonos e hidrófonos que detectan y graban la comunicación de los lobos en la superficie y bajo el agua.

- Batería, panel solar y luz para iluminar posición en la noche.

2. En las redes se encuentran campanas que cuando están en contacto con la interacción del lobo envían una señal de frecuencia única al hidrófono instalado en el centro de cultivo.

3. Cuando la señal es enviada, se activa una alarma de seguridad para que el personal del centro u encargado de el manejo de los ROV's se levante y genere un monitoreo visual del Lobo Marino Común, además de la revisión al estado de las redes.



• ROV's

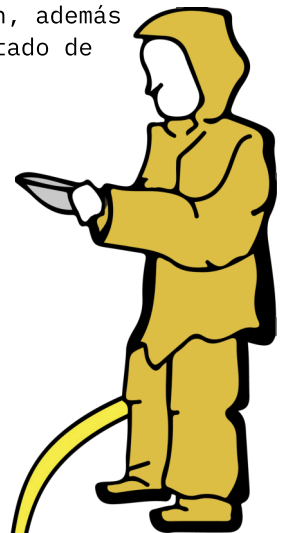
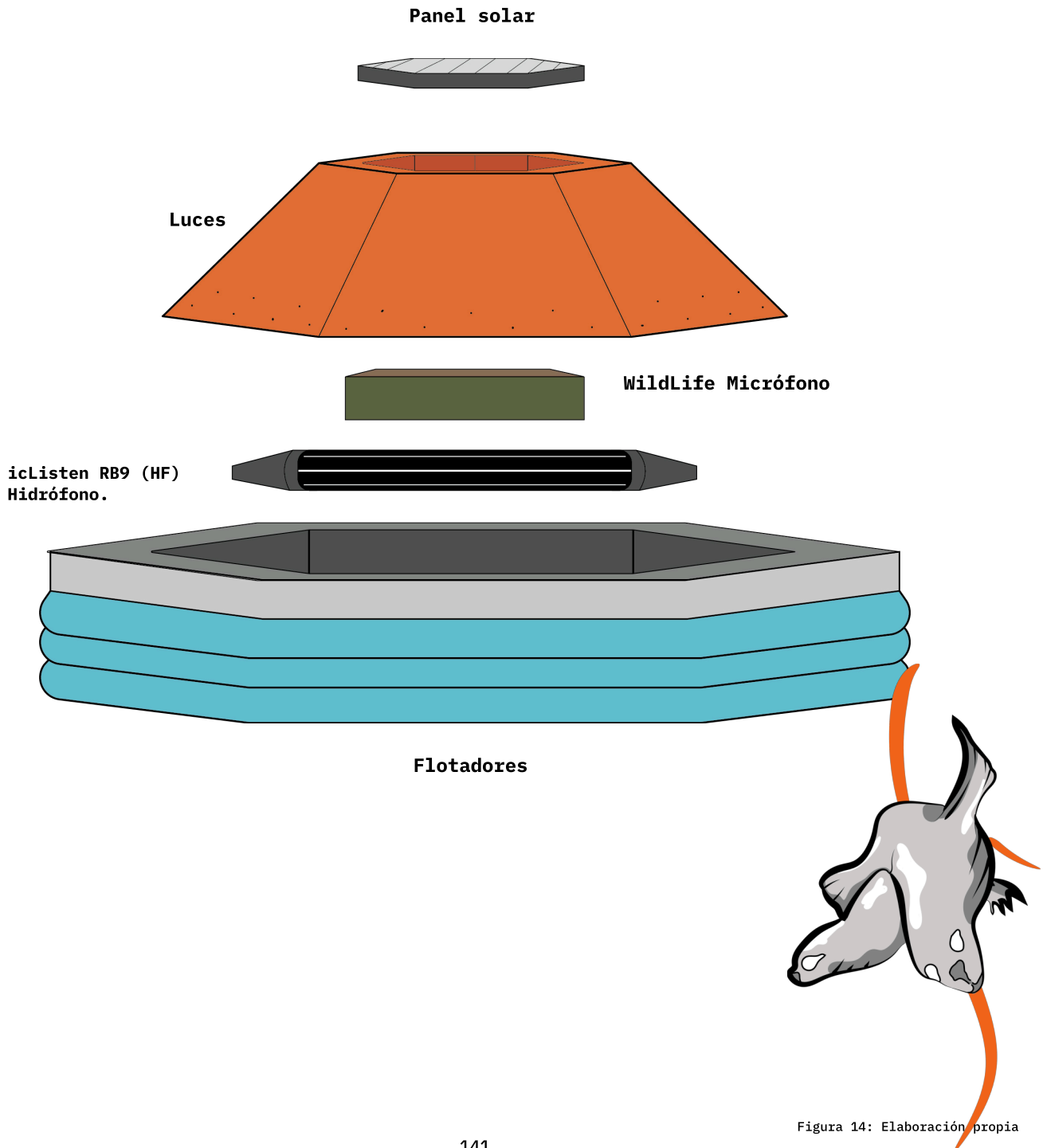


Figura 13: Elaboración propia

b. Descripción modulo Hexagonal.



c. Stakeholders y beneficiarios

En el contexto de la investigación sobre el monitoreo de lobos marinos en la industria salmonera, los stakeholders, o partes interesadas, son aquellos individuos, grupos u organizaciones que pueden verse afectados por los resultados de la investigación o que tienen un interés directo en el tema. Algunos de los stakeholders relevantes podrían incluir:

1. Industria Salmonera:

- Empresas y productores de salmones.
- Asociaciones y gremios de la industria.

2. Gobierno y Autoridades Regulatorias:

- Agencias gubernamentales responsables de la regulación y supervisión de la acuicultura y la protección de la fauna marina.

3. Comunidades Locales:

- Residentes locales en áreas cercanas a centros de cultivo de salmones.

4. Organizaciones Ambientales y de Conservación:

- Grupos que se centran en la preservación del medio ambiente marino y la conservación de especies, como lobos marinos.

5. Investigadores y Académicos:

- Personas e instituciones involucradas en la investigación científica relacionada con la acuicultura y la vida marina.

6. Consumidores:

- Personas que consumen productos de la industria salmonera y que podrían estar interesadas en la sostenibilidad y calidad de los productos.

7. Empresas de Tecnología y Equipamiento:

- Compañías que desarrollan y suministran tecnologías utilizadas en el monitoreo, como sistemas de telemetría, ROVs, etc.

8. ONGs y Grupos de Defensa de los Animales:

- Organizaciones no gubernamentales y grupos que abogan por el bienestar animal y la protección de especies marinas.

9. Pescadores y Pesquerías:

- Aquellos que dependen de la pesca y podrían estar influenciados por cambios en el ecosistema marino.

10. Turismo Marino:

- Empresas y comunidades que dependen del turismo marino y podrían verse afectadas por la presencia de lobos marinos.

11. Entidades Financieras:

- Inversionistas y entidades financieras que tienen intereses económicos en la industria salmonera.

Es esencial considerar las perspectivas y preocupaciones de estos stakeholders para asegurar que la investigación sea relevante, ética y beneficie a todas las partes involucradas.

Los beneficiarios de la investigación sobre el monitoreo de lobos marinos en la industria salmonera son diversos y pueden incluir:

1. Industria Salmonera:

- Beneficiarios directos al obtener información crucial para gestionar la interacción con los lobos marinos de manera sostenible, protegiendo su producción y reputación.

2. Autoridades Regulatorias:

- Beneficiarios al contar con datos respaldados científicamente para formular políticas y regulaciones que equilibren la actividad salmonera con la conservación marina.

3. Comunidades Locales:

- Beneficiarios al asegurarse de que la actividad salmonera no cause impactos negativos en sus comunidades y en el medio ambiente.

4. Organizaciones Ambientales:

- Beneficiarios al recibir información valiosa para abogar por la conservación marina y la protección de los lobos marinos.

5. Consumidores:

- Beneficiarios al poder tomar decisiones informadas sobre la compra de productos salmoneros, confiando en su origen sostenible y ético.

6. Investigadores y Académicos:

- Beneficiarios al contribuir al conocimiento científico y al avance en la comprensión de las interacciones entre la acuicultura y la vida marina.

7. Empresas de Tecnología y Equipamiento:

- Beneficiarios al tener oportunidades para desarrollar y vender tecnologías innovadoras para el monitoreo marino.

8. ONGs y Grupos de Defensa de los Animales:

- Beneficiarios al obtener datos que respalden sus esfuerzos para proteger la vida marina y garantizar el bienestar de los lobos marinos.

9. Pescadores y Pesquerías:

- Beneficiarios al conocer información que pueda influir en la gestión pesquera y la preservación de los recursos marinos.

10. Turismo Marino:

- Beneficiarios al garantizar que las actividades turísticas no afecten negativamente a los lobos marinos y al ecosistema en general.

11. Entidades Financieras:

- Beneficiarios al respaldar inversiones sostenibles en la industria salmonera.

En resumen, la investigación busca beneficiar a múltiples partes interesadas al proporcionar información precisa y equilibrada sobre la interacción entre la industria salmonera y los lobos marinos, contribuyendo así a prácticas más sostenibles y responsables.

d. Plan de financiamiento

En el diagrama se muestra una secuencia temporal en relación con la planificación financiera que abarca cuatro fases clave a desarrollar en el periodo comprendido entre los años 2023 y 2026. Estas fases, denominadas "Prueba De Concepto I", "Prueba De Concepto II", "Prueba Industrial I" y "Prueba Industrial II", están diseñadas para llevar a cabo solicitudes de financiamiento tanto internas como externas, como por ejemplo, PADT ALUMNI 2024, Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (FIPA) 2025 y posiblemente CORFO 2026. La ejecución exitosa de estas etapas es esencial para avanzar en el desarrollo y validación progresiva de la investigación.

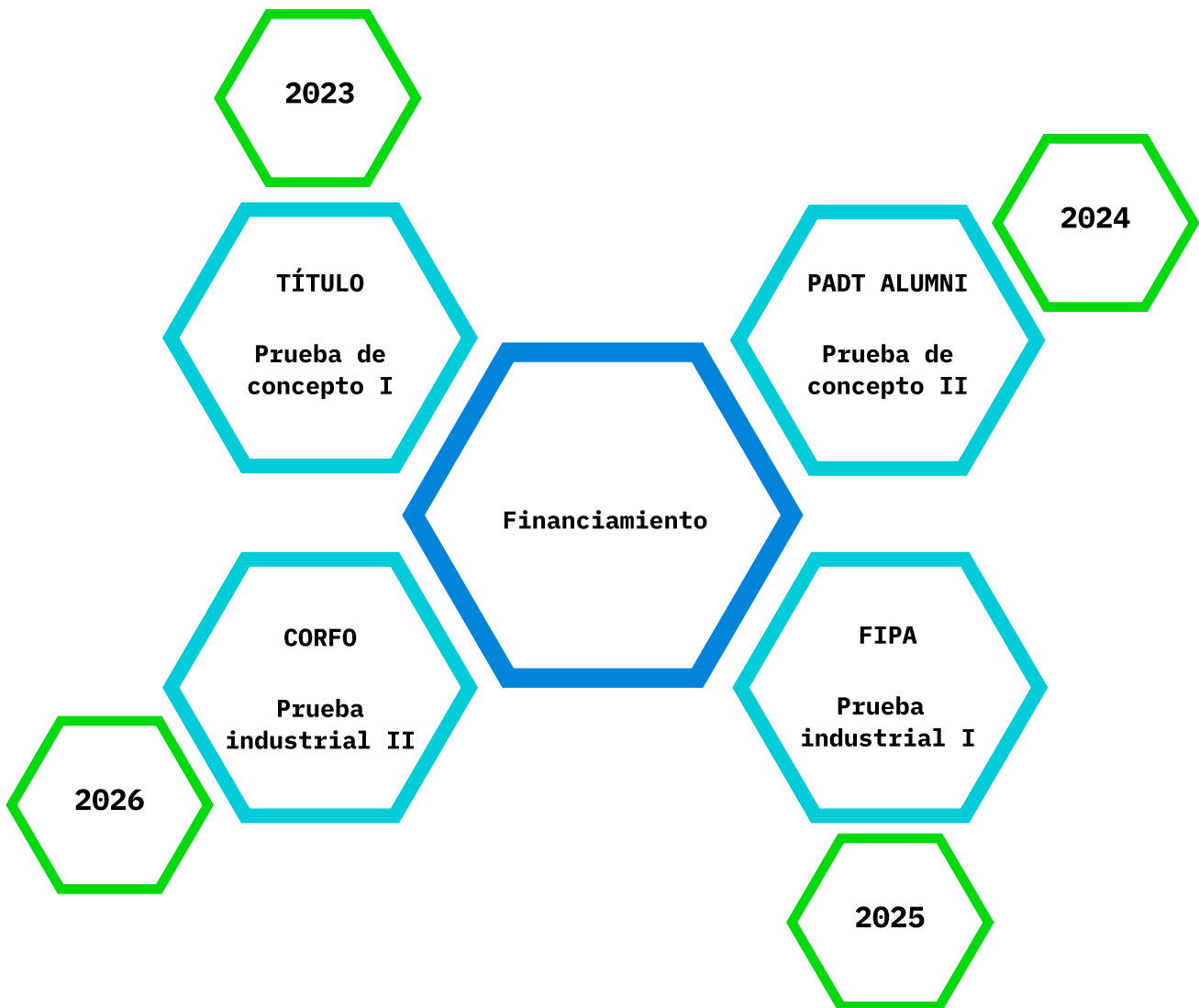
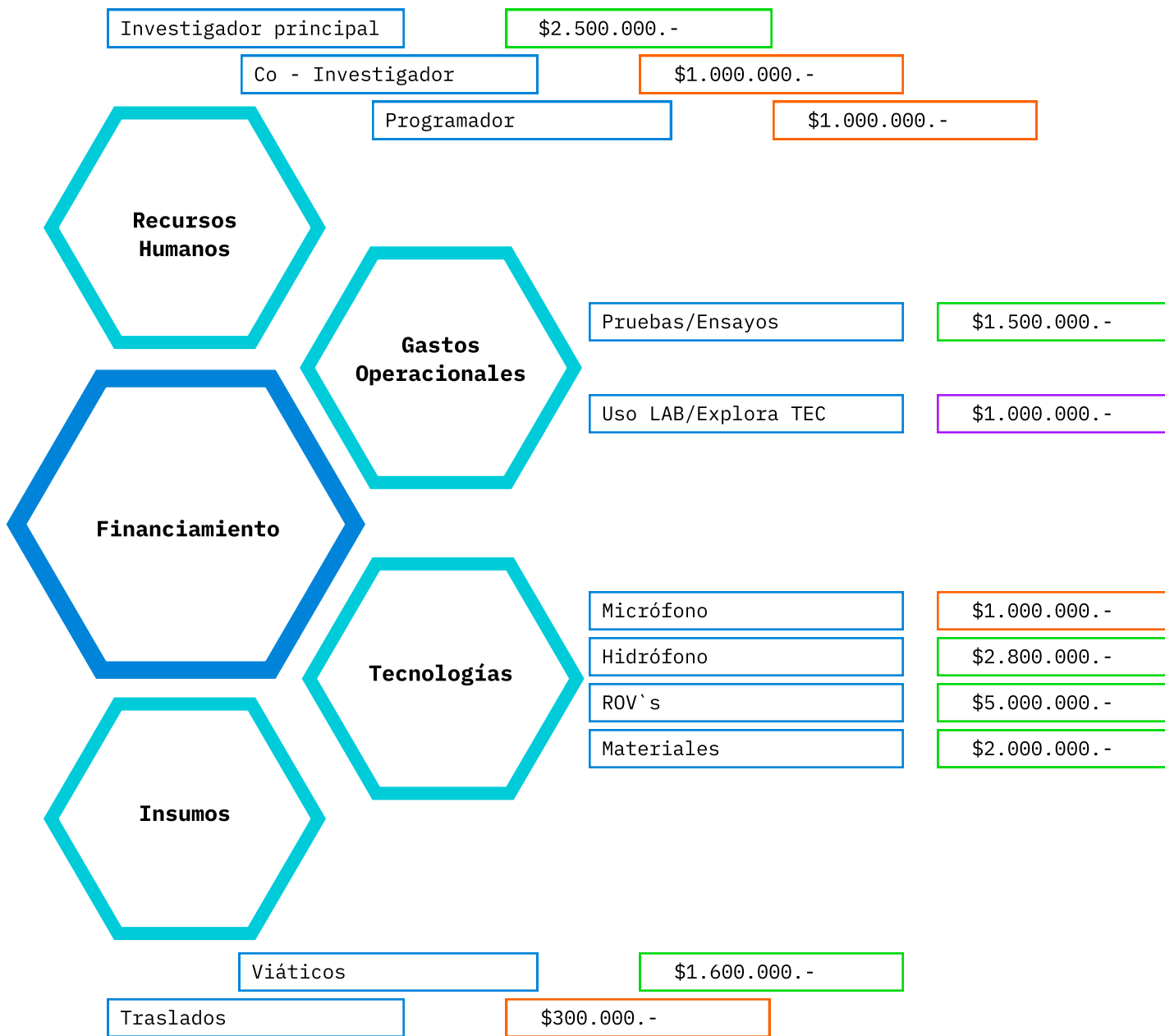


Figura 15: Elaboración propia.

La propuesta de financiamiento se basa en la postulación del programa de apoyo de desarrollo tecnológico, PADT alumni UDD 2024. Con el objetivo de dar continuidad al proyecto de título con un estudio de campo para la validación de la prospección del sistema y en base a este, el desarrollo tecnológico del sistema de monitoreo de lobo marino.



Leyenda financiamiento:

	Investigador
	PADT Alumni
	Valorizado UDD

Total de valorizados:

\$15.400.000.-
\$5.800.000.-
\$1.000.000.-

Total inversión:

\$22.200.000.-

Figura 16: Elaboración propia.

8. Aporte a la investigación.

La investigación que aborda la interacción entre lobos marinos e industria salmonera, guiada por la metodología del diseño especulativo, ha revelado perspectivas valiosas y soluciones potenciales en diversos ámbitos. El diseño especulativo ha permitido explorar futuros posibles, considerando no solo las variables científicas sino también los aspectos culturales, medioambientales, económicos y personales involucrados.

Ámbito del diseño.

a. Ámbitos.

La investigación que aborda la interacción entre lobos marinos e industria salmonera, guiada por la metodología del diseño especulativo, ha revelado perspectivas valiosas y soluciones potenciales en diversos ámbitos. El diseño especulativo ha permitido explorar futuros posibles, considerando no solo las variables científicas sino también los aspectos culturales, medioambientales, económicos y personales involucrados.

Ámbito Medio Ambiental.

La investigación destaca la necesidad de abordar la interacción humano-animal desde una perspectiva medioambiental, reconociendo la importancia de mantener el equilibrio ecológico en la región.

Propone soluciones que, además de proteger la industria salmonera, buscan minimizar el impacto negativo en los lobos marinos y su entorno marino.

Ámbito Económico.

Se evidencia la relevancia de mantener la viabilidad económica de la industria salmonera, crucial para la estabilidad financiera y el empleo en la región.

Las propuestas de diseño buscan equilibrar la sostenibilidad económica con la responsabilidad ambiental, apuntando a soluciones que beneficien a ambas partes.

Ámbito cultural.

Se reconoce la importancia de considerar las perspectivas culturales tanto de las personas que viven de la pesca artesanal como en la industria salmonera para la gestión de la interacción entre lobos marinos y su actividad diaria con las diferentes partes.

El diseño especulativo ha permitido explorar cómo las soluciones propuestas pueden integrarse y ser aceptadas dentro de la cultura local y las comunidades afectadas.

Ámbito Personal.

Mi enfoque personal se centra en contribuir al equilibrio entre el desarrollo económico y la conservación ambiental.

Este proyecto representa una oportunidad para aplicar mis conocimientos del diseño digital y especulativo, como también un compromiso personal con la responsabilidad ambiental y el bienestar de las comunidades locales.

b. Conclusión final

La investigación se inició centrándose en la importancia económica de la industria salmonera en Chile, destacando su papel crucial tanto en las exportaciones como en la generación significativa de empleo. Sin embargo, se subrayó la necesidad apremiante de equilibrar la rentabilidad económica con la responsabilidad ambiental para asegurar la sostenibilidad a largo plazo. La sobreexplotación de recursos y la preocupación por la interacción de los lobos marinos con los centros de cultivo emergieron como desafíos medioambientales cruciales que requieren atención inmediata para preservar la salud del ecosistema marino, conservar la biodiversidad y establecer un control regulado por parte de la industria.

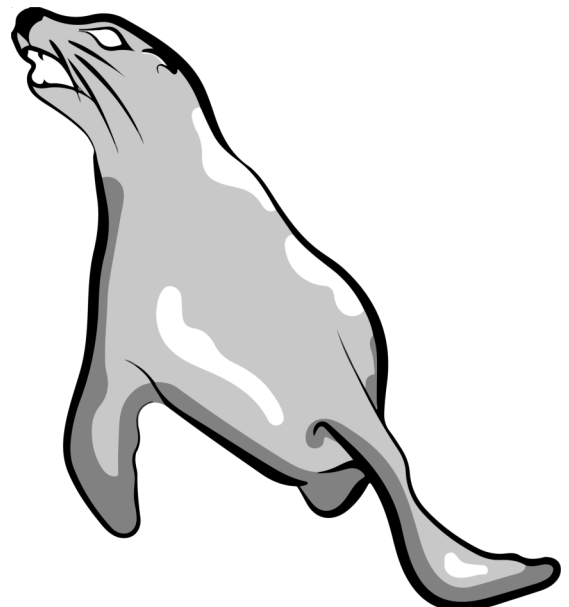
En este contexto, la acuicultura responsable se presentó como una alternativa prometedora para abastecer de alimentos a la población, resaltando el éxito de la salmonicultura en Chile.

Se hizo hincapié en la necesidad de políticas públicas que fomenten prácticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, planteando así la importancia de una gestión ambientalmente ética con la industria.

La inmersión en el tema del monitoreo de lobos marinos en centros de cultivo de salmones introdujo el diseño especulativo como metodología para explorar escenarios futuros y proponer soluciones creativas. Tecnologías específicas de monitoreo, como telemetría acústica, ROVs y sistemas satelitales, fueron abordadas en detalle, evidenciando el papel crucial de la innovación tecnológica en la gestión sostenible de estas interacciones.

También se reflexionó sobre los desafíos éticos en la interacción con la vida marina y la importancia de la responsabilidad ambiental en las prácticas de la industria. Se planteó la sugerencia de modificar en un futuro las políticas públicas y regulaciones, haciéndolas menos estrictas para garantizar la ética y la sostenibilidad en estas interacciones entre las dos partes.

En conclusión, la conversación reveló la importancia crítica de las tecnologías avanzadas para comprender y gestionar las complejas interacciones entre la acuicultura y la fauna marina. Se resaltó la necesidad de un enfoque integral y tecnológico, abordando desafíos específicos y promoviendo el desarrollo continuo para garantizar la gestión sostenible de la interacción entre la industria salmonera y los lobos marinos. Este diálogo exhaustivo proporcionó una visión integral, subrayando no solo los desafíos, sino también las soluciones innovadoras y sostenibles que la tecnología puede ofrecer para lograr una coexistencia armónica y sostenible.





Bibliografía

1. Portillo, G. (2017, 12 junio). El asombroso ciclo de vida de los salmones. De peces. <https://www.depeces.com/ciclo-de-vida-los-salmones.html>
2. Científica, C. (2022, 29 abril). La brújula de los salmones. Cuaderno de Cultura Científica. <https://culturacientifica.com/2022/05/01/la-brujula-de-los-salmones/>
3. Consejo del Salmón. (2021b). Historia de la industria en Chile - Consejo del Salmón. Consejo del Salmón. <https://www.consejodelsalmon.cl/historia-de-la-industria-en-chile/>
4. Garcés, J. (2020, 28 diciembre). ¿Cuál es el impacto económico de la salmicultura chilena en regiones? Salmonexpert. <https://www.salmonexpert.cl/chile-envos-exportaciones/cul-es-el-impacto-econmico-de-la-salmicultura-chilena-en-regiones/1128026#:~:text=%E2%80%99La%20Encuesta%20Suplementaria%20de%20Ingresos,la%20industria%20nacional%20del%20salm%C3%B3n>
5. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. (2020). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
6. Salmonexpert. (2022, 8 abril). Salmón lidera las exportaciones no cobre de Chile con gran crecimiento. Salmonexpert. <https://www.salmonexpert.cl/envos-estados-unidos-exportacin/salmon-lidera-las-exportaciones-no-cobre-de-chile-con-gran-crecimiento/1319575>
7. Acuicultura, pesca y biodiversidad en ecosistemas costeros de Chile. (2019). Comité científico COP25 Chile.
8. Estimaciones y proyecciones de la población de Chile 1992-2050. (2018). Instituto nacional de estadísticas.
9. Chile Panorama general. (s. f.). World Bank. <https://www.bancomundial.org/es/country/chile/overview>
10. Mundial, B. (2023, 18 enero). La desaceleración abrupta y prolongada golpeará con fuerza a los países en desarrollo. World Bank. [https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2023/01/10/global-economic-prospects#:~:text=Se%20prev%C3%A9%20que%20la%20econom%C3%ADa,econom%C3%ADas%20en%20desarrollo%20\(MEED\)](https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2023/01/10/global-economic-prospects#:~:text=Se%20prev%C3%A9%20que%20la%20econom%C3%ADa,econom%C3%ADas%20en%20desarrollo%20(MEED)).
11. Montanarella, L., Pennock, D., McKenzie, N., & Zhang, G. L. (2016). Estado Mundial del Recurso Suelo -Resumen Técnico-. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/308054513_Estado_Mundial_del_Recurso_Suelo_-Resumen_Tecnico-/link/57d841d408ae0c0081edfa45/download
12. FAO. 2011. El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, y Mundi-Prensa, Madrid.
13. Reporte del Estado del Medio Ambiente 2021 da cuenta del desempeño ambiental de Chile. (2022, 12 enero). mma.gob.cl. <https://mma.gob.cl/reporte-del-estado-del-medio-ambiente-2021-da-cuenta-del-desempeno-ambiental-de-chile/>
14. G, M. G. (s. f.). Consideraciones biológicas para el control de la Caligidosis I: Ciclo de vida de Caligus rogercresseyi. https://www.marcosgodoy.com/index.php?option=com_content&view=article&id=284:consideraciones-biologicas-para-el-control-de-la-caligidosis-i-ciclo-de-vida-de-caligus-rogercresseyi&catid=126:caligus-rogercresseyi&Itemid=505&lang=es
15. Appel, L. (2022, 5 enero). Los desafíos de la salmicultura chilena para el control del Caligus. Salmonexpert. <https://www.salmonexpert.cl/caligus-chile-congreso/los-desafos-de-la-salmicultura-chilena-para-el-control-del-caligus/1261531>

16. Hydrolicer: Smir continúa avanzando en el control del piojo de mar y bienestar animal. (2022, 2 marzo). Aqua. <https://www.aqua.cl/2020/03/02/hidrolicer-smir-continua-avanzando-en-el-control-del-piojo-de-mar-y-bienestar-animal/>
17. SMIR: Hydrolicer supera las 200 líneas operativas en el mundo. (2022, 18 octubre). Aqua. <https://www.aqua.cl/2022/10/18/smir-hydrolicer-supero-las-200-lineas-operativas-en-el-mundo/#>
18. Federico Albert: apreciaciones sobre la caza y pesca de los lobos marinos en los territorios australes de Chile, 1901. (2018).
19. Estimación Poblacional de Lobos Marinos e Impacto de la Captura Incidental. (2018). Cigren.
20. Durán, R., Oliva, D., Sepulveda, M., & Urra, A. (2011). Interacción entre el lobo marino común y la salmonicultura en Chile: buenas prácticas para su mitigación. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/233987215_Interaccion_entre_el_lobo_marino_comun_y_la_salmonicultura_en_Chile_buenas_practicas_para_su_mitigacion
21. INTERFERENCIA DE MAMÍFEROS MARINOS CON ACTIVIDADES PESQUERAS Y DE ACUICULTURA. (s. f.). PROYECTO FIP 2003-32.
22. EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL LOBO MARINO COMÚN EN LA MORTALIDAD NATURAL DE LAS ESPECIES OBJETIVO DE LAS PESQUERÍAS CHILENAS. (2021). Departamento de Oceanografía, Universidad de Concepción.
23. WO 2022/049183 A1 - Methods And Systems For Repelling Fish Eating Predators The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search. (n.d.). The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search. <https://www.lens.org/lens/patent/085-500-677-803-222/frontpage?l=en>
24. US 9167802 B2 - Method of using biologically-relevant chemical attractants for marine predators The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search. (n.d.). The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search. <https://www.lens.org/lens/patent/030-918-938-965-186/frontpage?l=en>
25. WO 1995/000016 A1 - Acoustic Deterrent System And Method The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search. (n.d.). The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search. <https://www.lens.org/lens/patent/168-000-085-468-676/frontpage?l=en>
26. Ley 18.892 - Del Congreso Nacional, B. (s. f.). Biblioteca del Congreso Nacional. www.bcn.cl/leychile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30265>
27. Ley 19.200 - Del Congreso Nacional, B. (s. f.-b). Biblioteca del Congreso Nacional. www.bcn.cl/leychile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30667>
28. Decreto 320 - Del Congreso Nacional, B. (s. f.-c). Biblioteca del Congreso Nacional. www.bcn.cl/leychile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=192512>
29. Leonardo Arancibia Jeraldo.LAJ.(2023). Disuasivos para mamíferos marinos: Experiencia internacional. N° SUP: 139401.Biblioteca Congreso Nacional.https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/35443/2BCN_Disuasivos_para_mamiferos_marinos_experiencia_internacional_VF.pdf
30. A Rule by the National Oceanic and Atmospheric Administration on 08/15/2016
31. Aqua Stewardship Council. (2023, November 10). Chain of Custody standard - ASC International. ASC International. <https://asc-aqua.org/business/chain-of-custody-standard/>
32. GLOBALG.A.P. IFA - Acuicultura. (n.d.). DNV. <https://www.dnv.cl/services/globalg-a-p-ifa-acuicultura-5169>

33. Hancock, T., & Bezold, C. (1994). Possible futures, preferable futures. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/13166132_Possible_futures_preferable_futures
34. 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. Dept. of Commer., NOAA. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-59, 167 p.
35. Cely, C. C. (2018, 10 mayo). Diseño especulativo - artefacto_udenar - medium. Medium. <https://medium.com/artefacto-udenar/hola-mundo-a98e04319bc5>
36. Tveterås, R., Afewerki, S., & Thorvaldsen, T. (2020). Innovation in the Norwegian salmon industry. *Marine Policy*, 121, 104146.
37. Drap, P., Merad, D., Boi, J.-M., Boubguira, W., Mahiddine, A., Chemisky, B., Seguin, E., Alcalá, F., & Bianchimani, O. (2011). ROV-3D Underwater Survey Combining Optical and Acoustic Sensor. Eurographics Digital Library.
38. Gussen, C. M. G., Diniz, P. S. R., Campos, M. L. R., Martins, W. A., Gois, J. N., Zahed, M. I. A., & Kamruzzaman, J. (2021). Optimization of Underwater Acoustic and Optical Communication Networks. *IEEE Access*, 9, 85112-85124.
39. Smith, J. D. (2021). Underwater Wireless Sensor Networks: Routing Protocols, Taxonomy, and Future Directions [PDF file].
40. Liu, Y., & Zhang, Y. (2020). Investigation on Underwater Acoustic Communication Technology. In 2nd International Conference on Electronic Engineering and Informatics (pp. 1-6).
41. Li, J., Wang, Y., & Chen, H. (2021). Underwater Sensing Technologies and Applications.
42. Grigorescu, S. (2019). A Survey of Deep Learning Techniques for Autonomous Driving. *Artificial Intelligence, Elektrotbit Automotive*.
43. Página web producto, https://www.deeptrekker.com/shop/products/dtg3?utm_term=&utm_campaign=Performance+Max+%7C+FX&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=4277424668&hsa_cam=16260170606&hsa_grp=&hsa_ad=&hsa_src=x&hsa_tgt=&hsa_kw=&hsa_mt=&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gad=1&clid=CjwKCAiA3aeqBhBzEiwAXFi0BmKrmR102MW-nqetaQFr5Lo0aTm5Sw-f4p24JFm5rP_4bJLJ2PXWlBoCyWMQAvD_BwE
44. Página web producto, <https://oceansonics.com/products/iclisten-rb9/>
45. Afewerki S, Asche F, Misund B, Thorvaldsen T, Tveteras R. Innovation in the Norwegian aquaculture industry. *Rev Aquac*. 2022;1-13. doi:10.1111/raq.12755
46. Hagelin, J. C. (2013, April 26). US9167802B2 - Method of using biologically-relevant chemical attractants for marine predators - Google Patents. [https://patents.google.com/patent/US9167802B2/en?q=\(Method+of+using+biologically-relevant+chemical+attractants+for+marine+predators\)&oq=Method+of+using+biologically-relevant+chemical+attractants+for+marine+predators](https://patents.google.com/patent/US9167802B2/en?q=(Method+of+using+biologically-relevant+chemical+attractants+for+marine+predators)&oq=Method+of+using+biologically-relevant+chemical+attractants+for+marine+predators)
47. Delacroix, R. F. (2010, January 19). W02011090925A1 - Low frequency acoustic deterrent system and method - Google Patents. <https://patents.google.com/patent/W02011090925A1/en>

48. Crespo, E. A., Oliva, D., Dans, S. L., & Sepulveda, M. (2012). Current status of the South American sea lion along the distribution range. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/233517552_Current_status_of_the_South_American_sea_lion_along_the_distribution_range/figures?lo=1
49. Fisheries, N. (n.d.). Marine Mammal Acoustic Technical Guidance. NOAA. <https://www.fisheries.noaa.gov/national/marine-mammal-protection/marine-mammal-acoustic-technical-guidance>
50. Pájaro M, JAPM. (2021). Informe de acústica submarina sistema disuasivo submarino LARC South Sonic Limitada. INFORME%20SISTEMA%20DISUASIVO%20SOUTH%20SONIC%20LTD%20-%202021.pdf
51. DTG3 ROV for Sale | Deep Trekker. (s. f.). https://www.deeptrekker.com/products/underwater-rov/dtg3?utm_term=&utm_campaign=Performance+Max+%7C+FX&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=4277424668&hsa_cam=16260170606&hsa_grp=&hsa_ad=&hsa_src=x&hsa_tgt=&hsa_kw=&hsa_mt=&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAvJarBhA1EiwAGgZl0Cy2K7qnB1VVgZUYdUvv0mFk4pJsRwSBJ476A6Huy0ZvYn_kIuiENxoCh2EQAvD_BwE
52. Mid-Frequency Acoustic Startle Response Device| ACE Aquatec. (s. f.). <https://aceaquatec.com/aquaculture-products/protect/asr-us3>
53. Lythium. (s. f.). <https://lythium.cl/>
54. OptoScale. (s. f.). Unparalleled Biomass Measurement. <https://optoscale.no/?lang=en>
55. KARMENstudio. (2022, 8 noviembre). Home - KARMENStudio. <https://karmenstudio.ai/>
56. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.innovasea.com/wp-content/uploads/2021/06/Innovasea-Fish-Tracking-vr2w_69khz-data-sheet-0621.pdf
57. Desarrollo de textos y traducciones: www.chat.openai.com
58. Ayuda en corroborar información y citación en APA: www.chatpdf.com



