



**INFORME FINAL**

Estado del arte de los métodos de tratamiento no farmacológicos para la Caligidosis, evaluación de sus ventajas y desventajas y sus posibles aplicaciones en Chile.

CUI 2020-39-DAC-9

**SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA / Enero 2021**



## **INFORME FINAL**

Estado del arte de los métodos de tratamiento no farmacológicos  
para la Caligidosis, evaluación de sus ventajas y desventajas y  
sus posibles aplicaciones en Chile.

CUI 2020-39-DAC-9

**SUBSECRETARÍA DE PESCA Y ACUICULTURA / Enero 2021**

### **REQUIRENTE**

**SUBSECRETARÍA DE PESCA**

Subsecretaria de Pesca

**Alicia Gallardo Lagno**

### **EJECUTOR**

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP**

Director Ejecutivo

**Luis Parot Donoso**

Jefe División Investigación en Acuicultura

**Leonardo Guzmán Méndez**

### **JEFE PROYECTO**

Sergio Contreras Lynch

### **AUTORES**

Margarita González Gómez

Jaiber Solano Iguaran

Felipe Pontigo Moenne-Loccoz

Sergio Contreras Lynch



## RESUMEN EJECUTIVO

---

El presente documento constituye el informe final del estudio “Estado del arte de los métodos de tratamiento no farmacológicos para la Caligidosis, evaluación de sus ventajas y desventajas y sus posibles aplicaciones en Chile”, ejecutado por el Instituto de Fomento Pesquero, a través de su Departamento de Salud Hidrobiológica, perteneciente a la División de Investigación en Acuicultura, y da cuenta de la metodología y resultados obtenidos, de acuerdo al plan de trabajo comprometido con la contraparte técnica, correspondiente a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

El estudio tuvo por objetivo realizar un levantamiento de información respecto del estado del arte de las estrategias no farmacológicas para el tratamiento de la Caligidosis disponibles a nivel mundial y evaluar sus posibles aplicaciones en Chile.

La metodología consideró, en primer término, un levantamiento de la información disponible en países que realizan tratamientos no farmacológicos contra ectoparásitos en peces de cultivo, para luego efectuar una evaluación comparativa, identificando sus ventajas y desventajas incorporando, además, la revisión de estándares de bienestar animal y eficacia en la aplicación de cada método.

Entre los tipos de tratamientos no farmacológicos identificados se pudieron observar aquellos que utilizan controladores biológicos, controles mecánicos, ondas ultrasónicas o pulsos electromagnéticos, control por baño mediante la aplicación de peróxido de hidrógeno y mediante la aplicación de baños con agua fría, caliente o agua dulce.

Posteriormente se verificó la factibilidad de aplicación de estos métodos en Chile, considerando un diagnóstico de las perspectivas e interés privado y de las capacidades técnicas y de infraestructura disponibles.

Por otro lado, se realizó la revisión de las normativas, regulaciones y estándares internacionales, vinculados a la autorización, uso y aplicación de tratamientos no farmacológicos contra el piojo de mar en centros de cultivo de salmónidos.

Se generó y aplicó una encuesta y se realizó un taller de expertos que permitió validar la información recopilada respecto del uso y tipo de tratamientos de este tipo, aplicados en la salmonicultura nacional.

Finalmente, se realizó un diagnóstico de la situación en Chile, identificando brechas respecto de la aplicación de tratamientos no farmacológicos aplicados en el extranjero, así como una caracterización de las mortalidades asociadas a este tipo de tratamientos.



## EXECUTIVE SUMMARY

---

This document constitutes the final report of the study "State of the art of non-pharmacological treatment methods for Caligidosis, evaluation of its advantages and disadvantages and its possible applications in Chile", carried out by the Fisheries Development Institute (IFOP), through its Department of Hydrobiological Health, belonging to the Aquaculture Research Division. It contains details related to methodology and results, according to the work plan agreed with the technical counterpart, which is the Undersecretary of Fisheries and Aquaculture. The study aimed to gather information available worldwide regarding the state of the art of non-pharmacological strategies for the control of the parasite, and also evaluate the potential of application in Chile.

The methodology considered a compilation of available information associated to countries that carry out non-pharmacological treatments against ectoparasites in farmed fish. Information related to welfare standards, environmental issues and efficacy of each method was compiled. A comparative evaluation among the different mechanisms allowed the identification of advantages and disadvantages of these tools. Also, among the types of non-pharmacological treatments identified, it was possible to categorized the treatment in biological, mechanical, ultrasonic waves or electromagnetic pulses, or chemical mechanisms (through hydrogen peroxide, freshwater or natural compounds bath treatments).

Subsequently, the feasibility of applying these methods in Chile was verified, considering a diagnosis of the perspectives and private interest and of the available information of technical and infrastructure capacities. On the other hand, the international legal information and regulations regarding authorization, use and application of non-pharmacological treatments against sea lice in salmon farming centers was reviewed.

In order to know the stakeholders' opinion, an online workshop among expert people from different sectors related to salmon industry and researchers was made, at which a questionnaire about some characteristics related to the application of non-pharmacological treatments was answered. This activity allowed to validate the information collected during the course of the study, and related to the current use of non-pharmacological treatment in salmon farming.

Finally, a diagnosis of the situation in Chile was made, identifying gaps regarding the application of non-pharmacological treatments and its relation with welfare and environmental issues, as well as a characterization of the mortalities associated with this type of treatment.



## ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>i</b>
<b>EXECUTIVE SUMMARY</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>v</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>3</b>
<b>3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>3</b>
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	<b>4</b>
4.1. Búsqueda de antecedentes internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.....	4
4.2. Análisis y evaluación de los antecedentes internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.....	5
4.3. Generación de un catastro de estrategias o tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.....	6
4.4. Análisis comparativo entre estrategias o tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.....	6
4.5. Identificación y análisis cualitativo de efectos negativos en el bienestar animal ocasionados por tratamientos no farmacológicos contra Caligidosis.....	7
4.6. Identificación y análisis de la eficacia de tratamientos no farmacológicos en la disminución de las cargas parasitarias.....	8
4.7. Revisión de normativa de países salmonicultores y estándares internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.....	9
4.8. Análisis de la experiencia internacional en la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra Caligidosis.....	10
4.9. Estudio de factibilidad de implementación de tratamientos no farmacológicos: Diagnostico de situación en Chile.....	12
4.10. Identificación de grupos de interés relacionados al control de la caligidosis y al desarrollo y/o implementación de tratamientos no farmacológicos.....	18
4.11. Taller de trabajo con grupos de interés nacionales asociados al tratamiento contra Caligidosis.....	18
4.12. Generación y aplicación de encuestas a integrantes del sector privado y del Estado asociados al tratamiento contra caligidosis.....	19
4.13. Diagnóstico y análisis de brechas sobre la aplicabilidad de los tratamientos no farmacológicos en base a la opinión de los grupos involucrados.....	19



<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>20</b>
5.1. Búsqueda de antecedentes internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis .....	20
5.2. Análisis y evaluación de los antecedentes internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis .....	24
5.3. Generación de un catastro de estrategias o tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis .....	39
5.4. Análisis comparativo entre estrategias o tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis. ....	41
5.5. Identificación y análisis cualitativo de efectos negativos en el bienestar animal ocasionados por tratamientos no farmacológicos contra Caligidosis.....	45
5.6. Identificación y análisis de la eficacia de tratamientos no farmacológicos en la disminución de las cargas parasitarias.....	49
5.7. Revisión de normativa de países salmicultores y estándares internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis .....	53
5.8. Análisis de la experiencia internacional en la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra Caligidosis.....	69
5.9. Estudio de factibilidad de implementación de tratamientos no farmacológicos: Diagnostico de situación en Chile.....	71
5.10. Identificación de grupos de interés relacionados al control de la caligidosis y al desarrollo y/o implementación de tratamientos no farmacológicos.....	90
5.11. Taller de trabajo con grupos de interés nacionales asociados al tratamiento contra Caligidosis.....	90
5.12. Generación y aplicación de encuestas a integrantes del sector privado y del Estado asociados al tratamiento contra caligidosis.....	91
5.13. Diagnóstico y análisis de brechas sobre la aplicabilidad de los tratamientos no farmacológicos en base a la opinión de los grupos involucrados.....	91
5.14. Actividades generales.....	115
<b>6. DISCUSIÓN .....</b>	<b>117</b>
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>123</b>
<b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>127</b>



## ÍNDICE ANEXOS

---

- Anexo 1.** Encuesta de perspectivas e interés privado y de las capacidades técnicas y de infraestructuras disponibles en la salmonicultura chilena.
- Anexo 2.** Catastro de literatura científica y patentes asociadas a métodos no farmacológicos preventivos.
- Anexo 3.** Documento presentado en taller de trabajo.
- Anexo 4.** Resultados de la encuesta de perspectivas e interés privado y de las capacidades técnicas y de infraestructuras disponibles en la salmonicultura chilena.
- Anexo 5.** Acta de la reunión de coordinación.
- Anexo 6.** Detalle de cálculos de la evaluación económica.
- Anexo 7.** Programa de Taller de difusión de resultados
- Anexo 8.** Personal participante por actividad.



## 1. INTRODUCCIÓN.

En Chile, la acuicultura se ha transformado en un componente importante de la economía nacional, siendo uno de los sectores de mayor dinamismo. Al igual que en otros países, la producción chilena de salmones ha sufrido enfermedades parasitarias en el cultivo marino que interfieren el desarrollo normal de los peces, siendo *Caligus rogercresseyi* la especie más abundante (Boxshall y Bravo, 2000). La Caligidosis es una enfermedad producida por el ectoparásito copépodo *Caligus rogercresseyi*, que genera importantes pérdidas económicas en los salmónidos de cultivo, las que se explican principalmente por los costos de tratamiento, el aumento de la predisposición a las infecciones secundarias, el alargamiento del ciclo de cultivo del producto, la disminución de la eficiencia de conversión alimenticia y la necesidad de limpieza de carcasas durante el procesamiento (Carvajal *et al.*, 1998; Johnson *et al.*, 2004).

*Caligus rogercresseyi* parasita peces nativos, como el pejerrey de mar (*Odonthestes regia*), lenguado (*Paralichthys microps*) y el róbalo (*Eleginops maclovinus*) (Marín *et al.*, 2015; Muñoz y Olmos, 2007; Sepúlveda *et al.*, 2004), siendo ésta una de las razones de su presencia constante en el sistema. El ciclo de vida de este parásito incluye 8 estados de desarrollo, tres de los cuales son planctónicos (nauplios e infestante) y cinco parasíticos (chalmus y adultos) (González y Carvajal, 2003). En el control de esta enfermedad, los productos químicos son esenciales para garantizar la salud y producción de los peces, controlando el desarrollo de los parásitos (Rozas y Asencio, 2007). La mayor parte de los tratamientos contra la Caligidosis son realizados mediante baños por inmersión, para lo que existen 5 productos autorizados para su uso: deltametrina, cipermetrina, azametifós, hexaflumurón y peróxido de hidrógeno. También se encuentran autorizados para ser entregados a través del alimento, el benzoato de emamectina, diflubenzurón y lufenurón. Esta escasa cantidad y tipo de sustancias disponibles para el control de la parasitosis ha convertido a *Caligus rogercresseyi* en uno de los principales problemas de la industria, debido a que no solo provoca problemas sanitarios en los peces (inmunodepresión, infección por otros patógenos, estrés, etc.), sino que además es uno de los ítems de mayor relevancia dentro de la estructura de costos de las empresas productoras de salmón.

La mayoría de los productos químicos utilizados para el control de *Caligus* corresponden a pesticidas que fueron desarrollados inicialmente para el control de parásitos en la industria agrícola y ganadera, por lo que podrían ocasionar efectos adversos sobre el ambiente acuático (Burrige *et al.*, 2010; Nash, 2003), como resultado de la generación y liberación de residuos (Søfteland *et al.*, 2014). Sumado a lo anterior, debe considerarse que en la actualidad uno de los principales problemas que debe enfrentar la industria salmonicultora nacional es la pérdida del efecto de las sustancias quimioterapéuticas de uso rutinario para el tratamiento de las enfermedades, situación a la que los productos antiparasitarios para el tratamiento de la Caligidosis no están ajenos. Considerando lo expuesto, tanto el Estado como la industria salmonicultora nacional, se encuentran realizando importantes esfuerzos para disminuir el uso intensivo de antiparasitarios, mediante la incorporación de diversas alternativas no farmacológicas para el tratamiento de la Caligidosis. La innovación y el desarrollo de tratamientos no farmacológicos efectivos, de mínimo impacto para el medio ambiente y





para los peces, es el gran desafío a enfrentar para lograr un manejo sustentable del piojo de mar que contribuya con una acuicultura responsable y sostenible.

En la actualidad se ha descrito una variada gama de estrategias alternativas de control. Samsing *et al.* (2019) desarrollaron un modelo biofísico para predecir la dispersión de *Lepeophtheirus salmonis* en las costas noruegas durante un año, identificando áreas “cortafuegos” (sin centros) para desconectar las redes de dispersión del parásito. Bui *et al.* (2020) monitorearon múltiples estrategias de manejo y control de piojo de mar en jaulas de peces, demostrando que la utilización conjunta de múltiples herramientas de control como peces limpiadores, alimento funcional, entre otros, permite mantener tasas más bajas de infestación que cuando solo se utiliza una herramienta de control. Jevne y Reitan (2019) también sugieren la utilización de peces limpiadores al inicio del ciclo productivo incluso durante años cuando la temperatura facilita su rápido desarrollo en Noruega. Peacock *et al.* (2020) desarrollaron un modelo mecanicista que conectó el brote de *L. salmonis* y el control de los centros de cultivo de salmón Atlántico a la dinámica espacio-temporal de los piojos de mar en salmones juveniles silvestres migratorios (*Oncorhynchus keta* y *Oncorhynchus gorbuscha*) de Canadá, indicando que el manejo temprano y coordinado de piojos de mar fue más eficaz que tratamientos no coordinados con fármacos para controlar los brotes en salmones silvestres.

Por otra parte, también se han descrito algunas herramientas de control. Geitung *et al.* (2019) demostraron la efectividad de la separación espacial mediante la instalación de un “snorkel” de 10 m de profundidad en balsas jaulas, reduciendo la infestación (75%) y tratamientos de baño en salmón del Atlántico. Estos resultados coinciden con los de Oppedal *et al.* (2019) quienes indican que la tecnología de snorkel es útil, sin embargo, se debe considerar el factor salinidad del lugar donde se instale (lugares salobres generan menores reducciones). Otros ejemplos de tratamientos no farmacológicos son los que mencionan Overton *et al.* (2019b), quienes indican un tratamiento térmico en el cual se reduce rápidamente la temperatura ambiente llegando a  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 10 min y a  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 240 min, reduciendo la carga de piojos móviles, pero con perjuicio en el bienestar de salmón del Atlántico. Por otra parte, Barrett *et al.* (2020d) indicaron que el uso de luz ultravioleta-C, a una dosis de  $\sim 0,1\text{ J cm}^{-2}$  en cada lado del pez dentro de un período de 6 días, reduce el 99% en la producción de copépodos, sin embargo, este régimen de exposición afectó negativamente el bienestar de los peces.

Bajo este contexto, el objetivo del presente estudio es realizar un levantamiento de información respecto del estado del arte de las estrategias no farmacológicas para el tratamiento de la Caligidosis disponibles a nivel mundial y evaluar sus posibles aplicaciones en Chile. El desarrollo del presente estudio pretende obtener la información necesaria que permita disponer de nuevas herramientas de tratamiento no farmacológico, que contribuyan a disminuir el uso de antiparasitarios y contar con mayores alternativas de rotación, pudiendo generar un mayor resguardo de los productos utilizados en la actualidad, ayudando a desarrollar una acuicultura nacional sostenible.



## **2. OBJETIVO GENERAL.**

---

Realizar un levantamiento de información respecto del estado del arte de las estrategias no farmacológicas para el tratamiento de la Caligidosis disponibles a nivel mundial y evaluar sus posibles aplicaciones en Chile.

## **3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

---

- 1.** Realizar el levantamiento de la información internacional disponible de los distintos métodos de tratamiento no farmacológicos aplicados para la Caligidosis.
- 2.** Efectuar una evaluación comparativa de los distintos tratamientos no farmacológicos identificando sus ventajas y desventajas, incorporando la revisión de estándares de bienestar animal en la aplicación de cada método e información respecto a la eficacia de cada método, en la disminución de cargas parasitarias.
- 3.** Realizar un análisis de la experiencia internacional respecto de la aplicación de los distintos métodos de tratamiento no farmacológicos para la Caligidosis y los resultados obtenidos a partir de dicha aplicación.
- 4.** Determinar posibles aplicaciones de estos métodos en Chile, factibilidad y plazos de implementación. Además de incorporar y cuantificar las eventuales mortalidades generadas por estos métodos.
- 5.** Realizar un diagnóstico de las perspectivas e interés privado y de las capacidades técnicas y de infraestructuras disponibles en la salmonicultura chilena para la aplicación de los distintos métodos de tratamiento no farmacológicos contra la caligidosis.



## 4. METODOLOGÍA.

---

La metodología utilizada en la presente iniciativa se detalla de acuerdo a los objetivos específicos establecidos:

**Objetivo 1: Realizar el levantamiento de la información internacional disponible de los distintos métodos de tratamiento no farmacológicos aplicados para la Caligidosis.**

### 4.1. Búsqueda de antecedentes internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.

#### 4.1.1. Recopilación de antecedentes a nivel internacional.

Para el desarrollo de este objetivo, se realizó una revisión de la información bibliográfica internacional disponible, recopilando los antecedentes asociados a estrategias no farmacológicas para el tratamiento de la caligidosis existentes a nivel mundial.

Como metodología de recopilación de información se revisaron las bases de datos como Web of Sciences (WOS), Scopus, PubMed de la National Library of Medicine National Institute of Health de Estados Unidos de Norteamérica (EEUU), como también, se utilizó el motor de búsqueda Google académico. Las bases de datos fueron consultadas utilizando las palabras o conjuntos de palabras, tanto en español como en inglés: Caligus, Caligus rogercresseyi, Lepeophtheirus, Lepeophtheirus salmonis, Caligus elongatus, resistance, sensitivity, non-pharmacological treatments, integrated pest management, alternative treatments against sea lice, caligidosis. Además, se incluyeron trabajos que fueron identificados como referencias importantes en los artículos arrojados en la búsqueda inicial.

Por otra parte, se incluyó información derivada de tesis de grado internacionales. Para esto se realizó una búsqueda en las bases de datos de universidades como: Universidad Noruega de Ciencia y Tecnología, Instituto Tecnológico de Dublín de Irlanda, Universidad de Aberdeen (Escocia), entre otras. Para esto se utilizaron las palabras o conjunto de palabras en inglés descritas previamente.

#### 4.1.2. Recopilación de antecedentes a nivel nacional.

Para la recopilación de la información disponible a nivel nacional, se utilizará la misma metodología descrita en la sección previa, con modificaciones definidas a continuación.

Se revisaron las bases de datos como Web of Sciences (WOS), Scopus, como también, se utilizó el motor de búsqueda Google académico. Las bases de datos fueron consultadas utilizando las palabras o conjuntos de palabras, tanto en español como en inglés: Caligus, Caligus rogercresseyi, Lepeophtheirus, Lepeophtheirus salmonis, Caligus elongatus, resistencia, sensibilidad o susceptibilidad, tratamientos no farmacológicos, manejo integrado de plagas, tratamientos alternativos



contra parásitos, caligidosis. Además, se incluyeron trabajos que fueron identificados como referencias importantes en los artículos arrojados en la búsqueda inicial.

Por otra parte, se incluyó información derivada de tesis de grado nacionales. Para esto se realizó una búsqueda en las bases de datos de universidades como: Universidad Austral de Chile, Universidad de Los Lagos, Universidad de Chile, Universidad Católica de Chile y Universidad Católica de Temuco, entre otras. Para esto se utilizaron las palabras o conjunto de palabras en inglés descritas previamente.

#### **4.1.3. Recopilación de patentes relacionadas a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.**

Se realizó una búsqueda general de patentes asociadas a productos, metodologías o técnicas utilizadas para el tratamiento de la Caligidosis. Para la búsqueda se utilizó la base de datos Patentscope (WIPO). Las patentes que se buscaron presentaron como características y/o relación a productos antiparasitarios no farmacológicos, removedores mecánicos de parásitos, cebo atractante y productos repelentes, entre otros. Para la búsqueda se utilizaron las siguientes palabras claves, en español e inglés: caligidosis, caligidos, *Lepeophtheirus*, Caligus, tratamiento no farmacológico y tratamiento alternativo.

#### **4.2. Análisis y evaluación de los antecedentes internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.**

El análisis y evaluación de la información recopilada se enfocó en identificar los métodos mayormente utilizados, sus requerimientos de implementación y aplicación.

La información recopilada fue agrupada de acuerdo al tipo de estrategia descrita, las que pueden ser de tipo mecánica, biológica, química, entre otros. Para cada estrategia encontrada se realizó una descripción de la metodología y los hallazgos obtenidos en la búsqueda realizada. Asimismo, cuando estuvo disponible, se incluyeron en el análisis parámetros como: requerimientos de aplicación, dosis, duración de tratamiento, estadios del parásito objetivo, presencia o ausencia de indicadores de bienestar asociados, porcentaje de reducción de carga parasitaria, entre otros.

La información relacionada a los tratamientos no farmacológicos utilizados a nivel nacional e internacional, permitió realizar un listado de los tratamientos no farmacológicos existentes a la fecha y se utilizará como punto de comparación y línea base para determinar nuevos tratamientos aplicados a nivel internacional y de aplicación en Chile.



**Objetivo 2: Efectuar una evaluación comparativa de los distintos tratamientos no farmacológicos identificando sus ventajas y desventajas, incorporando la revisión de estándares de bienestar animal en la aplicación de cada método e información respecto a la eficacia de cada método, en la disminución de cargas parasitarias.**

#### **4.3. Generación de un catastro de estrategias o tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.**

Una vez recopilada la información indicada en el objetivo 1, se procedió a realizar una selección de los estudios que describen estrategias y/o tratamientos no farmacológicos lo que permitió la elaboración de un catastro. Este catastro se dividió en publicaciones científicas, informes técnicos y/o tesis que incluyeran tratamientos a nivel internacional y nacional; y un catastro adicional de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis que hayan sido publicados en patentes internacionales y nacionales.

#### **4.4. Análisis comparativo entre estrategias o tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.**

##### **4.4.1. Análisis comparativo a nivel internacional.**

Una vez consolidado el listado de tratamientos no farmacológicos de origen internacional, se extrajeron parámetros de selección o agrupación de estrategias, descritos como: si el tratamiento genera resistencia de los parásitos con el uso continuo de este, porcentaje de reducción mínima y máxima reportada en la literatura revisada, impacto sobre el salud y/o bienestar de los salmónidos reportado en la literatura revisada, duración de aplicación del tratamiento para lograr la reducción máxima reportada.

Esta información fue agrupada mediante una tabla de contingencia que permitió contrastar los parámetros constituyentes de los tratamientos versus los tratamientos en sí.

Una vez consolidada la información, se procedió a realizar el análisis de comparación entre los tratamientos, analizando ventajas y desventajas o, en otras palabras, fortalezas y debilidades. Como criterio se considerará como una “fortaleza” del parámetro revisado, a todo aquello que resulta en una ventaja comparativa, considerando como indicadores el grado de descripción, la facilidad aplicación, y eficacias registradas. Por el contrario, se considerará como una “debilidad” del parámetro revisado a todo aquello que genere una desventaja comparativa o que la eficacia registrada no sea especificada. Además, aquellos tratamientos con una eficacia mínima por debajo del 50% se consideraron como una debilidad, al estar por debajo de la mediana de reducción mínima reportada entre los estudios analizados.



El análisis de estos antecedentes permite la identificación de los elementos y principios generales sobre los cuales se deben establecer las bases de aplicación, implementación y funcionamiento de los métodos de tratamiento no farmacológico para la caligidosis.

#### **4.4.2. Análisis comparativo a nivel nacional.**

Para este análisis se utilizó el catastro elaborado en el objetivo 1 y que tiene relación con los tratamientos a nivel nacional. La metodología de análisis fue la misma descrita en la sección anterior, y siguiendo las pautas para la evaluación de las ventajas y desventajas de los tratamientos. En este análisis se incluyó un parámetro adicional relacionado al nivel de aplicación en Chile. El análisis de estos antecedentes permitió la identificación de elementos y principios generales sobre los cuales se deben establecer las bases de aplicación, implementación y funcionamiento de los métodos de tratamiento no farmacológico para la caligidosis, ya implementados en Chile.

#### **4.5. Identificación y análisis cualitativo de efectos negativos en el bienestar animal ocasionados por tratamientos no farmacológicos contra Caligidosis.**

Para el desarrollo de esta actividad, se procedió a realizar una recopilación de información relacionada al bienestar animal y aplicación de tratamientos contra la caligidosis. Asimismo, se integró la información derivada de la sección 4.1 con la búsqueda de indicadores de bienestar animal. Cuando fue posible, se identificaron aquellos indicadores de bienestar animal asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos. Para la identificación de los indicadores se siguieron los lineamientos de Noble *et al.* (2018): "Welfare Indicators for farmed Atlantic salmon: tools for assessing fish welfare". La mayoría de los estudios no incluían evaluación de indicadores de bienestar *sensu* Noble *et al.* (2018), por lo que se recopiló información asociada a la evaluación de la condición de los peces frente al principal mecanismo de control del parásito del tratamiento. Para ello, se obtuvo información de bienestar según los indicadores SWIM 1.0 (Stien *et al.*, 2013) en relación a la condición de las aletas, piel, ojos de los peces y cambios en el comportamiento de los mismos una vez aplicado el tratamiento. Adicionalmente, cuando fue posible, se obtuvo información de la tasa de crecimiento específica (SGR) en condiciones donde el tratamiento fue aplicado y condiciones control.

Considerando el tipo y la calidad de la información obtenida, no fue posible integrarla mediante la metodología de score de Geitung *et al.* (2020), mencionada en la propuesta inicial. No obstante, lo anterior, utilizando la información recopilada, se realizó un análisis cualitativo de la disponibilidad de la información de evaluaciones relativas asociadas a bienestar animal, para posteriormente categorizar cada tratamiento y parámetros de bienestar como: sin efecto (SE), efecto negativo (EN), sin información (SI). Los parámetros de bienestar utilizados, son aquellos mencionados por Noble *et al.* (2018) excluyendo aquellos parámetros de baja asociación a temas agudos, como, por ejemplo la deformidad de la mandíbula. Cabe mencionar que no fue posible encontrar información de bienestar de tipo ambiental para ninguno de los tratamientos no farmacológicos, por lo que no pudo ser integrarla en el análisis. Por otra parte, son escasos los estudios que utilizaron los indicadores propuestos por Noble *et al.*, (2018) en forma conjunta, debiendo recopilarse información desde distintos estudios.



#### **4.6. Identificación y análisis de la eficacia de tratamientos no farmacológicos en la disminución de las cargas parasitarias.**

Para el desarrollo de la presente actividad, se realizó una recopilación de información relacionada a las eficacias mínimas y máximas de los tratamientos no farmacológicos contra la caligidosis, los cuales fueron agrupados por tipo de tratamiento. Asimismo, estos resultados fueron integrados con la información obtenida en la sección 4.1, derivada de la búsqueda de índices de eficacia relacionados. Las eficacias obtenidas fueron incluidas al ser descritas directamente por los autores o en tablas y/o en el texto revisado, mientras que cuando esta información no estuvo de forma directa, esta fue calculada en relación a la diferencia entre las cargas parasitarias de las condiciones experimentales en contraposición con el control (sin aplicado el tratamiento).

Se determinaron, cuando se tuvo la información disponible, las eficacias respecto de la utilización de los tratamientos identificados. Para ello, la información relativa a las eficacias de tratamientos no farmacológicos se contrastará con los tratamientos farmacológicos actuales, ya sea de información derivada del “Programa de vigilancia de la resistencia de *Caligus rogercresseyi* a antiparasitarios” de IFOP, como también, de información oficial entregada por SERNAPESCA.



**Objetivo 3: Realizar un análisis de la experiencia internacional respecto de la aplicación de los distintos métodos de tratamiento no farmacológicos para la Caligidosis y los resultados obtenidos a partir de dicha aplicación.**

**4.7. Revisión de normativa de países salmonicultores y estándares internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.**

Se recopiló y analizó la normativa y estructura gubernamental existente a nivel internacional asociada a la utilización de los distintos métodos de tratamientos no farmacológicos para la caligidosis. Esta información fue obtenida desde fuentes en países con actividad de salmonicultura desarrollada, ya que fueron los más idóneos y semejantes a la realidad nacional. Por otra parte, se realizó un levantamiento de información relacionada a normativa nacional respecto a la aplicación de tratamientos farmacológicos y no farmacológicos para el control de la caligidosis.

Para esto se consultaron las páginas de internet correspondientes a la institucionalidad del Estado relacionada a las actividades de acuicultura internacionales de los países salmonicultores, Noruega, Reino Unido (Escocia), Irlanda, Canadá, Estados Unidos e Islas Feroe. Por otra parte, se revisó el banco de leyes chilenas en el portal Ley Chile Móvil ([www.leychile.cl](http://www.leychile.cl)) o en su defecto el banco de datos de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (<https://www.bcn.cl/index.html>). Las palabras de búsqueda que se utilizaron fueron: Caligus, Lepeophtheirus, salmonicultura, bienestar animal, tratamiento farmacológico, tratamiento no farmacológico, entre otros.

**4.7.1. Identificación de parámetros asociados al ingreso y registro de productos o tratamientos no farmacológicos.**

En la presente subactividad se realizó un análisis de las pautas o directrices disponibles para el ingreso y registro de tratamientos no farmacológicos en Chile. La metodología para esta actividad fue revisar las normativas y pautas entregadas por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca) y Directemar. La búsqueda se enfocó en revisar aspectos como antecedentes legales y de las propiedades farmacológicas, inmunológicas, toxicológicas, clínicas, terapéuticas y farmacéuticas de un producto, con el fin de determinar sus características de calidad, eficacia y seguridad, tanto para la especie de destino como para el ser humano y el medio ambiente, de acuerdo a las indicaciones y condiciones de uso propuestas. Por otra parte, se revisaron las pautas entregadas por organismos internacionales como EMA mediante el documento Eudralex volumen 7 de sus publicaciones que indican "Las normas que rigen los medicamentos en la Unión Europea" que contempla el asesoramiento sobre los requisitos para la incorporación e implementación de terapias innovadoras, ya que presentan desafíos particulares debido a la falta de orientación regulatoria y, en algunos casos, al hecho de que el marco regulatorio existente no las atiende específicamente. De esta institución se revisaron los requisitos de autorización de terapias nuevas en el ámbito veterinario (terapias novedosas); pautas de evaluación de expedientes y derivaciones para nuevas terapias (en caso de que se encuentren disponibles), entre otros. Del análisis de esta información, se identificaron





parámetros y/o indicadores requeridos para la autorización de uso, implementación, aplicación *in situ*, entre otros de los productos o tratamientos no farmacológicos.

#### **4.8. Análisis de la experiencia internacional en la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra Caligidosis.**

Para el desarrollo de esta actividad, se realizó una revisión de la información bibliográfica disponible referente a la experiencia internacional con énfasis en la recopilación de antecedentes asociados a la aplicabilidad de los tratamientos y nivel de éxito en el control de las caligidosis existentes a nivel mundial, entre otros. La información recopilada fue agrupada de acuerdo al país de origen en el cual se aplique el tratamiento, considerando que cada país productor tiene condiciones ambientales particulares, especie calígida diferente o al menos una variante parasitaria diferente (ejemplo: *L. salmonis* del Pacífico y del Atlántico), entre otros. Asimismo, la información recopilada se clasificó en subgrupos como tratamientos de tipo mecánico, biológico, químico, entre otros, para una mejor descripción.

Para cada estrategia y/o metodología encontrada se realizó un análisis lo más detallado posible de cada una de ellas, considerando parámetros identificados como esenciales por los mismos autores o dueños de las metodologías. Algunos de los parámetros que se consideraron fueron:

- requerimientos de aplicación,
- densidades de peces,
- volúmenes de agua,
- dosis,
- duración de tratamiento,
- presencia o ausencia de indicadores de bienestar asociados,
- niveles de eficacia descritos,
- estadios del parásito objetivo,
- costos asociados al tratamiento y su aplicación, entre otros.

Para esta recopilación de información se revisaron las bases de datos como EBSCO, ScienceDirect, PubMed de la National Library of Medicine National Institute of Health de Estados Unidos de Norteamérica (EEUU), como también, se utilizará el motor de búsqueda Google académico. También se consideró la búsqueda de información en portales de internet relacionados al rubro acuicultor nacional, teniendo como antecedente de búsqueda publicidad o notas relacionadas a la metodología de control de la caligidosis. La metodología de búsqueda se realizó consultando las bases de datos disponibles en línea, utilizando las palabras o conjuntos de palabras, tanto en español como en inglés: *Caligus*, *Caligus rogercresseyi*, *Lepeophtheirus*, *Lepeophtheirus salmonis*, *Caligus elongatus*, resistance, sensitivity, non-pharmacological treatments, integrated pest management, alternative treatments against sea lice, caligidosis. Por otra parte, se consideró la búsqueda de tratamientos no farmacológicos en vías de desarrollo mediante de proyectos de investigación en las principales universidades de los países con programas de control de caligidosis.



En caso que la información no se encuentre disponible o no sea pública referida a algún tratamiento no farmacológico, se contactó con la institución relacionada para obtener algún grado de información.

Con la información recopilada se realizó un análisis cualitativo de la experiencia en el uso de tratamientos no farmacológicos que permitieron identificar los beneficios, requerimientos, costos asociados, eficacias registradas, historial de aplicaciones en el país y/o región, efectos negativos en el pez o ambientales asociados al tratamiento, entre otros. Una vez recopilada esta información, se agrupó de acuerdo a cada uno de los parámetros mencionados intentando lograr el mayor detalle posible.

De modo complementario, se realizó una asociación entre la descripción de las experiencias derivadas de la revisión a una categorización de experiencia mediante un cuestionario adaptado de Saraiva *et al.* (2019).

El análisis de las respuestas fue determinado mediante la suma de los puntajes más altos en cada dimensión (el rango de 0 a 4 varía si el número de preguntas aumenta):

- Primera pregunta: La suma de los puntajes "si" en todos los criterios varía entre 0 y 4.
- Segunda pregunta: la suma de los puntajes "altos" a lo largo de los criterios varía entre 0 y 4.



**Objetivo 4: Determinar posibles aplicaciones de estos métodos en Chile, factibilidad y plazos de implementación, además de incorporar y cuantificar las eventuales mortalidades generadas por estos métodos.**

#### **4.9. Estudio de factibilidad de implementación de tratamientos no farmacológicos: Diagnostico de situación en Chile.**

Considerando la información recopilada en los objetivos anteriores, se realizaron análisis de factibilidad técnica, ambiental y económica respecto de la aplicación de tratamientos no farmacológicos, que permitió la identificación de brechas para la implementación de tratamientos no farmacológicos en Chile. Estos análisis se realizaron sobre una selección de tratamientos constituida por aquellos que presenten los mejores indicadores en términos de experiencia, eficacia y bienestar animal.

##### **4.9.1. Factibilidad técnica.**

Para el desarrollo de la presente actividad se siguieron los lineamientos mencionados por Ruíz (2017) que se describen a continuación. Se identificaron los factores influyentes en la implementación de los tratamientos como, por ejemplo: infraestructura requerida, equipamientos, calendarización de la adquisición de estas, localización de aplicación, entre otros. De acuerdo a Sapag Chain y Sapag Chain (2008), el estudio técnico provee información para cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación pertinentes a esta área, es decir, toda el equipamiento e infraestructura necesaria para implementar los tratamientos que posteriormente puedan ser valorizados.

El presente estudio técnico se enfocó principalmente en:

- Mortalidades promedio generadas por el tratamiento no farmacológico (TNF).
- Densidades de peces,
- Infraestructura requerida,
- Mano de obra requerida para la implementación,
- Establecimiento de indicadores de bienestar animal,
- Comparación de estadios objetivo del parásito,
- Traslados de materiales requeridos,
- Presencia de componentes básicos, ya sean químicos, mecánicos y/o biológicos.
- Legislación o normativa asociada a la aplicación del tratamiento.

##### **4.9.2. Cálculo de la mortalidad asociada a los tratamientos.**

Para la estimación de mortalidad asociada a tratamientos no farmacológicos, se procedió a utilizar la información entregada por Overton *et al.* (2019a). Para esto fue necesario recopilar dos tipos de información. Por una parte, se recopiló información relacionada a estimadores de mortalidad asociados a tratamientos no farmacológicos a nivel internacional y, por otra parte, se solicitó la información



referente a las eficacias registradas por los centros de cultivo en los que se hayan aplicado tratamiento de esta índole.

La solicitud correspondió a un historial de al menos 5 años considerando como mínimo de información las cargas parasitarias y mortalidad registrada previo y posterior a la aplicación del tratamiento.

Se calculó un índice de aumento de la mortalidad para cada observación como la diferencia en puntos porcentuales (pp) entre el mes con tratamiento y el mes anterior.

#### 4.9.3. Factibilidad ambiental.

Para la evaluación de la factibilidad ambiental se siguieron los lineamientos descritos por Rodrigues-Gomes *et al.* (2014). Se identificaron e interpretaron los potenciales impactos ambientales que un tratamiento podría producir al ser aplicado, así como la prevención, corrección y valoración del mismo. Cuando fue posible, se identificó de que forma la aplicación del tratamiento modifica las características físicas y biológicas del entorno. Para la evaluación de la factibilidad ambiental de los tratamientos se siguió el siguiente procedimiento:

- 1) Identificación de los posibles impactos ambientales del tratamiento: Se refiere a la determinación de las actividades del tratamiento en cualquiera de sus etapas, ya sea en las etapas de implementación, operación o término del tratamiento; con impacto ambiental sobre la calidad ambiental (agua, aire, ruido, vibraciones, residuos líquidos), la fauna marina, entre otros. Para esta etapa se formuló un criterio de caracterización ambiental de los tratamientos (**Tabla 1**) modificado de Rodrigues-Gomes *et al.* (2014):

**Tabla 1.**  
Criterio de caracterización de los impactos.

Acciones del tratamiento	Carácter del impacto		Descripción del impacto													
	Positivo	Negativo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Min	Max	
Implementación																
Afectaciones a la diversidad biológica (deterioro de ecosistemas, introducción de especies invasoras, etc.)																
Efectos en fauna marina local																
Manejo de residuales																
Contaminación (hídrica, atmosférica, sonora, química, etc.)																
Daños a la salud humana																

Este formulario fue remitido a cuatro integrantes seleccionados, derivado de la revisión bibliográfica del objetivo 1, como también de la interacción con personas de industria y academia realizada durante



la ejecución del proyecto. Estas cuatro personas fueron identificadas como los más idóneos para responder este tipo de preguntas.

- 2) Determinación de la intensidad de los impactos ambientales: Utilizando la información derivada de la aplicación de la encuesta, se aplicó el siguiente criterio de clasificación:
- Impactos ambientales leves: definidos como aquellos con valores entre 7 y 10
  - Impactos ambientales moderados: definidos como aquellos con valores entre 4 y 6
  - Impactos ambientales significativos: definidos como aquellos con valores entre 0 y 3.

Finalmente, para el diagnóstico de la factibilidad del tratamiento se calculó la mediana de cada tratamiento. Cuando este valor arrojó impactos leves (mediana entre 7 y 10) se clasificó como altamente factible ambientalmente, valores moderados (mediana entre 4 y 6) como factible, mientras que aquellos de impactos ambientales significativos (mediana entre 0 y 3) fue diagnosticada como no factible.

#### **4.9.4. Factibilidad económica.**

Se desarrolló una evaluación económica asociada a la aplicación de los tratamientos no farmacológicos (TNF) contra la Caligidosis, que están siendo utilizados en la actividad salmonicultura.

Se consideraron los costos fijos y variables, asociados a los requerimientos operacionales para su aplicación en centros de cultivo de salmónes en el país.

Los sistemas o productos evaluados fueron contrastados con el tratamiento tradicional por baño con químicos (azametifós) y cada uno evaluado de forma separada, dadas sus diferentes características de aplicación.

Los sistemas/productos evaluados, correspondieron a aquellos en los que se tienen datos de costos en terreno dentro de la industria nacional, ya sea de forma comercial o en otros casos, de las pruebas preliminares o piloto, realizadas en centros de cultivo o del costo del servicio de tratamiento externalizado.

Los sistemas o productos evaluados desde el punto de vista económico, fueron los siguientes:

- Tratamiento mecánico con agua a alta presión.
- Baño con peróxido de hidrógeno.
- Baño con agua dulce.
- Baño con aceites naturales.

El proceso de evaluación económica se elaboró de acuerdo al siguiente procedimiento, por cada producto/sistema evaluado.



#### **4.9.4.1. Cuantificación de los beneficios.**

La cuantificación de los beneficios consistió en asignar unidades de medida apropiadas a los beneficios identificados. Para efectos de la evaluación de TNF contra Caligidosis, se consideraron:

- Disminución de consumo de tratamientos farmacológicos dañinos para el entorno (tasa anual de reemplazo del 0,05).
- Aumento de utilidades por valorización de la imagen de la empresa (1% anual).
- Disminución de multas por incumplimiento normativo.

#### **4.9.4.2. Valoración de los beneficios.**

Para la valoración de los beneficios se asignó un valor monetario a los ítems identificados previamente, realizándose estimaciones específicas para poder valorar los beneficios, explicitando la forma de cálculo, parámetros y variables utilizados.

#### **4.9.4.3. Identificación de costos.**

Se identificaron los costos de cada sistema o producto identificados, siendo validados por los propios usuarios de la industria salmonicultrora, considerando los recursos requeridos para la operación de aplicación y el costo del producto, entre otros: adquisición de materiales e insumos, horas hombre, subcontratación del servicio externalizado (si corresponde), costo del producto, etc.

#### **4.9.4.4. Cuantificación de costos.**

Este proceso permitió asignar unidades de medida apropiada a los costos identificados. Por ejemplo, 100 litros de producto antiparasitario, 3.000 horas-hombre, 2 equipos de para aplicación, etc.

#### **4.9.4.5. Valorización de costos.**

Para lograr la valoración de estos costos en los diferentes proyectos de aplicación de TNF, a nivel de inversión, operación, mantención y conservación, se utilizaron precios de mercado entregados y validados por los propios usuarios.

#### **4.9.4.6. Flujo de beneficios netos.**

Una vez valorizados los costos y beneficios del proyecto de aplicación de cada TNF, se calculó el flujo de beneficio neto, para un periodo de 5 años como horizonte de evaluación.

A partir de los flujos de beneficios netos calculados, se calcularon los indicadores de rentabilidad Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

*Valor Actual Neto.*



El valor actual neto se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

$I_0$ : inversión inicial

$BN_t$ : beneficio neto del periodo t

n: horizonte de evaluación

r: tasa de descuento

El criterio de decisión al utilizar el VAN será el siguiente:

- Si el VAN es positivo: es conveniente ejecutar el proyecto.
- Si el VAN es igual a 0: es indiferente ejecutar el proyecto.
- Si el VAN es negativo: no es conveniente ejecutar el proyecto.

*Tasa Interna de Retorno.*

La tasa interna de retorno mide la rentabilidad promedio que tiene un determinado proyecto. Matemáticamente, corresponde a aquella tasa de descuento que hace el VAN igual a cero, según la siguiente fórmula:

$$-I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+TIR)^t} = 0$$

El criterio de decisión al aplicar la TIR es el siguiente:

- Si la TIR es mayor que la tasa de descuento: es conveniente ejecutar el proyecto.
- Si la TIR es igual que la tasa de descuento: es indiferente ejecutar el proyecto.
- Si la TIR es menor que la tasa de descuento: no es conveniente ejecutar el proyecto.

#### **4.9.4.7. Factibilidad normativa.**

Esta actividad se desarrolló en base a la recopilación de información derivada del objetivo 3, sección 5.7. Se realizó un análisis comparativo entre las normativas gubernamentales asociadas a la aplicación de tratamientos no farmacológicos y la normativa vigente chilena.

En general, el análisis se enfocó en los alcances, obligaciones, prohibiciones y derechos asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos. De igual manera, se consideró una revisión de la



normativa asociada a la aplicación de tratamientos farmacológicos, en caso que la normativa relativa a no farmacológico no esté presente, solo con propósito ilustrador.

Esto permitió realizar un contraste de los principales constituyentes de las normativas e identificar brechas existentes a nivel nacional y un análisis respecto de la factibilidad de implementar los tratamientos no farmacológicos en términos de normativa chilena.

Por otro lado, el estudio se centró en identificar los alcances de la institucionalidad legislativa y fiscalizadora actual sobre los tratamientos no farmacológicos para la definición de la distribución de competencias entre las entidades del Estado que tendrán a su cargo la formulación de planes, la regulación, la dirección, a la gestión y el control de los tratamientos no farmacológicos.





**Objetivo 5: Realizar un diagnóstico de las perspectivas e interés privado y de las capacidades técnicas y de infraestructuras disponibles en la salmonicultura chilena para la aplicación de los distintos métodos de tratamiento no farmacológicos contra la caligidosis.**

#### **4.10. Identificación de grupos de interés relacionados al control de la caligidosis y al desarrollo y/o implementación de tratamientos no farmacológicos.**

Se realizó una investigación a través de buscadores online de publicaciones, documentos técnicos, productos, empresas o instituciones vinculadas a la búsqueda de tratamientos no farmacológicos para el control de caligidosis en Chile. Se identificaron como actores a aquellos pertenecientes a los rubros de empresas productoras de salmón, empresas con desarrollo de soluciones para el control de la caligidosis, distribuidores, académicos vinculados al desarrollo o aplicación de este tipo de tratamientos, entre otros. Se elaboró un listado con integrantes pertenecientes a las autoridades sectoriales con competencias reguladoras en estas materias, como integrantes de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca). Este listado de participante permitió abordar distintas actividades durante la ejecución del proyecto, como opinión mediante encuestas, entrega de experiencia y/o vinculación con expertos internacionales, participación de taller, entre otros.

#### **4.11. Taller de trabajo con grupos de interés nacionales asociados al tratamiento contra Caligidosis.**

Se realizó un taller de trabajo con profesionales vinculados principalmente al grupo de usuarios de los tratamientos no farmacológicos, y que han aplicado estas tecnologías o productos en la realidad productiva nacional. Se contó con la participación de integrantes de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca), como representantes de la autoridad sectorial con competencias reguladoras en estas materias.

La metodología de trabajo del taller fue a través de una presentación del equipo de trabajo, a manera de introducción, presentando los antecedentes recopilados a la fecha de la ejecución de la actividad, para continuar con la inducción para la responder la encuesta de modo de realizar un trabajo transparente entre los distintos sectores asociados.

La aplicación de la encuesta permitió conocer las distintas perspectivas de los sectores involucrados en la implementación de los tratamientos no farmacológicos.



#### **4.12. Generación y aplicación de encuestas a integrantes del sector privado y del Estado asociados al tratamiento contra caligidosis.**

Para el desarrollo de esta actividad, se aplicó la metodología adaptada de Saraiva *et al.* (2019). Esta metodología permitió identificar las perspectivas de cada sector respecto de la implementación de tratamientos no farmacológicos, considerando la existencia de las capacidades técnicas y de infraestructura en el país y en el sector privado.

Por otra parte, la encuesta incluyó preguntas para conocer las perspectivas respecto de cuáles son los tratamientos desde el punto de vista operativo y ambiental que el sector observa factible de implementar. En el **ANEXO 1**, se presenta la encuesta “Encuesta de perspectivas e interés privado y de las capacidades técnicas y de infraestructuras disponibles en la salmonicultura chilena”, aplicada a los participantes del taller de trabajo.

#### **4.13. Diagnóstico y análisis de brechas sobre la aplicabilidad de los tratamientos no farmacológicos en base a la opinión de los grupos involucrados.**

Una vez obtenidas las encuestas, se procedió al análisis de los resultados. El análisis de las respuestas se determinó mediante la suma de los puntajes más altos en cada dimensión (el rango de 0 a 12 varió si el número de preguntas aumenta):

- Probabilidad: La suma de los puntajes "altos" en todos los criterios varía entre 0 y 12.
- Potencial: La suma de los puntajes "altos" a lo largo de los criterios varía entre 0 y 12.
- Certeza: La suma de las puntuaciones "altas" en todos los criterios varía entre 0 y 12.

El análisis de los puntajes permitió identificar aquel tratamiento con los puntajes más altos, el que fue definido y rankeado en el listado de tratamientos no farmacológicos. Esto permitió obtener un diagnóstico sobre la aplicabilidad de tratamientos no farmacológicos, basado en la percepción o perspectiva de los distintos sectores asociados al control de la caligidosis. Esta información se presenta en forma de listado de tratamientos no farmacológicos ordenado de acuerdo a la relevancia o aplicabilidad determinada por el análisis.



## 5. RESULTADOS.

**Objetivo 1: Realizar el levantamiento de la información internacional disponible de los distintos métodos de tratamiento no farmacológicos aplicados para la Caligidosis.**

### 5.1. Búsqueda de antecedentes internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.

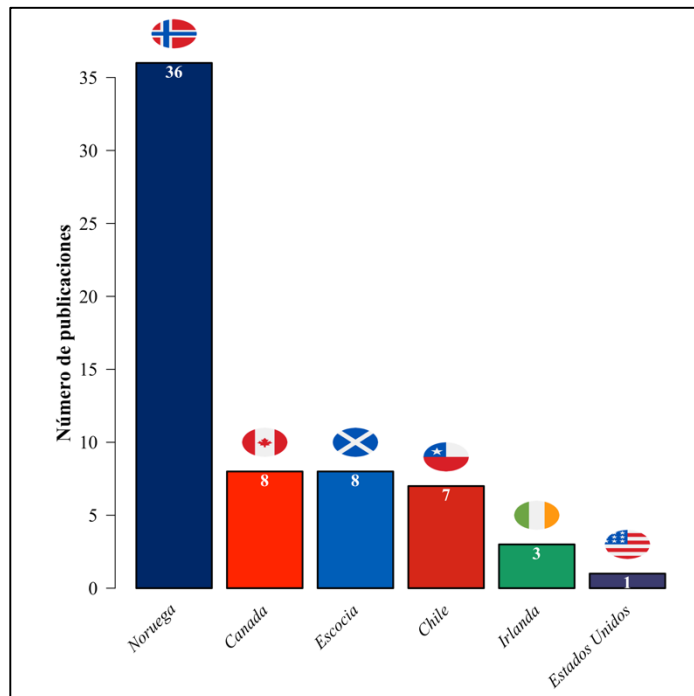
Se realizó una búsqueda de literatura en diferentes fuentes bibliográficas, utilizando los parámetros (Caligus\* OR Lepeophtheirus\* OR sea lice) AND (Non-pharmacological treatments OR Integrated pest management OR alternative treatments) AND (farm\* or aquacult\*).

La búsqueda arrojó 45 publicaciones, seleccionándose aquellas que evaluaron la eficacia de métodos no farmacológicos para el manejo de piojos de mar o revisiones bibliográficas que abordaron esta temática. Adicionalmente fueron incluidos trabajos que eran referenciados en los documentos obtenidos de la búsqueda inicial. Finalmente, se generó una base de datos con 69 publicaciones, de las cuales se extrajo la siguiente información: Autores, título, año de publicación, revista o lugar de publicación, volumen de publicación, páginas, tipo de documento (artículo experimental, revisión bibliográfica, artículo de bases de datos, informe técnico, tesis), país donde fue realizado el estudio, tipo de estudio (ej. desafío, ensayo en jaula, bioensayo, modelación), escala del estudio (ej. jaula pequeña o piloto, estanque, comercial, bioensayo), tipo de control (ej. biológico, físico, mecánico, térmico, espacial, espacio-temporal, cría, químico, alimentación funcional), método (ej. detalle del tipo de control), especie de cultivo (ej. *Salmo salar*, *Oncorhynchus mykiss*, etc.), peso promedio de los peces usados en el ensayo, parásito objetivo, estadio objetivo (ej. adultos, pre-adultos, copepoditos, chalimus, etc.), duración máxima del seguimiento de los parásitos, reducción significativa de la carga parasitaria (Si/No), reducción mínima y máxima observada en los tratamientos, ventajas y desventajas del método, impacto sobre la salud y/o el bienestar reportado por los autores.

De las publicaciones revisadas, sólo 48 indicaron si tenían o no reducción significativa de las cargas parasitarias con la metodología empleada, y en donde 5 de éstos, no evidenciaron un efecto significativo del tratamiento no farmacológico sobre la infestación de parásitos.

#### 5.1.1. Recopilación de antecedentes a nivel internacional.

De toda la documentación compilada, el país con un mayor número de publicaciones fue Noruega con 36, seguido de Canadá y Escocia con 8, Chile con 7, Irlanda con 3 y finalmente Estados Unidos con 1 publicación (**Figura 1**). 7 publicaciones no pudieron ser asignadas a un país en específico ya sea por corresponder a una revisión bibliográfica o porque no pudo ser identificado en el texto.



**Figura 1.**

Número de publicaciones recopiladas por país. El número dentro de cada barra indica la cantidad de publicaciones que corresponden a cada país.

Los diferentes métodos empleados para el manejo de parásitos pueden ser divididos en dos grupos principales: métodos curativos o de control y métodos preventivos. Los primeros se enfocan en despojar los parásitos ya adheridos a los peces (despiojar), utilizando mecanismos biológicos (peces limpiadores), físicos (trampas de ultrasonido, luz UV-C), mecánicos (bombas de succión o agua a presión), químicos (baños con peróxido de hidrógeno), baños térmicos, con agua dulce o de baja salinidad. Por otra parte, los métodos preventivos se enfocan en evitar que el parásito se adhiera al huésped. Para ello se han implementado mecanismos que buscan la separación física entre la fase infectiva de los parásitos y el pez, manipulando el nado de los peces a zonas más profundas (ej. luz de fondo, jaulas tipo 'snorkel' y 'skirt', alimentación en el fondo), considerando que las larvas capaces de infestar a los peces habitan en la columna de agua; disminuir la carga de parásitos en fase infectiva en el agua, a través del uso de organismos filtradores (principalmente invertebrados); mejorar el sistema inmune de los peces implementando alimentación funcional; repeler a los parásitos o evitar que estos reconozcan a los peces mediante el uso de repelentes o semioquímicos; generar barreras espacio-temporales en grandes zonas de cultivos; y criar peces más resistentes a los parásitos a través de métodos de selección artificial o cría selectiva (Barrett *et al.*, 2020a; Cerbule y Godfroid, 2020; Overton *et al.*, 2019a; Powell *et al.*, 2018).



Si bien el presente estudio tiene como objetivo analizar los métodos curativos o tratamientos en contra de los piojos de mar, en el **ANEXO 2** se incluyen además los métodos preventivos para el manejo de estos parásitos.

El 81,17 % de los antecedentes recopilados correspondieron a artículos cuya experimentación se desarrolló en un país diferente a Chile, donde Noruega fue el de mayor representación con cerca del 52,17 % de las publicaciones.

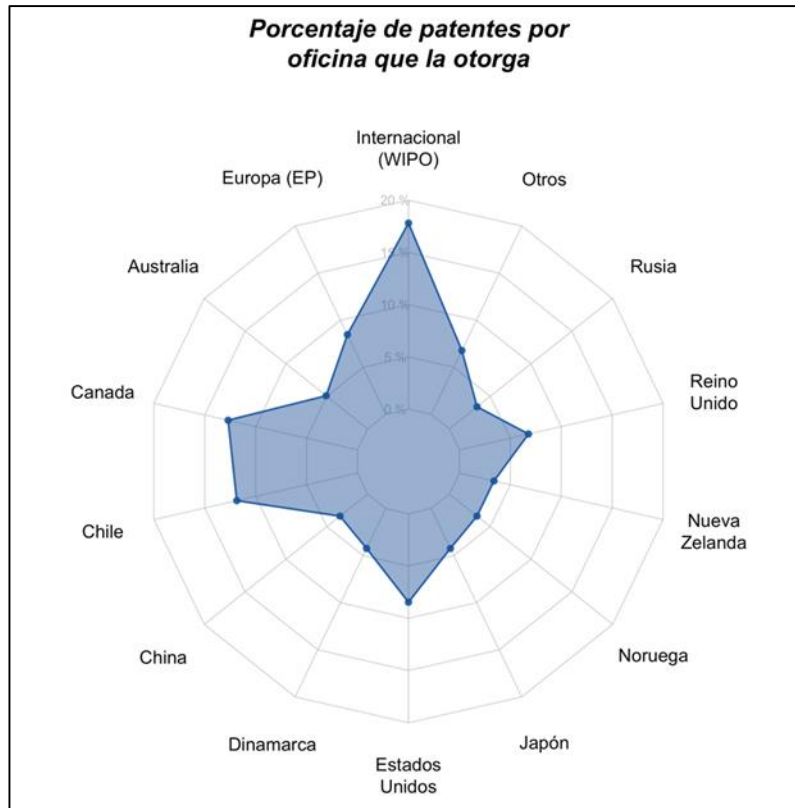
### **5.1.2. Recopilación de antecedentes a nivel nacional.**

Cerca del 10% de los antecedentes recopilados correspondieron a investigaciones desarrolladas en Chile, con una mayor presencia de estudios curativos con 5 publicaciones (3 con peróxido de hidrógeno, 1 con ondas ultrasónicas y 1 con peces limpiadores) y 2 preventivos (1 invertebrados filtradores y 1 con alimentación funcional), según se muestra en la **Tabla 2**.

### **5.1.3. Recopilación de patentes relacionadas a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.**

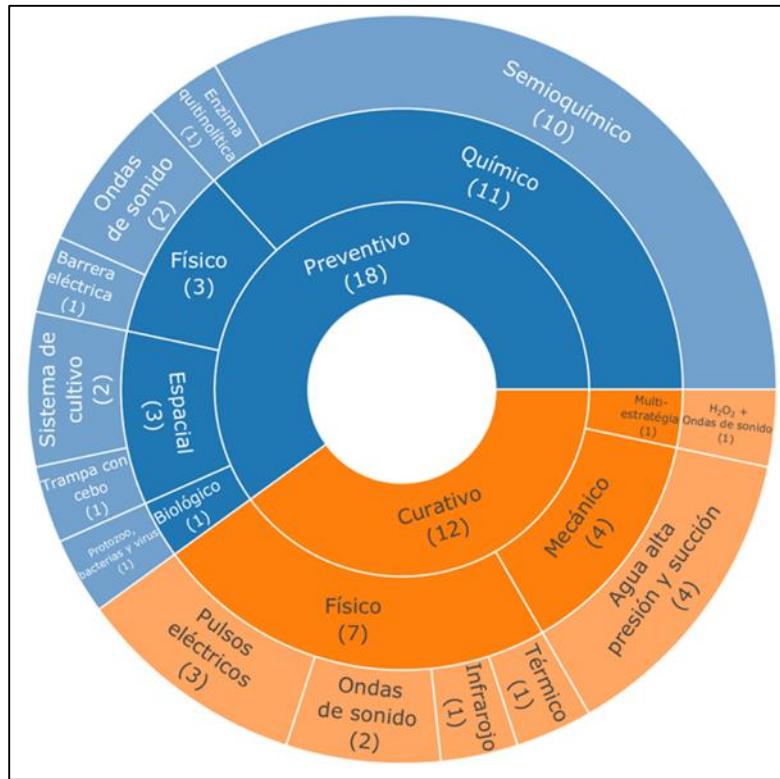
Se realizó la búsqueda de patentes en Patentscope y en Google Patents, utilizando las palabras claves caligidosis, caligidos, Lepeoptheirus, Caligus, piojos de mar, en inglés y en español.

Se seleccionaron aquellas patentes que propusieran un método o tratamiento no farmacológico para el control y/o manejo de las infestaciones de piojos de mar. De esta búsqueda se obtuvo un total de 118 patentes, que pueden ser resumidas en 30 invenciones. De las 118 patentes, el 17,80 % de ellas eran de aplicación internacional (WIPO, Organización Mundial de la Propiedad Intelectual). Adicionalmente, 12,71 % fueron otorgadas en Canadá, mientras que el 11,6 % de las patentes fueron generadas desde la Oficina de Patentes de Chile (**Figura 2**). 18 de las invenciones mencionadas corresponden a tratamientos no farmacológicos preventivos, mientras que 12 a curativos (**Figura 2**).



**Figura 2.**  
Distribución de patentes otorgadas según oficina de registro.

De las 18 invenciones patentadas con métodos no farmacológicos para el control preventivo de infestaciones de piojos de mar, destacó en la compilación el uso de métodos químicos, con 11 patentes, principalmente a través del uso de semioquímicos. Asimismo, los métodos espaciales presentaron 4 patentes, los físicos 2 y sólo un mecanismo biológico fue compilado (**Figura 3**). Así mismo, 12 invenciones registradas tenían como objetivo despiojar a los peces (método curativo). Este tipo de estrategias se emplean para reducir la carga parasitaria existente y por lo tanto se enfoca en reducir la cantidad de parásitos ya adheridos en los peces. De estas, 7 utilizaron mecanismos físicos y 4 mecánicos.



**Figura 3.**

Número de invenciones registradas en patentes categorizadas por el tipo y mecanismo de manejo registrado. (Números en paréntesis indican el número de invenciones para cada categoría).

## 5.2. Análisis y evaluación de los antecedentes nacionales e internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.

Si bien en la búsqueda y recopilación de información se generó un catastro de métodos de control para la caligidosis en general, considerando el objetivo del estudio, el análisis se centró en los tratamientos curativos contra las infestaciones con los piojos de mar, donde se presenta un resumen de los métodos como complemento.

### 5.2.1. Control mediante mecanismo biológico.

#### a) Peces limpiadores.

Se recopilaron 8 publicaciones que utilizaban peces limpiadores para el manejo de las infestaciones de piojos de mar. De estos estudios, 4 fueron desarrollados en Noruega, 2 en Irlanda, 1 en Escocia y 1 en Canadá. En su mayoría emplearon peces globo y/o lábridos, con una densidad de co-cultivo entre el 10 y el 20%. Todos estos antecedentes manifestaron el efecto significativo del uso de peces



limpiadores sobre la reducción de las infestaciones de piojos de mar en estadios adultos y chalimus. Los estudios en jaulas pequeñas o en estanques fueron los que mostraron reducción en las infestaciones de piojos entre el 50 y el 98 % (Barrett *et al.*, 2020b; Imsland *et al.*, 2019; Imsland *et al.*, 2014a; Imsland *et al.*, 2014b; Leclercq *et al.*, 2014).

En Chile se encuentra un antecedente de la evaluación del potencial de los peces nativos róbalo patagónico (*Eleginops maclovinus*), la Biya (*Malapterus reticulatus*) (Mendoza y Nieto, 2019) y la Lisa común (*Mugil cephalus*) para ser utilizados como controladores biológicos en jaulas de cultivo de Salmón del Atlántico, para el tratamiento de infestaciones de *Caligus rogercresseyi*.

A la fecha, sólo fue posible obtener los resultados de los ensayos realizados para *E. maclovinus* (Sánchez *et al.*, 2018). Los autores generaron ensayos de co-habitación en estanques con diferentes densidades de co-cultivo (5%, 10% y 20% de róbalo patagónico vs salmónes), alcanzando eficiencias de reducción de parásitos de hasta un 93,6% con densidades de co-cultivo del 10%. Sin embargo, en los ensayos desarrollados en jaulas a escala comercial, con la misma densidad de co-cultivo, se obtuvo una reducción máxima del 47,2% del número de *C. rogercresseyi* adheridos en los salmónes. Los autores destacan que no hubo alteraciones en la tasa de crecimiento de los salmónes, sin embargo, no se puede garantizar esta tendencia a largo plazo, ya que algunos róbalo con pesos menores a 250 g consumieron los pellets de la comida para salmónes con tamaños entre 4 y 6 mm.

Dentro de las ventajas reportadas para este mecanismo, los autores destacan su alta efectividad en la reducción de los parásitos en el corto plazo, su mayor eficiencia en la disminución de hembras adultas y lo fácil y económico de la implementación del método. Asimismo, dentro de las desventajas destacan su poca eficiencia en la reducción de los huevos o larvas de los parásitos y por lo tanto su poca eficacia a largo plazo, alta pérdida de peces limpiadores por escape, competencia por alimento cuando se emplean peces limpiadores de mayor tamaño (Imsland *et al.*, 2014b), y el poco conocimiento existente del método a escala comercial. Dentro de los impactos sobre la salud y/o el bienestar de los salmónidos se ha registrado la disminución de la talla y el factor de condición y el potencial que tienen los peces limpiadores para importar enfermedades a los centros de cultivo, por lo cual es indispensable mantener la vigilancia de patógenos en centros de cultivos de peces limpiadores (Hall, 2013).

#### **b) Patógenos de piojos.**

Se recopiló una patente que corresponde a un mecanismo biológico, a través de la incorporación de patógenos, no hongos, específicos de los parásitos (ej. protozoos, bacterias y virus). Esta patente evidenció una reducción de la carga parasitaria, induciendo mortalidad de hasta un 80% en *L. salmonis* inoculado con un extracto viral al 2%, extraído de otros individuos del mismo parásito, evidenciando su potencial como controlador biológico de piojos de mar (Harper y Sommerville, 2004), aunque los inventores no manifiestan el potencial riesgo que este pueda tener sobre los peces de cultivo o sobre la fauna silvestre circundante.





## 5.2.2. Control mediante mecanismo físico o mecánico.

### a) Agua alta presión y succión.

El mecanismo detrás de este TNF, consiste en aplicar presión de agua ligera sobre el cuerpo del pez provocando la liberación y potencial destrucción de los parásitos. En general se describe una presión de agua de <math><1.7\text{ bar}</math>, la cual es aplicada por 10 a 15 segundos, para posteriormente realizar un lavado que permite la colección de los parásitos liberados (GSI, 2021). Su principal objetivo son el estadio adulto y juvenil del parásito para lo cual se ha descrito un 76,3% de eficacia en el periodo de tiempo entre 2019 y 2020 (SERNAPESCA, 2021). Se lograron compilar 4 invenciones, todas ellas aplican agua alta presión y un mecanismo de succión para disminuir el número de parásitos adheridos a los salmónidos, mientras que una invención adicional sólo aplicaba una bomba de succión para lograr el mismo objetivo. Los inventores del método que propone el uso de agua alta presión, indican que este podría alcanzar una reducción de la carga parasitaria de hasta un 70%, sin embargo, esto no fue validado a través de ensayos publicados junto con las patentes (Hansen, 2016; Hansen, 2019; Lindgren, 2018a; 2018b). Respecto de las ventajas se puede mencionar que es un tratamiento de corta duración y sin emisión de fármacos al ambiente, pero provoca alteración del bienestar de los peces tratados, pudiendo alcanzar mortalidades de 0,6% (Sviland Walde et al., 2021), siendo esto una de sus principales desventajas. En cuanto a potencial de generación de resistencia, ésta se desconoce, sin embargo, el parásito presenta capacidad de adherirse a superficies planas utilizando sus lúnulas y la superficie cóncava de su cefalotórax pudiendo resistir la presión de agua domiciliaria (~ 1,47 bar).

### b) Tratamiento térmico.

Sólo fue recopilada una publicación, desarrollada en Noruega, que tuvo como objetivo investigar si los tratamientos térmicos con agua fría eran una estrategia viable para el manejo de piojos de mar (Overton *et al.*, 2019b). Para ello, generaron condiciones de corto (0,5 y 10 min) y largo plazo (30 y 240 min) de exposición a bajas temperaturas (-1, 1 y 5°C), incluyendo un control a 15°C. Este método evidenció reducción significativa de la carga parasitaria solamente en dos condiciones: -1°C durante 10 min y 1°C durante 240 min. Sin embargo, este tratamiento térmico afectó la condición de la piel, los ojos y la aleta caudal de los peces. Estos daños podrían ocurrir durante los primeros minutos de aplicado el tratamiento, debido al comportamiento de escape inducido por el estrés de manipulación o el choque térmico. Dado esto, poco se sabe acerca del impacto de este método de control sobre los peces a largo plazo, como del impacto evolutivo sobre la tolerancia térmica de los parásitos.

Finalmente, se encontró una patente que empleó un baño térmico de 33°C, para reducir las infestaciones de parásitos, la cual alcanzó hasta un 86% en la reducción de *L. salmonis* en los estanques experimentales. Esta innovación incluye un sistema de jaulas cerradas desde donde los peces pre-tratados son transportados a través de sistemas de canales. De hecho, el ensayo realizado a temperatura ambiente (14,4 °C) mostró la reducción del 63% en el número de parásitos,



evidenciando la eficiencia únicamente del sistema de jaulas y de transporte de los salmones para reducir las infestaciones de piojos de mar (Halse, 2021).

#### **c) Luz UV-A.**

Una publicación desarrollada en Noruega buscó determinar si los copepoditos del piojo del salmón se asentaban en un hospedero, o en diferentes lugares del pez, de forma más efectiva en función de la calidad de la luz, dado que esto podría afectar la capacidad de reconocimiento de los salmones por parte de los parásitos (Browman *et al.*, 2004). Para ello, utilizaron tres condiciones de luz: sin polarizar sobre ultravioleta A (UVA) a través del espectro visible; sin polarizar sin UVA (control); y 100% polarizada linealmente sin UVA. Además, usaron un control de completa oscuridad.

Los autores no encontraron diferencias estadísticamente significativas en la tasa de infestación de *L. salmonis* sobre el salmón del atlántico, concluyendo que, si bien los cambios en la intensidad de la luz intervienen en la detección del huésped a escalas espaciales del orden de los metros, los resultados que presentaron los autores sugieren que no es la modalidad sensorial primaria que subyace en la localización del huésped a escalas espaciales más pequeñas (de cm a mm).

Este estudio no menciona posibles efectos negativos de esta metodología sobre la salud y/o el bienestar de los salmones.

#### **d) Luz UV-C.**

Se recopilaron dos publicaciones con ensayos que emplearon luz UV-C para la reducción de la infestación de piojos de mar. Ambos ensayos fueron realizados en Noruega, mostrando una alta efectividad (entre el 50 y 99%). Los estudios destacan la alta reducción en la producción de huevos de parásitos y por ende de copepoditos a los 6 días de la exposición ( $\geq \sim 0,06 \text{ J cm}^{-2}$  UV-C durante 60 min por 4 días). De esta manera, este método presentaría un gran potencial para el manejo de las infestaciones de parásitos (Barrett *et al.*, 2020c; Barrett *et al.*, 2020d), sin embargo, los ensayos de desafío evidenciaron la aparición de cataratas, alteraciones en la piel y en el comportamiento de los salmones (Barrett *et al.*, 2020d). Por lo tanto, resaltan la necesidad de estandarizar métodos con una exposición más conservativa, que reduzcan los daños sobre el pez de cultivo.

#### **e) Luz infrarroja.**

Una patente presentada Casey (2020), utiliza luz entre los rangos de longitud de onda de 300-500 y 800-1200 nm. En este dispositivo, la luz es aplicada directamente sobre el pez al pasar por un sistema de canales, el cual únicamente afecta al parásito, sin afectar la salud o el bienestar del pez objetivo (Casey, 2020). Sin embargo, en esta patente no se presentan resultados de ensayos que lo validen como un método útil para reducir la tasa de infestaciones de piojos de mar en peces de cultivo.



#### **f) Pulsos electromagnéticos.**

El uso de pulsos electromagnético ha sido un mecanismo registrado en al menos 2 invenciones o patentes. El mecanismo general detrás es la aplicación de un campo o barrera electromagnética con rangos entre 300 y 900 Hz durante 0 a 0,05 segundos, los cuales son aplicados cuando el pez pasa por un sistema de canales que ayudan a optimizar el proceso de retirar los parásitos del cuerpo de los peces. Este método mostró una efectividad del 59% en la reducción de los parásitos adheridos a salmones (Ziller-Vergara, 2016; Ziller Vergara, 2015). Los autores no manifiestan que exista algún riesgo de afectar el estado de salud de los salmónidos tratados con esta metodología, al menos efectos secundarios medibles.

#### **g) Electricidad directa.**

El mecanismo detrás de este tratamiento es la eliminación de los parásitos adheridos a los peces por medio de la aplicación de electricidad directa a los peces, lo que provoca la remoción de los parásitos. Los autores indican que su aplicación expone a los peces a una tensión e intensidad regulada de forma tal que provoca la remoción de los parásitos sin causar estrés ni daños a los peces (Álvarez, 2021).

#### **h) Onda ultrasónica.**

Sólo un estudio en Noruega tuvo como objetivo evaluar si el ultrasonido es capaz de afectar la adherencia de los copepoditos del piojo de salmón a su huésped, en estanques experimentales. Los resultados evidenciaron la reducción significativa en el número de piojos adheridos para los grupos expuestos a ultrasonidos de 9,3 kHz a 220,6 dB (Skjelvareid *et al.*, 2018). Si bien los autores destacan la efectividad y economía de este método, también percibieron cambios en la conducta de los peces expuestos al ultrasonido (mayor actividad), lo que sería una indicación de que el ultrasonido de alta intensidad puede causar niveles elevados de estrés y, por lo tanto, reducir el bienestar y la tasa de crecimiento. Adicionalmente, dos patentes fueron compiladas que utilizaban ondas de sonido para despiojar a los salmones. Este método curativo fue el de mayor porcentaje de reducción de las infestaciones, alcanzando hasta un 99% de menos parásitos adheridos a los peces. Sin embargo, esta efectividad no se muestra a partir de resultados de ensayos publicados con las patentes, sino que representa la efectividad indicada por los inventores (Alevy, 2020; Campbell y Conneely, 2017). Dos patentes presentaron el uso de ondas de ultrasonido para prevenir infestaciones de piojos de mar en salmones (André *et al.*, 2020; Bekkadal, 2020). De ellos, sólo una de las patentes que empleó ondas de sonido manifiesta una reducción de hasta un 93% la tasa de infestación de *L. salmonis* (André *et al.* 2020). Ambas patentes aseguran que este método no genera efectos adversos sobre el bienestar de los peces a quienes se le aplica. Otros estudios en *L. salmonis*, describieron que ondas en un rango de 350 a 500 Hz por 2 a 4 horas provocaron alteraciones patológicas en copepoditos, chalimus, adultos y preadultos, fusionando órganos sensoriales como la seta de la primera antena, siendo el resultado de un efecto mecánico debido a la vibración de los sonidos (Solé *et al.*, 2021a). Por otra parte, indicaron que el ultrasónico en el rango de 6 a 30 kHz no alteró o desaceleró la conducta fototáctica de los copepoditos (Solvang y Hagemann, 2018).



En Chile, un antecedente fue recopilado sobre el uso de ondas de ultrasonido para el manejo de *C. rogercresseyi*. Este antecedente corresponde a una presentación de USonic validada por el Global Aquaculture Alliance (Prado, 2015). Este método se aplica bajo el agua, directamente sobre la jaula de los peces y, según los autores, no tiene ningún efecto ni sobre el salmón ni sobre mamíferos marinos, ya que son ondas de baja frecuencia: 20 watts por transmisor y 20 KHz. Los autores no evidenciaron efectos significativos de las ondas ultrasónicas sobre los estados juveniles a adultos, machos y hembras. Sin embargo, estadios tempranos del desarrollo (ej. nauplius) mostraron destrucción estructural de forma inmediata en estudios a escala comercial real durante un año. De esta manera, se observó la reducción en la frecuencia de la necesidad de aplicación de tratamientos farmacológicos. En general, Prado (2015) indica que la aplicación de ultrasonido reduce la frecuencia de tratamientos antiparasitarios, sin embargo, este efecto debe ser modulado por las condiciones ambientales que podrían causar re-infestaciones. Los autores indican que esta innovación no genera ningún efecto adverso ni sobre el crecimiento de los peces, ni sobre su salud y/o bienestar, sin embargo, no fue posible encontrar antecedentes independientes que pusieran a prueba esta afirmación.

### 5.2.3. Mecanismo de control químico.

#### a) Peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

Se recopilaron cinco publicaciones que utilizan peróxido de hidrógeno a partir de bioensayos y en estanques. Dos de ellos desarrollados en Noruega y tres en Chile. Los ensayos desarrollados en Noruega, evidenciaron una respuesta rápida sobre la mortalidad de los parásitos, incluso en tratamientos de 30 minutos de exposición a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Helgesen *et al.*, 2015). Adicionalmente, Overton *et al.* (2018) utilizaron concentraciones entre 1 y 2,25 gL<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, conservando una baja tasa de infestación para todas las concentraciones de peróxido de hidrógeno. Sin embargo, el tratamiento también evidenció una alta mortalidad de los salmones a partir de 1,5 gL<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y a bajas dosis se observa la rápida generación de resistencia por parte de los parásitos.

Las tres publicaciones registradas para Chile corresponden al uso y/o estandarización de concentraciones de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) para el manejo de *C. rogercresseyi* ya sea a través de bioensayos (Chávez-Mardones *et al.*, 2017; Marín *et al.*, 2017) o estudios en estanques con infestaciones a pequeña escala sobre *S. salar* (Valenzuela-Muñoz *et al.*, 2020). Marín *et al.* (2017) evidenció la inmovilización del 100% de los parásitos con dosis de 825 ppm H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> después de 1 hora del ensayo, sin embargo, existió una alta recuperación pasadas 24 horas. La máxima mortalidad observada en este ensayo fue de ~35% con una dosis de 1656 ppm H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Por otra parte, Chávez-Mardones *et al.* (2017) usaron concentraciones de hasta 2000 ppm H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> alcanzando hasta una mortalidad de cerca del 85%, aunque todas las hembras sobrevivieron a esta concentración, evidenciando el resultado sexo-específico que tiene este tratamiento sobre los adultos de *C. rogercresseyi*. De esta manera, debido a la alta tasa de recuperación y la baja efectividad en el control de hembras de *C. rogercresseyi*, esta metodología de control podría generar una rápida resistencia a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en los parásitos y por lo tanto la vigilancia es crucial. Adicionalmente, Valenzuela-Muñoz *et al.* (2020) realizaron ensayos de desafío en estanques con el objetivo de explorar las respuestas



moleculares de *C. rogercresseyi* y el salmón del atlántico tratado con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en tres concentraciones: 600, 800 y 1200 ppm H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. La modulación transcriptómica fue evaluada por secuenciación de alto rendimiento en parásitos y piel de salmones expuestos a diferentes concentraciones de este químico. Utilizaron ensayos *in vivo* para evidenciar el efecto del peróxido de hidrógeno en *C. rogercresseyi*, evaluando la eficacia de adherencia al hospedero, mortalidad y viabilidad de las larvas de hembras expuestas. Al aplicar el tratamiento, se observó 32,2, 86,2 y 86,1 % piojos de mar separados a los salmones en los tratamientos de 600, 800 y 1200 ppm H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, respectivamente; y alcanzando hasta un 100% 24 post-tratamiento en todas las concentraciones de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Además, observaron una mortalidad del 50% de las larvas producidas por hembras expuestas a 800 y 1200 ppm de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Gracias a los análisis transcriptómicos, los autores concluyen un complejo mecanismo de acción del peróxido de hidrógeno sobre *C. rogercresseyi*, que no sólo resulta en la parálisis por producción de burbujas en el parásito. Este tratamiento induce la modulación del estrés oxidativo y genes de respuesta a fármacos como respuesta a este estrés.

Todos los antecedentes evidencian la alta eficiencia del peróxido de hidrógeno como metodología para el manejo de las infestaciones de *C. rogercresseyi* en *Salmon salar*, alcanzando separación de los parásitos de hasta un 100% en estudios a pequeña escala. Sin embargo, estos trabajos también evidencian la necesidad de vigilar la sensibilidad de los parásitos al H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, ya que estos pueden generar resistencia a este químico de forma rápida y por lo tanto dificultar el manejo de las infestaciones, en un corto plazo. Finalmente, los antecedentes no evidenciaron efectos adversos sobre la salud o el bienestar sobre los salmones inducidos por los tratamientos con peróxido de hidrógeno, ni alteraciones en su crecimiento.

#### **b) Control por baño agua dulce/salobre.**

El mecanismo detrás del uso de agua dulce para el control del parásito se refiere a la poca tolerancia o alta susceptibilidad que poseen los caligididos marinos frente a disminuciones en la salinidad ambiental, provocando mortalidad y/o afectación en los parásitos. En cuanto a las dosis de aplicación, se han descrito en la literatura concentraciones inferiores a 5 ppm con variados tiempos de exposición, siendo de 30 minutos en *C. rogercresseyi* (Bravo *et al.*, 2015), 6 a 7 horas (Groner *et al.*, 2019), y 24 horas (Andrews y Horsberg, 2020). SERNAPESCA (2021) indicaron una eficacia de este TNF en la industria chilena de 89,1%, con un rango de 0 a 100% en el periodo comprendido entre el año 2016 y el 2020. Una tesis de maestría de la Universidad Noruega de Ciencia y Tecnología fue recopilada, la cual tenía como objetivo evaluar el efecto y la eficiencia que tratamientos con agua dulce podrían tener sobre *C. elongatus* y *L. salmonis* (Gaasø, 2019). La salinidad en los tratamientos evaluados por este estudio osciló entre 0,2 y 1 PSU, con un tiempo de exposición a cada tratamiento entre 10 y 11.5 horas, aproximadamente. El porcentaje de reducción de la carga parasitaria varió entre 77,7% y 99,6%, representando un método de alta efectividad para el manejo de las infestaciones de estas dos especies de parásitos, con una rápida respuesta. Respecto de las ventajas identificadas es que no representa riesgos hacia el ambiente, ya que no se emiten sustancias químicas y, por otra parte, no se han descritos efectos en el bienestar de los peces. En cuanto a las desventajas, se describe que el suministro y traslado del agua desde el lugar de origen hacia el lugar de destino, es engorroso, se



requieren de permisos especiales y consume tiempo. En cuanto a la mortalidad inducida, esta sería de 0,18% (Sviland Walde *et al.*, 2021).

Respecto de temas de resistencia, se ha descrito que el parásito *L. salmonis* puede recuperarse posterior a su retorno al agua de mar, además, que los parásito en estadio juvenil pueden sobrevivir a tratamientos de 24 horas con agua dulce (Andrews y Horsberg, 2020). Estos autores también describen que los copepoditos pueden sobrevivir a bajas salinidades por periodos largos de tiempo, pudiendo estos distribuirse en amplias zonas geográficas, sugiriendo la posibilidad de seleccionar parásitos salinidad tolerante. Groner *et al.* (2019) indicaron que los estadios adheridos del piojo de mar son osmoconformes que le permite sobrevivir a bajas salinidades, a diferencia de aquellos estadios de vida libre. Los estadios parasíticos se pueden aclimatar a salinidades bajas (entre 1 y 3 días) y posteriormente mantener la osmolaridad por días. Esto puede ser facilitado por el mismo pez, ya que entrega iones para reemplazar aquellos perdidos por causas ambientales. Borchel *et al.* (2021) indicaron variaciones en el transcriptoma de *L. salmonis* frente a tratamiento con agua dulce, en donde demostraron que ocurren cambios crónicos en la expresión de genes que comienzan después de 4 horas de tratamiento volviéndose más fuertes con periodos más largos de tiempo (24 horas). Estos autores indicaron que los genes candidatos a otorgar resistencia al parásito son genes transportadores, factores de transcripción y aquellos envueltos en la síntesis de prolina, la cual puede clave en el proceso de adaptación a cambios de salinidad, como también, frente a estrés ambiental (Guragain *et al.*, 2021).

### c) Control mediante baño con aceites naturales.

Actualmente, no hay mucha información científica y/o de difusión masiva disponible para este tipo de TNF, por lo que parte de la información corresponde a comunicaciones personales con personal de Mowi, los cuales han recopilado información empírica productiva – sanitaria relativas a la aplicación de este mecanismo. Se sugiere que el mecanismo de acción de estos compuestos contra el parásito *C. rogercresseyi*, consiste en provocar una rápida inmovilización y muerte de los individuos producto de un efecto tipo anestesia o efecto neurotóxico, que inactiva al parásito en estadio adulto. En general se recomienda el uso de dosis superiores a 100 ppb por aproximadamente 30 a 45 minutos. SERNAPESCA (2021) indican que la eficacia para este tipo de TNF es de 75,2%, en un rango de 12,9 a 100% en el periodo comprendido entre los años 2020 y 2021. Dentro de las ventajas se mencionan que este TNF es de rápido efecto, con una mantención de cargas bajas en el tiempo, sin embargo, se identificaron algunas desventajas como el potencial de recuperación post-tratamiento de los parásitos (1 y 24 horas), alteración de la conducta y coloración de los peces durante el tratamiento. En cuanto a resistencia, aún no se han publicado evidencias respecto de esta materia para este TNF, sin embargo, se puede considerar con potencial de desarrollo producto de la capacidad de recuperación frente a este antiparasitario.

### d) Enzimático.

Una patente fue compilada que describía un tratamiento preventivo de tipo químico, mediante el uso de una enzima quitinolítica, capaz de romper la quitina de los piojos de mar (Hoell *et al.*, 2016). Los



autores describen su potencial utilidad como tratamiento curativo para el manejo de infestaciones parasitarias. Así, en la patente se describe una reducción máxima del 75% de la presencia de parásitos vivos sobre los peces, sin describir o manifestar algún impacto negativo sobre los mismos.

#### **5.2.4. Mecanismo de control mediante estrategia combinada.**

Finalmente, una patente combinó el uso de un mecanismo químico con baños de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) y uno físico con ondas de sonido, los cuales interactúan para una mayor efectividad (Jamieson Ian, 2020). El fundamento de esta invención radica en que el  $H_2O_2$  genera burbujas de oxígeno en la superficie del cuerpo y dentro de los parásitos, ocasionando la inactivación o muerte de estos al emplear altas dosis. El ultrasonido provoca la compresión y la rarefacción de las burbujas generadas por el  $H_2O_2$  y, lo que hace que las burbujas dañen y maten a los ectoparásitos con una mayor eficiencia. Así, este método promete lograr una alta efectividad, inclusive en poblaciones resistentes a peróxido de hidrógeno, sin embargo, la patente no muestra resultados de ensayos experimentales que pongan a prueba la eficacia de esta innovación.

#### **5.2.5. Mecanismos preventivos contra el parásito.**

##### **5.2.5.1. Prevención mediante mecanismos físicos, químico o conductuales que impiden la fijación del parásito.**

###### **a) Semioquímicos.**

Se recopiló una publicación, donde los autores desarrollaron tres ensayos de campo en Escocia para investigar el potencial del uso de formulaciones de liberación lenta del semioquímico 2-Aminoacetofenona (2-AA) para interferir con las tasas naturales de infestación de piojos en el ambiente marino. Los semioquímicos son sustancias químicas emitidas por los organismos que pueden alterar el comportamiento de otros que habitan en su entorno. Por ejemplo, pueden actuar repeliendo o disminuyendo la atracción de parásitos a su hospedero objetivo, cómo lo observado en ensayos desarrollados por Hastie *et al.* (2013). En este trabajo observaron reducción significativa de hasta un 56% de la carga parasitaria y hasta el 62% de la prevalencia de *Lepeophtheirus salmonis* en salmón del Atlántico tratado con 2-AA. Sin embargo, la tasa de infestación de *Caligus sp.* no tuvo diferencias estadísticamente significativas entre el control y los grupos tratados con 2-AA. A pesar de ello, la proximidad de 2-AA y la liberación lenta y consistente de este semioquímico tiene un impacto positivo sobre el control de piojos de mar, principalmente donde *L. salmonis* representa un problema mayor de manejo. Adicionalmente, es necesario investigar sobre otras señales semioquímicas que puedan tener un mayor impacto sobre *Caligus* y profundizar sobre el posible efecto que puede tener el uso de los semioquímicos sobre el salud y bienestar de los peces objetivo.

Adicionalmente, 10 patentes estuvieron asociadas al uso de semioquímicos, como por ejemplo 2-aminoacetofenona, extractos de ginseng, curcumina, ácido palmitoléico, entre otros (Contreras-Lynch, 2010; Hastie y Bowman, 2014.; Lechado *et al.*, 2015; Mordue *et al.*, 2003; Pageat, 2016). Dentro de este grupo de semioquímicos, los inventores manifiestan reducciones entre el 50 y 100 %, sin generar algún impacto negativo sobre los peces (**Tabla A2, ANEXO 2**).



## **b) Manipulación de nado.**

La manipulación del nado de los peces con la finalidad de generar una separación espacial entre los salmónidos cultivados y los parásitos en estadios infectivos, que habitan principalmente en zonas pocas profundas, representa el método de control con mayor presencia en la recopilación obtenida. Se obtuvieron 12 antecedentes que utilizan diferentes estrategias o mecanismos para lograr que los peces generen un cambio en su comportamiento de nado, pasando la mayor parte del tiempo en zonas profundas. De los estos antecedentes internacionales recopilados, 11 provienen de ensayos desarrollados en Noruega y sólo uno en Escocia.

Específicamente, esta manipulación puede ser lograda a través del uso de luces en el fondo, a diferentes profundidades para atraer a los peces a esas zonas (Hevrøy *et al.*, 2003; Sievers *et al.*, 2018), que ha sido complementado con la alimentación en zonas profundas para reducir el tiempo que los peces ocupan en salir a la superficie con la alimentación tradicional (Frenzl *et al.*, 2014; Nilsson *et al.*, 2017). Adicionalmente, se ha implementado la inmersión de jaulas abarcando profundidades mayores a 10m (Glaropoulos *et al.*, 2019; Korsøen *et al.*, 2009), como también jaulas denominadas tipo “snorkel” (Geitung *et al.*, 2019; Oppedal *et al.*, 2019; Oppedal *et al.*, 2017; Stien *et al.*, 2016; Wright *et al.*, 2017). Las jaulas tipo “snorkel” son instaladas en profundidad (más de 3 metros por lo general) con un tubo central, cubierto por una red de plancton o lona, para que los peces puedan acceder a la superficie a alimentarse o tomar aire en una zona teóricamente libre de copepoditos.

Este tipo de control evidenció grandes ventajas, que van desde su alta eficacia en la reducción máxima de la carga parasitaria (65% - 100%), algunas son de bajo costo y fácil implementación (luz y alimentación profunda). La efectividad de este método es dependiente de las condiciones de cada sitio donde son implementados. Por ejemplo, la presencia de una haloclina es indispensable para la efectividad de este tipo de control, ya que mientras más marcada sea esta el distanciamiento entre los peces y el hábitat de los copepoditos de los parásitos será mayor, resultando incluso en una mayor carga parasitaria en peces que nadan en zonas profundas (Glaropoulos *et al.*, 2019).

Dentro de las desventajas de este tipo de control se encuentra las dificultades logísticas que algunas de ellas presentan, principalmente cuando se emplean jaulas tipo “snorkel”, pero además se ha observado un impacto sobre la salud y el bienestar de los peces. Esto implica, daños en el hocico y la aleta caudal de los peces (Stien *et al.*, 2016), pero se han registrado daños más graves como la deformación de la tercera región de la columna vertebral (Nilsson *et al.*, 2017).

Tres invenciones que manipulan el nado de los peces fueron compiladas, donde dos de ellas se asocian a la elaboración de complejos sistemas de cultivos en jaulas cerradas sumergidas (Bett, 2020; Kyrkjeboe, 2011); y una adicional donde introducen el uso de un cebo atractante, producido de extractos de los mismos centros de cultivo, y un sistema de trampas que en teoría reducirían la tasa de encuentro entre parásito-huésped (Andersen, 2011). Ninguna de estas patentes registra la reducción potencial alcanzada con la utilización de estos, ni el posible impacto que puedan ellos tener sobre los salmones de los centros de cultivo.





### c) Redes o jaulas protectoras.

Se recopilaron tres antecedentes que utilizan redes protectoras a diferentes profundidades. Dos corresponden a estudios realizados en Noruega, evidenciando reducción significativa de la carga parasitaria a través del uso de este tipo de redes de protección (Grøntvedt *et al.*, 2018; Wright *et al.*, 2019). La mayor reducción fue observada mediante la implementación de redes de poliéster tipo “skirt” con 10m de profundidad y 1m por encima del agua, alcanzando hasta un 82,3% de reducción. Sin embargo, se también lograron observar una disminución de los niveles de oxígeno en las jaulas con el tiempo, lo cual podría afectar la salud de los peces a largo plazo (Stien *et al.*, 2018).

Un antecedente adicional encontrado evaluó el efecto de jaulas cerradas sobre la abundancia de piojos de mar (*L. salmonis* y *C. elongatus*), comparado con jaulas abiertas. Las jaulas cerradas presentaban un sistema de entrada de agua tomaba a 25m de profundidad para evitar el ingreso de parásitos en estado infectivo, además ganando acceso a agua cálida durante el invierno. Este sistema cerrado obtuvo una reducción del total de la carga parasitaria en el 70-100% de las jaulas cerradas instaladas (Nilsen *et al.*, 2017). Los autores concluyen que el sistema de jaulas cerradas flotantes evaluado ofrece una protección efectiva contra piojos de mar (*L. salmonis* y *C. elongatus*), sin afectar la tasa de crecimiento, ni la supervivencia de los salmones en comparación con lo observado en el cultivo de peces por método tradicional.

Una patente fue compilada, la cual introduce el uso de una barrera preventiva para patógenos en general, no específica para piojos de mar. Esta invención corresponde a un sistema unido al perímetro de la jaula de los salmones, la cual evita el paso de los patógenos. Esta barrera además cuenta con un pulso electromagnético suficiente para neutralizar la presencia de bacterias, virus y ectoparásitos (Sánchez Raccaro, 2015). A pesar de mencionar la potencial utilidad de este sistema en la reducción de patógenos, la patente no indica los posibles efectos adversos que este pueda tener sobre los peces de cultivo, como tampoco la efectividad esperada por la implementación de este.

### d) Invertebrados filtradores.

Se revisaron tres antecedentes bibliográficos que evaluaron el uso de invertebrados filtradores, principalmente bivalvos, como controladores biológicos para los piojos de mar. Dos de estos antecedentes fueron desarrollados en Canadá (Byrne *et al.*, 2018; Jones *et al.*, 2013) y uno en Chile (Montory *et al.*, 2020). Jones *et al.* (2013) evaluaron la tasa de ingestión de parásitos por parte de diferentes especies de invertebrados (ej. *Crassostrea gigas*, *Mytilus spp.*, *Clinocardium nuttallii* y *Mizuhopecten yessoensis* x *Patinopecten caurinus*), donde todas obtuvieron altas tasas de consumo de larvas de *L. salmonis* alcanzando tasas de al menos 100 larvas por hora en el 60% de los individuos usados.

Por otra parte, Byrne *et al.* (2018) evaluaron dos aspectos importantes de la acuicultura multi-trófica integrada: el aumento del crecimiento de las Ostras del Pacífico en las inmediaciones de una explotación comercial de Salmón del Atlántico en Columbia Británica, y la medida en que las ostras



sirvieron para mitigar la abundancia de larvas de piojos de salmón dentro de los centros de cultivo. Los autores no lograron identificar una reducción significativa en la densidad de larvas de piojos de mar asociada a la presencia de las ostras, sin embargo, la densidad de infestación se mantuvo baja en todos los grupos tratados, lo que afectaría la capacidad de los bivalvos para consumir este recurso debido a su baja disponibilidad. El diseño de la colocación de los filtradores debe ser evaluada caso a caso, ya que, a pesar de no mostrar evidencias en la reducción de piojos en este estudio, tiene un gran potencial para ser incorporados en los manejos multi-tróficos integrados en acuicultura.

En el antecedente recopilado para Chile, los autores estudiaron el potencial del bivalvo filtrador *Mytilus chilensis* como controlador biológico de infestaciones de *C. rogercresseyi*. Para ello, evaluaron la susceptibilidad de larvas nauplio II y copepoditos de este parásito de ser predados por el bivalvo, considerando además la talla de los choritos sobre la tasa de ingesta (Montory *et al.* 2020). Los autores no reportaron diferencias significativas en la ingesta de nauplius II entre las diferentes tallas de *M. chilensis*, pero si en la ingesta de copepoditos. En detalle, considerando todos los tamaños de *M. chilensis*, el 82,4% de los nauplius II fueron ingeridos por los choritos, mientras que los copepoditos fueron ingeridos en un 81,2% por los choritos grandes (~7 cm), 65,4% por los medianos (~5 cm) y 54,2% por los pequeños (~3 cm). Los resultados presentados por Montory *et al.* (2020), indican la capacidad de *M. chilensis* de filtrar larvas pelágicas de *C. rogercresseyi*, reduciendo su abundancia en estanques, sin embargo, los autores destacan la necesidad de más estudios que evalúen la efectividad de este método de control de parásitos en condiciones naturales (escala comercial), diferentes condiciones ambientales, concentraciones de larvas y de choritos; como también el impacto que pueda tener este método sobre el bienestar de los peces.

#### **e) Trampas de luz.**

Dos publicaciones fueron recopiladas de la literatura, desarrolladas en Canadá y Estados Unidos, utilizando luces artificiales (ej. LED) para atraer piojos de mar a trampas donde eran capturados. Ambos antecedentes evidenciaron la disminución significativa de los tratamientos con trampas de luz, en comparación con los controles, capturando principalmente larvas de piojos de mar (Pahl *et al.*, 1999), que representan el estadio con capacidad de adherirse a los salmones, inclusive en ensayos desarrollados a escala comercial en jaulas en el océano (Novales Flamarique *et al.*, 2009). Este tipo de metodología destacan por ser eficientes, fáciles de implementar y de bajo costo, sin embargo, su implementación podría perjudicar otras especies de importancia comercial, ya que esas larvas podrían ser atraídas por estas trampas, como también podrían atraer otros patógenos a los centros de cultivos.

#### **f) Tamizado de agua en recirculación.**

Una tesis de maestría del departamento de ciencias de la vida y físicas del Instituto de Tecnología de Galway-Mayo (GMIT) en Irlanda tuvo como objetivo, en su capítulo II, evaluar modificaciones existentes al sistema de cosecha para producir un sistema mecánico de recolección y remoción de piojos de mar sobre condiciones normales de producción. Así, probaron dos métodos de filtrado, uno con redes o tamices de 1 mm y otro con filtros de 80 micras (80  $\mu$ m). La reducción del número de piojos de mar conseguida mediante el filtrado del agua de descarga fue del 89,5% con tamices de 1 mm y



de más del 99% con filtros de 80  $\mu$ m. Este ensayo fue desarrollado a una escala piloto, sin salmones en los estanques y sólo recirculando el agua que pasaba a través de los tamices, por lo tanto, se desconoce su utilidad a escalas comerciales (O'Donohoe, 2018). Concluyen que esta tecnología tiene el potencial para ser adoptado a gran escala en sitios de producción, donde se podría desarrollar el uso de un sistema rotatorio u otras estructuras a medida.

#### **g) Pulsos eléctricos preventivos.**

El sistema denominado SPG (por sus siglas en inglés Seafarm Pulse Guard), desarrollado y patentado en Noruega, consiste en un cerco eléctrico instalado de forma cercana a las jaulas. Este sistema busca prevenir el ingreso de estados móviles a las jaulas de cultivos de salmónidos (Ingvarsdóttir *et al.*, 2012). Según los autores, el tratamiento con SPG mostró los más bajos niveles de infestación de piojos de mar y no evidenciaron impactos negativos sobre la salud de los salmones, a través de un seguimiento realizado cada dos semanas, durante 5 meses, sin embargo, no se encontraron estudios adicionales e independientes, que evidencien las ventajas y desventajas de la implementación de este tipo de tecnología.

### **5.2.5.2. Prevención mediante mecanismos inmunológicos.**

#### **a) Inmunoestimulantes.**

Dos antecedentes, provenientes de Escocia y Chile, evaluaron el efecto de la alimentación funcional sobre la reducción de las infestaciones de piojo de mar (Jensen *et al.* 2015, Núñez-Acuña *et al.* 2015). En el estudio proveniente de Escocia, los autores evaluaron específicamente inmunoestimulantes como glucanos, mananligosacáridos-MOS, 3.7-dimethyl-2.6-octadienal (citril) y una mezcla de compuestos naturales idénticos (Núñez-Acuña *et al.* 2015). La mayor diferencia fue la observada entre el control y la mezcla de compuestos naturales idénticos, aunque sólo con un 15% de reducción en la infestación de *L. salmonis*. De esta manera, éste representa un estudio piloto con resultados muy bajos, aunque significativos, en la reducción de la infestación de piojos, sin causar daños sobre los salmones o efectos adversos sobre su bienestar.

El antecedente desarrollado en Chile, tuvo como objetivo evaluar la modulación del transcriptoma en función de los aditivos en la alimentación (inmunoestimulante más compuestos antiadherentes) en *S. salar* infestado con *C. rogercresseyi* (Núñez-Acuña *et al.*, 2015). Para ello los autores generaron un experimento con una condición control con una dieta comercial basal, sin aditivos y un tratamiento experimental con la dieta basal suplementada con 1% de inmunoestimulantes y 3% compuestos de anti-adherencia (EWOS Innovation, Chile). Ambos compuestos son extractos naturales derivados de plantas. Después de 21 días, ambos grupos fueron infestados con copepoditos de *C. rogercresseyi* a una densidad de 35 copepoditos/pez y conservaron además un control sin copepoditos para ambos grupos. El muestreo de infestación se realizó 15 días post-infección. De todos los grupos extrajeron RNA para secuenciación por Illumina TruSeq 2x250 y se desarrollaron análisis bioinformáticos de RNAseq para ver diferencias en perfiles de expresión entre los tratamientos. Los autores evidenciaron reducción significativa en la densidad de infestación entre tratamientos, donde los grupos alimentados



con compuestos inmunoestimulantes y de anti-adherencia mostraron un 22% menos de carga parasitaria que el control. Los resultados en los perfiles de expresión sugieren que la mucosa de la piel explica mejor los mecanismos de defensa del salmón, en comparación con el riñón. Además, evidenciaron la activación y sobre-expresión de diferentes respuestas defensivas contra la infestación del parásito en el tratamiento de alimentación funcional. De esta manera, los autores concluyen que su trabajo provee un antecedente clave para el uso de aditivos en ensayos a escala comercial y que tienen el potencial de ser integrados en el manejo de enfermedades parasíticas en la industria del salmón.

#### **b) Control por cría selectiva.**

Un antecedente recopilado, proveniente de Escocia, tenía como objetivo desarrollar un ensayo de desafío estandarizado para medir la resistencia del salmón a la infección por piojos de mar, estimar la heredabilidad de la resistencia a este parásito en los peces jóvenes y desarrollar un modelo matemático para predecir la respuesta a la selección para aumentar la resistencia de los peces a infestaciones de piojos. En este trabajo, estimaron la heredabilidad de la susceptibilidad de los salmones a presentar menor carga parasitaria y ajustaron modelos epidemiológicos para predecir la dinámica de infestación bajo un escenario de cría selectiva (selección artificial). Los autores encuentran que después de 5 generaciones, la frecuencia del uso de tratamientos farmacológicos para tratar los piojos de mar se reduciría en un 5% con una intensidad de selección del 80%, y cerca del 50% con una intensidad de selección del 1%. Este último escenario indica que, de los peces seleccionados, en cada generación, sólo el 1% presentaron menor carga parasitaria para reproducirse. Estos modelos predicen que después de 10 generaciones de cría selectiva, el uso de fármacos podría reducirse a valores cercanos a 0 (Gharbi *et al.*, 2015). Así, este mecanismo de control tiene un gran potencial para el manejo de las infestaciones de piojos de mar, sin afectar el bienestar de los peces, sin embargo, el tiempo de respuesta es muy largo y no fue posible encontrar estudios empíricos que pongan a prueba los escenarios modelados.

#### **5.2.5.3. Prevención mediante formulación de estrategias de manejo y gestión.**

##### **a) Control geográfico-temporal: modelos epidemiológicos y de dispersión.**

El control basado en modelación geográfico-temporal busca entender las dinámicas espaciales y temporales de infestación de los parásitos, para de esta manera lograr establecer “cortafuegos” que logren reducir de forma significativa la presencia de los parásitos en los centros de cultivo en grandes escalas espaciales. Por ejemplo, un área de cultivo que agrupa varios centros puede entenderse como una red, donde cada centro representa un nodo de la red, por lo tanto, conocer las dinámicas de dispersión en esta área, ayudaría a identificar nodos o centros de gran influencia en la dinámica de dispersión y así removerlos o reubicarlos. De esta manera, se lograría comprender el número y la posición de los centros de cultivos que deben ser reubicados para obtener un mayor impacto sobre las tasas de infestación en un área determinada (Samsing *et al.*, 2019). En los antecedentes recopilados, se lograron identificar dos publicaciones que emplearon estos modelos con datos históricos en Canadá y Noruega (Peacock *et al.*, 2020), ambos destacando la importancia de



considerar los patrones espaciales y temporales en las dinámicas de infección, para el establecimiento de posibles zonas libres de centros de cultivo para generar un mayor control en la transmisión de los parásitos.

Esta metodología tiene la desventaja que en la actualidad no existen suficientes ensayos en condiciones reales, no simuladas, que permitan evidenciar su real impacto en áreas de cultivo, pero representan un nuevo paradigma en la mitigación de patógenos marinos asociados a centros de cultivo.

#### **b) Métodos preventivos multi-estrategia.**

Una estrategia que ha sido implementada recientemente, con resultados satisfactorios, es la utilización conjunta de métodos curativos y preventivos. Dos estudios publicados Noruega aplicaron de forma combinada control curativo biológico (peces limpiadores) con mecanismos de control preventivo con alimentación funcional, luces led en el fondo y mallas tipo “skirt” (Bui *et al.*, 2020; Gentry *et al.*, 2021). En ambos, el tratamiento que incluía todos los mecanismos de control fue el que presentó mayor reducción en la tasa de infestación de los peces, alcanzando hasta un 93% de reducción en la carga parasitaria. Adicionalmente, no se observó que la implementación de estas tecnologías tuviera un impacto sobre el estado del bienestar de los peces durante los 13 meses de realizado estos estudios.

Utilizando la información entregada en este objetivo, se generó un listado de mecanismos en tratamientos no farmacológicos que será expuesto en el desarrollo del objetivo específico 2.



**Objetivo 2:** Efectuar una evaluación comparativa de los distintos tratamientos no farmacológicos identificando sus ventajas y desventajas, incorporando la revisión de estándares de bienestar animal en la aplicación de cada método e información respecto a la eficacia de cada método, en la disminución de cargas parasitarias.

### 5.3. Generación de un catastro de estrategias o tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.

#### 5.3.1. Selección de estudios relacionados a tratamientos no farmacológicos (Publicaciones en revistas científicas, tesis e informes técnicos).

La **Tabla 2** muestra el catastro de la literatura compilada en Google académico, Web of Science, bases de datos de bibliotecas de universidades nacionales y extranjeras, entre otros. Este catastro no incluye patentes.

**Tabla 2.**

Tabla resumen de literatura asociada a los tratamientos no farmacológicos para el manejo de infestaciones de piojos de mar.

Autores	País	Manejo	Tipo de control	Mecanismo
Prado, 2016	Chile	Curativo	Físico	Onda ultrasónica
Chávez-Mardones <i>et al.</i> , 2017; Marín <i>et al.</i> , 2018; Valenzuela-Muñoz <i>et al.</i> , 2020	Chile		Químico	Peróxido de hidrogeno
Losos <i>et al.</i> , 2010	Canadá	Curativo	Biológico	Peces limpiadores
Leclercq <i>et al.</i> , 2014	Escocia	Curativo	Biológico	Peces limpiadores
Deady <i>et al.</i> , 1995	Irlanda	Curativo	Biológico	Peces limpiadores
Barrett <i>et al.</i> , 2020c; Imsland <i>et al.</i> , 2019; Imsland <i>et al.</i> , 2014a,b	Noruega	Curativo	Biológico	Peces limpiadores
Barrett <i>et al.</i> , 2020a,d			Físico	Luz UV-C
Skjelvareid <i>et al.</i> , 2018			Físico	Onda ultrasónica
Helgesen <i>et al.</i> , 2015; Overton <i>et al.</i> , 2018			Químico	Peróxido de hidrogeno
Overton <i>et al.</i> , 2019b			Térmico	Baño frío

#### 5.3.2. Selección de estudios relacionados a tratamientos no farmacológicos (Patentes).

En la **Tabla 3** se muestra el resumen de las patentes compiladas a partir de la búsqueda en *Patents Scope* y *Google Patents*, el cual contiene 58 patentes, resumidas en 12 invenciones.



**Tabla 3.**  
Catastro de patentes compiladas en Patents Scope y Google Patents sobre tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.

Inventor	Código	También como	Región aplicación	Tipo de control	Mecanismo
Ziller-Vergara, 2014	DK201400427		Dinamarca	Físico	Pulsos electromagnético
Halse, 2021	US20210023572		Estados Unidos	Físico	Térmico
Ziller-Vergara, 2015	EP2837284	CA2858878, CL2013002345	Europa	Físico	Pulsos electromagnético
Øren y Grøntvedt, 2017	EP3114926			Mecánico	Agua alta presión y succión
Casey, 2020	WO2020104641	CA3108230, GB2579187, AU2019383521, EP2019808784, NZ772527	Internacional	Físico	Infrarrojo
Campbell y Conneely, 2017	WO2017199019	GB2550559, CL20183244, CL2018003244, NO20181621, CA3062821			Ondas de sonido
Alevy, 2017	WO2017044985	AU2016321433, EP3346850, CN108347973, RU2018113075, JP2018532425, US20170094950, CA3036403			Ondas de sonido
Álvarez-Gatica, 2021	WO2018090157	EP3542622, CL2016002937, AU2017361302, US20190269107, CN110248542, JP2019535274, CA3043126, IN201917018398, RU2019114122			Pulsos eléctricos
Hansen Eyðbjörn, 2019	WO2016189146	AU2016269153, DK179780, KR1020180019006, EP3302047, CN107979972, US20180153142, BR112017025547, RU2017142615, RU0002700086, JP2018519852, CA2987332, NZ737949, DKPA201770950, IN201727046709, US20200120903		Mecánico	Agua alta presión y succión
Lindgren, 2018	WO2018128743	US20180184624, NO20190733, CA3047964			Agua alta presión y succión



<i>Lindgren, 2018</i>	WO2018111645	US20180160657, NO20190734, CA3048470			Agua alta presión y succión
<i>Jamieson, 2020</i>	WO2020053311			<i>Estrategia combinada</i>	Peróxido de Hidrógeno + Ondas de sonido

## 5.4. Análisis comparativo entre estrategias o tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.

### 5.4.1. Análisis comparativo a nivel internacional.

De la revisión de la experiencia internacional con tratamientos no farmacológicos para control del piojo de mar, se extrajo el listado de tratamientos no farmacológicos utilizados o en vías de utilización, el cual se muestra a continuación:

- Peces limpiadores
- Luz UV-C
- Baño térmico
- Baño agua dulce
- Onda ultrasónica
- Agua a presión y succión
- Peróxido de Hidrógeno

Posteriormente, se procedió a analizar de forma comparativa diferentes aspectos que pueden generar una ventaja o desventaja entre ellos. De acuerdo a la metodología de González Gómez y Ovalle Merino (2018) se considerará una fortaleza un rasgo que genera una ventaja comparativa y por ende un rasgo considerado como positivo, y una debilidad la situación contraria. Gracias a esto se le asignará +1 a cada fortaleza y -1 a cada debilidad, siguiendo las características descritas en la **Tabla 4**, las cuales se sumarán para obtener un ranking de tratamientos. Debido a la descripción disponible de los mecanismos, no fue posible identificar aquellos aspectos como volúmenes de agua, antecedentes ambientales, infraestructura, certificaciones, mercado. Sin embargo, se identificaron otros aspectos claves, siendo: si el tratamiento genera pérdida de susceptibilidad de los parásitos con el uso continuo de este, porcentaje de reducción mínima, porcentaje de reducción máxima, impacto sobre la salud y/o bienestar de los salmónidos, duración de aplicación del tratamiento para lograr la reducción máxima.





**Tabla 4.**  
Características asociadas a una fortaleza y una debilidad asignados a parámetros revisados para cada mecanismo de tratamientos no farmacológicos.

Parámetro	Fortaleza (o ventaja), Puntaje +1	Debilidad (o desventaja), Puntaje -1
Dosis recomendada	No aplica	No aplica
Tiempo de exposición o tratamiento	Tiempo de exposición reducido, con la menor exposición de peces al tratamiento	Tiempo de exposición extendido con mayor exposición de peces al tratamiento
Estadio objetivo	Estadios estrictamente parasitarios, chalimus y adultos	Solo 1 estadio cualquiera fuere, o no se informe
¿Genera pérdida de susceptibilidad?	Que el mecanismo no se asocie a potencial desarrollo de resistencia, ya sea por evidencias científicas o por la falta de estas.	Que se asocien evidencias científicas a resistencia evidente en el parásito.
Eficacia mínima registrada	Que la eficacia mínima informada sea superior o igual a 50%	Que la eficacia mínima informada sea inferior al 50%, o no indique
Eficacia máxima registrada	Que la eficacia máxima informada sea superior o igual a 80%	Que la eficacia máxima informada sea inferior al 80%, o no indique
Impacto en el bienestar animal	Que se asocien evidencias científicas que indiquen sin alteración al bienestar animal o la falta de estas.	Que se asocien evidencias científicas de perjuicio en el bienestar animal

En la **Tabla 5**, se entregan los datos revisados y asociados a los parámetros comparativos a los cuales se le asignó un sistema de puntaje comparativo.

**Tabla 5.**  
Resumen comparativo de ventajas y desventajas de los diferentes tratamientos no farmacológicos, con referencia internacional.

Parámetros	Peces limpiadores	Luz UV-C	Baño frío	Baño tibio	Baño agua dulce	Onda ultrasónica	Agua a presión y succión	Peróxido de Hidrógeno
Dosis recomendada	Peces globo y/o lábridos	≥ -0,06 J cm <sup>-2</sup>	-1, 1 y 5°C	33°C	< 5 ppm	9,3 kHz a 220,6 dB	<1.7 bar	1000 ppm
Puntaje	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Tiempo de exposición o tratamiento	Varias semanas	60 min por 4 días	-1°C por 10 min 1°C por 240 min	30 segundos	12 horas	Uso continuo	3 segundos por pez	20 minutos
Puntaje	-1	-1	+1	+1	+1	-1	+1	+1
Estadio objetivo	Adultos y chalimus tardíos	Larvas nauplios y copepoditos	No indica	Adultos y chalimus	Adultos	Larvas nauplios y copepoditos	Adultos y chalimus	Adultos y chalimus
Puntaje	+1	-1	-1	+1	-1	-1	+1	+1
¿Genera pérdida de susceptibilidad?	No	No	Si	Si	Si	No	No	Si
Puntaje	+1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	-1
Eficacia mínima registrada	50%	50%	31,1%	75%	77,7%	No indica	73%	95%
Puntaje	+1	+1	-1	+1	+1	-1	+1	+1
Eficacia máxima registrada	97,9%	99%	99,6%	86%	99,6%	99%	98%	99%
Puntaje	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
Impacto en el bienestar animal	Potencial de disminución en crecimiento	Cataratas, alteración de la piel y conducta	Daños en la aleta caudal, piel y ojos	Lesiones en branquias, ojos, cerebro, aletas, alteración de conducta (nocicepción)	Sin efectos identificados	No indica	Estrés, descamación con recuperación en 24 horas	Alta mortalidad post-tratamiento
Puntaje	-1	-1	-1	-1	+1	+1	-1	-1
Puntaje total	+2	0	-2	0	+2	0	+4	+2

Del análisis de puntajes asociados a cada tratamiento se identificó el siguiente ranking:



- 1) Agua a presión y succión: +4 puntos
- 2) Peces Limpiadores, Baño agua dulce y Peróxido de hidrógeno: +2 puntos cada uno.
- 3) Luz UV-C, Baño térmico tibio, onda ultrasónica: 0 a 1 punto.
- 4) Baño termino frío: - 2 puntos.

Del análisis de la experiencia internacional, se puede indicar que el tratamiento que utiliza agua a baja presión y mecanismos de succión correspondería a aquel con las mayores ventajas comparativas frente a los otros sistemas revisados. Este mecanismo es seguido por los tratamientos con peces limpiadores, baños de agua dulce y peróxido de hidrógeno dadas principalmente por los estadios objetivos y las eficacias informadas. Los tratamientos con Luz UV-C, baño térmico tibio, onda ultrasónica arrojaron 0 o 1 punto, por lo que en términos comparativos quedarían por debajo de los tratamientos anteriores. En último lugar se identificó a baño térmico con agua fría, el cual arrojó valores negativos por lo que no representa ninguna ventaja comparativa que argumente su uso. Se debe mencionar que todos los tratamientos (excepto baños con agua dulce según literatura) provocan alteración del bienestar animal en distintos grados según el tratamiento, siendo un aspecto relevante. Se identifica como materia pendiente determinar si los efectos en el bienestar corresponden a daños irreparables o que alteren significativamente el bienestar del pez.

#### **5.4.2. Análisis comparativo a nivel nacional.**

De la revisión de las experiencias en Chile con tratamientos no farmacológicos para controlar las infestaciones por piojo de mar en salmónidos, se procedió a analizar diferentes aspectos que pueden generar una ventaja o desventaja entre ellos, en base al siguiente listado identificado:

- Peces limpiadores
- Shock térmico (tibio)
- Onda ultrasónica
- Agua a presión y succión
- Peróxido de Hidrógeno
- Agua dulce
- Baño aceite natural
- Pulso electromagnético

Aquellos tratamientos que incluyen algún tipo de electricidad se agruparon en un solo mecanismo. De esta manera, los aspectos claves que pudieron ser rescatados de los documentos revisados fueron: si el tratamiento genera pérdida de susceptibilidad de los parásitos con el uso continuo de éste, porcentaje de reducción mínima y máxima reportada en la literatura revisada con aplicación en Chile, impacto sobre el salud y/o bienestar de los salmónidos, duración de aplicación del tratamiento para lograr la reducción máxima, y cuáles son los antecedentes de aplicabilidad de estos antecedentes en Chile. Al igual que para los tratamientos no farmacológico internacionales, para los tratamientos en Chile no se logró identificar aquellos aspectos como volúmenes de agua, antecedentes ambientales,



infraestructura, certificaciones, mercado. Para la asignación de fortaleza o debilidad y sus puntajes se utilizó las mismas características y asignaciones descritas en la **Tabla 6**.

**Tabla 6.**

Resumen comparativo de ventajas y desventajas de los diferentes tratamientos no farmacológicos, con referencia en Chile.

Parámetros	Peces limpiadores	Shock térmico (tibio)	Onda ultrasónica	Agua a presión y succión	Peróxido de Hidrógeno	Agua dulce	Baño aceite natural	Pulso electromagnético
<i>Dosis recomendada</i>	Salmo salar: <i>Eleginops maclovinus</i> (3:1) ( <i>Malapterus reticulatus</i> sin información)	~33°C	20000 Hz	<1.7 bar	750 ppm	0 a 5 ppm	125 ppb	Variable
<i>Puntaje</i>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
<i>Tiempo de exposición o tratamiento</i>	Varias semanas	30 segundos	Uso continuo	3 segundos por pez	20 minutos	1 hora	Hasta 45 minutos	Pocos segundos
<i>Puntaje</i>	-1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Estadio objetivo</i>	Adultos, chalimus tardíos	Adultos	Larvas nauplios, copepodito	Adultos y chalimus	Adultos y chalimus	Adultos	Adultos	Adultos
<i>Puntaje</i>	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	-1
<i>¿Genera pérdida de susceptibilidad?</i>	No	Si	No	No	Si	Si	Si	Se desconoce
<i>Puntaje</i>	+1	-1	+1	+1	-1	-1	-1	+1
<i>Eficacia mínima registrada</i>	48%	No indico	30%	90%	86,2%	0%	75%*	No indica
<i>Puntaje</i>	-1	-1	-1	+1	+1	-1	+1	-1
<i>Eficacia máxima registrada</i>	93,6%	95%	50%	100%	100%	100%	100%	~ 59% (electricidad no indica).
<i>Puntaje</i>	+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	-1
<i>Impacto en el bienestar animal</i>	Potencial de disminución en crecimiento	Lesiones en branquias, ojos, cerebro, aletas, alteración de conducta (nocicepción)	Sin alteraciones	Estrés, pero recuperación en 24 horas	Alta mortalidad post-tratamiento	Sin alteraciones	Alteración de conducta	Sin alteraciones
<i>Puntaje</i>	-1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1
<b>Puntaje total</b>	<b>0</b>	<b>-2</b>	<b>-2</b>	<b>+4</b>	<b>+2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Nota:** \* indica que eficacia fue informada por una empresa salmonera y como parte de sus registros.

Del análisis de puntajes asociados a cada tratamiento se identificó el siguiente ranking:

- 1) Agua a presión y succión: +4 puntos
- 2) Peróxido de hidrógeno: +2 puntos.
- 3) Peces Limpiadores, Baño agua dulce, Baño aceite natural y Pulso electromagnético: 0 puntos.
- 4) Shock térmico (tibio) y Onda ultrasónica: - 2 puntos.

De los tratamientos no farmacológicos con antecedentes bibliográficos para Chile, se puede indicar que el tratamiento que utiliza agua a baja presión y mecanismos de succión correspondería a aquel con las mayores ventajas comparativas frente a los otros sistemas revisados, seguido del peróxido de hidrógeno. Los peces limpiadores, baño agua dulce, con aceite natural y pulso electromagnético se encuentran en tercer lugar debido principalmente por los estadios objetivos y las eficacias informadas.



En último lugar y con un puntaje negativo se encuentra el shock térmico presentando en su mayoría debilidades o desventajas. Nuevamente, gran parte de los tratamientos no farmacológicos revisados para Chile, presentan alteraciones en el bienestar animal, a excepción del tratamiento con agua dulce (en base a la literatura científica), onda ultrasónica y pulso electromagnético (basado en la mención de las patentes y no desde literatura científica con revisión de pares).

#### 5.4.3. Listado de tratamientos no farmacológicos para el control del piojo de mar.

Del análisis anterior, se realizó la selección de los tratamientos sin considerar el ranking estimado en el punto anterior, dando prioridad a su selección en base a la presencia del mecanismo en Chile. Este listado se presenta en la **Tabla 7**:

**Tabla 7.**

Listado de tratamientos no farmacológicos derivados del análisis de la literatura y que serán objeto de estudio en los objetivos siguientes.

Mecanismo empleado	Tratamiento
Tratamiento biológico	Peces limpiadores.
Tratamiento mecánico	Agua alta presión y succión
	Tratamiento térmico
	Pulsos electromagnéticos (o electricidad directa)
	Ultrasonido
Tratamiento químico	Peróxido de hidrógeno (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ).
	Control por baño con agua dulce/salobre
	Control por baño con aceites naturales

### 5.5. Identificación y análisis cualitativo de efectos negativos en el bienestar animal ocasionados por tratamientos no farmacológicos contra Caligidosis.

#### 5.5.1. Recopilación de información relativa a bienestar animal.

De manera general, se resalta la escasez de evaluaciones de bienestar animal en los peces previo y posterior a la aplicación de tratamientos no farmacológicos. Sin embargo, se logró la recopilación de algunos aspectos y/o información relativa a bienestar animal e indicadores investigados, los cuales se recopilaron considerando los mecanismos de tratamiento no farmacológico nombrados en el listado identificado e indicado en el punto 5.4.3:

- Peces biocontroladores:** En cuanto al bienestar animal de los peces, se han descrito efectos como altas mortalidades de peces biocontroladores como ballan wrasse y lumpfish producto de su captura y traslado hacia centros de cultivo (Geitung *et al.*, 2020). Debido a su confinamiento en los centros de cultivo, el ballan wrasse, reduce su crecimiento en



condiciones de otoño invierno, lo que puede reducir su efectividad en el control del parásito. Gentry *et al.* (2021) indicaron que los peces biocontroladores pueden evidenciar bajo factor de condición, daño en aleta y deterioro general en los individuos producto de un ambiente no enriquecido para sus hábitos biológicos y ecológicos normales. Respecto de bienestar animal en salmónidos de cultivo expuestos a esta herramienta, no fue posible encontrar información en los documentos revisados.

- b) **Shock térmico:** Moltumyr *et al.* (2021) han descrito alteración de la conducta con fuerte incremento en el movimiento de los peces hasta la pérdida de equilibrio, con sacudidas de cuerpo y cabeza y nado en círculo, lo que se considera como un resultado nocifensivo o doloroso (Nilsson *et al.*, 2019). Por otra parte, se describen lesiones en aletas en *S. salar* (Moltumyr *et al.*, 2021), heridas agudas en tejidos como branquias, ojos, cerebro y posiblemente en la cavidad nasal y timo cuando *S. salar* se expuso a agua con 34 a 38 °C por 72 a 140 segundos (Gismervik *et al.*, 2019). Por otra parte, tratamientos con agua fría (-1 °C) por 10 min y 1 °C por 240 min redujeron cargas parasitarias, pero provocaron daño en piel y ojos (Overton *et al.*, 2019b). Las mortalidades registradas y asociadas a esta alteración del bienestar es de 0,5% (Sviland Walde *et al.*, 2021).
- c) **Ondas ultrasónicas:** Solé *et al.* (2021a) indicaron que posterior a un análisis exhaustivo de los salmones expuestos a ondas ultrasónicas se evidenció que estos individuos no se ven afectados por el uso de esta herramienta no farmacológica. Posterior a un análisis histopatológico los salmones no mostraron ninguna lesión que pudiera ser relacionada a la exposición de sonido. Los otolitos tampoco evidenciaron ningún efecto (Solé *et al.*, 2021b).
- d) **Tratamiento mecánico (presión y succión de agua):** Actualmente no existen estudios relacionados a bienestar animal y tratamiento mecánico, excepto las menciones a pérdidas de escamas, sangramiento de branquias y heridas en la piel (Guragain *et al.*, 2021). También se ha mencionado que este mecanismo provoca estrés agudo y casos severos de daño físico general (Overton *et al.*, 2019a).
- e) **Peróxido de hidrógeno:** Martinsen *et al.* (2018) mencionaron que este compuesto en el tratamiento de la AGD provoca una buena recuperación de las branquias post tratamiento, mejorando su condición. Karlsen *et al.* (2021) indicaron que la aplicación de 1000 ppm de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> mostro daños en piel persistentes hasta por 24 horas post tratamiento, observando efectos a nivel celular con reducción en la migración de escamas expuestas y de queratinocitos, reduciendo la adhesión al sustrato y entre células. Overton *et al.* (2018) indicaron que ocurre un aumento de la mortalidad de salmones expuestos a concentraciones iguales o superiores a 1500 ppm, probablemente debido a daño en branquias y estrés agudo. Estas evidencias indican que la alteración al bienestar es dosis dependiente. Vera y Migaud (2016) indicaron que posterior a la exposición de *S. salar* con 1500 ppm de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a distintas horas del día, observaron que la administración de este compuesto causa diferencias significativas en los peces tratados en cuanto a respuestas fisiológicas y de estrés oxidativo.



- f) **Control mediante baño con agua dulce:** Respecto de este TNF, no se encontraron mayores antecedentes referidos a efectos en el bienestar animal, siendo descrito como una técnica con muy bajo efecto en la condición y estado fisiológico de los peces (Guragain *et al.*, 2021).
- g) **Control mediante baño con aceites naturales:** No se encontraron mayores antecedentes referidos a efectos en el bienestar animal. Solo aquellos mencionado por personal de la empresa MOWI (comunicación personal) que indican cambios en la conducta y coloración del pez, y mortalidades moderadas ocurridas durante el tratamiento. Es requerida la realización de estudios que permitan ahondar en el conocimiento de esta herramienta no farmacológica sobre el bienestar del pez.
- h) **Control mediante pulsos electromagnéticos:** La información para este TNF es escasa. Ziller Vergara (2015) y Ziller-Vergara (2016) indica que no existen alteraciones de conducta o condición de los peces tratados mediante este tratamiento. Sin embargo, de acuerdo a Rommel y McCleave (1973) *Salmo salar* presenta electro - sensibilidad que le permite detectar campos electromagnéticos que ocurren naturalmente. Esta capacidad le permite al pez orientarse en el medio acuático, por lo que fluctuaciones naturales en el campo geomagnético pueden alterar la distribución espacial y actividad locomotora (Krylov *et al.*, 2014). Debido a esto, se evidencia la necesidad de estudios que permitan ahondar en el conocimiento de esta herramienta no farmacológica sobre el bienestar del pez.
- i) **Control mediante electricidad directa:** de acuerdo a Álvarez (2021) esta herramienta no farmacológica no induce alteración del bienestar del pez. Sin embargo y muy parecido al TNF pulso electromagnético, de acuerdo a Rommel y McCleave (1973) *Salmo salar* presenta electro - sensibilidad que le permite detectar campos electromagnéticos; y que variaciones en el campo geomagnético pueden alterar la distribución espacial y actividad locomotora (Krylov *et al.*, 2014). Por otra parte, Roth *et al.* (2003) mencionan que la exposición de *S. salar* a electricidad directa puede generar contracciones musculares e incluso lesiones como rotura de columna vertebral, lesiones que dependerán de la duración y campo eléctrico al cual se expone el pez, en conjunto con el campo eléctrico del pez. Además, indicaron que 25 V/m por 6 a 12 segundos son suficientes para aturdir al pez. Por estas evidencias, se identifica la necesidad de realizar estudios detallados utilizando el método científico en materias de bienestar animal, que permita ahondar en el conocimiento de esta herramienta no farmacológica.

Como se mencionó en la metodología y considerando el tipo y la calidad de la información obtenida, no fue posible integrarla mediante la metodología de score de Geitung *et al.*, (2020). No obstante, lo anterior, utilizando la información recopilada, se realizó un análisis cualitativo de la disponibilidad de



la información de evaluaciones relativas asociadas a bienestar animal, para posteriormente categorizar cada tratamiento y parámetros de bienestar como: sin efecto (SE), efecto negativo (EN), sin información (SI). Los parámetros de bienestar utilizados, son aquellos mencionados por Noble *et al.* (2018) excluyendo aquellos parámetros de baja asociación a temas agudos, como, por ejemplo la deformidad de la mandíbula.

Cabe mencionar que no fue posible encontrar información de bienestar de tipo ambiental para ninguno de los tratamientos no farmacológicos, por lo que no pudo ser integrarla en el análisis. Por otra parte, son escasos los estudios que utilizaron los indicadores propuestos por Noble *et al.*, (2018) en forma conjunta, debiendo recopilarse información desde distintos estudios.

Del análisis presentado en la **Tabla 8**, se logró identificar la ausencia de información para los indicadores revisados (excluyendo ambiental) en un 91% para el pulso electromagnético, 73% para baño con aceite natural, 55% para peces limpiadores, 18% para agua a presión y tratamiento térmico. Esto sugiere que son requeridos mayores evaluaciones sobre estos tratamientos para determinar la idoneidad de uso respecto del cuidado del bienestar de los peces, sobre todo para los dos primeros tratamientos mencionados.

Por otra parte, se identificó información disponible para los indicadores revisados (excluyendo ambiental) en un 100% para peróxido de hidrógeno, baño con agua dulce y ultrasonido, en un 82% para agua a presión y succión y tratamiento térmico, en un 45% para peces limpiadores, en un 27% para baño con aceite natural, y en un 9% para el pulso electromagnético. Considerando solo la información disponible, se puede mencionar que el 55% de los parámetros indicaron efectos negativos para el tratamiento térmico, 45% para peces limpiadores, 36% para agua a presión, 27% para peróxido de hidrógeno y baño con aceite natural. El resto de los tratamientos arrojaron 0% de efectos negativos de la información disponible. Sin embargo, es importante tener en cuenta que aquellos con fuerte porcentaje de ausencia de información, tienen pocos indicadores evaluados que arrojen “sin efecto” en la condición de bienestar por lo que debe ser considerado con precaución.

**Tabla 8.**

Categorización de información disponible frente a parámetros de bienestar animal asociado a tratamiento no farmacológico seleccionado de la revisión bibliográfica.

Bienestar animal		Tratamiento no farmacológico							
Tipo	Indicador	PL	AP	TT	PE	US	PH	BAD	BAN
Individual	Daño en ojo	SI	SE	EN	SI	SE	SE	SE	SI
	Daño en opérculo	SI	SE	SE	SI	SE	SE	SE	SI
	Daño en boca	SI	SE	EN	SI	SE	SE	SE	SI
	Daño en branquias	SI	EN	EN	SI	SE	EN	SE	SI
	Daño en piel	SI	EN	SE	SI	SE	EN	SE	EN
	Descamación	SI	EN	SE	SI	SE	SE	SE	SI
	Daño en aletas	EN*	SE	EN	SI	SE	SE	SE	SI
De grupo	Mortalidad	EN*	EN	EN	SI	SE	EN	SE	EN
	Conducta	EN*	SE	EN	SE	SE	SE	SE	EN
	Alimentación	EN**	SI	SI	SI	SE	SE	SE	SI
	Crecimiento	EN	SI	SI	SI	SE	SE	SE	SI



	Densidad de stock	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ambiental	Oxígeno	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	Temperatura	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	Salinidad	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>Sin información</b>		55% (6)	18% (2)	18% (2)	91% (10)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	73% (8)
<b>Con información</b>		45% (5)	82% (9)	82% (9)	9% (1)	100% (11)	100% (11)	100% (11)	27% (3)
<b>Efecto negativo</b>		45% (5)	36% (4)	55% (6)	0% (0)	0% (0)	27% (3)	0% (0)	27% (3)

**Nota:** SI: Sin información; SE: Sin Efecto; EN: efecto negativo. \* En pez limpiador; \*\* Competencia por alimento; PL: peces limpiadores, AP: agua a presión y succión; TT: tratamiento térmico; PE: pulso electromagnético; US: Ultrasonido; PH: peróxido de hidrógeno; BAD: Baño agua dulce; BAN: Baño aceites naturales; Valor entre paréntesis: numero observado.

De este análisis cualitativo, se puede desprender el siguiente listado que va desde aquellos tratamientos con mayor efecto negativo a aquellos con menor efecto:

- 1) Tratamiento térmico.
- 2) Peces limpiadores.
- 3) Agua a presión y succión.
- 4) Peróxido de hidrogeno y baño con aceites naturales.

De acuerdo a la revisión del trabajo de Stien *et al.*, (2013) para lograr aplicar este modelo en el presente estudio, es requerido otros indicadores (como los ambientales), que permitan calcular estimadores generales de bienestar e integrales. En el presente estudio no fue posible este cálculo, debido a que no se logró la identificación de estudios con los valores de todos los indicadores requeridos por la referencia (Stien *et al.*, 2013), como tampoco, se pudieron realizar comparaciones entre mecanismos, ya que no hay información para todos los parámetros de bienestar que hagan comparable la información (metodología estandarizada).

## **5.6. Identificación y análisis de la eficacia de tratamientos no farmacológicos en la disminución de las cargas parasitarias.**

La efectividad reportada contra *L. salmonis* indica una variación sustancial entre tratamientos (Tabla 9), donde aquellos que emplean baños fríos fueron los que representaron un menor porcentaje de reducción de la tasa de infestaciones (43%). Se observa que los métodos con una mayor consistencia en sus resultados de reducción de carga parasitaria fueron aquellos que emplearon baños con agua dulce, entre 77,7% y 99,6% (GassØ, 2019), los métodos mecánicos que emplean principalmente agua a baja presión y succión de parásitos, entre 73% y 95%, y el peróxido de hidrógeno, entre 95% y 99% (Overton *et al.*, 2018).





**Tabla 9.**

Resumen de la eficacia de los diferentes tratamientos no farmacológicos contra *L. salmonis*, medida como el porcentaje de reducción mínima y máxima en cada estudio.

Tipo de tratamiento	Reducción mínima	Reducción máxima	Referencia
Baño agua dulce	77,7%	99,6%	GassØ, 2019
Baño frío	35,1%	43%	Overton <i>et al.</i> , 2019b
Luz UV-C	50%	99%	Barret <i>et al.</i> , 2020a
	50%	95%	Barret <i>et al.</i> , 2020d
Peces limpiadores	50%	73%	Imsland <i>et al.</i> , 2019
	58%	97%	Imsland <i>et al.</i> , 2014a
	54%	60%	Imsland <i>et al.</i> , 2014b
	No indica	97,9%	Leclerq <i>et al.</i> , 2014
Peróxido de hidrógeno	95%	99%	Overton <i>et al.</i> , 2018
Mecánico agua a presión	73%	95%	Johansen, 2019

Respecto de las eficacias publicadas y/o informadas de tratamientos aplicados en Chile, en la **Tabla 10** se puede observar que todos los tratamientos presentan eficacias máximas sobre el 50%, sin embargo, al revisar las eficacias mínimas este valor es variado y en su mayoría, inferior al 50%. Esta variabilidad dependerá de los tiempos de exposición, concentraciones, lugar de aplicación (laboratorio o campo), etc.

**Tabla 10.**

Resumen de la eficacia de los diferentes tratamientos no farmacológicos contra *C. rogercresseyi*, medida como el porcentaje de reducción mínima y máxima en cada estudio.

Parámetros	Eficacia mínima registrada	Eficacia máxima registrada	Referencia
Peces limpiadores	48%	93,6%	Sánchez <i>et al.</i> , 2018
Shock térmico (tibio)	90,2%	97,6%	Sernapesca, 2021
	No indica	95,0%	Optilicer, 2021
Onda ultrasónica	30%	50%	Prado, 2016
Agua a presión y succión	45%	89,2%	Sernapesca, 2021
	No indica	96%	Hydrolicer, 2021
Peróxido de Hidrógeno	86,2%	100%	Marín <i>et al.</i> , 2018
	31,0%	85%	Chávez-Mardones <i>et al.</i> , 2017
	No indica	100%	Valenzuela-Muñoz <i>et al.</i> , 2020
	37,8%	100%	Sernapesca, 2021
Agua dulce	47,7%	100%	Sernapesca, 2021
	47,5%	77,8%	Gonzalez <i>et al.</i> , 2019
Baño aceite natural	75%	100%	Mowi Chile SA
	12,9%	100%	Sernapesca, 2021
Pulso electromagnético	No indica	59%	Ziller - Vergara, 2016



En la **Tabla 11**, se puede observar el promedio de eficacias por tratamiento no farmacológico utilizado por la industria salmonera chilena y calculado desde el banco de datos de Sernapesca. Gracias a este cálculo fue posible clasificar a los tratamientos de mayor a menor eficacia como promedio general, siendo: tratamiento térmico, seguido de baños con agua dulce, peróxido de hidrogeno, baños con aceites natural y agua a presión y succión. Sin embargo, es relevante denotar el número de tratamientos ejecutados, ya que la eficacia promedio para el tratamiento térmico solo se basa en 13 tratamientos, mientras que el peróxido de hidrógeno arrojó 421 tratamientos, haciendo más robusto el cálculo de la eficacia para este tratamiento. No se observa una tendencia a través de los años, pero se destaca que lo indicado corresponde a un promedio de todos los tratamientos por baño, afectando la variabilidad de los resultados. Por otra parte, de esta base de datos se identifica que no se ha reportado el uso los sistemas de pulso electromagnético, ultrasonido o peces limpiadores como mecanismos de control (a la fecha de este informe).

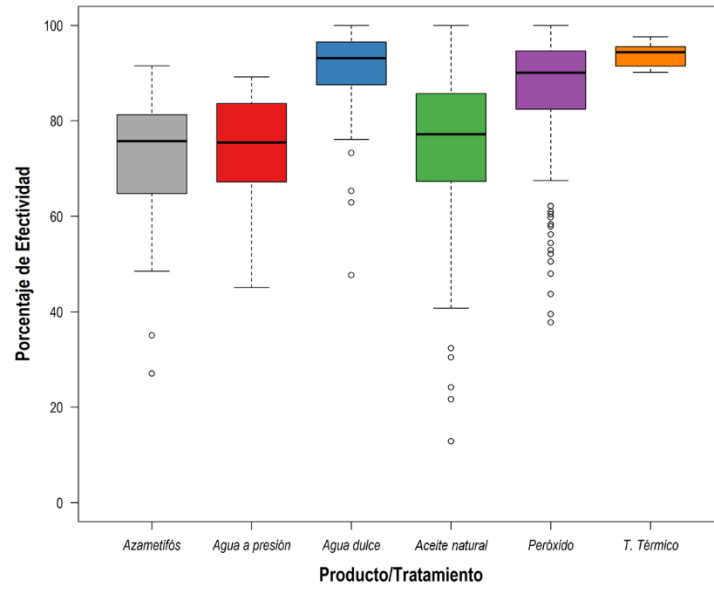
Por otra parte, el mayor uso de los tratamientos con peróxido de hidrógeno, baño con aceite natural y agua dulce, puede deberse a los menores efectos en el bienestar animal, como se identificó previamente y coincidiendo con lo mencionado en el punto anterior.

**Tabla 11.**

Resumen de la eficacia de los diferentes tratamientos no farmacológicos contra *C. rogercresseyi* derivadas de la base de datos de Sernapesca 2021.

Tratamientos	Año					Total general
	2016	2018	2019	2020	2021	
<b>Tratamiento térmico</b>						
Eficacia promedio (%)	95,9%			92,9%		93,8%
Nº tratamientos	4			9		13
<b>Baño de agua dulce</b>						
Eficacia promedio (%)	90,3%	73,4%	82,6%	92,7%	88,3%	89,1%
Nº tratamientos	1	2	12	33	15	63
<b>Peróxido de hidrógeno</b>						
Eficacia promedio (%)	98,3%	88,5%	88,7%	87,6%	85,9%	87,7%
Nº tratamientos	3	11	146	170	91	421
<b>Baño con aceite natural</b>						
Eficacia promedio (%)				79,5%	72,9%	75,2%
Nº tratamientos				61	111	172
<b>Agua a presión y succión</b>						
Eficacia promedio (%)			71,6%	81,8%		73,6%
Nº tratamientos			8	2		10

En la **Figura 4**, se puede observar estas eficacias mencionadas y comparadas con la eficacia de azametifós (considerado el tratamiento estándar), mencionando que los tratamientos con agua a presión y aceite natural presentan eficacias promedio similares, mientras que los tratamientos agua dulce, peróxido de hidrógeno y térmico presentan mejores eficacias que el tratamiento estándar.



**Figura 4.**

Eficacias promedio (%) de los diferentes tratamientos no farmacol3gicos, m3s azametif3s, contra *C. rogercresseyi* derivadas de la base de datos de Sernapesca 2021.



**Objetivo 3: Realizar un análisis de la experiencia internacional respecto de la aplicación de los distintos métodos de tratamiento no farmacológicos para la Caligidosis y los resultados obtenidos a partir de dicha aplicación.**

**5.7. Revisión de normativa de países salmonicultores y estándares internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.**

Se efectuó la revisión de la información disponible sobre la normativa, estructura institucional y eventuales estándares para la promoción, autorización y uso en campo, de tratamientos no farmacológicos para el control del piojo de mar en centros de salmónidos en Noruega, Escocia, Canadá y Estados Unidos.

**Noruega.**

En este país, desde el 2013 se introdujeron modificaciones a la normativa sectorial, incorporando estrictas regulaciones respecto del control de los piojos de mar en los centros de cultivo de salmones. La Regulación N° 1140, indica que todos los centros de cultivo deben mantener los niveles de infestación por debajo de 0,5 hembras adultas por pez, medida que fue endurecida en 2017 a 0,2 hembras adultas por pez en el periodo de mayor vulnerabilidad debido a la migración que estas especies realizan en Noruega.

Todo productor con licencia para el cultivo de salmones, deben reportar cada semana a la Autoridad de Seguridad Alimentaria de Noruega (ASAN), los conteos de piojos de mar en todas las jaulas que tengan, además de reportar cada dos semanas si hubo días con temperaturas del agua por debajo de los 4 °C. Además, los permisos para aumentar el volumen máximo producido se vieron condicionados a mantener los niveles de infestación por debajo de 0,2 durante el año, a partir del año 2015. Adicionalmente, a partir del 2017 el país se dividió en 13 áreas de producción donde se evalúan continuamente las tasas de infestación con piojos de mar y su impacto sobre los salmones silvestres. Para ello, en Noruega se creó un consejo asesor que recibe la información entregada por un comité científico. El comité científico evalúa el riesgo potencial de infestaciones a partir de modelos de dispersión hidrodinámica que buscan predecir la dispersión de las larvas de los parásitos en función de los reportes semanales de los centros de cultivo, temperatura del mar (y su variación predicha) y el sistema de corrientes en el mar. Adicionalmente, utilizan datos del programa nacional de vigilancia de los piojos de mar en salmones silvestres. Este grupo asesor es quien aconseja al Ministerio de Comercio, Industria y Pesquerías en las decisiones gubernamentales cada año, basados en datos científicos obtenidos de los dos años precedentes.

De esta manera, las áreas de producción que se encuentran por debajo del umbral de parásitos permitidos son beneficiadas con la posibilidad de aumentar los volúmenes producidos hasta en un 6% anual, mientras que aquellos centros ubicados en áreas de producción con altas cargas parasitarias son castigados con una reducción de los volúmenes de producción permitidos hasta en un 6%.



Más detalles en Larsen y Vormedal (2021) y sus referencias.

Los datos generados por el comité científico asesor, permiten de esta manera la generación de información relevante para la toma de decisiones preventivas, cómo, por ejemplo, la identificación de “cortafuegos” que permitan reducir la infestación entre áreas de producción de forma significativa, a través de los modelos de hidrodinámicos de dispersión (Samsing *et al.* 2019). También, la ASAN puede generar acciones coordinadas para aplicar tratamientos que busquen reducir la carga parasitaria en zonas identificadas como importantes, así como asignar zonas de barbecho o incluso áreas de sacrificio.

El gobierno noruego, a través de la Autoridad Noruega de Seguridad Alimentaria, genera recomendaciones a los tratamientos que se van implementando en el país, pudiendo generar una regulación normativa que establezcan una vía de implementación de tratamientos no farmacológicos para la reducción de las cargas parasitarias. Por ejemplo, en relación a los tratamientos de baños térmicos con calor ampliamente, usados hasta el año 2019 (Overton *et al.* 2019a, Coates *et al.* 2021), se ha recomendado la eliminación progresiva del método para el año 2023, a menos que nuevos datos demuestren que puede utilizarse sin representar un riesgo para el bienestar de los salmones tratados (Greaker *et al.* 2020, Larsen y Vormedal 2021). Esta recomendación está fundamentada en el alto impacto del tratamiento sobre la salud de los peces, generan una alta mortalidad y alteraciones en el comportamiento que indican dolor (Nilsson *et al.* 2019).

De esta manera, el sistema de regulaciones y recomendaciones noruego incorpora año a año, la información y evaluación del impacto de los tratamientos no farmacológicos sobre la reducción de la tasa de infestaciones de piojos de mar y sobre la salud de los salmones de cultivo. En este mismo sentido, el gobierno implementó en 2017 una flexibilización del umbral de piojos de mar por pez a 0,25 máximo, a través de una categoría denominada “permisos verdes”. Para poder acceder a esta categorización, los centros de cultivos debían demostrar la implementación de métodos no farmacológicos para reducir las infestaciones de piojos de mar. Este “permiso verde” permite una aplicación de máximo de tres tratamientos farmacológicos por ciclo productivo. De esta manera, si bien no existe una regulación que establezca el uso de tratamientos no farmacológicos, si hay un incentivo que motiva a los productores a moverse desde las prácticas tradicionales a nuevos métodos para mitigar las infestaciones de estos parásitos (Greaker *et al.* 2020).

### **Estados Unidos de América.**

La acuicultura en Estados Unidos de América (EUA) está regulada a nivel federal y estatal (FAO, 2021). La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) del Departamento de Salud y Servicios Humanos, el Departamento de Agricultura (USDA), y la Agencia de Protección al Ambiente, son las principales agencias que regulan a la acuicultura en este país.

Existen otras dependencias y programas a nivel federal relacionados con las actividades de acuicultura, tales como la Administración Nacional de Océanos y la Atmósfera (NOAA) del



Departamento de Comercio, el Subcomité Adjunto en Acuicultura, el Centro de Medicina Veterinaria (FDA), los Servicios de Inspección de Salud Animal y Vegetal (USDA), y los Servicios Estadounidenses de Pesca y Vida Silvestre (FWS) del Departamento del Interior. El gobierno federal regula a las actividades de acuicultura y las relacionadas con los alimentos que abarcan el comercio de bienes y servicios entre estados o con países extranjeros.

El control de enfermedades en acuicultura es abordado de manera conjunta por la FDA, el APHIS (Servicio de Inspección Sanitaria de Plantas y Animales), y la FWS, agencias que participan en la regulación, investigación y control de enfermedades relacionadas con los peces y plagas que pudieran afectar a las personas o los animales. Adicionalmente, la APHIS y el Sistema Nacional para el Monitoreo de la Salud Animal (NAHMS) también garantizan la prevención de enfermedades, salud y calidad de los productos animales mediante la recolección, análisis y difusión de información relativa a la salud animal, manejo y productividad. La FWS participa en investigación, conservación, protección y sanidad de los hábitats donde hay producción de peces.

En relación al uso de químicos y medicamentos en producción animal de acuicultura, a nivel federal las regulaciones derivan de dos fuentes principales: la Ley Federal de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas (FIFRA - Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act), la Ley Federal de Alimentos, Medicamentos y Cosméticos de Estados Unidos (FFDCA). La Ley de Protección a la Calidad de los Alimentos de 1996 (FQPA - Food Quality Protection Act), que reforma a ambas leyes.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) utiliza a la FIFRA para determinar las características de etiquetado y prevenir los efectos adversos sobre la salud humana y el ambiente, mientras que la FFDCA se emite con el objeto de establecer los límites de tolerancia de pesticidas y residuos en alimentos. La FQPA resuelve sobre las incongruencias entre ambas leyes y, entre otros aspectos, solicita una evaluación periódica de los límites de tolerancia y aplica una nueva norma de seguridad para garantizar de que no habrá daños con el uso de sustancias existentes o nuevas.

La FDA y los Servicios de Inspección de Seguridad Alimentaria (FSIS) comparten la responsabilidad de la aplicación de los reglamentos de uso de pesticidas.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA) establece las normas federales para los residuos de pesticidas (ej. niveles de tolerancia) en alimentos, que se especifican en el Código de Regulaciones Federales de los Estados Unidos de Norteamérica. La FDA y los FSIS monitorean los alimentos en la cadena de comercialización para garantizar que los niveles de pesticidas no excedan los límites de tolerancia permitidos. Adicionalmente, la FDA regula la manufactura, registro, distribución y pruebas de productos químicos y medicamentos veterinarios en alimentos derivados del pescado y otros alimentos en general, en el ámbito de competencia de la FFDCA. La calidad, seguridad y eficacia de cualquier medicamento colocado en el mercado deberá estar aprobado por la FDA antes de que sea vendido.

De acuerdo a la FFDCA, los alimentos para peces que contengan medicamentos sólo pueden ser suministrados al amparo de una licencia veterinaria o bajo un lineamiento de alimentación prescrito



por un veterinario. Las directivas de alimentos se sujetan a los reglamentos promulgados por la Secretaría de Salud y Servicios Humanos. La Secretaría asigna un número de registro a todos los nuevos productos y procesadores de medicamentos para animales; los productores deberán registrar su nombre, domicilio de la empresa y el tipo de establecimiento. Las instalaciones pueden ser objeto de inspección una vez cada dos años, pero los farmacéuticos, mayoristas, algunos practicantes exentos, así como investigadores y docentes relacionados con los medicamentos, generalmente están exentos del registro e inspección. Las personas registradas también deberán entregar un listado de nuevos medicamentos vendidos, una relación de ventas de medicamentos descontinuados vendidos o la liquidación de medicamentos descontinuados vendidos.

La FDA asume diversos papeles en la regulación de medicamentos veterinarios utilizados en la acuicultura. Conforme a lo establecido por la Ley de Disponibilidad de Medicamentos Veterinarios de 1996 (Animal Drug Availability Act of 1996), la Secretaría de Salud y Servicios Humanos establece las tolerancias a medicamentos veterinarios que pueden emplearse en animales criados e importados a los Estados Unidos de Norteamérica. Conforme a la Ley Nacional de Política Ambiental (National Environmental Policy Act), la FDA (Centro de Medicina Veterinaria) revisa los nuevos medicamentos veterinarios relacionados con la acuicultura para determinar la seguridad ambiental. La EPA clasifica los pesticidas en dos categorías: generales y de uso restringido.

Se requiere una licencia para la aplicación de pesticidas en caso de que un acuicultor desee aplicar un producto restringido en un sistema de cultivo. Los pesticidas de uso restringido, que suman una cuarta parte del total de pesticidas empleados, pueden aplicarse sólo o bajo la directa supervisión de un agente aplicador capacitado y certificado. La USDA también participa en la regulación de pesticidas. Cuando la Secretaría de Agricultura haya establecido tolerancia en alimentos, podrán importarse nuevos medicamentos veterinarios siempre que no se excedan los límites de tolerancia.

Considerando que la parasitosis por calígidos de salmones de cultivo en este país, sigue siendo tratada mayoritariamente con productos químicos clásicos, el proceso de autorización de tratamiento sigue siendo materia de las agencias federales y estatales previamente mencionadas.

En relación a los tratamientos no farmacológicos, el proceso de autorización para la aplicación en campo para planteles productivos dependerá del tipo de mecanismo utilizado.

En el presente estudio se verificó la existencia de una patente asociada a una tecnología que utilizaba agua a un máximo de 30°C aplicada a través de un túnel por donde pasan los peces tratados (patente n° US 2021/0023572 A1, del 28 de enero de 2021).

Dado el que este sistema no farmacológico no involucra sustancias de ningún tipo, su aplicación a nivel comercial, solo dependería de la agencia estatal respectiva, y probablemente de una autorización y supervisión inicial del APHIS (Servicio de Inspección Sanitaria de Plantas y Animales).



## Islas Feroe.

El Ministerio de Comercio es la autoridad gubernamental responsable de la política y de mantener el marco legislativo para la industria acuicultora de las Islas Feroe (Ministerio de Relaciones Exteriores y Comercio, 2019). En el ámbito sanitario, en 2003 las Islas Feroe implementaron la Ley Veterinaria sobre Acuicultura, una de las regulaciones veterinarias más estrictas y completas del mundo para la industria acuicultora. El principal objetivo de la ley es crear el entorno más productivo para la acuicultura sostenible en el mundo. Esta legislación garantiza que la industria acuicultora de las Islas Feroe cumpla con los más altos estándares posibles de bienestar de los peces y protección del medio ambiente.

Estas regulaciones garantizan el bienestar de los peces y los protegen de enfermedades y presiones, naturales y externas, y son fundamentales para garantizar la calidad del producto (Autoridad Alimentaria y Veterinaria, 2013). El programa de prevención veterinaria ha sido muy eficaz. A nivel mundial, la industria de la acuicultura de las Islas Feroe tiene algunos de los mejores resultados biológicos y el salmón de cultivo de las Islas Feroe está libre de antibióticos.

Aunque las Islas Feroe no son parte de la Unión Europea (UE), tienen un acuerdo con la UE en materia veterinaria, lo que significa que las regulaciones veterinarias de las Islas Feroe están alineadas con las de la UE. Un componente de este acuerdo es la inclusión de las Islas Feroe en la zona veterinaria interna de la UE. En particular para el uso de tratamientos veterinarios utilizados en los peces de cultivo, la Ley del Parlamento n°16, de abril de 2013, de la Autoridad Alimentaria y Veterinaria del Ministerio de Comercio e Industria de las Islas Feroe, indica en su artículo 14 (medicina veterinaria, piensos medicados y períodos de resguardo), que el Ministro puede promulgar reglamentos o prohibir la importación, almacenamiento, venta o uso de medicamentos veterinarios, incluidas vacunas, sueros, medicamentos veterinarios inmunológicos de diagnóstico, piensos medicados y otras preparaciones derivadas de productos o subproductos animales.

Los reglamentos promulgados de conformidad con el párrafo anterior pueden estipular que el veterinario deberá crear un registro especial sobre el pedido y distribución de medicamentos veterinarios a los que se hace referencia en el párrafo anterior, y que los registros se deban presentar a las autoridades estipuladas. Por su parte, la Orden Ejecutiva n°80 del 14 de junio de 2019, sobre el establecimiento y la prevención de enfermedades en las instalaciones de acuicultura, indica en su artículo n° 45 que solo está permitido el uso de medicamentos autorizados en el tratamiento de peces y animales en acuicultura. El medicamento licenciado es un medicamento registrado por el Skrásetingarráðið (Junta de registro de medicamentos de las Islas Feroe). Estas mismas disposiciones también se aplican a los medicamentos que no requieren receta médica de un veterinario, como podrían ser alguno de los tratamientos no farmacológicos.

En el caso de que se utilicen medicamentos, se debe colocar una señalización en la unidad de cultivo correspondiente notificándola. La señalización debe mostrarse durante el tratamiento y hasta que se





complete el período de resguardo. Para controlar los niveles de piojos, los productores han utilizado tradicionalmente medicamentos o productos químicos en tratamientos por alimento medicado o baños.

El baño más utilizado como tratamiento en las Islas Feroe ha sido el peróxido de hidrógeno, sin embargo, también se utilizan otros tratamientos de baño como Salmosan®, Alphamax®, Betamax®, (piretroides y azametifós). En los pellets medicados se utilizan principalmente dos productos: SLICE® (benzoato de emamectina) y diflubenzurón (Kragestein, 2019). A lo largo de los años, los piojos del salmón en Feroe han desarrollado resistencia contra la mayoría de los tratamientos de base química (Aaen *et al.*, 2015) y desde alrededor de 2014-2015, los productores de salmón han pasado desde tratamientos químicos a tratamientos más amigables con el medio ambiente como los tratamientos de agua dulce y mecánicos como Thermolicer, Optilicer y lavados. Además, hay un gran aumento en el uso de control biológico mediante la repoblación de peces limpiadores (*lumpfish* o *wrasse*) dispuestos junto con los salmones de cultivo, y también se están probando y utilizando medidas preventivas como faldones contra piojos (Bui *et al.*, 2019).

### **Canadá.**

Las regulaciones canadienses en cuanto a actividades de acuicultura, están salvaguardadas en contratos y licencias que debe tener cada lugar para su manejo. Esta licencia le permite al operador poder realizar las actividades, sujetos a algunas condiciones o regulaciones. De esta manera, existen tres regímenes regulatorios de la acuicultura en Canadá; en British Columbia (BC) donde la provincia expide el contrato de arrendamiento y el Ministerio de Pesca y Océanos de Canadá (DFO) y es el órgano encargado de supervisar las condiciones de esta; en Prince Edward Island (PEI), donde una junta de gestión con miembros de la DFO, la provincia y la industria expide un contrato de arrendamiento que incluye la licencia; y para todas las otras provincias y territorios, donde las autoridades provinciales expiden ambos, el contrato y la licencia.

A través de la Ley de Pesca, el DFO regula el sector de la acuicultura para proteger los peces y su hábitat. Esta ley regula la concesión de las licencias para la gestión de la protección y prevención de la contaminación, como también la aprobación de fármacos para el tratamiento de enfermedades. De esta manera, el DFO regula el manejo de los piojos de mar, donde las condiciones de este proceso regulatorio y las atribuciones del DFO se encuentran establecidas en las licencias entregadas a cada operador. Dentro de las atribuciones del DFO se encuentra la auditoria de los centros de cultivo activos, para detectar los piojos de mar y así evaluar si se encuentran por debajo del umbral establecido por la norma (3 adultos móviles por pez).

Si bien, actualmente no existen regulaciones o incentivos enfocados al uso de tratamientos no farmacológicos en Canadá, si se han generado comités científicos externos, que tienen como objetivo generar evidencia científica que ayuden a la toma de decisiones relacionadas al manejo de la acuicultura, para asegurar una industria ambientalmente sustentable. De esta manera, el DFO cuenta con tres programas científicos principales que apoyan la gestión, el desarrollo y la sostenibilidad de la acuicultura en Canadá. El Programa de Investigación Reguladora de la Acuicultura (PARR, por sus siglas en inglés), el Programa de Investigación y Desarrollo de Acuicultura Colaborativa (ACRDP, por



sus siglas en inglés), y el Programa de Interacción de Ecosistemas Acuícolas. Entre estos tres programas, permiten la interacción entre el gobierno, los productores y la academia, para la toma de decisiones responsables en relación al manejo en acuicultura. Adicionalmente, existen otros organismos o instancias que permiten al mundo científico participar de la toma de decisiones. De esta manera, la Asociación de Productores de Salmón de British Columbia (BCSFA, por sus siglas en inglés) ha evidenciado la particular preocupación de generar métodos alternativos a los métodos químicos para el manejo sustentable de diferentes patógenos, entre ellos los piojos de mar (Government of Canadá, 2021). Por su parte, en New Brunswick, la Asociación de Productores de Peces Atlánticos de Canadá (ACFFA, por sus siglas en inglés) ha participado a partir de la investigación colaborativa y coordinada para apoyar la gestión eficaz de los piojos de mar, la cual se ha centrado en diferentes áreas claves, dentro de las cuales se incluye de forma explícita la evaluación de nuevos tratamientos y tecnología verde para el manejo de piojos de mar, para así reducir el potencial impacto ambiental de los compuestos farmacológicos tradicionalmente utilizados (Atlantic Canada Fish Farmers Association, 2019).

Toda la información científica generada es revisada por pares evaluadores expertos para apoyar la optimización de la gestión de los piojos de mar, incluido el desarrollo de la gestión integrada de plagas, las estrategias de mitigación y las condiciones de licencia basadas en la ciencia. Dentro de las consideraciones de los expertos, se incluyen las diferencias biofísicas de las regiones donde se cultivan salmones (costa atlántica y pacífica), ya que debido a que se deben considerar medidas adecuadas para cada lugar. Esto radica, en diferencias asociadas a factores como la especie de piojos presentes, la presencia de hospederos alternativos y condiciones oceanográficas. De esta manera, el DFO a partir de este consejo asesor, genera ha generado recomendaciones para el control y prevención de piojos de mar, sin generar regulaciones en sentido estricto para ello (Canadian Science Advisory Secretariat Science Advisory Report, 2014/006, DFO (2014)). De esta manera, se evidencia que, si bien no hay regulaciones en el marco normativo canadiense, sí se han generado esfuerzos importantes para incorporar la información científica para las recomendaciones en el manejo de este tipo de parásitos.

## **Escocia.**

La legislación escocesa relativa a la ley de Acuicultura y Pesca, creada en 2007 y modificada en 2013, permite al gobierno escocés realizar inspecciones, examinar los registros de piojos de mar y evaluar las medidas realizadas para prevenir, controlar y reducir dichos parásitos en las explotaciones acuícolas. La entidad encargada de la fiscalización y evaluación es la Inspectoría de Salud de Peces (FHI por sus siglas en inglés).

Posteriormente, a partir del 29 de marzo de 2021, entró en vigor una ordenanza que exige a los centros acuicultores (que no sean de agua dulce) notificar semanalmente al Ministerio de Escocia, el número medio de piojos de mar hembra adultos (*L. salmonis*) contados por pez y por centro. Este número medio se define como el número total de hembras adultas de piojos de mar contadas en los peces muestreados en un lugar y en la semana de notificación (un período de siete días de lunes a domingo), dividido por el número de peces muestreados en ese lugar en la semana de notificación. Esta



notificación obligatoria reemplaza a la anterior ordenanza que indicaba el reporte sólo cuando se alcanzaban o superaban los máximos permitidos (dos ejemplares de piojo de mar hembras adultas, por pez). En caso de que el centro no envíe un reporte semanal, deberán indicar el motivo. También, cuando el recuento supera las dos hembras adultas de piojo de mar por pez, el FHI procede a aumentar la vigilancia en ese lugar hasta que el recuento del centro se reduzca a menos de 2. A su vez, si el centro alcanza el denominado “nivel de intervención”, que consiste en una media de 6 hembras adultas de piojo de mar por pez, se tomarán medidas de ejecución (Marine Scotland, 2019).

Los cambios en la legislación escocesa para el control del piojo de mar, señalados anteriormente, fueron propiciados luego de múltiples instancias de discusión en las que se reconoció la importancia del control de este parásito, como un eje fundamental para el desarrollo sostenible de la acuicultura en el país (Scotland’s National Marine Plan, 2015). Además, en estas mismas instancias se planteó la necesidad de avanzar en distintas metodologías para controlar al piojo de mar, por ejemplo, el uso de métodos no farmacológicos. Se propuso promover el uso de controles biológicos y el desarrollo de una gestión integrada para tratar la problemática, a una escala adecuada y de manera coordinada, con el fin principal de reducir el uso medicamentos y sus consecuentes impactos (Scotland’s National Marine Plan, 2015; Scottish Environment Protection Agency, 2018; Scottish Environment Protection Agency, 2019).

En relación con lo anterior, el gobierno escocés ha propiciado el desarrollo de reportes técnicos para generar una evaluación de la rentabilidad de diversas medidas de gestión para combatir el piojo de mar en la producción de salmón en Escocia, las cuales incluyen una serie de métodos no farmacológicos. Un ejemplo de esto es el informe desarrollado por el gobierno escocés (Scottish Government, 2020) a través del Scotland’s Rural College (SRUC) en donde evaluaron diversos métodos farmacológicos y no farmacológicos para el control del piojo de mar. Estos métodos fueron la medicación en la alimentación (Slice®), el baño con medicamentos veterinarios autorizados (AlphaMax®, Salmosan Vet® y peróxido de hidrógeno), el baño de agua dulce, el control biológico mediante peces limpiadores y el uso de barreras físicas (faldas). Para realizar la evaluación, realizaron un levantamiento de información a través a la literatura disponible, realizaron un taller participativo con actores claves para conocer sus percepciones y realizar un análisis crítico de cada metodología; y utilizaron el análisis de rentabilidad (ACE) y el análisis del ciclo de vida (ACV) para evaluar la rentabilidad relativa de las metodologías de gestión de los piojos de mar y sus impactos.

Los resultados mostraron un impacto relativamente menor de las faldas sobre el medio ambiente y el bienestar de los peces, lo que se traduce en impactos positivos para la cadena de suministro y en una percepción positiva por parte de los consumidores. Las medidas de limpieza de los peces, el agua dulce, la eliminación física y los medicamentos veterinarios autorizados, fueron las segundas medidas más rentables, lo que se ve respaldado por sus impactos mixtos y a veces contradictorios sobre el medio ambiente, la salud y el bienestar de los peces. El uso de peróxido de hidrógeno representó la medida menos rentable entre las de uso único y, según las opiniones de las partes interesadas que participaron en el taller participativo, también fueron consideradas como el método menos positivo.



Los autores, señalan que existe escasa información disponible y que es necesario seguir levantando información relativa a las distintas metodologías de control del piojo de mar. También, comentan que es fundamental evaluar la rentabilidad de los métodos en conjunto, estableciendo distintas combinaciones en función del estado de cada centro de cultivo. Finalmente, resaltan la importancia de generar incentivos para el mejoramiento del control de los piojos de mar en los centros de cultivo en Escocia. Destacan la necesidad de incentivos por parte del sector público, como el acceso subvencionado a la tecnología, investigación sobre la disposición de los consumidores a pagar por el salmón de centros de cultivo con un manejo sostenible, campañas en los medios de comunicación y educación del público sobre las implicaciones del control de enfermedades en la acuicultura, incentivos basados en el mercado (trazabilidad), entre otras.

Lo anterior, da cuenta de la importancia otorgada por el gobierno escocés a la evaluación y el desarrollo de métodos alternativos a los comúnmente utilizados para el control del piojo del mar en los centros de cultivo en Escocia. Si bien, no existe una legislación específica asociada al uso de métodos no farmacológicos para el control del piojo de mar en este país, la información recopilada da cuenta del proceso de avance en el conocimiento de las diversas estrategias de control. Esto, requiere ser fomentado en el corto plazo a través del desarrollo de un marco legislativo sólido que permita propiciar una industria salmonera escocesa rentable y sustentable en el tiempo.

### **Irlanda.**

El programa de monitoreo del piojo de mar en la salmonicultura está a cargo del Marine Institute (MI), dependiente del Departamento de Agricultura, Alimentación y Marina de Irlanda. Este instituto lleva a cabo inspecciones periódicas de los niveles de piojos de mar en todos los centros de cultivo del país, acorde a la normativa vigente asociada al Protocolo de Vigilancia de Piojos de Mar del año 2002 y a la "Estrategia para Mejorar el Control de Plagas en las Granjas de Salmón Irlandesas", publicada en mayo de 2008.

La normativa indica un monitoreo obligatorio de todos los centros de cultivo 14 veces cada año. Se realiza una inspección del promedio de piojos de mar cada mes en cada centro de cultivo dos veces al mes durante marzo, abril y mayo y mensualmente el resto del año, excepto en diciembre-enero donde sólo se realiza una inspección durante este periodo (Wilson *et al.*, 2009). El objetivo de esta normativa es controlar el nivel de infestación de este parásito, generando una activación del tratamiento cuando la carga parasitaria es de 0,3 a 0,5 piojos hembra con huevos (ovígeras) por pez durante la primavera. Fuera del periodo crítico de primavera, el nivel de activación del tratamiento se establece en 2,0 piojos hembra portadores de huevos por pez. Además, Cuando el número de piojos móviles es elevado, los tratamientos se activan incluso en ausencia de hembras con huevos. Los resultados obtenidos de estas inspecciones se comunican mensualmente a todas las partes interesadas y son publicados anualmente por el Marine Institute, contemplando los resultados detallados del seguimiento por cada centro de cultivo (O'Donohoe *et al.*, 2021).

El proceso de monitoreo llevado a cabo por el Marine Institute, también contempla una dinámica de colaboración entre los centros de cultivos, con el fin de promover una acción sinérgica y estructurada



para hacerle frente a la problemática asociada al piojo de mar en la industria salmonera del país, facilitada a través de los Planes de Gestión de Bahía Única y a los Sistemas Locales Coordinados de Gestión de la Acuicultura (O'Carroll y Jackson, 1999). También, se busca controlar la dependencia de los medicamentos y sus consecuentes impactos, potenciando metodologías de manejo asociadas a buenas prácticas con énfasis en los periodos críticos.

De la revisión total de normativa, se puede concluir que la normativa existente actualmente en Irlanda no hace referencias directas al uso de métodos no farmacológicos para el control del piojo de mar. Sin embargo, cuentan con un reconocido plan de muestreo que permite un eficaz registro y divulgación de los datos obtenidos. Finalmente, destacan la importancia de controlar la dependencia a los medicamentos y promueven una estrategia de control organizada.

### **Francia y Australia.**

De Francia, no fue posible identificar normativas relativas al tratamiento no farmacológico contra el parásito, debido a que aparentemente, este país no es mayormente afectado por caligidosis, siendo un país mayormente importador y productor en infraestructuras en tierra (Cojocarú *et al.*, 2021), por lo que no posee una interacción relevante con el ambiente en términos de infestación parasitaria.

Por otra parte, de acuerdo a Nowak *et al.* (2011) mencionan que no existen temas relevantes relacionados a piojos de mar en el cultivo de salmón del Atlántico (*Salmo salar*) y trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) en Tasmania, Australia. Hemmingsen *et al.* (2020) mencionan que respecto del escenario de *Caligus* sp., *Caligus chistos*, se ha vuelto un tema serio, pero en el cultivo del atún (*Thunnus maccoyii*) en el sur de Australia. Por esto motivos, se concluye no que existe una normativa asociada al control no farmacológico de parásitos calígidos, ya que estos parásitos no constituyen un problema en estos países.

En conclusión, de la literatura revisada se desprende que a nivel global no existe una normativa directa asociada a la implementación y uso de tratamientos no farmacológicos, ya que la documentación existente indica requisitos, restricciones, prohibiciones, entre otros, aplicados al uso de tratamientos farmacológicos. Sin embargo, toda la estructura normativa disponible puede ser adaptada a los constantes cambios ocurridos producto a las nuevas tendencias de control de enfermedades, en este caso particular, de piojos de mar. Es entendido que entonces, la estructura normativa de cada país se irá adapta a los cambios asociados al proceso de crecimiento y/o desarrollo de la salmonicultura mundial.

#### **5.7.1. Revisión de la información disponible para la identificación de parámetros asociados al ingreso y registro de productos o tratamientos no farmacológicos.**

La búsqueda se enfocó en revisar aspectos relacionados al registro de productos en nuestro país, en cuanto a las normativas y lineamientos requeridos. Estos aspectos involucran determinar propiedades, características, y/o efectos en especies objetivo, hospederos y otros no objetivo, como también, propiedades ecotoxicológicas, clínicas, terapéuticas y farmacéuticas de un producto.



Como primer y muy importante hallazgo de esta búsqueda, se logró identificar que, al momento de emisión del presente documento, no existe una normativa específica asociada al ingreso y registro de tratamientos o terapias no farmacológicas, correspondiendo los lineamientos revisados en su totalidad asociados a tratamientos farmacológicos, inmunológicos, biotecnológicos, entre otros, de ámbito preventivo y no de control.

De todas formas, se revisó la información disponible respecto de las normativas y lineamientos en Chile, obteniendo documentos de aplicación en Chile y desde las instituciones Servicio Agrícola Ganadero (SAG), Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca) y la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante de Chile (Directemar). Por otra parte, se revisaron los lineamientos de instituciones internacionales, nombrando a European Medicine Agency (EMA), Cooperación Internacional para la Armonización de los Requisitos Técnicos para el Registro de Medicamentos Veterinarios (VICH), y Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).

De esta revisión, se obtuvo la información necesaria para el registro de productos veterinarios para el control de enfermedades, los cuales se resumen a continuación.

## **5.7.2. Normativa chilena asociada.**

### **5.7.2.1. Información desde el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA).**

De la revisión de documentos pertenecientes a esta institución, se identificaron 3 documentos relevantes y asociados al registro de fármacos para la acuicultura, los cuales presentan características de requerimientos. Estos documentos se describen brevemente a continuación.

#### *a) FARM/MP3/2001.*

Este manual de procedimientos indica a grandes rasgos los requerimientos necesarios para el registro de productos de uso exclusivo veterinario en la acuicultura. Refiere que se deberá realizar un dossier o documento compendio del producto, el cual deberá ser entregado a SAG para su evaluación, pudiendo este último solicitar evaluación al Departamento de Sanidad Pesquera de Sernapesca. La pauta para realizar la evaluación corresponderá a la norma técnica FAR/NT2.

#### *b) FAR/NT2.*

Esta norma técnica señala los requisitos mínimos para el registro de productos asociados a la acuicultura y que deben ir incorporados en el dossier con destino para evaluación por el SAG. Estos requisitos son: Individualización del peticionario, descripción del producto, antecedentes químicos, proyecto de rotulado, folleto de información técnica, periodo de eficacia, principios activos, metodología analítica y de producción, periodos de resguardo, límites máximos de residuos (LMR), ingesta diaria admisible, antecedentes desde otros países. Estos aspectos deben estar contenidos en



su totalidad con fuertes bases científicas técnicas que avalen la aprobación del producto.

### **5.7.2.2. Información del Servicio Agrícola Ganadero (SAG).**

Debido a que dentro de la normativa derivada de Sernapesca indica que la documentación se debe enviar a esta institución, se identificaron dos documentos relacionados al registro de productos farmacológicos en Chile y de aplicación en la acuicultura, los cuales se describen a continuación.

a) *Guía Farmacológicos, versión 09: Actividades que ejecuta el solicitante para la presentación de un expediente de registro de un producto.*

Este documento explica los componentes de un expediente de presentación ante el SAG para el registro de los productos farmacológico, para lo cual se encuentran implícitos los pasos que se deben seguir, tanto experimentales, como de documentación asociada. Su principal objetivo es guiar los pasos del solicitante de una manera práctica. Se incluyen 5 secciones o partes, las cuales son:

- 1) Parte 1: Resumen del Expediente de Registro, la cual se refiere a todos los antecedentes asociados al producto en registro, desde legales hasta farmacológicos.
- 2) Parte 2: Calidad, la que se refiere a la descripción cuali - cuantitativa, fabricación, principio activo, envases, controles, metodología analítica, estabilidad y formulación del producto terminado.
- 3) Parte 3: Información sobre Seguridad y Residuos, referida a estudios de toxicología, otros efectos, seguridad para el manipulador, evaluación de riesgo ambiental, y residuos (depleción).
- 4) Parte 4: Información sobre Eficacia, referida a la eficacia demostrada para cada especie de destino y subcategoría (si corresponde), indicación de uso, vía de administración, dosis, pauta horaria y duración del tratamiento recomendada, mediante estudios de laboratorio (farmacodinamia, concentración mínima inhibitoria, farmacocinética, resistencia) y estudios clínicos.
- 5) Parte 5: Bibliografía, que incluye información científica pertinente y disponible, que no haya sido cubierta en los puntos anteriores.

Para el desarrollo de estas partes, se destaca que esta institución recomienda el uso y aplicación de los lineamientos contenidos en las guías VICH para la determinación de eficacia (VICH GL39), estabilidad (VICH GL 3, 4 y 5) y efectos ecotoxicológicos (VICH 6 y 38) del producto en proceso de registro, ya que la guía por sí misma, no orienta sobre los aspectos científicos y/o técnicos que se deben seguir.



b) *Resolución 665 EXENTA.*

Esta resolución establece parámetros que permiten determinar que los productos farmacéuticos de uso exclusivamente veterinario no provocan daño al ambiente. Estos parámetros se enfocan en determinar el nivel de toxicidad para el medio ambiente y que limite el registro de productos farmacéuticos de uso exclusivamente veterinario. Estas características podrán ser determinadas mediante estudios nacionales referidos a la evaluación de su ecotoxicidad, detallando: 1) Los umbrales de aceptación de efectos del producto farmacológico en el ambiente, y 2) Indica que se debe utilizar la guía VICH para la determinación del riesgo ambiental (VICH GL 6 y 38).

Debido a que, en gran parte de los documentos nacionales, señalan que se deben seguir los lineamientos de las guías VICH, a continuación, se realiza la revisión en la documentación internacional.

**5.7.3. Documentación internacional.**

**5.7.3.1. Cooperación Internacional para la Armonización de los Requisitos Técnicos para el Registro de Medicamentos Veterinarios (VICH).**

VICH es un programa trilateral (UE-Japón-EE. UU.) destinado a armonizar los requisitos técnicos para el registro de productos veterinarios. Este programa posee una serie de guías que orientan el trabajo de los solicitantes que requieren de registrar productos veterinarios en los países adscritos al programa, pero también para aquellos que reconocen a estas guías como el “gold estándar” a seguir, siendo el caso de Chile. Los documentos recomendados se describen brevemente a continuación.

*a) Directriz 9 de la VICH (BPC), Buenas Prácticas Clínicas.*

El objetivo de este documento es proporcionar orientación sobre el diseño y la forma de llevar a cabo todos los estudios clínicos de productos veterinarios en las correspondientes especies de destino y que facilite su registro. Contempla constituir una norma internacional de calidad ética y científica para el diseño, la realización, el seguimiento, el registro, la auditoría, el análisis y la redacción del informe de los estudios clínicos en los que se evalúan productos veterinarios. El cumplimiento de esta norma proporciona tranquilidad al público porque garantiza la integridad de los datos de los estudios clínicos, además del bienestar animal y la protección del personal que ha intervenido en el estudio, del medio ambiente y de las cadenas alimentarias del ser humano y de los animales. Los requerimientos solicitados y que deben ser parte del proyecto de evaluación del producto son: 1) Asignar un investigador; 2) un monitor de estudio; 3) disponer de un patrocinador; 4) generar un protocolo de estudio detallado; 5) al término de la experimentación generar un informe final; y 6) almacenar toda la documentación del estudio de forma segura y trazable. Estos aspectos deberán ser integrados en el dossier solicitado por el SAG, debido a que este documento se encuentra vinculado a la Guía





Farmacológicos, versión 09 del SAG. En este documento a su vez se indica que en los estudios en los que se hayan aplicado las Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL), los estudios de exploración básica u otros estudios clínicos no destinados a ser utilizados como apoyo regulatorio no quedan incluidos en el ámbito de aplicación de esta guía. No obstante, es posible que se exija la presentación de datos obtenidos en estudios de seguridad y preclínicos a la autoridad regulatoria pertinente con el fin de autorizar debidamente estudios clínicos posteriores antes de que sean iniciados. Esto coincide con lo indicado por la Guía Farmacológicos, versión 09 del SAG, que señala que se deben revisar las guías VICH GL 3, 4, 5, 6, 38 y 39.

*b) VICH GL3: Stability testing of new veterinary drug substances and medicinal products.*

En este documento se solicita al solicitante que genere información sobre la estabilidad de la sustancia, ya sea como droga o como medicamento, como parte integral del enfoque sistemático de la evaluación de estabilidad. Requiere que se realicen evaluaciones químicas y físicas para la estabilidad del producto, detallando se entregue información relativa a: 1) resultados de la prueba de estrés, 2) una correcta selección de lotes, 3) indicar el sistema de contenedor cerrado (VICH GL4), 4) mencionar la especificación, 5) entregar los resultados de la prueba de frecuencia, 6) y de estabilidad, 7) detalles de la evaluación, 8) una propuesta de etiquetado, y en el caso específico para compuesto medicinal se deberá sumar a lo anterior los resultados de la prueba de fotoestabilidad (VICH GL5).

*c) VICH GL39: Test procedures and acceptance criteria for new veterinary drug substances and new medicinal products: chemical substances.*

En este documento se le indica al solicitante su uso para el seguimiento de un set único de especificaciones globales para el registro de nuevas drogas y productos veterinarios, lo que permitirá cumplir con los criterios de aceptación. Por otra parte, especifica que debe hacer uso de las guías VICH previamente mencionadas.

*d) VICH GL6 (Ecotoxicidad fase I) y VICH GL 38 (Ecotoxicidad fase II).*

Estos documentos indican la necesidad de cuestionarse sobre la posibilidad de que el producto a registrar presente algunos impactos en el ambiente, ya sea especies y/o sedimentos, por lo que estas guías permiten la identificación de las pruebas necesarias para la evaluación de aspectos ambientales y ecotoxicológicos que permitan el registro de un producto médico veterinario. Para esto VICH recomienda el uso de un árbol de decisión fase I (VICH GL6) en primera instancia, para determinar si existe o no información al respecto e identificación de brechas de conocimiento y si es necesario abordar estudios de toxicidad. En caso de identificar la necesidad de ahondar en aspectos de impactos en el ambiente, entonces se debe utilizar la guía VICH GL38 que indica la realización de estudios de efectos en: 1) propiedades físico – químicos, 2) destino ambiental, 3) en especies acuáticas, 3) riesgo ambiental en casos donde pueda existir acumulación de sustancias, 4) destino ambiental con



bioconcentración en peces, 4) especies acuáticas (aumentan especies a testear: algas, peces en etapas tempranas, sedimento, y crustáceos, todos según corresponda a agua dulce o de mar) y 5) potencial de acumulación de sustancias. Se presentan dos niveles de estudios presentando más exigencias uno de otros, lo que dependerá de los potenciales impactos en el ambiente del producto en cuestión. Esta clasificación se obtendrá del cuestionamiento derivado de la aplicación de las guías (clasificación en TIER A o TIER B).

#### **5.7.3.2. Organización de cooperación y desarrollo económicos (OCDE).**

a) *ENV/MC/CHEM(98)17: Principios de Buenas prácticas de laboratorio de la OCDE.*

Este documento se encuentra mencionado como material de consulta en la Guía Farmacológicos, versión 09 del SAG. Las Buenas Prácticas de Laboratorio de la OCDE son un sistema de calidad relativo al modo de organización de los estudios de seguridad no clínicos referentes a la salud y al medio ambiente con fines de registro y, asimismo, acerca de las condiciones en que estos estudios se planean, ejecutan, controlan, registran, archivan e informan. Este documento requiere la siguiente información: 1) identificar la organización de las pruebas e instalaciones, 2) señalar el personal participante en el proyecto, 3) mencionar el programa de aseguramiento de calidad, 4) indicar los elementos de prueba, 5) detallar los sistemas experimentales, y 6) generar y almacenar toda la documentación relacionada.

#### **5.7.4. Identificación de parámetros asociados al ingreso y registro de productos o tratamientos no farmacológicos.**

De esta revisión de información, se logró identificar un listado de parámetros requeridos para todos los estudios que comprenden el registro e ingreso de tratamientos veterinarios, pero de índole farmacológica, ya que como se mencionó previamente, no se detectó lineamientos o normativas asociadas al ingreso y registro de tratamientos no farmacológicos (considerando la definición de tratamiento no farmacológico utilizada en el presente proyecto). El listado de parámetros técnicos requeridos en toda documentación que permita la autorización e implementación, se entrega a continuación, parámetros que pueden ser adaptados al mecanismo de control no farmacológico y según corresponda:

- Realización de estudios en laboratorio y clínicos para la obtención de información científica-técnica del producto siguiendo las pautas Sernapesca, SAG, VICH, para los cuales se especifican como componentes requeridos para la investigación: equipo de trabajo, patrocinadores, protocolos o metodología, reporte y documentación.
- Conocer y disponer de todos los antecedentes legales asociados al producto, como licencias, certificados asociados a ventas, de laboratorio, entre otros.



- Contar con antecedentes técnicos relacionados al mecanismo de control, siendo:
  - Generales del producto (nombre, forma o mecanismo, composición y/o componentes),
  - Clínicos (dosis, frecuencia, duración del tratamiento, modo de empleo, contraindicaciones, efectos adversos o negativos en la especie objetivo, advertencias, precauciones para el operador, entre otros),
  - Farmacéuticos (incompatibilidades, periodo de eficacia post apertura del envase si corresponde, almacenamiento, envases, entre otros),
  - Efectos ambientales
- Proyectos de presentación del producto (rótulos, etc. si corresponde).
- De calidad (descripción cualitativa y cuantitativa sobre propiedades químicas y/o físicas, fabricación, control de materias primas, controles de producto en proceso y terminado, evaluaciones de estabilidad, entre otros y según corresponda).
- Información de seguridad respecto de toxicología en la especie de destino, seguridad en el operario durante la preparación o aplicación del mecanismo de control, evaluación de riesgo ambiental, información de residuos (depleción, límites máximo de residuos, periodo de resguardo).
- Información sobre la eficacia del producto validada mediante estudios de laboratorio con enfoque hacia la reducción de cargas parasitarias, junto a información de uso, dosis, vía de administración, frecuencia, duración del tratamiento, concentración efectiva y letal, evaluación de resistencia, y estudios clínicos que abarcan la evaluación del producto en condiciones productivas y respaldados por estudios nacionales.

Todos estos parámetros y derivados de los estudios, deberán ser incorporados en un dossier o documento general para presentar a SAG para ingreso y registro del tratamiento, o a la autoridad que corresponda. Nuevamente, estos parámetros son una adaptación de los requerimientos esperados para el registro de tratamientos farmacológicos, pudiendo ser adaptados a requerimientos para tratamientos no farmacológicos. Es probable que no todos estos aspectos sean posibles de aplicar a todos los tratamientos no farmacológicos, ya que dentro del listado identificado en el presente estudio (Objetivo 1), se mencionan mecanismos de tipo mecánico, en los cuales, por ejemplo, no serían requeridos estudios de estabilidad, pero si serían necesarios para tratamientos mediante aceites naturales. Esta revisión permitió identificar una brecha de conocimiento actual respecto de esta



materia y para nuevos tratamientos alternativos. Por ende, estos requerimientos debieran estar contenidos en un lineamiento especial, adaptado y novedoso para este tipo de tratamientos.

### **5.8. Análisis de la experiencia internacional en la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra Caligidosis.**

Como se mencionó en el objetivo específico 1, de la revisión de los antecedentes internacionales para el control del piojo de mar, se extrajo el siguiente listado de tratamientos no farmacológicos utilizados o en vías de utilización (junto con descripciones para cada mecanismo):

- Peces limpiadores
- Luz UV-C
- Baño térmico
- Baño agua dulce
- Onda ultrasónica
- Agua a presión y succión
- Peróxido de hidrógeno

Durante el desarrollo del objetivo 2, se logró la identificación de un ranking de tratamientos en base a parámetros de eficacia, bienestar animal, entre otros, obteniendo el siguiente listado ordenado de mayor a menor beneficio (como resultado de la integración y puntaje obtenido en el objetivo 2):

- 1) Agua a presión y succión.
- 2) Peces limpiadores, baño agua dulce y peróxido de hidrógeno.
- 3) Luz UV-C, baño térmico tibio, onda ultrasónica.
- 4) Baño térmico frío.

Antes de realizar un análisis de los tratamientos, se debe mencionar que hay dos tratamientos que poseen su acción sobre los estadios larvales, confiriéndoles propiedades preventivas y no de control sobre estadios adultos. Estos tratamientos son Luz UV-C y onda ultrasónica, los cuales serán excluidos del siguiente análisis. De modo de confirmar el ranking obtenido en el objetivo 2 y obtener una diferenciación entre peces limpiadores, baño agua dulce y peróxido de hidrógeno, se procedió a utilizar la metodología propuesta de Saraiva *et al.*, (2019), como se indica a continuación (**Tabla 12**).



**Tabla 12.**  
Evaluación de tratamientos no farmacológicos derivado de la experiencia internacional.

Tratamiento	Agua a presión y succión		Peces Limpiadores		Baño agua dulce		Peróxido de hidrógeno		Baño térmico (frío y tibio)	
	Respuesta	Nivel	Respuesta	Nivel	Respuesta	Nivel	Respuesta	Nivel	Respuesta	Nivel
¿Las eficacias arrojadas por el tratamiento son mejores al tratamiento estándar?	Si	Alto	No	NA	Si	Alto	Si	Alto	Si	Alto
¿La alteración al bienestar animal es leve?	Si	Medio	Si	Bajo	Si	Alto	Si	Bajo	No	NA
¿Se identificó un bajo efecto en ambiente?	Si	Alto	No	NA	Si	Alto	Si	Medio	Si	Alto
Los requerimientos de implementación del tratamiento (costos e infraestructura) son simples	No	NA	Si	Alto	No	NA	Si	Alto	No	NA
Sumatoria	3	2	2	1	3	3	4	2	2	2

De acuerdo a estos resultados obtenidos en base a la sumatoria de los puntajes altos, se logró obtener el siguiente listado:

- 1) Peróxido de hidrógeno (Respuesta: 4; Nivel: 2)
- 2) Agua dulce (Respuesta: 3; Nivel: 3)
- 3) Tratamiento a presión de agua (Respuesta: 3; Nivel: 2).
- 4) Baño térmico (Respuesta: 2; Nivel: 2).
- 5) Peces limpiadores (Respuesta: 2; Nivel: 1).

Este listado indica que, de la experiencia internacional el peróxido de hidrógeno, los baños con agua dulce, y los tratamientos a presión de agua sería los 3 primeros del listado que ofrecen mayores beneficios en su aplicación respecto de los otros evaluados.



**Objetivo 4: Determinar posibles aplicaciones de estos métodos en Chile, factibilidad y plazos de implementación, además de incorporar y cuantificar las eventuales mortalidades generadas por estos métodos.**

## **5.9. Estudio de factibilidad de implementación de tratamientos no farmacológicos: Diagnostico de situación en Chile.**

### **5.9.1. Factibilidad técnica.**

Se realizó un análisis de evaluación de características asociadas a los tratamientos no farmacológicos que permitió conocer la factibilidad de aplicación de los distintos tratamientos propuestos en el listado generado en el objetivo específico 2. Las preguntas a contestar en el análisis fueron:

- 1) ¿Es capaz de controlar el parásito, es su enfoque es más bien preventivo de acuerdo a la literatura?
- 2) ¿Las eficacias promedio máximas superan el 70%?
- 3) ¿Controla parásitos en estadio chalimus y/o adultos?
- 4) ¿Se conocen efectos en el bienestar animal durante y posterior al tratamiento?
- 5) ¿La densidad de peces se mantiene durante el tratamiento?
- 6) ¿No requiere de infraestructura especializada y/o traslado de materiales, insumos o tecnología distinta que aquellos aplicados en el tratamiento estándar (descontando el producto en sí)?
- 7) ¿No existen mayores legislaciones que impidan su uso en forma directa?

De esta forma, los resultados indican que en primer lugar se ubican los tratamientos mediante inmersión con aceite natural y peróxido de hidrógeno, en segundo lugar, el tratamiento mecánico mediante presión de agua, mediante inmersión con agua dulce y tratamiento térmico (**Tabla 13**). Los últimos tres tratamientos si bien presentan buenas características para el control del parásito, obtuvieron menor puntaje al aplicar las preguntas, por lo que se consideran con menor factibilidad técnica de control.



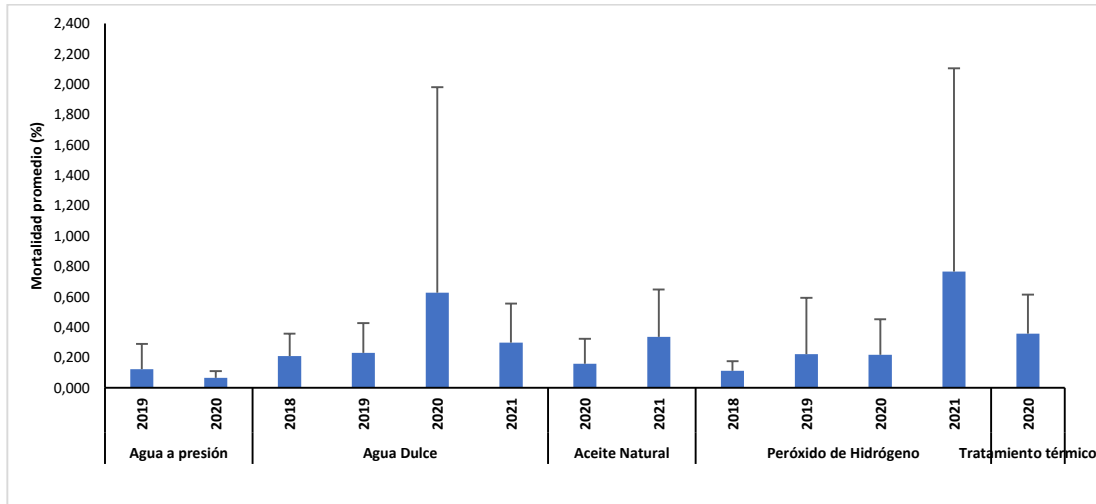
**Tabla 13.**  
Ranking de tratamientos en base al cuestionamiento de factibilidad técnica y de control.

Tratamiento no farmacológico	1	2	3	4	5	6	7	Puntaje total	Lugar
Aceite natural	1	1	1	-1	1	1	1	5	1
Peróxido de hidrógeno	1	1	1	-1	1	1	1	5	1
Agua a presión	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	2
Agua dulce	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	2
Tratamiento térmico	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	2
Peces limpiadores	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	3
Pulso electromagnético	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	3
Ondas ultrasónicas	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-3	4

Actualmente, todos los mecanismos de control identificados para la reducción de cargas de Caligus, ya se encuentran en uso, por lo que la evaluación de factibilidad técnica (definida como parte de la evaluación de proyecto), recae en cada empresa que quiera utilizar el tratamiento no farmacológico escogido. Es por este motivo que del presente análisis y considerando aspectos biológicos y de control, se estimó que aquellos con mayores probabilidades de implementación en la realidad nacional son el tratamiento mediante inmersión con aceite natural, peróxido de hidrógeno y agua dulce, y luego el tratamiento mecánico a través de agua a presión y térmico.

#### 5.9.1.1. Cálculo de la mortalidad asociada a los tratamientos.

Respecto de la mortalidad estimada para el mes en el que se aplicó el tratamiento (base de datos de Sernapesca en el periodo de tiempo entre 2018 y 2021) se puede observar que se registraron mortalidades superiores a 0,5% para los tratamientos agua dulce en el año 2020 y peróxido de hidrógeno en el año 2021 (**Figura 5**). Estos datos son un promedio estimado de acuerdo Overton *et al.* (2019), por lo que este promedio se encuentra afectado no solo por el tratamiento aplicado, sino que también por eventos de mortalidad provocados por otros factores como brotes de Piscirickettsiosis y/o *bloom* de algas. No obstante, lo mencionado previamente, se puede observar que en general las mortalidades no superan el 0,5% de los individuos cultivados.



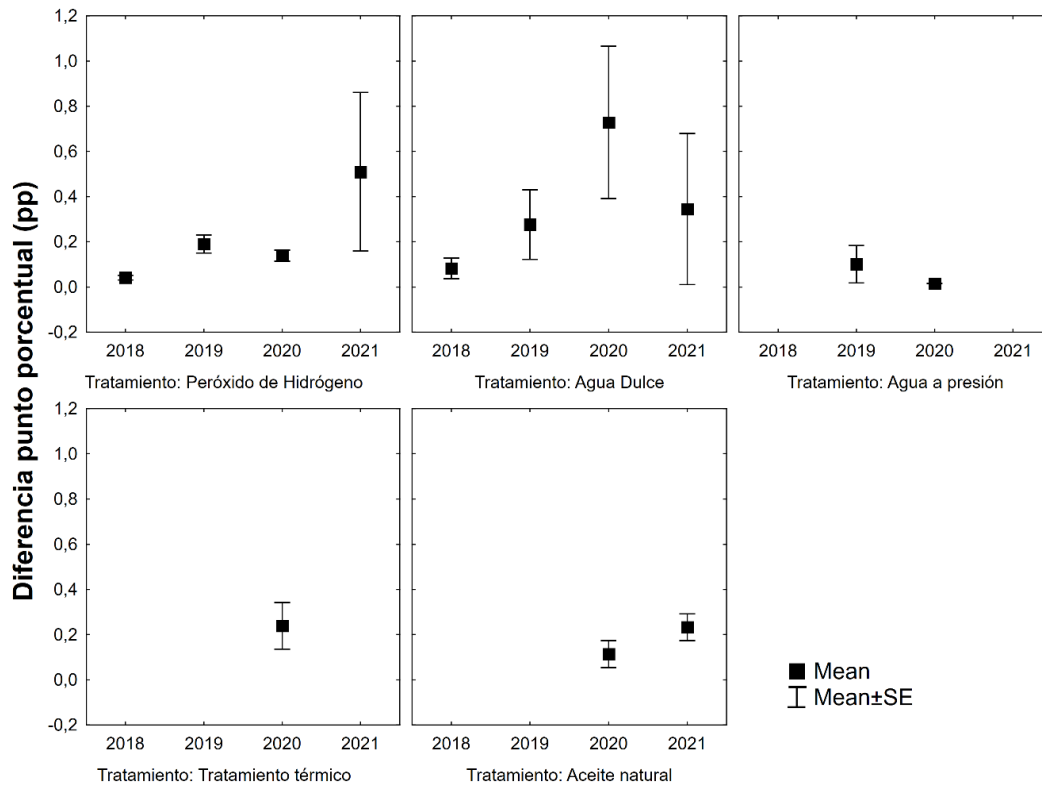
**Figura 5.**

Mortalidad promedio (%) para cada tratamiento no farmacol3gico desde el a3o 2018 al 2021.

Si guiendo la metodolog3a de Overton *et al.* (2019), se estim3 la diferencia por punto porcentual entre la mortalidad total en el mes previo al tratamiento y el mes de aplicaci3n del tratamiento, de modo de estimar su aumento en forma indirecta. Gracias a este ejercicio se estimaron resultados positivos y negativos.

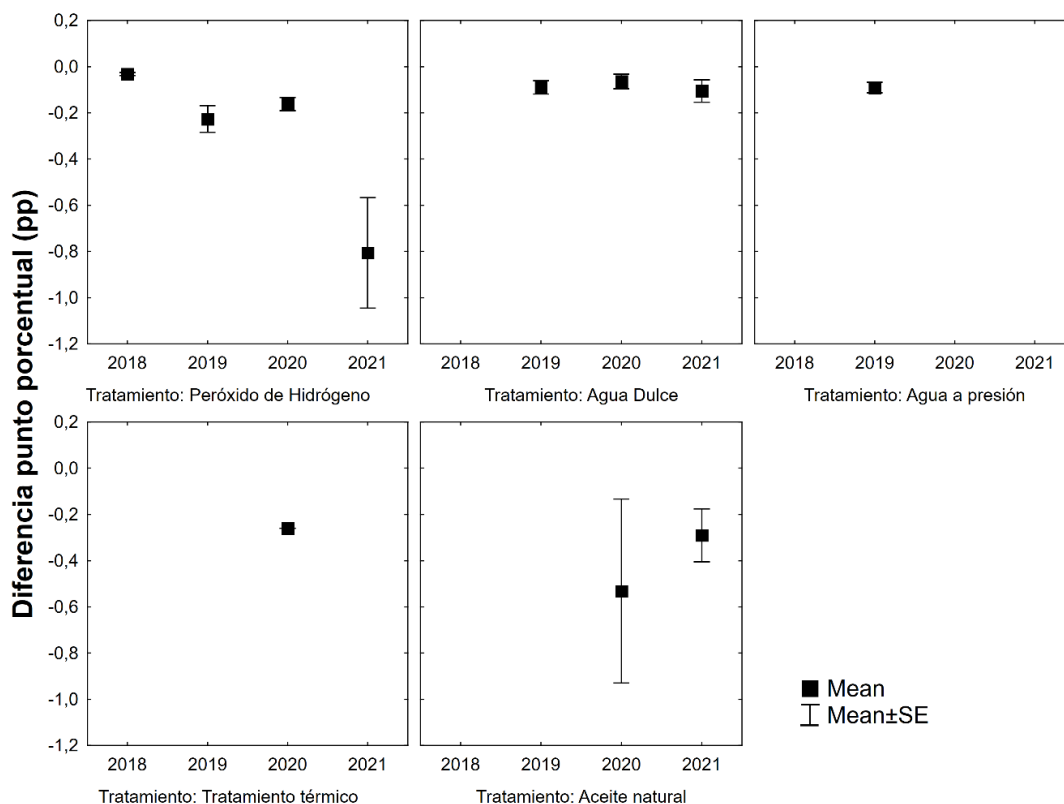
Aquellos resultados positivos corresponden a incrementos en la mortalidad entre un mes y otro, siendo aquellos negativos situaciones en las que la mortalidad present3 una disminuci3n de un mes a otro, indicando una mejora en la condici3n productiva del centro. En la **Figura 6**, se puede observar las diferencias punto porcentuales positivas, en las que se observa un aumento de la mortalidad en el tiempo para el tratamiento per3xido de hidr3geno y aceites naturales entre los a3os 2020 y 2021. El tratamiento de agua dulce result3 con la m3s alta diferencia porcentual, indicando aumento en el mes de tratamiento, en el a3o 2020, con una disminuci3n hacia el a3o 2021. Para los tratamientos agua a presi3n y t3rmico, se registran pocos valores que permitan realizar mayores comparaciones, e incluso aparentemente estos tratamientos descontinuaron su uso.





**Figura 6.**  
Diferencia punto porcentual promedio (pp) positiva para cada tratamiento no farmacol3gico desde el a3o 2018 al 2021.

Respecto de las diferencias punto porcentuales negativas, en la **Figura 7** se observan las diferencias que resultaron en valores negativos, indicando un aumento en las mortalidades registradas en el mes de aplicaci3n del tratamiento, respecto del mes anterior. Se observa que el tratamiento con per3xido de hidr3geno en el mes de aplicaci3n mejora 0,8 puntos en promedio para el a3o 2021, indicando una disminuci3n en la mortalidad. Los otros tratamientos poseen pocos valores y/o reflejan una estabilizaci3n de las diferencias en el tiempo, a excepci3n del tratamiento con aceites naturales que refleja un leve aumento en la mortalidad hacia el 2021.



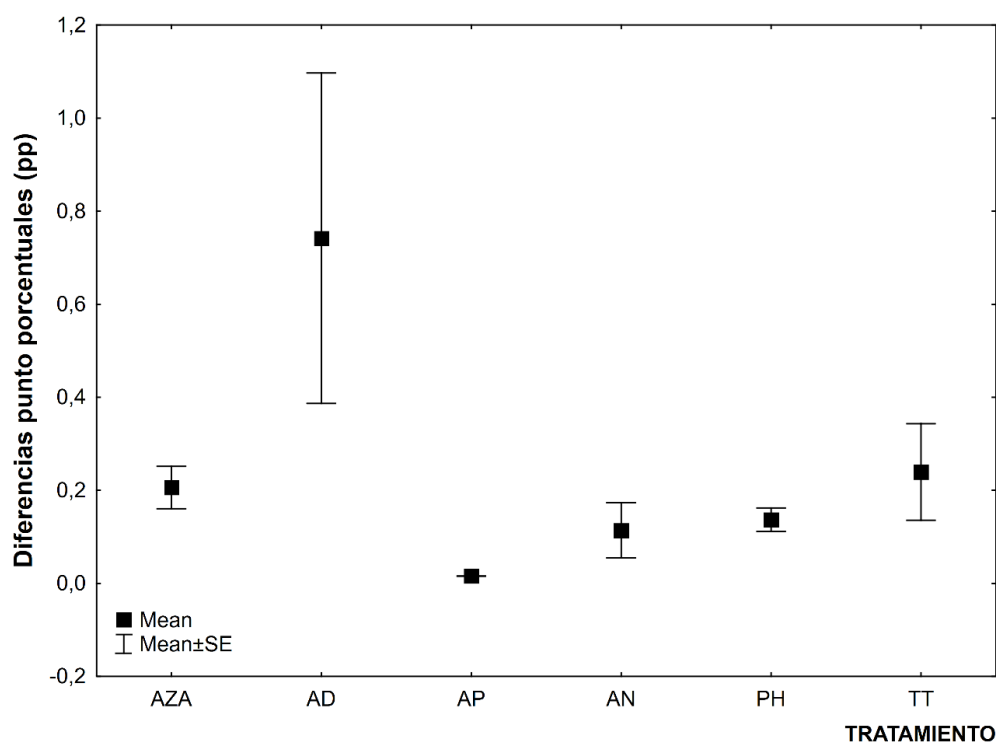
**Figura 7.**  
Diferencia punto porcentual promedio (pp) negativa para cada tratamiento no farmacol3gico desde el a3o 2018 al 2021.

En base a la diferencia porcentual positiva, junto a la sumatoria de todos los a3os, se logr3 identificar un orden de mayor a menor respecto del aumento de mortalidad en el mes de aplicaci3n del tratamiento, considerando desde el tratamiento con la mayor diferencia porcentual (pp) registrada hacia el tratamiento con el menor valor (**Tabla 14**), siendo el orden: agua dulce, tratamiento t3rmico, aceite natural, per3xido de hidr3geno, y agua a presi3n.

**Tabla 14.**  
Ranking de tratamientos en base al cuestionamiento de factibilidad t3cnica y de control.

Tratamiento	Observaciones	Diferencia punto porcentual (pp)	Desviaci3n estandar.
Agua dulce	26	0,6144	1,336594
Tratamiento t3rmico	7	0,2393	0,274411
Aceite natural	13	0,2054	0,173825
Per3xido de hidr3geno	179	0,1821	0,411877
Agua a presi3n	7	0,0767	0,156991

Por 3ltimo, se decidi3 comparar estos tratamientos contra el tratamiento est3andar (azametif3s) en un periodo de tiempo acotado de 7 meses para el a3o 2020. De este an3lisis se observ3 que no existen diferencias significativas entre el tratamiento con azametif3s y los 5 tratamientos no farmacol3gicos utilizado en Chile ( $p > 0,05$ ). Sin embargo, es importante mencionar que los datos utilizados en el an3lisis son escasos, pudiendo perfeccionarse en el tiempo con una mayor recopilaci3n de datos. En la **Figura 8** se puede observar que, a pesar de no existir diferencias significativas, el tratamiento con agua dulce presenta mayores diferencias en la mortalidad entre meses, respecto de azametif3s, y a diferencia del resto de los tratamientos, que presentan valores similares al antiparasitario tradicional, siendo inclusive inferiores para los tratamientos con agua a presi3n, aceites naturales y per3xido de hidr3geno.



**Figura 8.**

Diferencia punto porcentual promedio (pp) ( $\pm$  error est3andar) positiva para cada tratamiento no farmacol3gico, m3s azametif3s desde enero a agosto del 2020 (AZA: azametif3s, AD: agua dulce, AP: agua a presi3n, AN: aceite natural, PH: per3xido de hidr3geno, TT: tratamiento t3rmico).

A partir de estos an3lisis se puede concluir que se pueden presentar ambos escenarios en torno a la aplicaci3n de tratamientos antiparasitarios, pudiendo mejorar la condici3n productiva (disminuci3n de la mortalidad) o aumentar la mortalidad. En el caso del aumento de la mortalidad, se puede mencionar que la aplicaci3n de tratamiento con agua dulce ser3a aquel asociado mayormente a aumentos en la mortalidad, a diferencia de otros tratamientos. Por otra parte, se observ3 una variaci3n temporal en las diferencias de mortalidad, la que puede asociarse a mejoras en la aplicaci3n del tratamiento, como



también a otros eventos ocurridos en el mes de evaluación. Para evitar estos factores distorsionadores, se requiere aumentar la resolución de la observación, identificando el rango de tiempo idóneo para la cuantificación de la mortalidad, que permita identificar la relación directa con la aplicación del tratamiento no farmacológico, así como un mayor número de datos, que incluya el año 2021.

### **5.9.2. Factibilidad ambiental.**

La evaluación de la factibilidad ambiental tuvo como objetivo la identificación y predicción de posibles afectaciones que pudiera tener la implementación de diferentes tratamientos no farmacológicos en la modificación de las características medioambientales y que pudieran tener un impacto negativo sobre las mismas. Para ello, se utilizaron los criterios propuestos por Rodrigues-Gómez *et al.*, (2014), y con una modificación en su metodología debido a las características de las respuestas obtenidas.

#### **5.9.2.1. Resumen de las respuestas entregadas por los encuestados.**

##### **a) Tratamiento mediante inmersión con aceites naturales.**

Dentro del conjunto de respuestas obtenidas de los consultados, 3 participantes coincidieron en que este tipo de tratamiento tendría impactos ambientales generales leves, considerando que la concentración residual a la que son expuestos los organismos no objetivo es demasiado baja como para generar afecciones importantes tanto sobre los ecosistemas marinos circundantes (**Tabla 15**). Contrario a esto, el cuarto encuestado considera que liberación de extractos naturales al ambiente podrían causar alteraciones en el bentos, lo que podría generar efectos negativos importantes sobre los ecosistemas marinos. Este encuestado argumenta que, debido a las características de estos productos, los cuales no son encontrados de forma recurrente en los ambientes acuáticos, representa un alto estrés para los organismos presentes en estos ecosistemas, con particular impacto en fases larvales de especies no objetivo. Adicionalmente, el mismo experto considera que este tratamiento podría tener un impacto negativo sobre la salud humana, dada la posibilidad de generar irritaciones en piel y ojos, además de reacciones alérgicas importantes en las personas que lo manipulan, y/o ante posible exposición accidental al mismo.



**Tabla 15.**

Resumen de respuestas en el formulario de criterios para la caracterización de los impactos ambientales asociados al uso de tratamientos con aceites naturales.

Acciones del tratamiento	Carácter del impacto		Descripción del impacto													
	Positivo	Negativo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Min	Max	
Implementación	4				1							2	1	2	10	
Afectaciones a la diversidad biológica (deterioro de ecosistemas, introducción de especies invasoras, etc.)	2	2		1							1	1	1		9	
Efectos en fauna marina local	2	2		1							1	1		1	10	
Manejo de residuales	2	2				3					1			2	10	
Contaminación (hídrica, atmosférica, sonora, química, etc.)	2	2				1					1			2	10	
Daños a la salud humana	3	1		1										3	10	

En línea con lo mencionado con el último encuestado, se debe mencionar que, para minimizar los riesgos asociados al uso de este tipo de productos, se deben seguir las recomendaciones establecidos por el fabricante, las que se encuentran en la Hoja de Datos de Seguridad (HSD) del mismo. Esta hoja se adquiere tomando contacto con el proveedor del producto (no es de libre distribución). Por otra parte, se debe mencionar que los compuestos de uso veterinario utilizados por la industria salmonicultura, deben disponer de información de eficacia, seguridad e impacto ambiental, entre otros aspectos (información en detalle en Objetivo 3), considerando que es requerida para el registro de terapias aplicadas en la acuicultura en Chile.

**b) Peces limpiadores.**

Por otro lado, los peces limpiadores si bien tienen una mediana de 8,5, que lo categoriza como de impactos ambientales leves, se debe considerar el posible efecto que pueda tener este tipo de tratamientos sobre la fauna marina local y sobre la diversidad biológica de la zona donde sea empleado. Para este tratamiento, sólo uno de los encuestados respondió al formulario para la caracterización de los impactos ambientales. Para las acciones del tratamiento asociadas a las “afecciones a la diversidad biológica” y “efectos en fauna marina local”, el encuestado considera que el tratamiento a partir de peces limpiadores tendría un impacto ambiental moderado, otorgando una puntuación de 5 en ambos casos (**Tabla 16**). El comentario asociado a esta evaluación considera las altas tasas de escape que han sido reportadas, y que por ende podría tener repercusiones en el ecosistema donde este sea escapado. Asimismo, la posible diseminación de otras enfermedades tanto en los peces de cultivo (por ejemplo, a los salmónidos), como a la fauna marina local.



**Tabla 16.**

Resumen de respuestas en el formulario de criterios para la caracterización de los impactos ambientales asociados al uso de peces limpiadores como tratamiento contra la caligidosis.

Acciones del tratamiento	Carácter del impacto		Descripción del impacto													
	Positivo	Negativo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Min	Max	
Implementación	1									1				7	7	
Afectaciones a la diversidad biológica (deterioro de ecosistemas, introducción de especies invasoras, etc.)		1						1						5	5	
Efectos en fauna marina local		1						1						5	5	
Manejo de residuales	1												1	10	10	
Contaminación (hídrica, atmosférica, sonora, química, etc.)	1												1	10	10	
Daños a la salud humana	1												1	10	10	

**c) Peróxido de hidrógeno.**

El peróxido de hidrógeno representa un compuesto que se descompone rápidamente en agua y oxígeno sin dejar, aparentemente, subproductos dañinos en el medio ambiente. Una vez completado el tratamiento, el producto se dispersa rápidamente y se diluye en el agua de mar circundante hasta niveles mínimos que se descomponen rápidamente en agua y oxígeno. A pesar de ello, este tratamiento fue el que obtuvo una menor mediana del puntaje de impacto ambiental (mediana = 7). En relación a este, todas las acciones del tratamiento obtuvieron puntajes por debajo de 7, y por lo tanto categorizados como de impacto ambiental moderado o significativo, por lo menos por parte de uno de los encuestados (**Tabla 17**). Dentro de los comentarios asociados a esta evaluación, se encuentra que dosis sub-letales de este compuesto podrían llegar a afectar larvas de invertebrados marinos, y por lo tanto tener repercusiones importantes en los diferentes componentes ecosistémicos. Adicionalmente, tres de los cuatro encuestados, consideraron que el peróxido de hidrógeno puede representar un compuesto que podría genera daños en la salud humana, principalmente por su característica de comburente y corrosivo. De forma contrastante, para este compuesto también hubo al menos un encuestado que lo definió como de impacto leve en todas las acciones de tratamiento.



**Tabla 17.**

Resumen de respuestas en el formulario de criterios para la caracterización de los impactos ambientales asociados al uso de peróxido de hidrógeno como tratamiento contra la caligidosis.

Acciones del tratamiento	Carácter del impacto		Descripción del impacto													
	Positivo	Negativo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Min	Max	
Implementación	3	1			1						1		2	2	10	
Afectaciones a la diversidad biológica (deterioro de ecosistemas, introducción de especies invasoras, etc.)	1	3					1		1	1			1	4	10	
Efectos en fauna marina local	1	3						1	1	1			1	5	10	
Manejo de residuales	2	2							1	1			2	6	10	
Contaminación (hídrica, atmosférica, sonora, química, etc.)	2	2							1	2			1	6	10	
Daños a la salud humana	1	3					2		1				1	4	10	

Al igual que el tratamiento con aceite natural, para la mitigación de los efectos asociados al peróxido de hidrógeno, es indispensable contar con medidas de manejo óptimas, según con lo establecido en las HDS del compuesto, además de la información de eficacia, ambiental, entre otras requeridas para su ingreso y uso en la industria.

**d) Baños con agua dulce.**

Para los tratamientos con baños de agua dulce, sólo se obtuvo respuesta por parte de dos de los cuatro encuestados consultados. En este caso, se obtuvo la mayor mediana del puntaje de impacto, alcanzando, junto con los tratamientos mecánicos, un valor de 9,5. En todas las acciones del tratamiento consultadas, se obtuvieron puntajes mayores o iguales a 7, lo que indica impactos ambientales leves. Este fue el único tratamiento que obtuvo un carácter del impacto positivo para todas las acciones. Por lo que los expertos consideran con los posibles impactos asociados a este tratamiento estaría principalmente ligado a las embarcaciones que se utilizan para la movilización del agua dulce y los equipos necesarios para la aplicación del baño. De esta manera, afectaciones a la diversidad biológica, contaminación hídrica y sonora, y efectos sobre la fauna marina local, serían aquellos que tenían un mayor impacto, aunque dentro de la categoría de leve (**Tabla 18**).



**Tabla 18.**

Resumen de respuestas en el formulario de criterios para la caracterización de los impactos ambientales asociados al uso de baños de agua dulce como tratamiento contra la caligidosis.

Acciones del tratamiento	Carácter del impacto		Descripción del impacto													
	Positivo	Negativo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Min	Max	
Implementación	2										1		1		7	9
Afectaciones a la diversidad biológica (deterioro de ecosistemas, introducción de especies invasoras, etc.)	2										1			1	7	10
Efectos en fauna marina local	2									2					7	7
Manejo de residuales	2												2	10	10	
Contaminación (hídrica, atmosférica, sonora, química, etc.)	2									1			1	7	10	
Daños a la salud humana	2												2	10	10	

**e) Tratamiento mecánico mediante presión de agua y succión.**

Al igual que el tratamiento de baños con agua dulce, esta categoría de tratamiento obtuvo una mediana de 9,5, destacándose como la de mayor puntaje de impacto ambiental (**Tabla 19**). De esta manera, se considera como un tratamiento de impacto ambiental leve. Los principales efectos medioambientales que estarían asociados a este tratamiento, serían aquellos generados por las embarcaciones al transitar hasta la piscicultura donde será aplicado el tratamiento. Dentro de estos impactos leves, destacan según los encuestados, efectos sobre el fondo marino, cambios en rutas migratorias y riesgos de encuentro de mamíferos marinos, entre otros similares. Algunos de los encuestados coinciden en que la planificación estratégica de las actividades y la inclusión veedores de fauna marina, pudieran tener un impacto positivo en la reducción de los posibles riesgos medio ambientales de esta actividad.





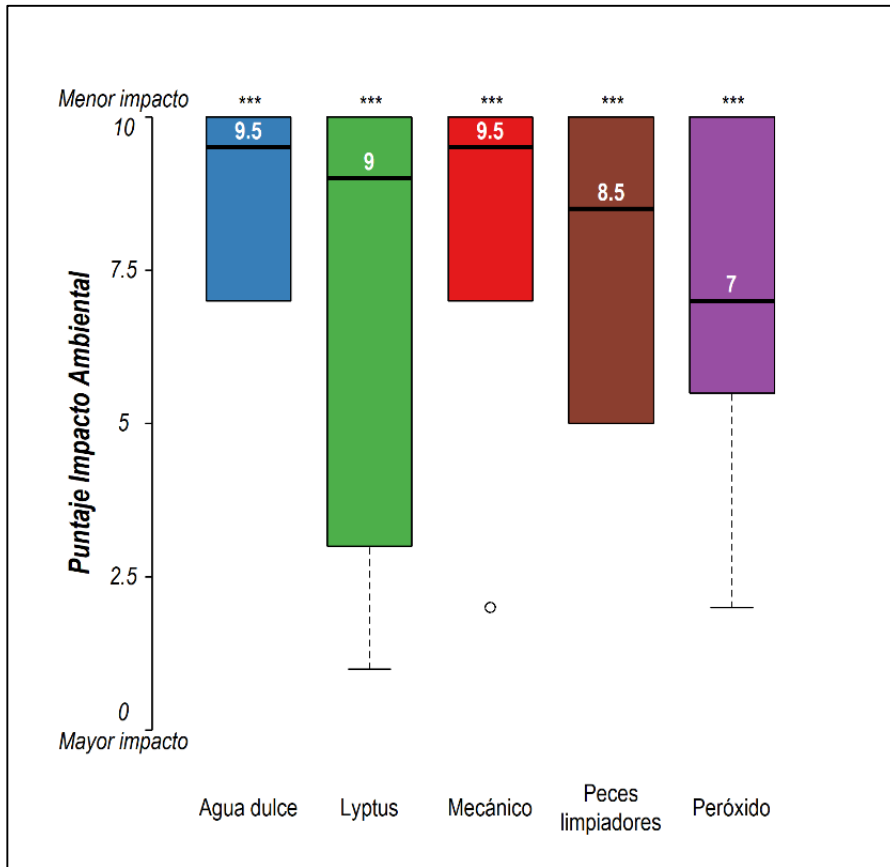
**Tabla 19.**

Resumen de respuestas en el formulario de criterios para la caracterización de los impactos ambientales asociados al uso de tratamientos de presión de agua contra la caligidosis.

Acciones del tratamiento	Carácter del impacto		Descripción del impacto													
	Positivo	Negativo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Min	Max	
Implementación	4				1						1			2	2	10
Afectaciones a la diversidad biológica (deterioro de ecosistemas, introducción de especies invasoras, etc.)	3	1									1	1		2	7	10
Efectos en fauna marina local	3	1									2			2	7	10
Manejo de residuales	3	1									1	1		2	7	10
Contaminación (hídrica, atmosférica, sonora, química, etc.)	3	1									1	2		1	7	10
Daños a la salud humana	3	1								1				3	6	10

### 5.9.2.2. Resumen de puntuación y clasificación de los tratamientos.

De la integración de las respuestas de los encuestados, se obtuvo que la mediana de los criterios de impacto de impacto ambiental para todos los métodos no farmacológicos evaluados, arrojaron valores entre 7 y 9,5, pudiendo ser categorizados como de “impactos leves”, y por lo tanto categorizadas como altamente factibles ambientalmente (**Figura 9**). En este sentido, los tratamientos que presentaron mayores puntajes (es decir, menor impacto ambiental) fueron los baños con agua dulce y tratamientos mecánicos (9,5 cada uno). Seguido a ellos, con una mediana de 9 se posicionó el tratamiento con aceites esenciales, aunque presentando una gran variación en los puntajes asignados por los encuestados, obteniendo valores de hasta 1 en algunos de los criterios consultados. Los tratamientos con aceites naturales, peces limpiadores y peróxido de hidrógeno, fueron los tratamientos que en al menos 1 de las acciones del tratamiento obtuvieron puntajes por debajo de 7, es decir, impactos ambientalmente moderados o significativos.



**Figura 9.**

Puntajes asignados por expertos en relación al impacto ambiental esperado por cada tipo de tratamiento no farmacológico.

(Los números dentro de las cajas y las barras horizontales, representan la mediana de cada tratamiento.

\*\*\* Altamente factible ambientalmente).



### **5.9.3. Factibilidad económica.**

#### **5.9.3.1. Beneficios asociados a la aplicación de TNF contra Caligus.**

Para la evaluación económica asociada a la aplicación de los tratamientos no farmacológicos (TNF) contra la Caligidosis, en primer término, se identificaron los beneficios asociados a la adopción de estas nuevas aproximaciones terapéuticas, respecto del uso de baños tradicionales por químicos.

Para los sistemas o productos evaluados, los beneficios monetarios identificados fueron los siguientes:

- Disminución del uso de productos químicos tradicionales.
- Aumento de utilidades por valorización patrimonial de imagen de la industria frente a la comunidad.
- Disminución de costos por multas por incumplimiento normativo, asociados a la disminución de la aplicación de tratamientos convencionales que afectan el entorno de los centros de cultivo.

#### **a) Cuantificación de los beneficios.**

La cuantificación de los beneficios consistió en asignar unidades de medida apropiadas a los beneficios identificados. Para efectos de la evaluación de TNF contra Caligidosis, se consideraron los mismos para todos los sistemas o productos evaluados.

- Disminución del uso de productos químicos tradicionales, a una tasa anual de 0,05 puntos.
- Aumento de la valorización patrimonial de imagen de la industria frente a la comunidad, con un consecuente aumento de utilidades a un 1% anual.
- Disminución de costos por multas por efecto de la disminución de la aplicación de tratamientos convencionales que afectan el entorno de los centros de cultivo, calculados en una baja del 15% de eventos por año.

#### **b) Valorización de los beneficios.**

Para la valoración de los beneficios se asignó un valor monetario a los ítems identificados previamente, realizándose estimaciones específicas para poder valorar los beneficios, explicitando la forma de cálculo, parámetros y variables utilizados.

#### ***Disminución del uso de productos químicos tradicionales.***

Considerando los antecedentes recopilados desde fuentes oficiales y de los aportados por los propios usuarios, se consideraron los siguientes parámetros para valorizar el costo de los tratamientos por



baño con químicos (azametifós), para un ciclo productivo de salmón del Atlántico de 18 meses (**Tabla 20**).

**Tabla 20.**

Cálculo del costo (USD) de baños con químicos por ciclo productivo.

Costo por centro	USD
Costos fijos por baño	24.000
Costo variable baño (10 jaulas)	8.400
Total por centro (10 jaulas)	32.400
Baños por ciclo	14
Costo por ciclo	<b>453.600</b>

Para una evaluación a 5 años, considerando una tasa de disminución del uso de tratamientos químicos tradicionales del 0,05 anual, la disminución de costo sería la siguiente (**Tabla 21**):

**Tabla 21.**

Disminución de costos (USD) por uso de tratamientos químicos por ciclo productivo.

Año	1	2	3	4	5
Decrecimiento baños químicos	430.920	409.374	388.905	369.460	350.987
Ingresos (USD) (ahorro baños químicos)	22.680	44.226	64.695	84.140	102.613

### ***Aumento de utilidades en la empresa.***

Considerando una valorización patrimonial de imagen de la industria frente a la comunidad, se ha estimado un aumento anual del 1% de las utilidades (EBIT).

Considerando una empresa con utilidades anuales antes de intereses e impuestos (EBIT) por MMUSD 57,721, los valores calculados pueden observarse en la siguiente **Tabla 22**.

**Tabla 22.**

Aumento de utilidades (EBIT/USD) por aumento de utilidad del 1% anual a 5 años.

Año	1	2	3	4	5
Utilidad	58.298.405	58.881.389	59.470.202	60.064.905	60.665.554
Diferencia (aumento de utilidad)	577.212	582.984	588.814	594.702	600.649



### ***Disminución de costos por incumplimiento normativo.***

Finalmente se identificó el beneficio de la disminución de costos por multas por incumplimiento normativo, producto de la disminución de la aplicación de tratamientos convencionales que afectan el entorno de los centros de cultivo, calculados en una baja del 15% de costos por año, asociados a ese ítem.

Como valor base se consideraron multas por USD250.000 por año, entregando la siguiente valorización para un horizonte de 5 años (**Tabla 23**).

**Tabla 23.**  
Costos de multas (USD) con una disminución del 15% anual a 5 años.

<b>Año</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Disminución costos multas	212.500	180.625	153.531	130.502	110.926
Diferencia (ganancia)	37.500	31.875	27.094	23.030	19.575

### **5.9.3.2. Costos asociados a la aplicación de TNF contra Caligus.**

#### **a) Identificación de costos.**

Se identificaron los costos de cada sistema o producto identificados, siendo validados por los propios usuarios de la industria salmonicultora, considerando los recursos requeridos para la operación de aplicación y el costo del producto, entre otros: adquisición de materiales e insumos, horas hombre, subcontratación de servicios, costo del producto, etc. Para el sistema de aplicación de tratamiento mecánico por agua a alta presión, se consideró el costo del servicio vendido.

Por su parte, para los otros tipos de tratamientos no farmacológicos evaluados, vale decir, la aplicación de baño cerrado con peróxido de hidrógeno, baño con agua dulce y baño con aceites naturales, se consideraron los costos fijos de aplicación y los costos variables asociados al costo del producto y unidades utilizadas por centro.

#### **b) Cuantificación de costos.**

#### ***Tratamiento mecánico por agua a alta presión.***

Para la cuantificación de costos de la aplicación de tratamientos mecánicos con agua a presión, se consideraron los costos del servicio vendido por parte del proveedor de la tecnología.

El costo considerado para el tratamiento de un centro de 10 jaulas es de USD115.000, y se estima la aplicación de 2 tratamientos por ciclo productivo de 18 meses.

**Baño con peróxido de hidrógeno.**

Para la cuantificación de costos de la aplicación de tratamientos por baño con peróxido de hidrógeno, se consideraron los costos fijos de la aplicación por baño cerrado más el costo variable por unidad tratada y costo de la unidad del producto.

El costo calculado considera el tratamiento aplicado a 6 de las 10 jaulas en el centro, con un costo de USD75.000 por centro, y se estima la aplicación de 5 tratamientos por ciclo productivo de 18 meses.

**Baño con agua dulce.**

Los costos de la aplicación de tratamientos por baño con agua dulce, se estimaron considerando los costos fijos de la aplicación por baño más el costo variable por unidad tratada.

El costo considerado para el tratamiento aplicado a un centro de 10 jaulas es de USD130.000 por centro, y se estima la aplicación de 2 tratamientos por ciclo productivo de 18 meses.

**Baño con aceites naturales.**

Para la cuantificación de costos de la aplicación de tratamientos por baño con aceites naturales, se consideraron los costos fijos de la aplicación por baño cerrado más el costo variable por unidad tratada y costo de la unidad del producto.

El costo calculado considera el tratamiento aplicado a un centro con 10 jaulas, es de USD50.000 por centro, y se estima la aplicación de 5 tratamientos por ciclo productivo de 18 meses.

**c) Valorización de costos.**

Considerando los supuestos utilizados y detallados previamente, la valorización por costos por sistema o producto no farmacológico aplicado, se describe en la siguiente **Tabla 24**.

**Tabla 24.**

Valorización de costos de aplicación de TNF (USD) según tipo de producto/sistema, por ciclo productivo.

Parámetros	Agua presión	Peróxido de hidrógeno	Agua dulce	Aceites naturales
Costos fijos				24.000
Costo por jaula	11.500	12.500	13.000	26.000
Costo total por centro	115.000	75.000	130.000	50.000
Tratamientos por ciclo	2	5	2	5
<b>Costo por ciclo</b>	<b>230.000</b>	<b>375.000</b>	<b>260.000</b>	<b>250.000</b>



#### d) Flujo de beneficios netos.

Una vez valorizados los costos y beneficios de la aplicación de cada TNF, se calculó el flujo de beneficios netos, para un periodo de 5 años como horizonte de evaluación. El detalle del cálculo efectuado se puede revisar en el anexo 6.

A partir de los flujos de beneficios netos calculados, se calcularon los indicadores de rentabilidad Valor Actual Neto (VAN), para una tasa del 12%, y la Tasa Interna de Retorno (TIR), con un valor de inversión aplicado, solo con fines de generar la evaluación, de USD100.000, por cada sistema o producto utilizado como TNF para el control de la Caligidosis en centros de cultivo de salmónidos.

El resumen de los indicadores de rentabilidad por sistema o producto aplicado como TNF se detalla en la siguiente tabla (**Tabla 25**).

**Tabla 25.**

Valor Actual Neto (VAN) (en USD) y Tasa Interna de Retorno (TIR) a 5 años, según sistema o producto utilizado como TNF por ciclo productivo.

Tipo de TNF	Valor Actual Neto (VAN)	Tasa Interna de Retorno (TIR)
Agua a presión	1.583.645	398,1%
Baño con peróxido de hidrógeno	983.772	243,8%
Baño con agua dulce	1.459.533	366,3%
Baño con aceites naturales	1.500.904	376,9%

#### 5.9.4. Factibilidad normativa.

De la revisión de la literatura del objetivo 3, sección referida a normativa nacional e internacional, se desprende la conclusión que en general, tanto en Chile como en otros países salmicultores, no existe una normativa asociada en forma directa al uso de métodos no farmacológicos para el control del piojo de mar. Los esfuerzos actuales pueden orientarse a crear y mantener estrategias asociadas al control del parásito junto al ingreso, registro y uso de tratamientos, como también, de generar comités científicos asesores que generen evidencia científica que apoye la toma de decisiones relacionadas al manejo de la acuicultura. En este contexto se identifica la primera brecha y potencial requerimiento para nuevos lineamientos de estudios. Por otra parte, potencialmente los lineamientos normativos asociado a tratamientos no farmacológicos pueden seguir aquellos descritos para los tratamientos farmacológicos, completando los requerimientos exigidos por el SAG (información en objetivo específico 3 para más detalles).



A pesar de lo mencionado previamente, fue posible identificar dos normativas y/o leyes adicionales a aquellas de registro de tratamientos, y que pueden tener un impacto en la implementación de nuevos tratamientos no farmacológicos, los cuales se describen a continuación.

*a) IMP/MP4/ Agosto 2019.*

Si bien este manual de procedimientos no se encuentra asociado al programa de farmacología de Sernapesca, se menciona como asociado al actual tratamiento no farmacológico mecánico, el que se realiza en embarcaciones destinadas para esta función. Este procedimiento se aplica a toda importación de embarcaciones usadas, cuyo destino sea la acuicultura. Establece los procedimientos y requisitos a aplicar para la importación de embarcaciones usadas destinadas a la acuicultura, con el propósito de evitar el ingreso de Enfermedades de Alto Riesgo, tanto exóticas como de aquellas con Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control (ISAv, Piscirickettsiosis, Caligus), y de otras que pudiesen generar impacto relevante. Indica los procedimientos para las embarcaciones para uso en acuicultura, considerando: 1) Solicitud de importación; 2) Evaluación, 3) Medidas de mitigación de EARS o PSEV en origen y en destino, y 4) Operación en agua nacionales.

*b) Decreto Ley 2222 Ley de navegación de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante de Chile (Directemar):*

Nuevamente, debido a que la aplicación de tratamientos por inmersión de los peces, se realiza mediante la utilización de embarcaciones, se menciona esta ley en su Artículo 1° que indica: “Todas las actividades concernientes a la navegación o relacionadas con ella, se regirán por la presente ley, cuyas disposiciones prevalecerán sobre cualquier norma vigente en esta materia. Por otra parte, especifica en el art. 142: Se prohíbe absolutamente arrojar lastre, escombros o basuras y derramar petróleo o sus derivados o residuos, aguas de relaves de minerales u otras materias nocivas o peligrosas, de cualquier especie, que ocasionen daños o perjuicios en las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, y en puertos, ríos y lagos. La Dirección y sus autoridades y organismos dependientes tendrán la misión de cautelar el cumplimiento de esta prohibición”.

Gracias a esta revisión, se concluye que es factible en términos normativos la aplicación en Chile de tratamientos no farmacológicos nuevos, y continuar con el uso de aquellos ya presentes en la industria. Es muy probable que al aplicar la legislación vigente aparezcan detalles no mencionados en esta sección, por lo que se espera que un mayor uso de este tipo de tratamientos genere las instancias para generación de nuevas normativas o la adaptación de las ya existentes.





**Objetivo 5: Realizar un diagnóstico de las perspectivas e interés privado y de las capacidades técnicas y de infraestructuras disponibles en la salmonicultura chilena para la aplicación de los distintos métodos de tratamiento no farmacológicos contra la caligidosis.**

#### **5.10. Identificación de grupos de interés relacionados al control de la caligidosis y al desarrollo y/o implementación de tratamientos no farmacológicos.**

De la búsqueda de partes interesadas en la aplicación y estudios sobre tratamientos no farmacológicos, se identificó un listado de personas o representantes que pudieran ser partícipes en el taller de trabajo, de modo que entregaran su visión respecto de la implementación y/o uso de las herramientas. Este listado no puede ser detallado con nombres y apellidos por temas de confidencialidad, pero se entregará la información por tipo de actor, empresa/institución, e invitados al taller de trabajo (**Tabla 26**).

**Tabla 26.**

Participantes del taller de trabajo con grupos de interés en Chile.

Índole	Empresa/institución	Nº invitados
Público	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura	2
Privado	IFOP	2
	Nissui	3
	Caleta bay	1
	Cermaq	1
	Camanchaca	1
	Multiexport	1
	Ventisqueros	1
	Aquachile	1
	Mowi	1
	Cooke Acuaculture Chile	1
Académico	UACH	1
	ULA	1

#### **5.11. Taller de trabajo con grupos de interés nacionales asociados al tratamiento contra Caligidosis.**

Para el desarrollo del taller, se realizó una presentación introductoria en la que se explicó el propósito del estudio, el motivo de la convocatoria a taller, y la encuesta a contestar. En **ANEXO 3** se presenta el detalle de la realización de la actividad (presentación).



## **5.12. Generación y aplicación de encuestas a integrantes del sector privado y del Estado asociados al tratamiento contra caligidosis.**

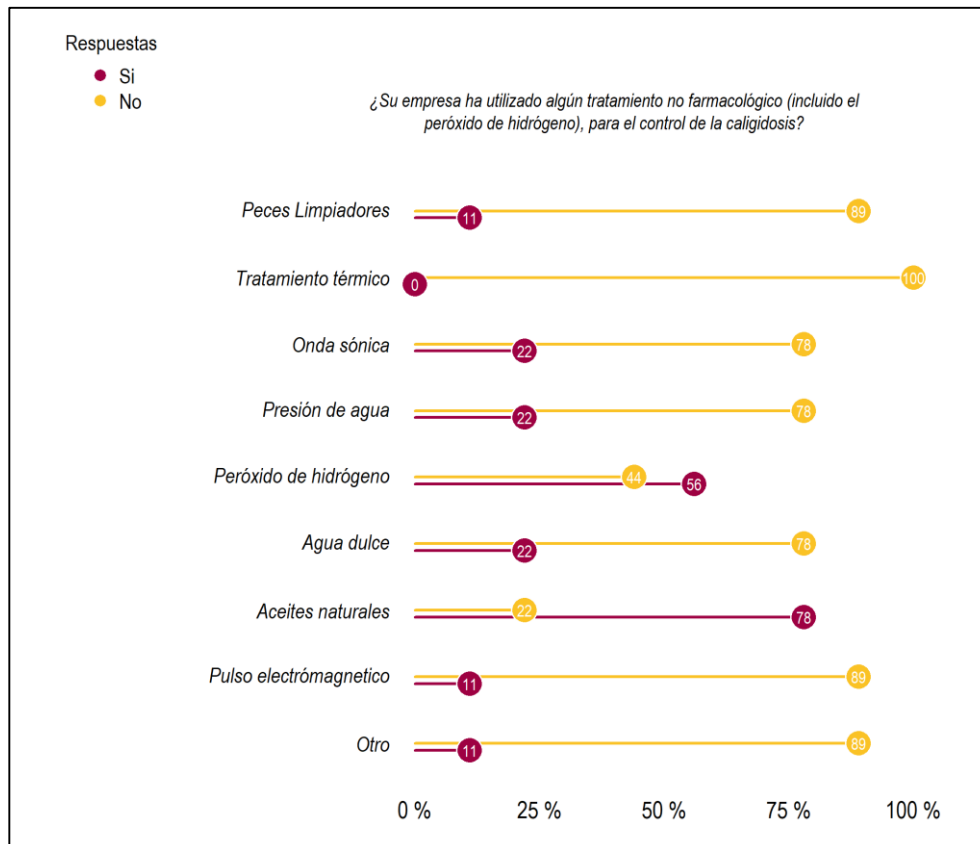
Se generó una encuesta adaptada desde la metodología propuesta por Saraiva *et al.*, (2019). Como metodología de trabajo para esta actividad, se envió online una encuesta de 20 preguntas, las cuales están distribuidas en 6 secciones, siendo: 1) Preguntas generales, 2) Control del parásito y Eficacia del tratamiento, 3) Respecto de la eventual generación de resistencia al tratamiento, 4) Respecto de temas de bienestar animal, 5) Implementación y costos, y 6) Respecto de la legislación vigente. Esta encuesta consideró que los participantes la respondan de acuerdo a su experiencia y/o percepción de los tratamientos no farmacológicos. Los tratamientos no farmacológicos consultados corresponden a aquellos identificados en el objetivo 2: peces limpiadores, tratamiento térmico, ondas ultrasónicas, agua a presión y succión, peróxido de hidrógeno, agua dulce, aceites naturales, pulsos electromagnéticos, u otro tratamiento que ellos quisieran nombrar. El detalle de la encuesta se presenta en el **ANEXO 1**.

## **5.13. Diagnóstico y análisis de brechas sobre la aplicabilidad de los tratamientos no farmacológicos en base a la opinión de los grupos involucrados.**

### **5.13.1. General.**

Todas las preguntas fueron analizadas obteniendo el número y porcentaje de encuestados por respuesta para cada tratamiento no farmacológico. En general, 9 participantes del taller respondieron la encuesta, que representa casi la totalidad de los consultados invitados al taller. La información resumida en formato tabla, se presenta en el **ANEXO 4**.

Frente a la pregunta ¿ha utilizado la herramienta no farmacológica en cuestión?, se obtuvo que el 78% (n=7) ha utilizado algún tratamiento no farmacológico, mientras que el 22% (n=2) no ha utilizado ninguna herramienta de esta índole. Específicamente al consulta por cada herramienta no farmacológica del listado (**Figura 10**), se obtuvo que los consultados han utilizado un 77,8% (n=7) tratamiento por inmersión con aceite natural; 55,6% (n=5) mediante tratamiento por inmersión con peróxido de hidrógeno; 22,2% (n=2) mediante uso de ondas ultrasónicas, agua a presión y succión, o tratamiento por inmersión con agua dulce; 11,1% (n=1) mediante uso de peces limpiadores, pulso electromagnético, o algún otro tratamiento; mientras que ningún participante declaró haber utilizado tratamiento térmico (0%). Para el ítem otros, uno de los participantes declaró que en su empresa se ha utilizado para el control o prevención de la caligidosis herramientas como uso de ozono, skirt o mallas preventivas con la infestación, kairomonas y feromonas para la atracción o repelencia, según corresponda, del parásito.

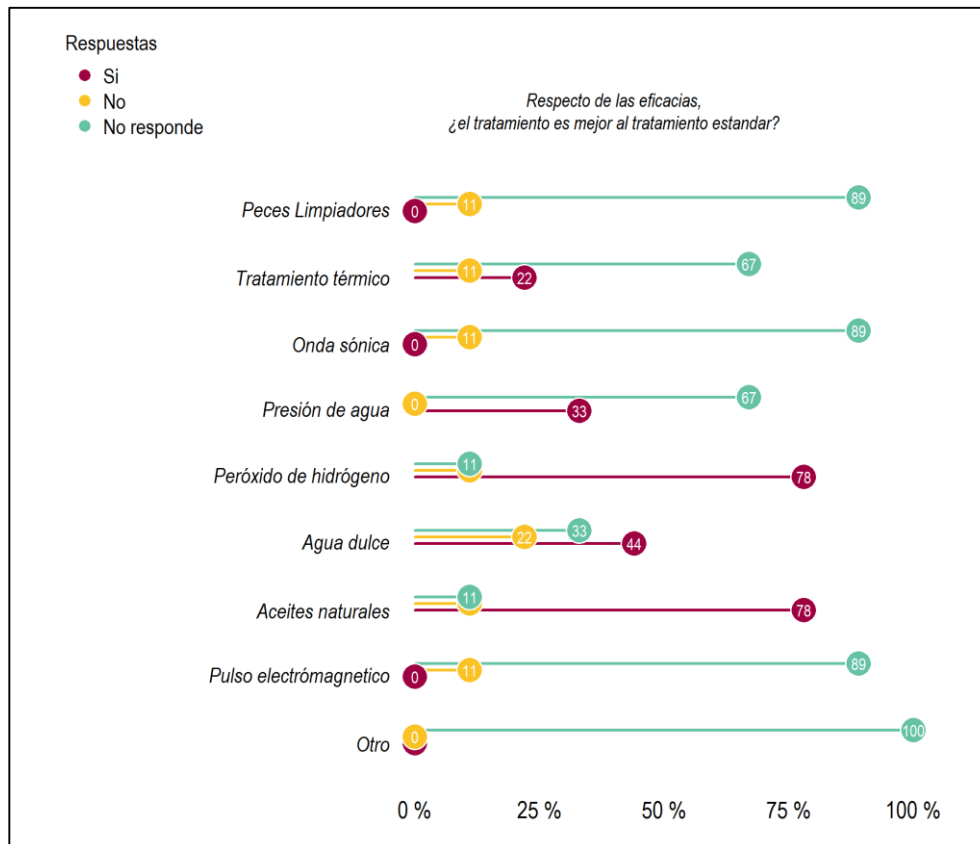


**Figura 10.**

Opinión de los encuestados respecto del uso de tratamientos no farmacológicos.

### 5.13.2. Control del parásito y eficacia del tratamiento.

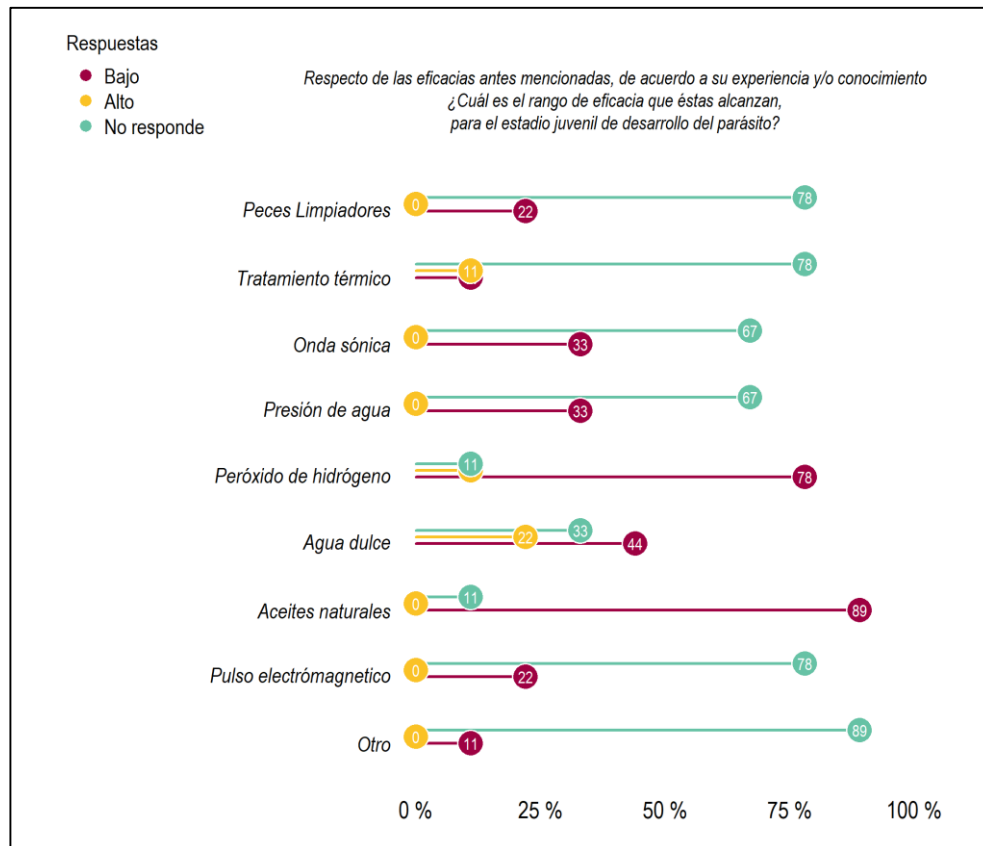
Respecto de la comparación de eficacias, se les consultó si ¿la eficacia registrada posterior al uso del tratamiento no farmacológico en cuestión fue superior o mejor al tratamiento estándar? (**Figura 11**), a lo que los participantes respondieron en un 77,8% que el tratamiento por inmersión con peróxido de hidrógeno y aceites naturales presenta mejores eficacias que el tratamiento estándar, seguido de uso de agua dulce (44,4%), agua a presión y succión (33,3%), y tratamiento térmico (22,2%), siendo este último probablemente una opinión derivada de la experiencia de otro consultado, ya que respecto del uso ningún encuestado respondió que lo ha utilizado. Respecto de los tratamientos pulso electromagnético, peces limpiadores, y ondas ultrasónicas, los participantes opinan que no presentan mejores eficacias en 11,1% para los tres tratamientos y que además no hay suficientes antecedentes para evaluar estos tratamientos.



**Figura 11.**

Opinión de los encuestados respecto de la comparación de las eficacias del tratamiento no farmacológico versus el tratamiento estándar.

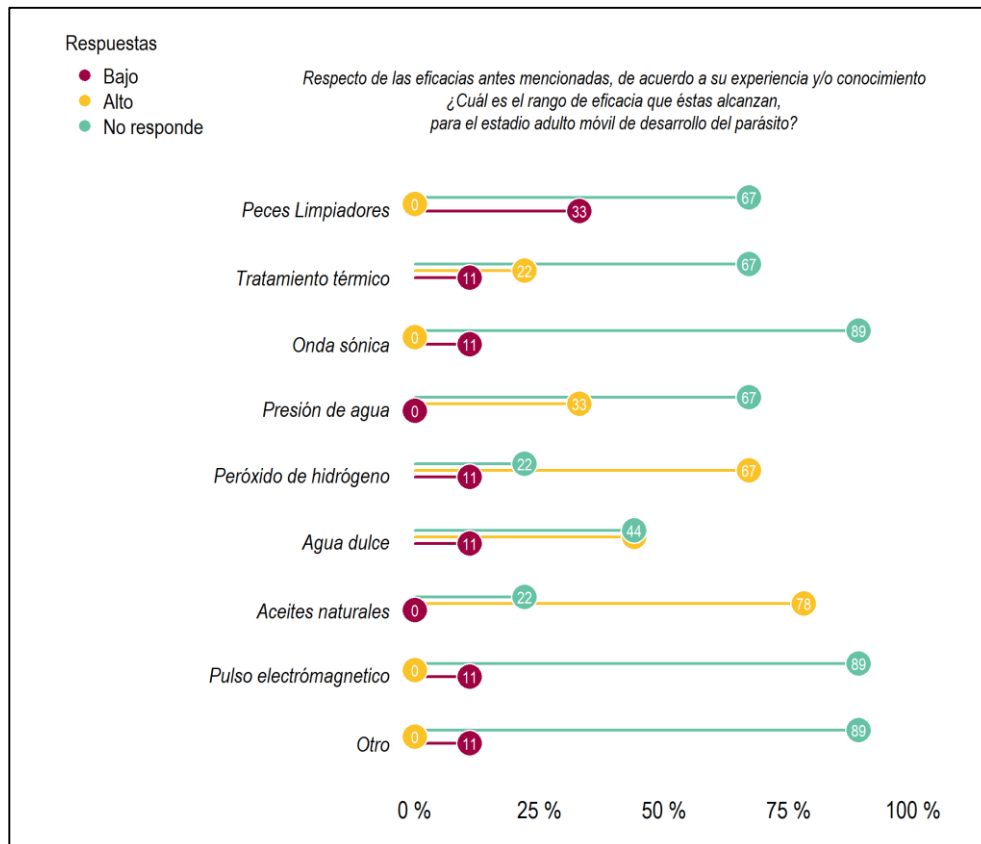
Del desglose de la eficacia total, se les consultó a los participantes sobre el rango de eficacia de los tratamientos no farmacológicos sobre el estadio juvenil (**Figura 12**), obteniendo que la mayoría de las respuestas se situaron en que no son suficientes los antecedentes para emitir una opinión, y solo 3 tratamientos presentaron opiniones que indican eficacias sobre el 76% (tratamiento por inmersión con agua dulce, peróxido de hidrógeno y térmico). Respecto de eficacias menores al 75%, se observó que las opiniones se situaron en su mayoría para tratamiento por inmersión con extracto de aceite natural (88,9% de las opiniones), peróxido de hidrógeno (77,8%) y agua dulce (44,4%).



**Figura 12.**

Opini3n de los encuestados respecto de la eficacia del tratamiento no farmacol3gico para el estadio juvenil.

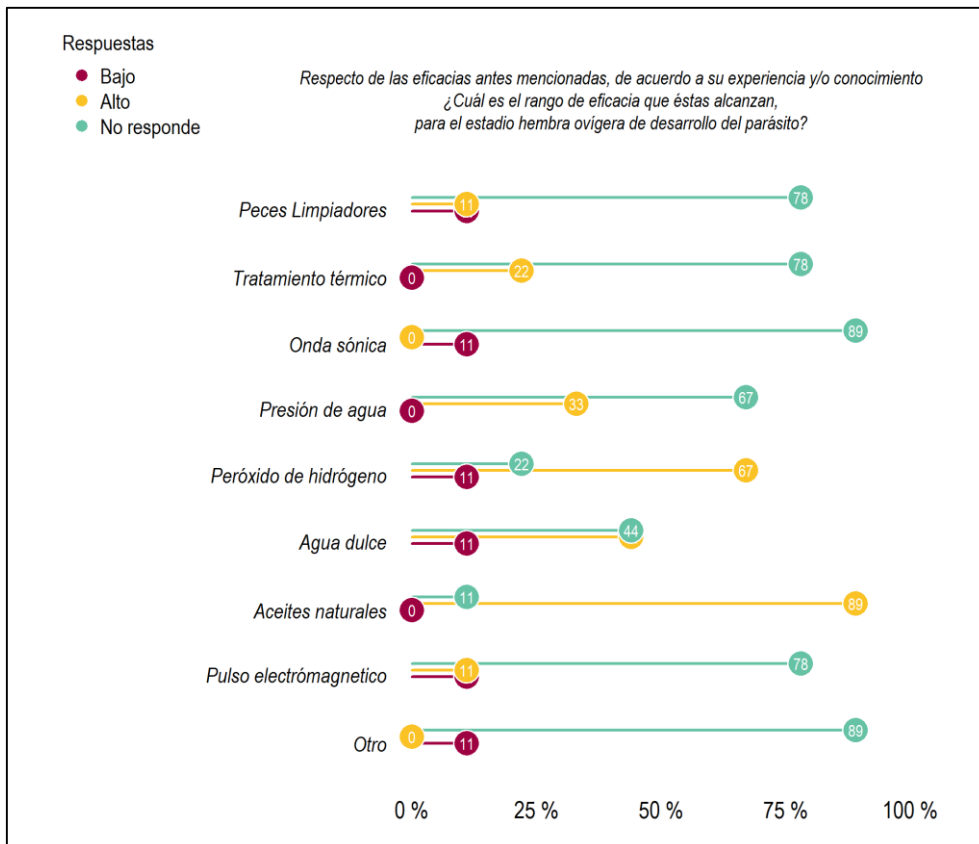
De la misma forma y del desglose de la eficacia total, se les consult3 a los participantes sobre el rango de eficacia de los tratamientos no farmacol3gicos sobre los adultos m3viles del parásito (**Figura 13**), a lo que mayormente respondieron que los tratamientos arrojan eficacias en el rango de 76 a 100%, siendo para aceites naturales un 77,8%, seguido de per3xido de hidrógeno con 66,7%, agua dulce con 44,4%, presi3n de agua con 33,3%, y tratamiento térmico con un 22,2%. Se destaca que, para los tratamientos de presi3n de agua, térmico y peces limpiadores, onda s3nica y pulso electromagnético, sobre el 60% de los encuestados indicaron no contar con antecedentes suficientes para emitir una opini3n. Para los rangos de eficacia inferiores al 75%, se obtuvieron porcentajes de respuesta cercanos o inferiores al 35%.



**Figura 13.**

Opinión de los encuestados respecto de la eficacia del tratamiento no farmacológico para el estadio adulto móvil.

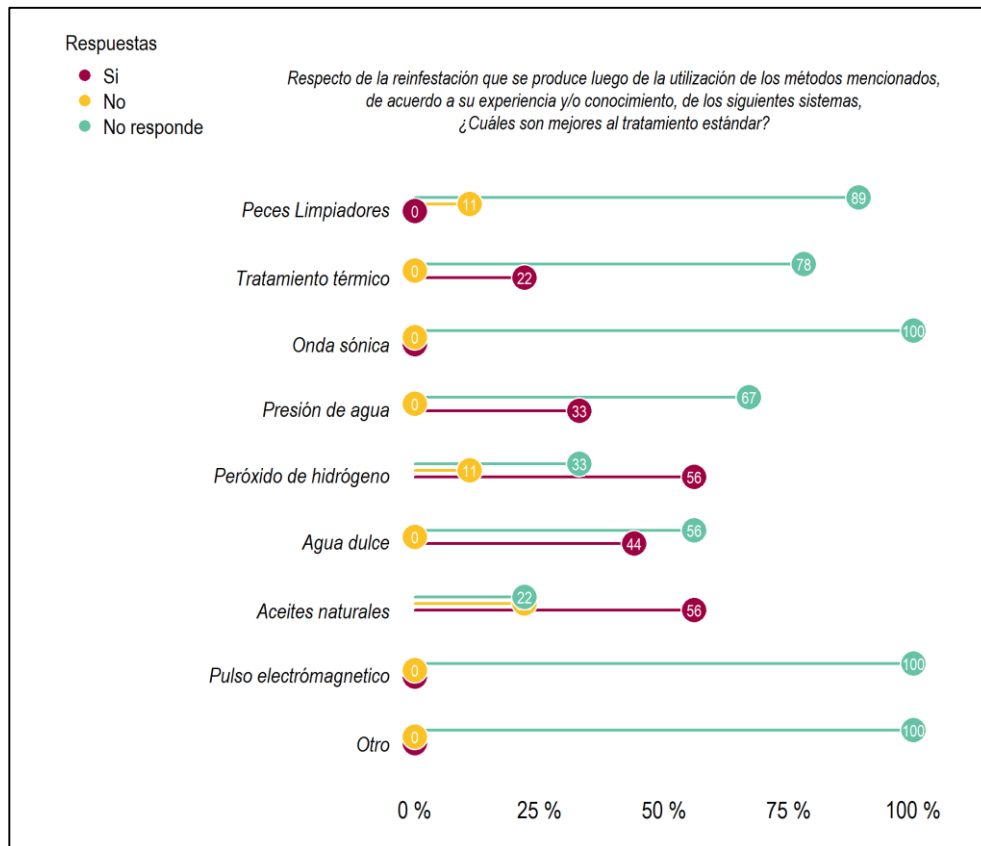
De la misma forma y del desglose de la eficacia total, se les consultó a los participantes sobre el rango de eficacia de los tratamientos no farmacológicos sobre las hembras ovígeras del parásito (**Figura 14**), a lo que mayormente respondieron que los tratamientos arrojan eficacias en el rango de 76 a 100%, siendo para aceites naturales un 88,9%, seguido de peróxido de hidrógeno con 66,7%, agua dulce con 44,4%, presión de agua con 33,3%, y tratamiento térmico con un 22,2%. Se destaca que, para los tratamientos de presión de agua, térmico, peces limpiadores, pulso electromagnético y onda sónica, por sobre el 60% de los encuestados indicaron no contar con antecedentes suficientes para emitir una opinión. Para los rangos de eficacia inferiores al 75%, se obtuvieron porcentajes de respuesta cercanos o inferiores al 11%.



**Tabla 14.**

Opinión de los encuestados respecto de la eficacia del tratamiento no farmacológico para el estadio hembras ovígeras.

Respecto de la reinfestación de los peces post tratamiento no farmacológico (**Figura 15**), se puede indicar que el 55,6% de los encuestados piensa que este evento ocurrirá para los tratamientos aceites naturales y peróxido de hidrógeno, con menores porcentajes de opiniones para tratamiento mediante inmersión con agua dulce (44,4%), presión de agua (33,3%), y tratamiento térmico (22,2%). Sobre el 70% de los encuestados declara no contar con suficientes antecedentes para emitir una opinión o prefiere no responder para el tratamiento térmico, peces limpiadores, onda sónica, y pulso electromagnético.

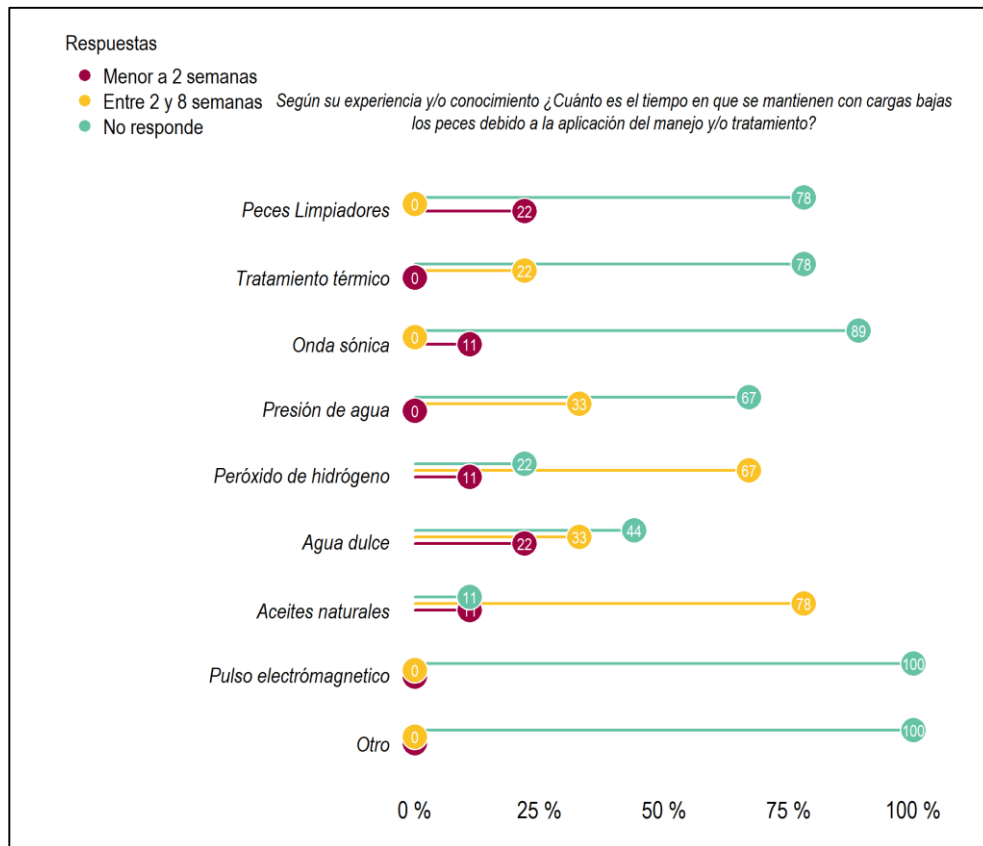


**Figura 15.**

Opinión de los encuestados respecto de la re-infestación post tratamiento no farmacológico.

Respecto del tiempo en el que las cargas se mantienen bajas (**Figura 16**), la mayoría de los encuestados opina que ocurrirá entre las 2 y 8 semanas post tratamiento para el tratamiento mediante inmersión con extracto de aceites naturales (77,8%), seguido de peróxido de hidrógeno (66,7%), agua dulce (33,3%), presión de agua (33,3%), y tratamiento térmico (22,2%). Por otra parte, los encuestados opinan que presenta mayores antecedentes para opinar en porcentajes superiores al 70% para los tratamientos térmicos, peces limpiadores, onda sónica, y pulso electromagnético.





**Figura 16.**

Opini3n de los encuestados respecto del tiempo en que se mantienen las cargas bajas post tratamiento no farmacol3gico.

En cuanto a las opiniones de los encuestados sobre si es posible que el parásito regrese viable al medio ambiente marino (**Figura 17**), el 66,7% de los encuestados piensa que el parásito si regresa viable post tratamiento de per3xido de hidrógeno, seguido de agua dulce y aceites naturales (33,3%), pulso electromagnético (22,2%), presi3n de agua, tratamiento térmico, y onda s3nica (11,1%). Se observan que sobre el 60% de los encuestados opinan que no hay suficientes antecedentes para emitir opini3n o no responde.



Respuestas

- Si
- No
- No responde

De acuerdo a su experiencia y/o conocimiento, luego de aplicado el tratamiento  
¿Es posible que el parásito regrese viable al medio ambiente marino?

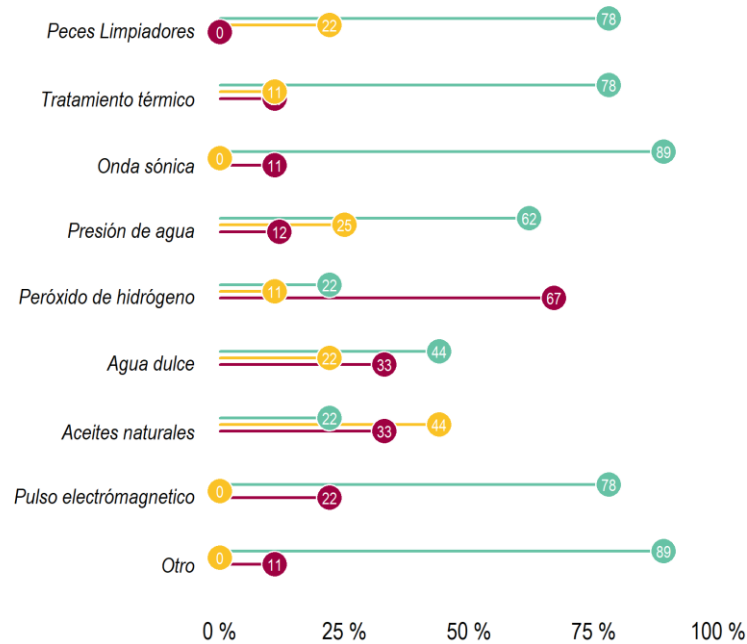
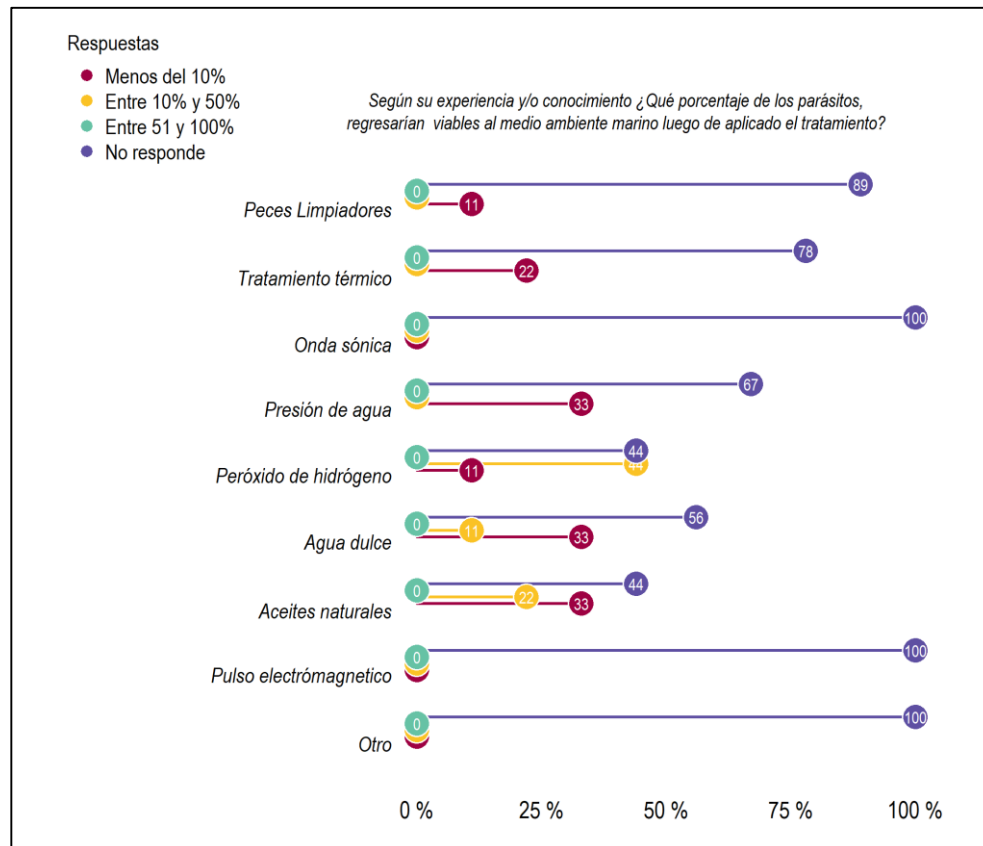


Figura 17.

Opini3n de los encuestados respecto a la posibilidad de que el parásito regrese viable al ambiente marino post tratamiento no farmacol3gico.

Respecto del porcentaje de parásitos que regresa viable al ambiente (Figura 18), los encuestados opinaron que no poseen suficientes antecedentes para emitir una opini3n o no responde, y aquellos que si respondieron opinaron que los parásitos vuelven en un porcentaje inferior al 10% al ambiente para la mayoría de los tratamientos excepto onda sónica y pulso electromagnético.

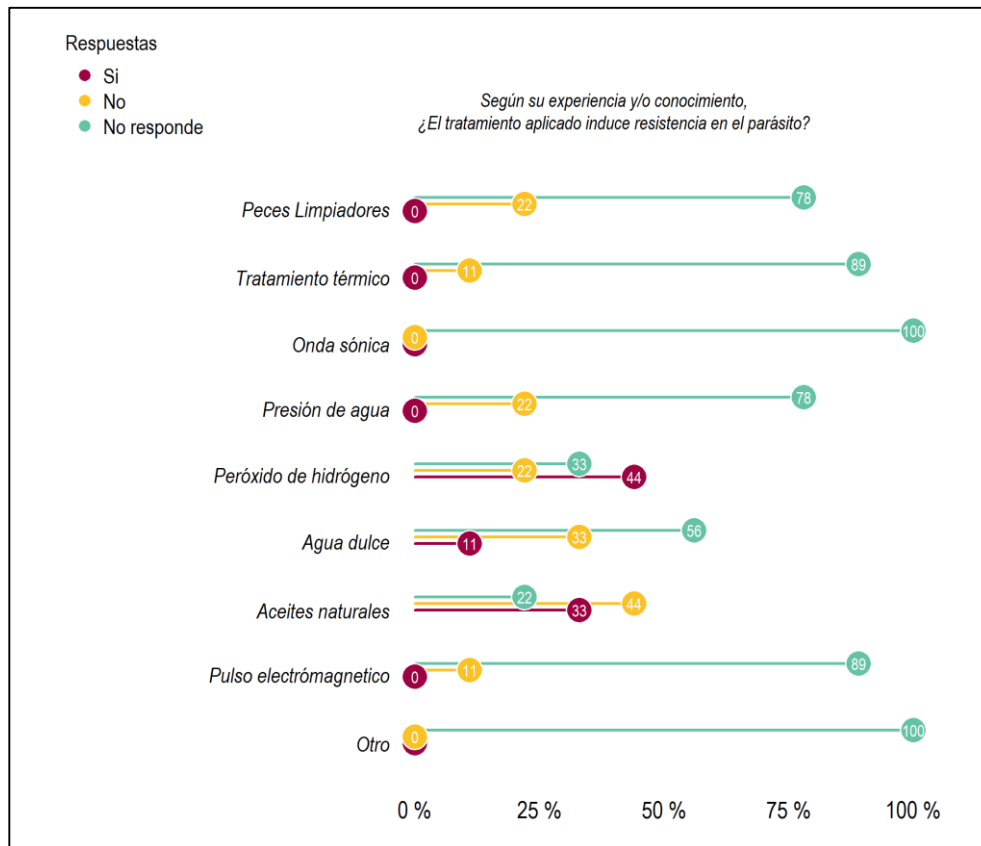


**Figura 18.**

Opini3n de los encuestados respecto de que porcentaje de los parásitos regresa viable al ambiente marino post tratamiento no farmacol3gico.

### 5.13.3. Respeto de la eventual generaci3n de resistencia al tratamiento.

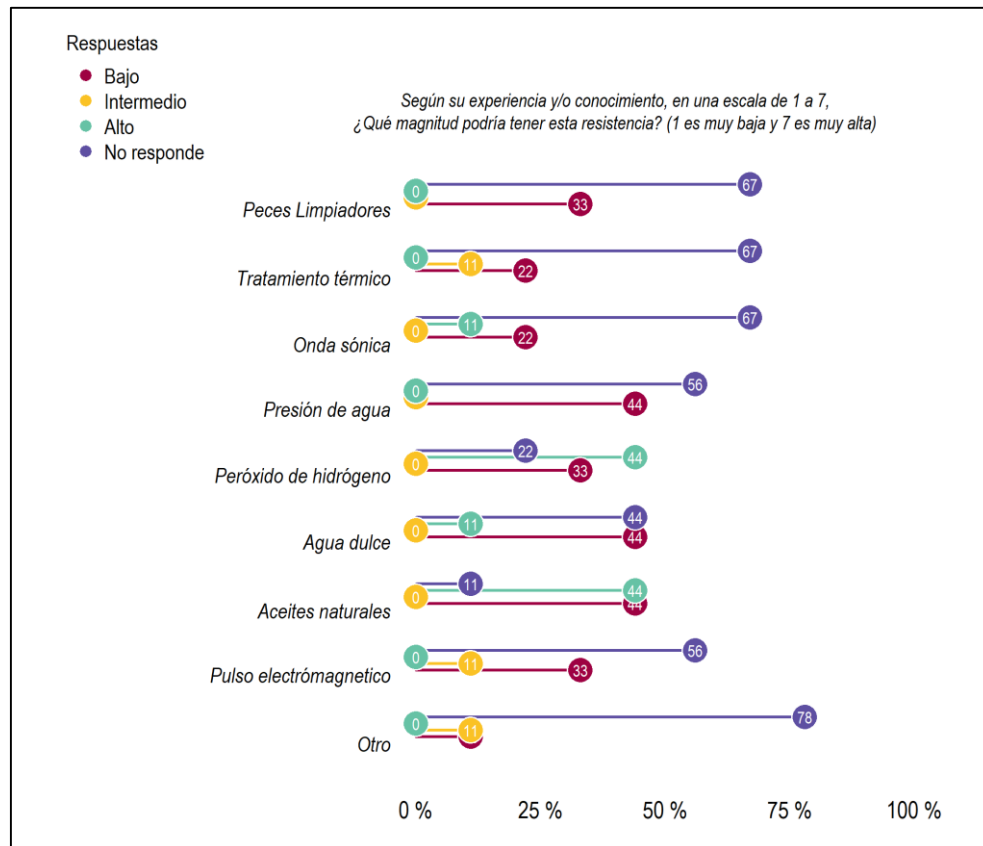
Respecto de la pregunta ¿El tratamiento aplicado induce resistencia en el parásito? (Figura 19), el 44,4% de los encuestados respondieron que el peróxido de hidrógeno si genera resistencia, seguido de tratamiento por inmersi3n con aceites naturales (33,3%) y agua dulce (11,1%), mientras que los tratamientos peces limpiadores (22,2%), presi3n de agua (22,2%), tratamiento térmico (11,1%) y pulso electromagnético (11,1%) no poseerían este potencial. Sin embargo y de acuerdo a la opini3n de los encuestados, no hay suficientes antecedentes para opinar respecto de este tema para los últimos 4 tratamientos mencionados.



**Figura 19.**

Opinión de los encuestados respecto del potencial del tratamiento farmacológico de generar resistencia en el parásito.

Respecto de la magnitud de esta resistencia (**Figura 20**), el 44,4% de los encuestados piensa que el tratamiento mediante inmersión con extractos de aceites naturales, agua dulce y presión de agua poseen un potencial bajo de generación de resistencia en *C. rogercresseyi*, seguido de peróxido de hidrógeno, peces limpiadores, pulso electromagnético (los 3 tratamientos con 33,3% de los encuestados) y onda ultrasónica y tratamiento térmico (ambos con 22,2% de los encuestados). Sin embargo, para los tratamientos con extractos de aceites naturales y peróxido de hidrógeno se identificó que un 44,4% de los encuestados piensa que existe un potencial de resistencia alto en el parásito. Para los tratamientos peces limpiadores, pulso electromagnético, onda sónica, tratamiento térmico los encuestados prefirieron no responder por sobre el 50%.

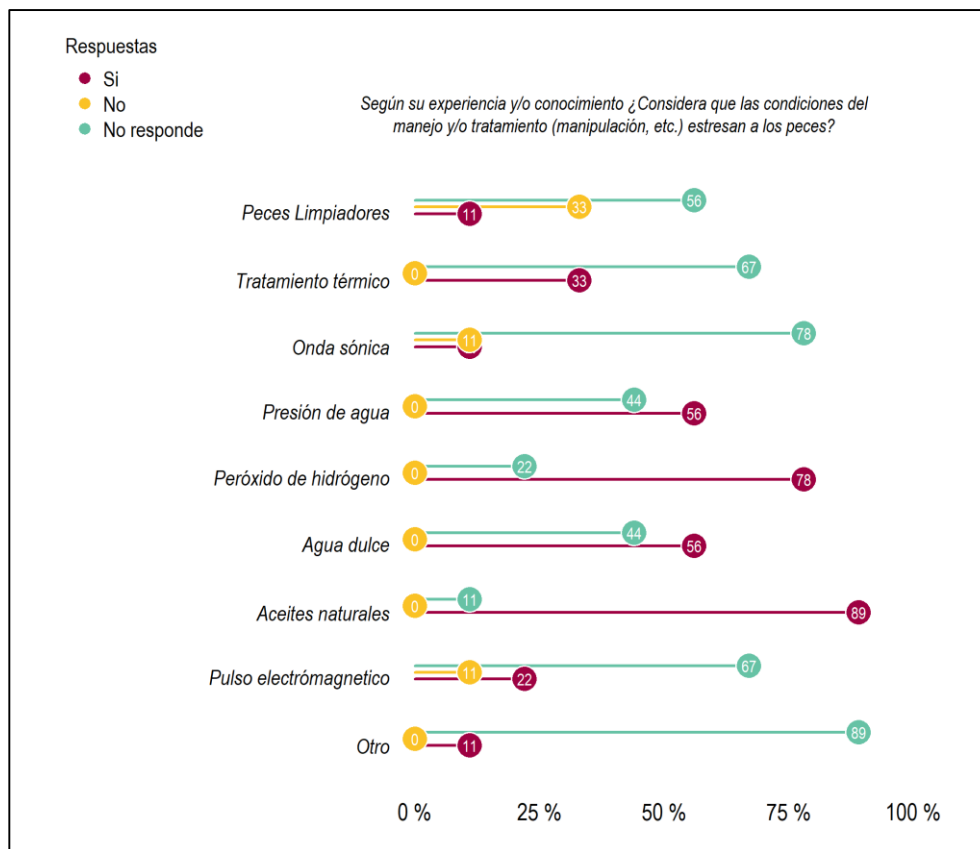


**Figura 20.**

Opinión de los encuestados respecto de la magnitud del tratamiento farmacológico de generar resistencia en el parásito.

#### 5.13.4. Respetto de temas de bienestar animal.

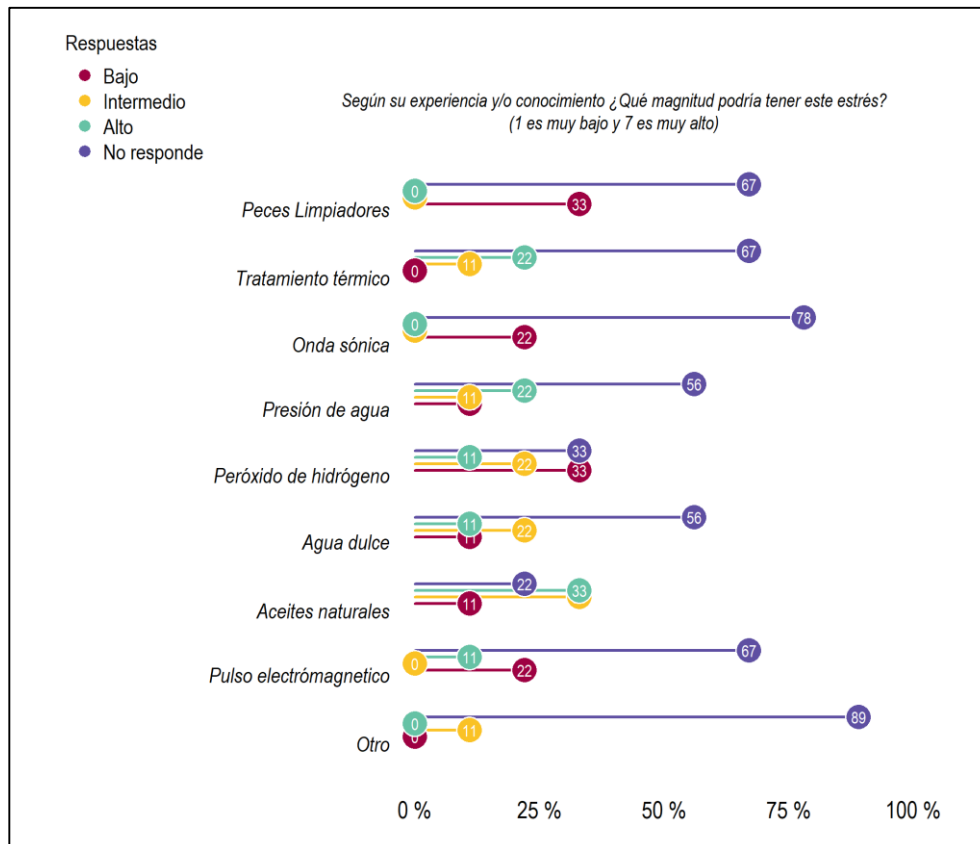
En cuanto a la posibilidad de generar estrés en los peces o alguna alteración severa en el bienestar del animal (**Figura 21**), los encuestados respondieron en un 88,9% que el tratamiento por inmersión con extractos de aceites naturales induce estrés, seguido de peróxido de hidrógeno (77,8%), presión de agua y agua dulce (55,6%), tratamiento térmico (33,3%), pulso electromagnético (22,2%) y peces limpiadores y onda sónica (11,1%). Sin embargo, estos últimos 3 tratamientos los encuestados piensa que no generan estrés en los peces en porcentajes inferiores al 34%. Por otra parte, porcentajes superiores al 50% de los encuestados piensa que no hay suficientes antecedentes para opinar en el tema para los tratamientos tratamiento térmico, pulso electromagnético, peces limpiadores y onda sónica.



**Figura 21.**

Opinión de los encuestados respecto de la posibilidad del tratamiento farmacológico de generar estrés en el pez tratado.

Respecto de la magnitud del estrés (**Figura 22**), los encuestados opinaron en un 33,3% que los peces sufrirán estrés alto al ser tratados mediante inmersión con aceites naturales, seguido de presión de agua y tratamiento térmico (22,2% ambos). Por otro lado, se identificó porcentajes inferiores al 34% con magnitud intermedia y baja para todos los tratamientos. Sin embargo, porcentajes sobre el 50% de los encuestados no respondieron la pregunta para todos los tratamientos, excepto peróxido de hidrógeno y aceites naturales (con porcentajes inferiores al 34%).



**Figura 22.**

Opinión de los encuestados respecto de la magnitud del tratamiento farmacológico de generar estrés en el pez tratado (paréntesis: número de encuestados).

Respecto de la consulta ¿Cuál es la mortalidad de peces que se produce a consecuencia del tratamiento no farmacológico para caligidosis? (**Figura 23**), el 55,6% de los encuestados respondió que el peróxido de hidrógeno genera mortalidades inferiores al 1%, seguido de tratamiento mediante inmersión con aceites naturales (44,4%), peces limpiadores y agua dulce (33,3%), presión de agua (22,2%), onda sónica y pulso electromagnético (11,1%). Sin embargo, los encuestados indicaron en un 33,3% que mortalidades entre un 1% y un 5% pueden ocurrir con el tratamiento por inmersión con aceites naturales; un 22,2% de los encuestados indicaron que pueden ocurrir mortalidades entre el 6% y 10% posterior al tratamiento con presión de agua; y un 11,1% de los encuestados indicó mortalidades sobre el 10% con tratamiento térmico. Sin embargo, porcentajes sobre el 50% de los encuestados indicaron no contar con suficientes antecedentes para emitir opinión para los tratamientos peces limpiadores, agua dulce, presión de agua, onda sónica, pulso electromagnético y térmico.

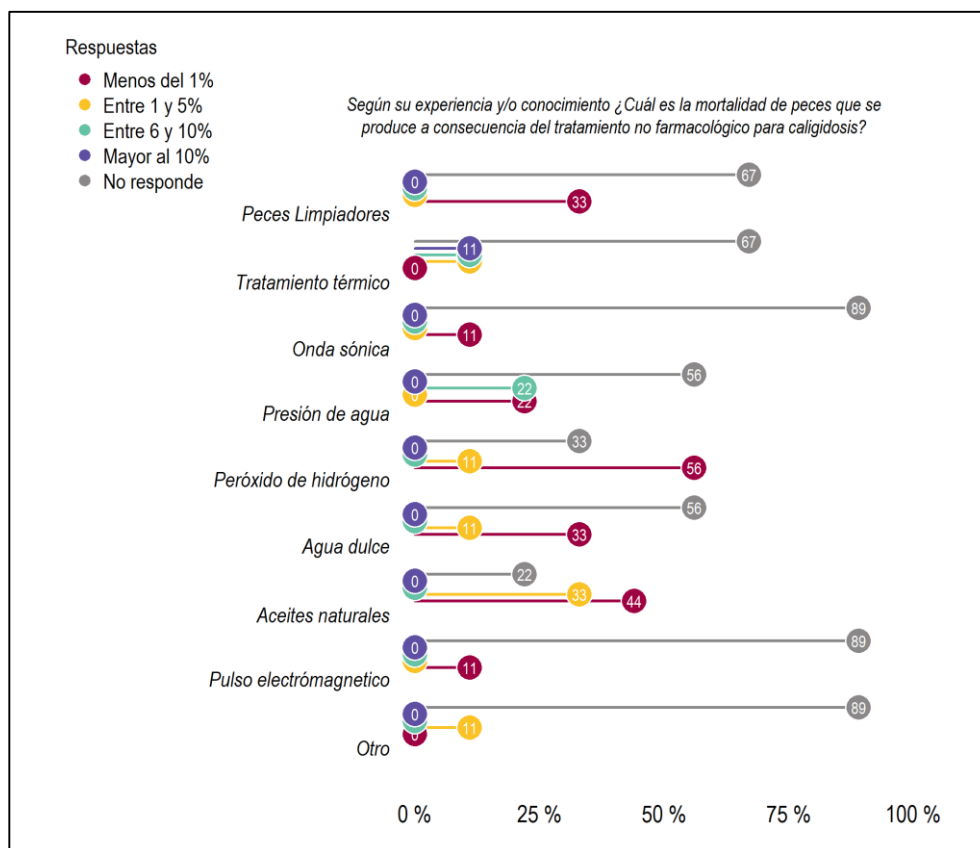


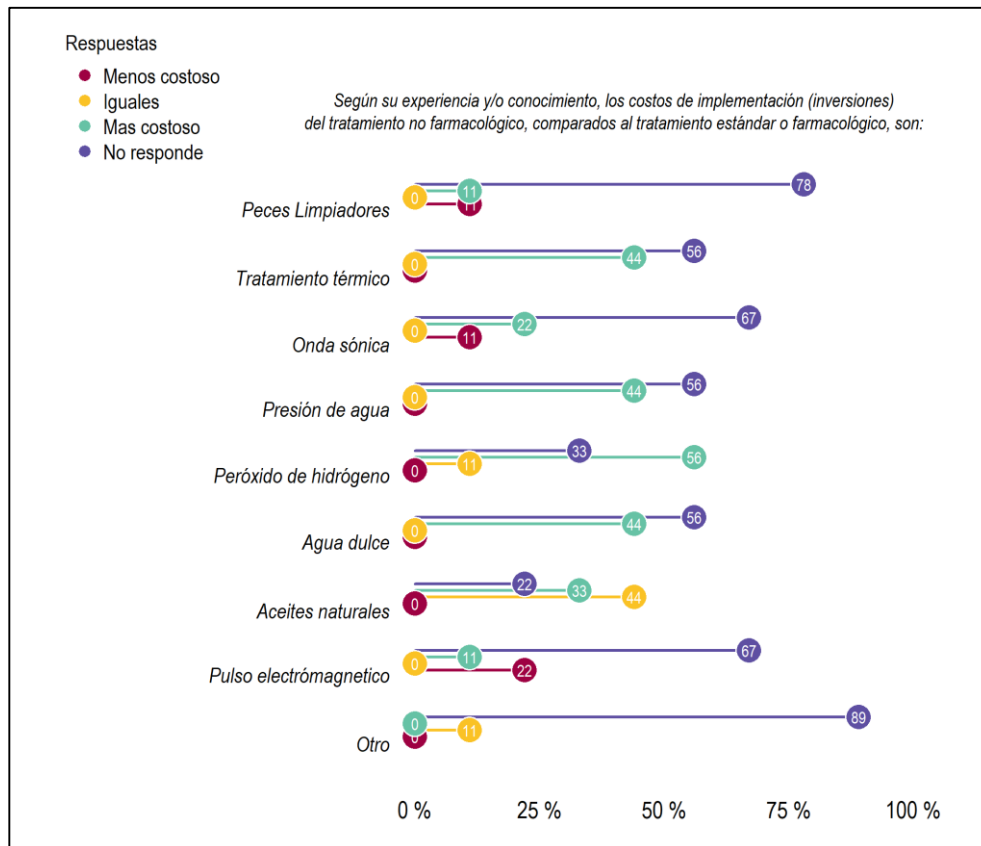
Figura 23.

Opinión de los encuestados respecto de la mortalidad inducida por el tratamiento farmacológico.

### 5.13.5. Implementación y costos.

Respecto de los costos de inversión relativos a la implementación de los tratamientos no farmacológicos (Figura 24), el 55,6% de los encuestado indicó que el tratamiento con peróxido de hidrógeno es más costoso que el tratamiento estándar, seguido de tratamiento mediante inmersión con agua dulce, presión de agua y térmico (todos con 44,4% de los encuestados), aceites naturales (33,3%), onda sónica (22,2%), peces limpiadores y pulso electromagnético (11,1%). Por otra parte, un 44,4% de los encuestados opinó que el tratamiento con aceites naturales es igual de costoso que el tratamiento estándar, y entre un 11,1% y 22,2% de los encuestados opinan que peces limpiadores y pulso electromagnético son menos costosos que el tratamiento estándar.

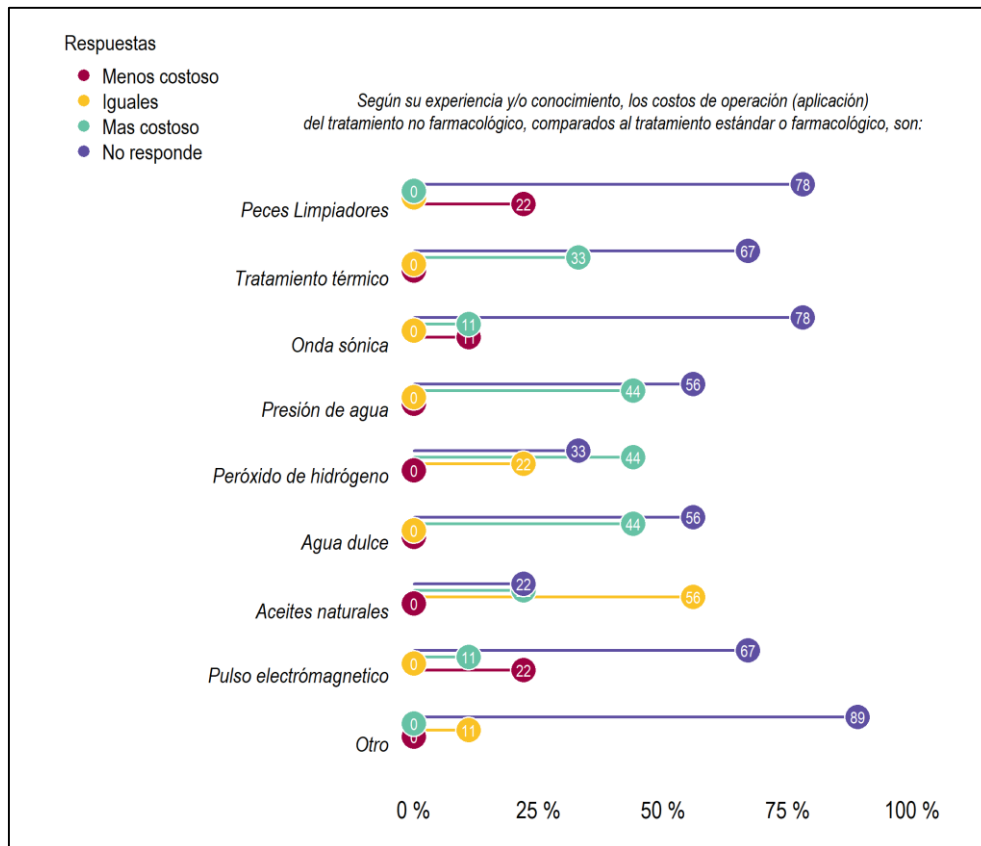




**Figura 24.**

Opini3n de los encuestados respecto de los costos de inversi3n relativo a los tratamientos no farmacol3gicos.

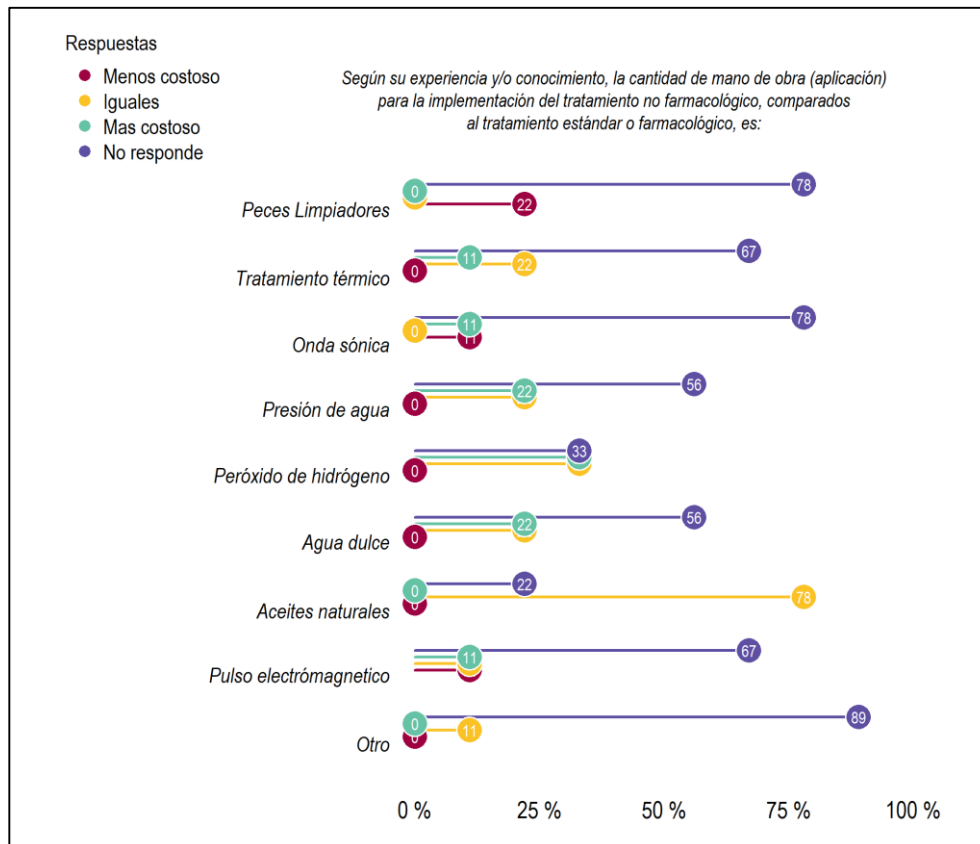
Respecto de los costos operacionales relativos a los tratamientos no farmacol3gicos (**Figura 25**), se observa una tendencia similar a los costos de inversi3n, con un 44,4% de los encuestados opinando que el per3xido de hidrógeno, agua dulce y presi3n de agua son m3s costoso operacionalmente que el tratamiento est3ndar, seguido por tratamiento térmico (33,3%), aceites naturales (22,2%) y onda sónica y pulso electromagnético (11,1%). Se destaca que el 55,6% de los encuestados opin3 que el tratamiento con aceites naturales es igual de costoso que el tratamiento est3ndar y que la onda sónica, pulso electromagnético y peces limpiadores son menos costosos en porcentajes inferiores al 23% de los encuestados.



**Figura 25.**

Opini3n de los encuestados respecto de los costos de operaci3n relativo a los tratamientos no farmacol3gicos.

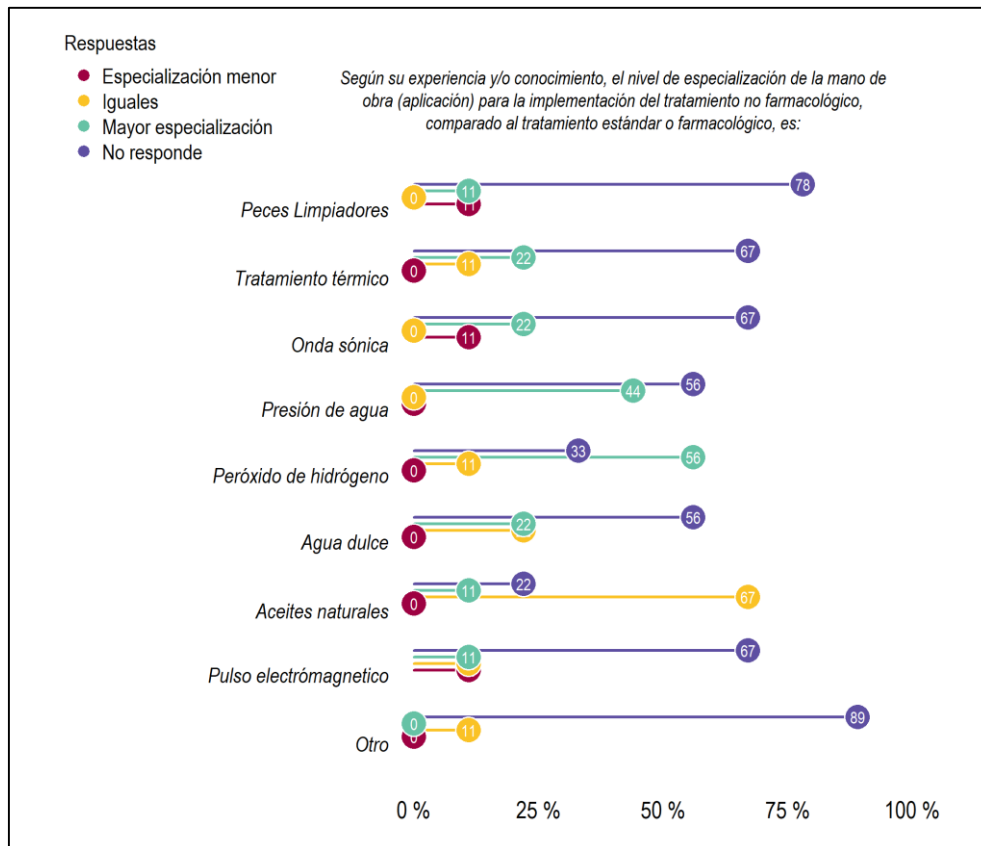
En cuanto a la cantidad de mano de obra requerida para la aplicaci3n del tratamiento no farmacol3gico (**Figura 26**), un 77,8% de los encuestados indicaron que la aplicaci3n del tratamiento con aceites naturales requiere de la misma cantidad de mano de obra que el tratamiento est3ndar, seguido de per3xido de hidr3geno (33,3%), presi3n de agua, agua dulce y t3rmico (22,2%) y pulso electromagn3tico (11,1%). Sin embargo, un 33,3% de los encuestados opina que el per3xido de hidrogeno utiliza una mayor cantidad, seguido de presi3n de agua y agua dulce.



**Figura 26.**

Opinión de los encuestados respecto de la cantidad de mano de obra relativo a los tratamientos no farmacológicos.

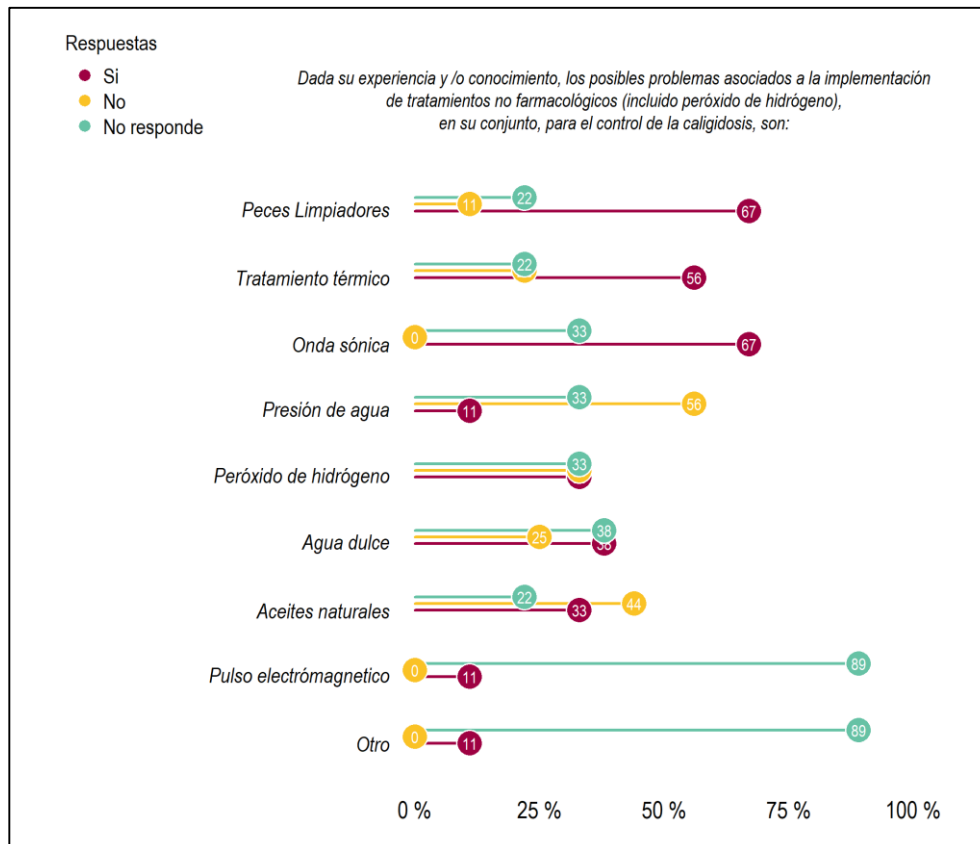
Los encuestados contestaron respecto del nivel de especialización de la mano de obra relativa a la aplicación del tratamiento no farmacológico (**Figura 27**), observándose que el 55,6% de ellos respondió que el tratamiento peróxido de hidrógeno requiere de mayor especialización que el tratamiento estándar, seguido de presión de agua (44,4%), térmico, onda sónica, agua dulce (22,2%) y para peces limpiadores, aceites naturales y pulso electromagnético (11,1%). Sin embargo, el 66,7% de los encuestados indicó que el tratamiento con aceites naturales el grado de especialización en la aplicación es igual que el tratamiento estándar. Se identificó que los encuestados decidieron no responder a todos los tratamientos en porcentajes superiores al 50%, excepto para peróxido de hidrógeno y aceites naturales.



**Figura 27.**

Opini3n de los encuestados respecto de la especializaci3n de la mano de obra relativo a los tratamientos no farmacol3gicos.

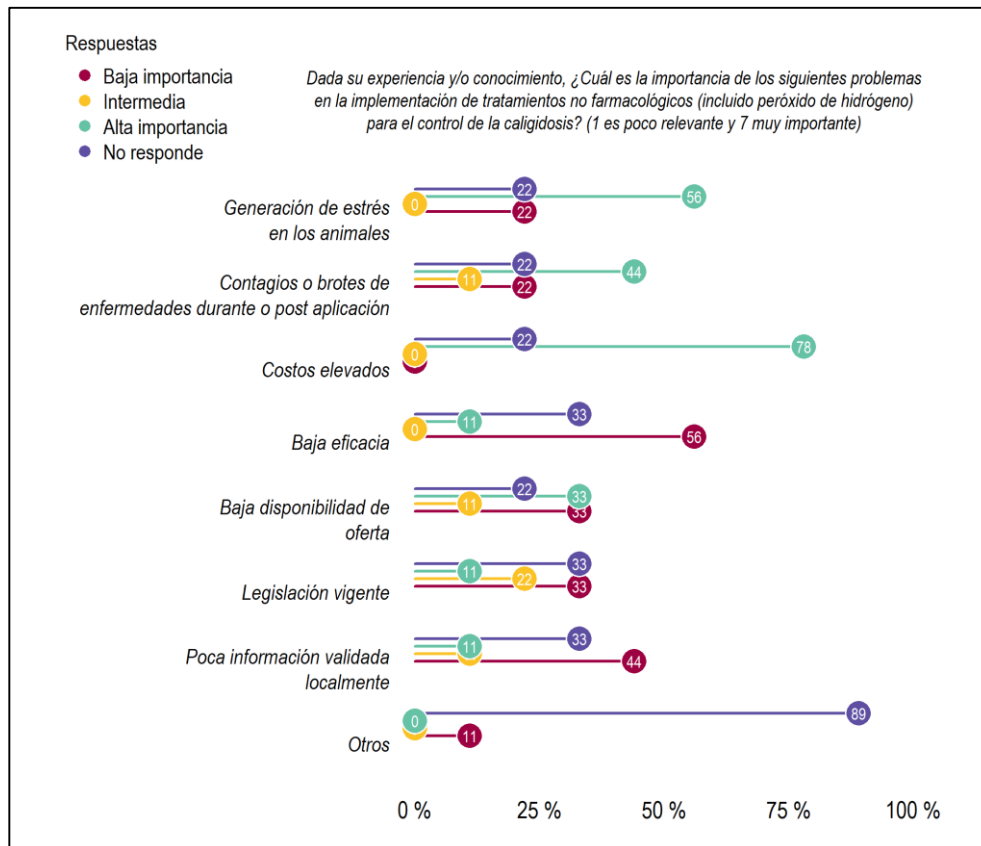
Respecto de la consulta relativa a identificaci3n de problemas asociados a la implementaci3n de los tratamientos no farmacol3gicos (**Figura 28**), los encuestados respondieron en un 66,7% que existen problemas asociados a los tratamientos peces limpiadores y onda s3nica, seguido de tratamiento térmico (55,6%), agua dulce (37,5%), per3xido de hidrógeno (33,3%), presi3n de agua dulce y pulso electromagnético (11,1%).



**Figura 28.**

Opini3n de los encuestados respecto de la existencia de problemas asociados a la implementaci3n de los tratamientos no farmacol3gicos.

Respecto de la importancia de los problemas asociados a la implementaci3n de los tratamientos no farmacol3gicos (**Figura 29**), el 77,8% de los encuestados opini3 que es de alta importancia los costos elevados asociados a la implementaci3n de los tratamientos no farmacol3gicos, seguido de un 55,6% asociado a la generaci3n de estr3s en los animales, contagios o brotes de enfermedades post aplicaci3n, baja disponibilidad de oferta 33,3%. Respecto de aquellos problemas de baja importancia se sitúan baja eficacia (55,6%), poca informaci3n validada localmente (44,4%), y legislaci3n vigente (33,3%).



**Figura 29.**

Opinión de los encuestados respecto a la importancia de los problemas asociados a la implementación de los tratamientos no farmacológicos.

Uno de los encuestados mencionó que uno de los problemas identificados estaba referido a dificultad de obtención de permisos y volúmenes de agua dulce, como problema adicional y no incorporado en la encuesta.

### 5.13.6. Respetto de la legislación vigente.

Respetto de cambios a la legislación vigente que impulse el uso de tratamiento no farmacológico por parte de la industria (**Figura 30**), se menciona que un 77,8% de los encuestados opinó que constituye un incentivo para el uso de los tratamientos aportes para el desarrollo de investigación asociada, por ejemplo: que facilite la ejecución de pruebas piloto), seguido de una nueva clasificación de mortalidades asociadas al uso de los tratamientos, y en un 44,4% mayores restricciones hacia los tratamientos farmacológicos.

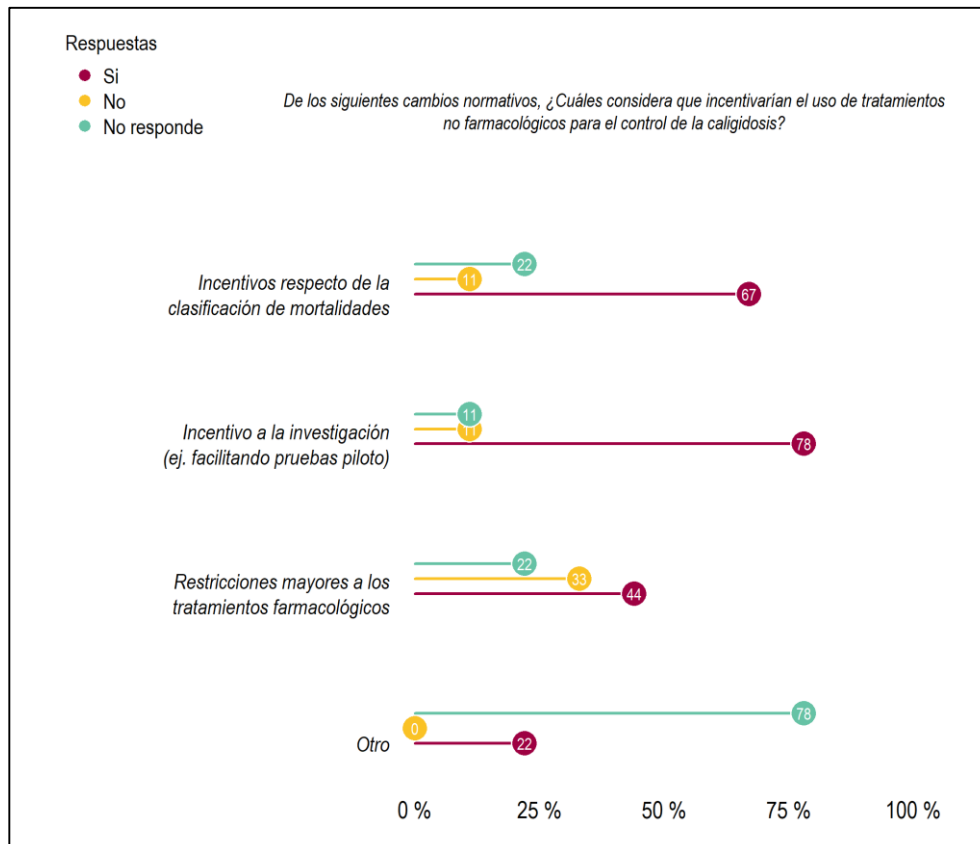


Figura 30.

Opini3n de los encuestados respecto a cambios en la legislaci3n vigente asociados al uso de tratamientos no farmacol3gicos.

Por otra parte, los encuestados indicaron la necesidad en aumentar la cantidad de proveedores de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, ya que se identifica un monopolio con precios muy altos, considerando que sería un incentivo al uso si el precio fuera menor, al menos 1/3 o la mitad del tratamiento estándar. Esto no se enmarca en temas legislativos, pero se menciona como parte de las respuestas recibidas en la encuesta. Por otra parte, otra opini3n mencion3 que una modificaci3n en la legislaci3n que incentive el uso de TNF es que se genere una mejor evaluaci3n de bioseguridad en centros que usen tratamientos no farmacol3gicos, junto a una excepci3n de p3rdidas en caso de mortalidades por uso de tratamiento no farmacol3gico. Por otra parte, se mencion3 que la legislaci3n facilite la obtenci3n de permisos para el uso de fuentes de agua dulce.

Respecto del impacto en los cambios mencionados (**Figura 31**), un 77,8% de los encuestados mencion3 que impulsaría el uso de tratamiento no farmacol3gico fuertemente es el incentivo a la clasificaci3n de mortalidades y a la investigaci3n. Caso contrario, el 55,6% de los encuestado opina



que mayores restricciones en el uso de tratamientos farmacol3gicos no impulsará el uso de tratamiento no farmacol3gico.

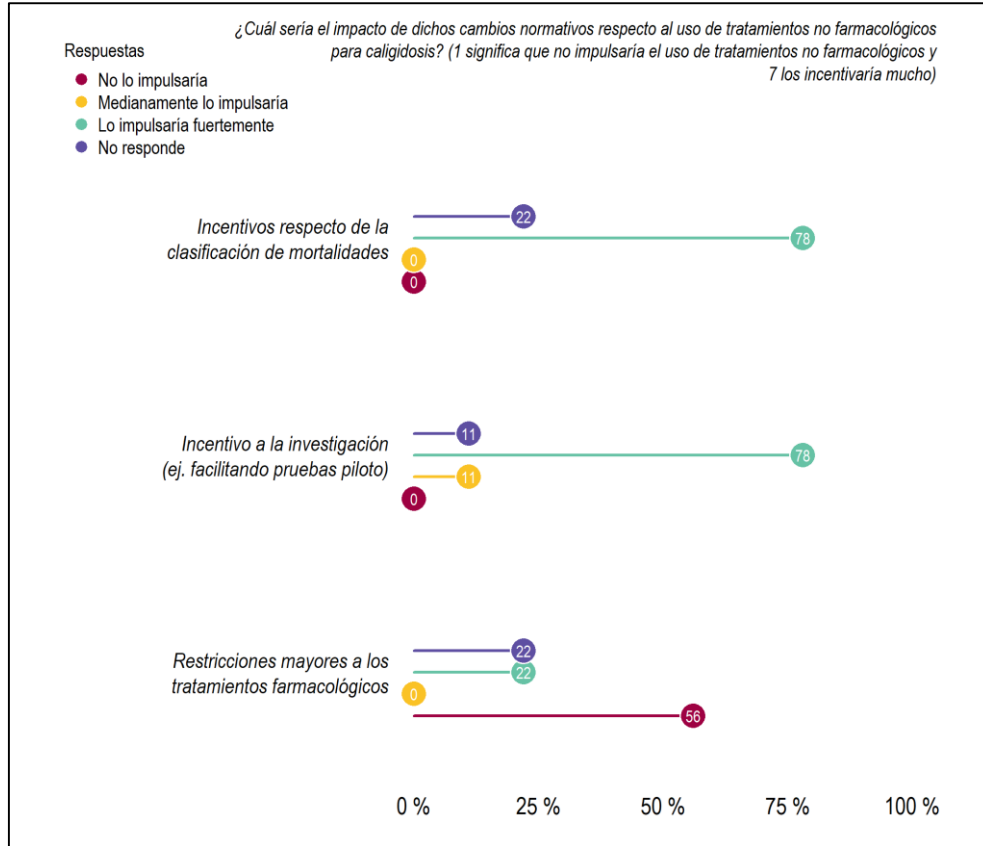


Figura 31.

Opini3n de los encuestados respecto del impacto en cambios en la legislaci3n vigente asociados al uso de tratamientos no farmacol3gicos.

### 5.13.7. Puntaje de tratamientos por ítem consultado.

Se aplicó una metodol3gia modificada de Saraiva et al. (2019), para la estimaci3n de ranking de tratamientos asociado al ítem consultado en la encuesta. Esta modificaci3n consistió en contar el número de opiniones con respuestas consideradas como positivas o de mayor beneficio en cada pregunta y tratamiento. Como respuestas positivas se consideraron las siguientes:

- 1) Respecto de las eficacias, ¿el tratamiento no farmacol3gico es mejor al tratamiento estándar?, respuesta: sí.





- 2) Respecto de las eficacias antes mencionadas, de acuerdo a su experiencia y/o conocimiento ¿Cuál es el rango de eficacia que éstas alcanzan, para el estadio juvenil de desarrollo del parásito?, respuesta: Alto (76-100% en juveniles).
- 3) Respecto de las eficacias antes mencionadas, de acuerdo a su experiencia y/o conocimiento ¿Cuál es el rango de eficacia que éstas alcanzan, para el estadio adulto móvil de desarrollo del parásito?, respuesta: Alto (76-100% en adultos móviles).
- 4) Respecto de las eficacias antes mencionadas, de acuerdo a su experiencia y/o conocimiento ¿Cuál es el rango de eficacia que éstas alcanzan, para el estadio hembra ovígera de desarrollo del parásito?, respuesta: 76-100% en hembras ovígeras.
- 5) Respecto de la reinfestación que se produce luego de la utilización de los métodos mencionados, de acuerdo a su experiencia y/o conocimiento, de los siguientes sistemas, ¿Cuáles son mejores al tratamiento estándar?, respuesta: No.
- 6) Según su experiencia y/o conocimiento ¿Cuánto es el tiempo en que se mantienen con cargas bajas los peces debido a la aplicación del manejo y/o tratamiento?, respuesta: entre 2 y 8 semanas.
- 7) De acuerdo a su experiencia y/o conocimiento, luego de aplicado el tratamiento ¿Es posible que el parásito regrese viable al medio ambiente marino?, respuesta: No.
- 8) Según su experiencia y/o conocimiento ¿Qué porcentaje de los parásitos, regresarían viables al medio ambiente marino luego de aplicado el tratamiento?, respuesta: Menos del 10%.
- 9) Según su experiencia y/o conocimiento, ¿El tratamiento aplicado induce resistencia en el parásito?, respuesta: No.
- 10) Según su experiencia y/o conocimiento ¿Considera que las condiciones del manejo y/o tratamiento (manipulación, etc.) estresan a los peces?, respuesta: No.
- 11) Según su experiencia y/o conocimiento ¿Cuál es la mortalidad de peces que se produce a consecuencia del tratamiento no farmacológico para caligidosis?, respuesta: Menos del 1%.
- 12) Según su experiencia y/o conocimiento, los costos de implementación (inversiones) del tratamiento no farmacológico, comparados al tratamiento estándar o farmacológico, respuesta: menos costosos.
- 13) Según su experiencia y/o conocimiento, los costos de operación (aplicación) del tratamiento no farmacológico, comparados al tratamiento estándar o farmacológico, respuesta: menos costosos.
- 14) Según su experiencia y/o conocimiento, la cantidad de mano de obra (aplicación) para la implementación del tratamiento no farmacológico, comparados al tratamiento estándar o farmacológico, respuesta: menos costosos.
- 15) Según su experiencia y/o conocimiento, el nivel de especialización de la mano de obra (aplicación) para la implementación del tratamiento no farmacológico, comparado al tratamiento estándar o farmacológico, respuesta: iguales.



16) Dada su experiencia y /o conocimiento, los posibles problemas asociados a la implementación de tratamientos no farmacológicos (incluido peróxido de hidrógeno), en su conjunto, para el control de la caligidosis, respuesta: No.

El resto de las preguntas incorporadas en la encuesta no fueron utilizadas para la estimación de puntaje por no poder atribuirle una categorización de positivo a las respuestas posibles. De esta estimación, se obtuvo el siguiente ranking de tratamientos no farmacológicos en base a la sumatoria de las respuestas positivas entregadas por los encuestados (**Tabla 27**).

**Tabla 27.**

Ranking de tratamientos no farmacológicos en base opiniones atribuidas como positivas emitidas por los encuestados.

Tratamiento	Mejor puntaje
Aceite natural	48
Peróxido de hidrógeno	34
Agua dulce	28
Agua a presión	23
Peces limpiadores	18
Tratamiento térmico	14
Pulso electromagnético	9
Ondas ultrasónicas	5

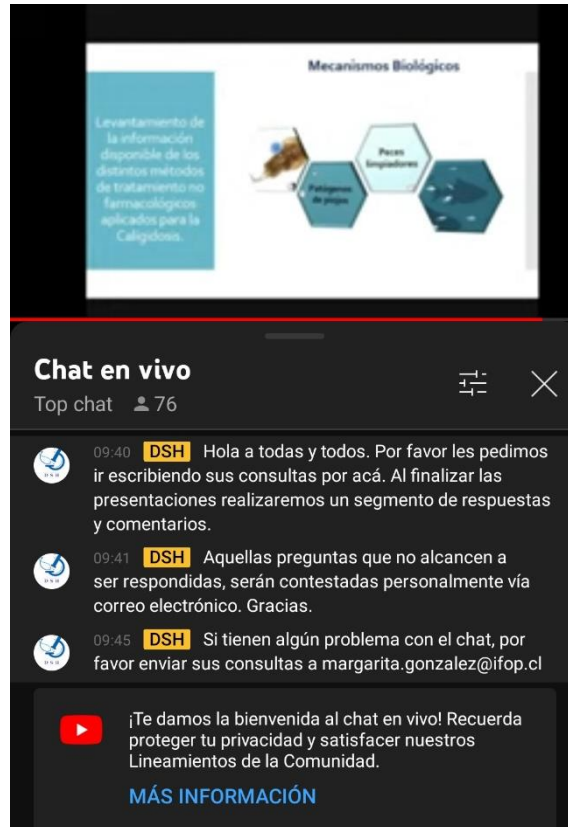
## 5.14. Actividades generales.

### 5.14.1. Reunión de coordinación.

Con fecha 6 de enero de 2021, se realizó la primera reunión de coordinación con la contraparte técnica del estudio, participando profesionales de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y del Instituto de Fomento Pesquero. Dicha reunión fue realizada vía videoconferencia. El acta de la reunión se detalla en el **ANEXO 5**.

### 5.14.2. Taller de difusión.

El día 14 de enero del 2022, se realizó un taller de difusión de los resultados del estudio, el cual se llamó “Estado del arte de los métodos de tratamiento no farmacológicos para la Caligidosis, evaluación de sus ventajas y desventajas y sus posibles aplicaciones en Chile”. El evento fue realizado mediante streaming a través de la plataforma Youtube en el link (<https://youtu.be/sNKTCzrKngM>). Contó con la participación de 76 personas (**Figura 32**), dentro de las cuales se encontraron profesionales de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, laboratorios privados, universidades, profesionales de la industria salmonera, proveedores de servicios, entre otros. En el **ANEXO 7** se presenta el programa del taller.



**Figura 32.**

Captura de pantalla que detalla el número de participantes o espectadores durante la transmisión del taller de difusión de resultados con fecha 14 de enero del 2022.

### 5.14.3. Personal participante por actividad.

En el **ANEXO 8** se encuentra el detalle de la participación de los integrantes del equipo de trabajo por actividad.



## 6. DISCUSIÓN.

La Caligidosis es una enfermedad producida por el ectoparásito copépodo *Caligus rogercresseyi* que afecta fuertemente a la industria salmonicultra chilena. Genera importantes problemas en los salmónidos de cultivo, como un aumento en la predisposición a las infecciones secundarias, el alargamiento del ciclo de cultivo, la disminución de la eficiencia de conversión alimenticia, la necesidad de limpieza de carcasas durante el procesamiento (Carvajal *et al.*, 1998; Johnson *et al.*, 2004), así como también, un aumento de los costos, siendo uno de los ítems de mayor relevancia, debido principalmente a los costos de los productos químicos utilizados y las operaciones requeridas por cada baño realizado (González Gómez y Ovalle Merino, 2018).

Para el control de este parásito, en Chile se encuentran autorizados cinco productos para su uso mediante inmersión (deltametrina, cipermetrina, azametifós, hexaflumurón y peróxido de hidrógeno), y tres productos aplicados a través del alimento (benzoato de emamectina, diflubenzurón y lufenurón) (SERNAPESCA, 2017). Esta gama de tratamientos se considera escasa para el control del parásito, debido a las restricciones de uso o bien debido a las condiciones de aplicación (como por ejemplo el hexaflumurón restringido a solo una aplicación por ciclo a los 700 gramos aproximadamente, o la rotación de tratamientos, etc.), por lo que no se puede contar con toda la gama de tratamientos en cualquier momento del ciclo productivo. Adicionalmente, existen evidencias de la pérdida de eficacia de los productos antiparasitarios (González Gómez, 2021; González Gómez y Ovalle Merino, 2018), haciendo que el escenario para el control del parásito se vuelva aún más difícil.

Debido a estos antecedentes, se considera que el control del parásito *Caligus* es uno de los principales desafíos para la industria y el Estado, por lo que en la actualidad existen múltiples equipos interdisciplinarios dedicados a realizar importantes esfuerzos para la generación de información, productos o estrategias que permitan disminuir el uso intensivo de antiparasitarios. Es aquí que procesos como la innovación y el desarrollo de tratamientos no farmacológicos efectivos, con un mínimo impacto para el medio ambiente y en los peces, juegan un papel relevante en el desafío de lograr un manejo del piojo de mar que contribuya con una acuicultura responsable y sostenible. En este contexto, la realización de estudios de recopilación de información científica y técnica es relevante como apoyo a estos procesos, siendo el presente estudio un aporte a la caracterización, evaluación y revisión del estado del arte de las nuevas estrategias terapéuticas disponibles, como alternativas a los tratamientos estándares o tradicionales.

Uno de los primeros hallazgos detectados durante la ejecución del presente estudio fue verificar la existencia de un fuerte número de publicaciones, reportes y patentes asociadas a la generación de tratamientos alternativos o no farmacológicos, a nivel internacional y nacional. La mayor cantidad de publicaciones científicas son de origen noruego, con una presencia menor de estudios chilenos (10%), obedeciendo a una tendencia general de la formalización de trabajos científicos en estos países más que al ámbito particular de los tratamientos no farmacológicos. De acuerdo al Sistema de Información Científica de ANID, las publicaciones científicas de Chile alcanzaron las 13.974 unidades para el año 2017, contrastando con las 25.000 unidades en Noruega, de acuerdo a lo indicado por el



índice de ciencia de ese país para el mismo año (Sivertsen, 2018). Es importante destacar que más allá de las publicaciones científicas, es igualmente verificable que en Chile se observa un componente importante de innovación y generación de patentes en este ámbito, asociado a productos o conceptos generados por equipos de investigación para el control no farmacológico de la enfermedad.

Otro hallazgo de esta investigación es que, dentro de las diferentes publicaciones y reportes, fue posible identificar diferentes estrategias o productos de control para el parásito *Caligus*, incluyendo sistemas biológicos, físicos o mecánicos, y químicos, así como otros de índole preventivo (como modificación de conducta de nado, entre otros). Considerando que el objetivo del estudio se centró en los métodos de control, es importante destacar este punto, ya que a lo largo del desarrollo de las actividades fue posible evidenciar la dificultad de diferenciar las herramientas estrictamente de índole terapéutico, con aquellas preventivas (esto se evidenció tras la aplicación de la encuesta a personeros de industria y academia). Para efectos de este estudio, no se consideró como objetos de estudio, aquellos mecanismos que evitan la infestación en el pez.

En esta línea y de la revisión internacional de literatura, fue posible identificar que para el control del parásito *Lepeophtheirus salmonis*, actualmente se utilizan los siguientes tratamientos: peces limpiadores, luz UV-C, baño térmico, baño agua dulce, onda ultrasónica, agua a presión y peróxido de hidrógeno. Sin embargo, el análisis comparativo indicó que solo algunos de estos tratamientos presentan las mayores ventajas que justifican su uso (agua a presión, peces limpiadores, agua dulce, etc.), identificándose otros con importantes desventajas, evidenciadas en efectos negativos para el bienestar animal o bajas eficacias. Guragain *et al.* (2021) mencionaron que, en las últimas décadas, muchos métodos preventivos y de control se han desarrollado a nivel mundial, pero que ninguno ha sido altamente eficaz en contrarrestar las infestaciones producidas por el piojo de mar, y que debe optarse por estrategias múltiples para el control del parásito, hasta que se desarrollen herramientas más eficaces. Esto concuerda con lo concluido en el presente estudio, ya que ninguno de los tratamientos analizados en base a información internacional, demostró arrojar eficacias del 100% o ausencia de evidencias de resistencia, y no menos importante, ser completamente inocuos para el bienestar animal.

Sobre aspectos relativos a bienestar animal, se puede mencionar que la mayoría de los tratamientos no farmacológicos revisados provocan, en menor o mayor medida, alteraciones en el bienestar animal. En cuanto a los peces limpiadores, Geitung *et al.* (2020) reportaron una reducción en el crecimiento del pez limpiador, lo que puede reducir su efectividad en el control del parásito, junto a un bajo factor de condición, daño en aletas y un deterioro general en los individuos (Gentry *et al.*, 2021). En cuanto a los tratamientos térmicos, se ha descrito lesiones en branquias, ojos, cerebro (Gismervik *et al.*, 2019), lesiones en aletas y alteración de la conducta (Moltumyr *et al.*, 2021), con movimientos que reflejan un efecto nocifensivo o doloroso (Nilsson *et al.*, 2019), alcanzando mortalidades de 0,5% (Sviland Walde *et al.*, 2021). Para los tratamientos mediante presión de agua, se han descrito pérdida de escamas, sangramiento de branquias y heridas en la piel (Guragain *et al.*, 2021), junto a un estrés agudo y casos severos de daño físico general (Overton *et al.*, 2019a). Respecto del peróxido de hidrógeno, Martinsen *et al.* (2018) mencionaron que este compuesto mejora la condición de los peces tratados, sin embargo, algunos autores indican daños dosis-dependiente en piel, persistente hasta 24



horas (Karlsen *et al.*, 2021), daño en branquias, estrés agudo con aumentos de mortalidad (Overton *et al.*, 2018), y estrés oxidativo (Vera y Migaud, 2016). En cuanto al tratamiento con aceites naturales, se tiene el antecedente de cambios en la conducta y coloración de los peces durante el tratamiento, con un aumento moderado de las mortalidades post tratamiento (comunicación personal, octubre 2021, D. Vivar, Mowi Chile S.A.). En el presente estudio se elaboró un ranking de efectos negativos en los peces, siendo el con mayor impacto negativo, el sistema de tratamiento térmico, seguido de peces limpiadores, agua a presión, peróxido de hidrogeno y baño con aceites naturales. De esta revisión se visualiza que existe una brecha de conocimiento científico asociado a efectos en el bienestar durante el uso de algunos de los tratamientos evaluados (ejemplo: agua dulce y aceites naturales), como también, asociada a determinar si estos daños son irreparables o si alteran significativamente el bienestar del pez, siendo esta información relevante de conocer para la implementación de tratamientos sostenibles.

Por el contrario, se describen a los tratamientos con agua dulce (Guragain *et al.*, 2021), pulsos electromagnéticos (Beck, 2015), y ondas ultrasónicas (Solé *et al.*, 2021a; Solé *et al.*, 2021b) como de muy bajo efecto en la condición y estado fisiológico de los peces. Sin embargo, es probable que esto se deba a la escasa cantidad de documentos científicos y/o técnicos asociados a estos tratamientos no farmacológicos. Esto se argumenta en los hallazgos del presente estudio, que indican la ausencia de información de bienestar animal asociada a aquellos de desarrollo más reciente, como los sistemas por pulso electromagnético, sugiriendo que no se puede descartar plenamente efectos negativos sobre el bienestar animal de los peces tratados, y reflejando la necesidad de implementación de líneas de investigación que permitan determinar la idoneidad del uso de estos tratamientos.

En Chile fue posible verificar la aplicación, en distintos estadios de desarrollo, de tratamientos con peces limpiadores (Mendoza y Nieto, 2019; Sánchez *et al.*, 2018), agua a alta presión (SERNAPESCA, 2021), tratamiento térmico (SERNAPESCA, 2021), pulsos electromagnéticos (Ziller-Vergara, 2016), electricidad (Álvarez, 2021), ultrasonido (Prado, 2015), baños con peróxido de hidrógeno (Marín *et al.*, 2017), control por baño con agua dulce (Bravo *et al.*, 2015), y mediante baño con aceites naturales (SERNAPESCA, 2021), ya sea en estado de escalamiento comercial o a nivel experimental, siendo todos evaluados en alguna instancia en condiciones de campo o productivas. Estos tratamientos fueron evaluados (tipo eléctrico en conjunto) en cuanto a su factibilidad de implementación, considerando aspectos biológicos, de eficacia, económicos, ambientales, y normativos. Los tratamientos mediante inmersión con aceite natural, peróxido de hidrógeno y agua dulce, fueron identificados como con la mayor factibilidad técnica biológica, debido a las buenas eficacias registradas, junto a los bajos efectos en el bienestar animal y a una baja mortalidad inducida en los peces tratados. Por el contrario, el tratamiento con agua dulce se asoció a aumentos en la mortalidad, a diferencia de los otros tratamientos (inclusive siendo mayor a la mortalidad generada por el baño con azametifós).

Respecto de la factibilidad económica de la aplicación de tratamientos no farmacológicos, aplicada a cuatro sistemas o productos destinados al control de la Caligidosis, se verificó el supuesto considerado, que indica que el uso de tratamiento no farmacológico permitirá una disminución



paulatina del uso de sustancias químicas para el tratamiento de la parasitosis, generando un efecto de baja en los costos por este ítem, con efectos secundarios, asociados a una mejora en los indicadores de sostenibilidad, representados como una mejora en los ingresos de 1% anual en las utilidades de la empresa que adopte estos sistemas y a una baja del 15% anual de multas asociadas a incumplimientos normativos. Adicionalmente, existen beneficios intangibles de difícil cuantificación, y que tienen que ver con el resguardo del ecosistema asociado a los centros de cultivo, o la interacción con las comunidades humanas vinculadas a los sistemas marinos o estuarinos donde se desarrolla la industria salmonicultora.

Respecto de los indicadores económicos, y considerando que estos solo son válidos para los supuestos utilizados y explicitados en la evaluación, el sistema a agua a presión presentó un mejor valor actualizado neto, con un valor de USD 1.583.645, y una mayor tasa interna de retorno de 398,1%, no obstante, debe tenerse en consideración que, de acuerdo a los antecedentes recopilados, las empresas han utilizado este sistema solo dos veces por ciclo, siendo de esta forma considerada en la presente evaluación. Evidentemente, y dependiendo de la eficacia mostrada por el sistema para las condiciones particulares del centro de cultivo a tratar, un aumento de la cantidad de tratamientos por ciclo representará un aumento en los costos y, en consecuencia, menores valores para ambos indicadores económicos. A partir de dicho análisis es posible efectuar comparaciones costo beneficio, teniendo a la vista tanto los costos totales o por unidad productiva, versus la eficacia de cada sistema o producto evaluado, de forma de lograr un índice particular de cada realidad productiva, que permita seleccionar finalmente el mejor método a utilizar, incluyendo comparaciones entre métodos tradicionales y no farmacológicos.

Sin lugar a dudas, la migración desde métodos convencionales (farmacológicos) hacia métodos no farmacológicos para combatir las infestaciones de piojos de mar representa un paso importante que propenda hacia el bienestar ambiental. Los tratamientos evaluados en el presente estudio resultaron ser “altamente factibles ambientalmente”. Sin embargo, es indispensable realizar estudios adicionales que permitan tener mayores antecedentes que validen esta aseveración. A modo de ejemplo, es requerido conocer el impacto en el ambiente de los peces limpiadores, ya que estos poseen el riesgo de generar brotes de enfermedades bacterianas y virales en los peces de cultivo, como también, el impacto en las comunidades marinas del entorno de los centros de cultivo, esto debido a las tasas de escape registradas (Imsland *et al.*, 2014b). Se requiere en este sentido, una evaluación ambiental rigurosa, que identifique los riesgos más allá de los ensayos de eco-toxicología sugeridos por la normativa vigente, sobre todo para los tratamientos mediante inmersión con compuestos ajenos al ambiente marino (Carlsson *et al.*, 2021; Frantzen *et al.*, 2020; Gebauer *et al.*, 2017). Estudios previos han indicado que compuestos como el peróxido de hidrógeno puede impactar negativamente a las larvas de invertebrados marinos (Frantzen *et al.*, 2020; Gebauer *et al.*, 2017), lo que evidencia el potencial impacto ambiental que tienen este tipo de compuestos. Algunas evidencias indican que estos efectos pueden ser mitigados mediante la implementación de neutralizadores químicos, por ejemplo, para el peróxido de hidrógeno, reduciendo significativamente el riesgo ambiental (Carlsson *et al.*, 2021). Los productos tradicionalmente utilizados para el control de *Caligus* por baños, corresponden principalmente a pesticidas, para los que se estima que pueden ocasionar efectos adversos sobre el ambiente acuático (Burrige *et al.*, 2010; Nash, 2003), como resultado de la



generación y liberación de residuos (Søfteland *et al.*, 2014), por lo que la oportunidad de implementación de tratamientos no farmacológicos es clave para un control del parásito más sustentable.

En cuanto a la factibilidad normativa asociada a los tratamientos en evaluación, fue posible comprender que no existe una normativa directa asociada a la implementación y uso de tratamientos no farmacológicos a nivel global. La documentación existente indica requisitos, restricciones, prohibiciones, entre otros, aplicados mayormente al uso de tratamientos farmacológicos. Sin embargo, toda la estructura normativa disponible puede ser adaptada a los constantes cambios ocurridos producto de las nuevas tendencias de control de enfermedades, en este caso particular, de piojos de mar en peces de cultivo. Cáceres *et al.* (2018) realizaron una investigación sobre los procesos de construcción de capacidades, aprendizaje y especialización de agencias públicas que regulan sectores intensivos en recursos naturales, particularmente, el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. En su investigación fue capaz de identificar procesos de sofisticación tecnológica, cambios en la estructura de fiscalización y legislativos importantes, entre otros, asociados en algunos casos a episodios de crisis ocurridos en el sector que se regula. Esta investigación refleja plenamente lo sugerido en el presente estudio, en el que se esperan futuros cambios legislativos desde las instituciones que corresponda (debido a las brechas identificadas o legislación directa) para enfrentar los cambios en el control del parásito por parte de la industria salmonicultora. Por otra parte, considerando la opinión de usuarios de la industria (encuesta correspondiente al Objetivo específico 5), se identificó que existe la necesidad imperativa de cambios legislativos asociados al uso de tratamientos no farmacológicos. Estas modificaciones (basadas en las opiniones vertidas por los encuestados) están relacionadas a: incentivos, reclasificación de mortalidades, mejoras en la evaluación de los centros en términos de bioseguridad y facilidades de acceso a agua dulce, cambios que, según los usuarios de la industria, constituirían un fuerte incentivo al uso de tratamientos no farmacológicos.

Al integrar todos los antecedentes recabados en el presente estudio, ya sean aspectos comparativos, biológicos, de eficacia, de bienestar animal, económicos y con información derivada de la encuesta realizada a académicos e integrantes de la industria salmonicultora, se puede mencionar que la aplicación de los tratamientos: peróxido de hidrógeno, aceite naturales y presión de agua más succión, son aquellos que presentan mayores ventajas comparativas y factibilidad de aplicación. Esto coincide con el mayor uso por parte de la industria (evidencias observadas en la estimación de eficacias de los tratamientos en Chile, del registro de Sernapesca). Por el contrario, el uso de tratamientos con agua dulce, térmicos, pulso electromagnético y ondas de ultrasonido presentan una serie de desventajas, como mayores mortalidades o efectos en el bienestar animal, o un menor conocimiento empírico previo a su aplicación masiva por parte de la industria (pulso electromagnético o ultrasonido). La ejecución del presente estudio constituyó un esfuerzo importante y multidisciplinario del que se obtuvo un levantamiento de información respecto del estado del arte de las estrategias no farmacológicas para el tratamiento de la Caligidosis en Chile y el mundo. Esta información contribuye fuertemente al conocimiento científico técnico relativo a diferentes aspectos de estas estrategias terapéuticas, como los efectos en la biología del pez, el bienestar animal, el impacto ambiental y los costos asociados que apoyaran la formulación de estrategias combinadas para el control del parásito, orientadas hacia la





disminución del uso de antiparasitarios tradicionales químicos, representando un apoyo a los esfuerzos actuales de la industria en la búsqueda de tratamientos congruentes con una acuicultura responsable y sostenible.



## 7. CONCLUSIONES.

---

- La revisión bibliográfica efectuada generó una base de datos con 69 publicaciones científicas y 118 patentes asociadas a estrategias o tratamientos no farmacológicos para el control de la Caligidosis, siendo estos métodos preventivos o terapéuticos, tanto a nivel internacional como nacional. Además, la revisión de la literatura disponible evidenció una mayor presencia de publicaciones provenientes de Noruega (52,17%), siendo solo el 10% de las publicaciones correspondientes a Chile.
- Los diferentes tipos de tratamientos no farmacológicos identificados como herramienta de control del parásito fueron clasificados en base al mecanismo utilizado contra el parásito, a saber: biológicos (ejemplo: peces limpiadores), mecanismo físico o mecánico (ejemplo: onda ultrasónica, presión de agua), y químico (ejemplo: peróxido de hidrógeno, aceites naturales).
- De la revisión de literatura internacional, se logró la conformación de un listado de tratamientos, los que consideraron peces limpiadores, luz UV-C, baño térmico, baño con agua dulce, onda ultrasónica, agua a presión y succión y baño con peróxido de hidrógeno. El análisis comparativo indicó que el tratamiento que utiliza agua a baja presión y succión correspondería a aquel con las mayores ventajas comparativas frente a los otros sistemas revisados, seguido del uso de peces limpiadores, baños de agua dulce y peróxido de hidrógeno, dadas principalmente por los estadios objetivos y las eficacias informadas. Los tratamientos con luz UV-C, baño térmico tibio y frío, y onda ultrasónica no presentaron ninguna ventaja comparativa respecto de los otros sistemas antes mencionados.
- De la revisión de la literatura nacional, se logró conformar el listado conformado por los tratamientos peces limpiadores, agua alta presión, tratamiento térmico, pulsos electromagnéticos, ultrasonido, peróxido de hidrógeno, control por baño con agua dulce/salobre y control por baño con aceites naturales. La evaluación comparativa evidenció que el tratamiento que utiliza agua a baja presión correspondería a aquel con las mayores ventajas comparativas frente a los otros sistemas revisados (eficacias, estadios objetivo, entre otros), seguido del peróxido de hidrógeno. Los peces limpiadores, baño agua dulce, con aceite natural y pulso electromagnético se encuentran en tercer lugar debido principalmente por los estadios objetivos y las eficacias informadas. En último lugar y con un puntaje negativo se encuentra el shock térmico presentando mayoritariamente debilidades o desventajas.
- Respecto de la evaluación de bienestar animal, es importante destacar que gran parte de los tratamientos no farmacológicos revisados para Chile, provocan alteraciones en este parámetro, requiriéndose determinar con mayores estudios, si los efectos en el bienestar corresponden a daños irreparables o que alteren significativamente al pez. Los tratamientos se clasificaron, respecto de un mayor a menor efecto negativo en el bienestar animal, siendo el de mayor impacto el tratamiento térmico, seguido de peces limpiadores, agua a presión, baño con peróxido de hidrogeno y baño con aceites naturales. El análisis de la literatura permitió verificar la escasa



información de este tipo asociada a los tratamientos no farmacológicos, sobre todo respecto de aquellos de desarrollo más recientes, como pulso electromagnético, lo que sugiere la necesidad de implementación de líneas de investigación que permitan determinar la idoneidad de uso de estos tratamientos.

- Respecto de las eficacias promedio presentadas por los diferentes tratamientos evaluados, fue posible clasificar a los tratamientos desde una mayor a una menor eficacia, siendo el tratamiento térmico el con mejor eficacia, seguido por el baño con agua dulce, el baño con peróxido de hidrogeno, el baño con aceites naturales y el agua a presión y succión. Por otra parte, al comparar estas eficacias con el baño con azametifós, se observa que los tratamientos con agua a presión y baño con aceites naturales presentan eficacias promedio similares, mientras que los tratamientos de baño con agua dulce, baño con peróxido de hidrógeno y tratamiento térmico presentan mejores eficacias que el tratamiento estándar.
- Respecto de la normativa internacional y nacional evaluada, se puede concluir que en general no existe una normativa asociada en forma directa al uso de métodos no farmacológicos para el control del piojo de mar. Sin embargo, algunos países cuentan con estrategias para el control del parásito, como también, para el ingreso, registros y uso de nuevos tratamientos. Por otra parte, algunos países cuentan con comités científicos externos, que tienen como objetivo generar evidencia científica que valide estos tratamientos, y ayude a la toma de decisiones de manejo, aportando al desarrollo de una acuicultura sustentable.
- En cuanto a la normativa asociada al ingreso, registro y control de medicamentos o terapias para enfermedades de animales acuáticos, se evidencia que no existe una normativa específica asociada al ingreso y registro de tratamientos o terapias no farmacológicas. Por otra parte, la documentación existente se refiere principalmente a tratamientos farmacológicos, para los cuales deben seguirse los lineamientos del SAG, que a su vez indican que se deben seguir las guías internacionales de VICH. Igualmente se identificaron una serie de requisitos mínimos para la incorporación de cualquier terapia, adaptándose a los tratamientos no farmacológicos, siendo estos los antecedentes legales del producto y equipo de trabajo, la entrega de antecedentes generales y clínicos, farmacéuticos, ambientales, de calidad, de eficacia y de seguridad del producto, determinados mediante pruebas de laboratorio y clínicas.
- Respecto del análisis de factibilidad técnica – biológica, se verifica que casi todos los mecanismos no farmacológicos identificados por la reducción de cargas de Caligus se encuentran en uso en el país, por lo que la evaluación de factibilidad técnica será decisión de cada empresa respecto del tratamiento no farmacológico escogido y considerando las ventajas y desventajas identificadas en el estudio. Se logró obtener un listado desde una mayor a menor factibilidad técnica, siendo el tratamiento con mayor factibilidad, el de baño por inmersión con aceites naturales, seguido de peróxido de hidrógeno y agua dulce, y basado en parámetros como eficacias, efecto en el bienestar, estadios objetivo, entre otros. Del análisis de mortalidad total (no asociada específicamente a la aplicación del tratamiento) y complementario a la factibilidad técnica, se puede concluir que la aplicación de tratamiento con agua dulce sería el asociado a aumentos en la



mortalidad, siendo incluso mayor a la mortalidad generada por azametifós, aunque sin ser estadísticamente significativo.

- La evaluación de factibilidad económica desarrollada permitió identificar los costos asociados a cada uno de los tratamientos no farmacológicos que hoy están siendo aplicados en la industria salmonicultora. Por su parte, se identificaron y cuantificaron beneficios asociados a la utilización de estas aproximaciones terapéuticas, vinculados a una disminución en el uso de sustancias químicas tradicionales para el control de la parasitosis. El análisis permitió concluir que el tratamiento por agua a presión es el más rentable desde el punto de vista de los retornos, no obstante, este antecedente debe considerarse a la vista de los supuestos utilizados, donde dicho sistema se consideró con una aplicación de solo dos veces por cada ciclo productivo. Los resultados de la presente evaluación económica deben contrastarse con los indicadores de eficacia para cada tratamiento evaluado, de forma de lograr la mejor selección del sistema o producto a utilizar, considerando las características particulares, tanto de los parámetros productivos del centro de cultivo a tratar, como las condiciones ambientales donde se aplicará el tratamiento.
- El análisis de factibilidad ambiental de los tratamientos no farmacológicos (peróxido de hidrógeno, aceites naturales, presión de agua, peces limpiadores, y agua dulce) permitió categorizarlos como de “impactos leves”, resultando en tratamientos altamente “factibles ambientalmente”. En cuanto a una escala de tratamientos, se puede concluir que el baño con agua dulce y presión de agua fueron aquellos evaluados con el menor impacto ambiental, seguido por el baño con aceites esenciales. Las respuestas a la encuesta aplicada indicaron que los tratamientos de baño con aceites naturales, peces limpiadores y peróxido de hidrógeno, poseen al menos un aspecto ambiental que los categoriza como con impactos “ambientalmente moderados”.
- De esta revisión se concluye que es factible en términos normativos la aplicación en Chile de tratamientos no farmacológicos nuevos, y fortalecer la normativa para aquellos ya presentes en la industria. Es esperable que la aplicación de la legislación vigente genere nuevas normativas o una adaptación de las ya existentes.
- De las encuestas aplicadas a expertos vinculados con la aplicación de tratamientos no farmacológicos de la industria y academia, se obtuvo que el 78% ha utilizado algún tratamiento no farmacológico, que el 77,8% cree que las eficacias de peróxido de hidrógeno y aceites naturales son mejores que el tratamiento estándar, siendo superiores al 76% en adultos móviles y hembras ovígeras. Sin embargo, el 44,4% de los encuestados respondieron que el peróxido de hidrógeno si genera resistencia, aunque también indicaron poseer insuficiente información al respecto. Los encuestados opinaron en un 88,9% que el tratamiento por inmersión con extractos de aceites



naturales induce estrés, con mortalidades inferiores al 1% en su mayoría. En cuanto a costos, el 55,6% de los encuestados indicó que el tratamiento con peróxido de hidrógeno es más costoso que el tratamiento estándar, siendo muy relevantes los costos de implementación, siendo un incentivo que impulsaría el uso de tratamiento no farmacológico la clasificación de mortalidades y a la investigación asociada, junto a un aumento de proveedores de peróxido de hidrógeno, evaluaciones de bioseguridad mejoradas y excepción de pérdidas de mortalidades producidas por estos tratamientos, así como dar facilidades de acceso a agua dulce en términos normativos.

- De la aplicación de la encuesta a personas relacionadas a la industria y academia, se obtuvo una clasificación de los tratamientos, desde el mejor al peor evaluado, siendo en orden, baño con aceites naturales, baño con peróxido de hidrógeno, agua dulce, agua a presión, peces limpiadores, tratamiento térmico, pulso electromagnético y finalmente, ondas ultrasónicas.
- Del análisis integral del estudio basado en aspectos comparativos, biológicos, de eficacia, de bienestar animal, económicos y con información derivada de la encuesta realizada a académicos e integrantes de la industria salmonera, se puede concluir que los tratamientos de peróxido de hidrógeno, aceite naturales y presión de agua más succión, constituyen aquellos con mayores ventajas comparativas y factibilidad de uso. Los tratamientos con agua dulce y térmicos poseen desventajas importantes, como mayores mortalidades o efectos en el bienestar animal, por lo que se los caracteriza como tratamientos con una menor factibilidad de implementación. Respecto de aquellos tratamientos como pulso electromagnético y ondas de ultrasonido, la información recopilada sugiere una reclasificación de estas herramientas, para ser considerados como mecanismos preventivos y no de control.
- El presente estudio permitió realizar un importante levantamiento de información respecto del estado del arte de las estrategias no farmacológicas para el tratamiento de la Caligidosis en Chile y el mundo, su caracterización y evaluación frente a diversos parámetros. Esta información contribuye al conocimiento detallado de las nuevas herramientas de tratamiento no farmacológico disponibles, y que tienen la cualidad de impulsar una disminución del uso de antiparasitarios tradicionales, permitiendo contar con alternativas de rotación y resguardando a su vez, mejores eficacias de los productos utilizados en la actualidad. El desarrollo del presente estudio contribuye al esfuerzo actual de las autoridades sectoriales y de la industria salmonicultora, en la búsqueda de tratamientos con impactos mínimos en el medio ambiente y en los peces, y aportando para el desarrollo de una acuicultura sostenible.



## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Aaen, S.M., Helgesen, K.O., Bakke, M.J., Kaur, K., Horsberg, T.E., 2015. Drug resistance in sea lice: a threat to salmonid aquaculture. *Trends Parasitol.* 31, 72-81.
- Alevy, S., 2020. Ultrasonic eradication of sea lice on farmed fish. Google Patents.
- Álvarez, R., 2021. System for the elimination of parasites adhered to fish, by directly applying electricity to the fish, removing the parasites without harming the fish. Google Patents.
- Andersen, K., 2011. Sea Lice Control of patent (WO 2011/135384 A1). BIOTATOOLS AS. <https://lens.org/040-291-636-250-480>.
- André, M., Solé, M., Van Der Schaar, M., 2020. Initials. 2020. System And Method For Reducing Sea Lice Exposure In Marine Fish Farming of patent (WO 2020/048945 A1). SEASEL SOLUTIONS AS. <https://lens.org/081-375-808-567-106>.
- Andrews, M., Horsberg, T.E., 2020. Sensitivity towards low salinity determined by bioassay in the salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae). *Aquaculture.* 514, 734511.
- Atlantic Canada Fish Farmers Association, 2019. Atlantic Canada Fish Farmers Association (ACFFA) (2019). New Brunswick Annual Sea Lice Management Report. .
- Autoridad Alimentaria y Veterinaria, M.d.C.e.l.d.l.I.F., 2013. Parliamentary Act No. 16, on the prevention and eradication of animal disease and on cross-border inspection of animals and animal products. in: Feroe., A.A.y.V.M.d.C.e.l.d.l.I. (Ed.), Feroe Islands.
- Baltadakis, A., Casserly, J., Falconer, L., Sprague, M., Telfer, T.C., 2020. European lobsters utilise Atlantic salmon wastes in coastal integrated multi-trophic aquaculture systems. *Aquaculture Environment Interactions.* 12, 485-494.
- Barrett, L.T., Oppedal, F., Robinson, N., Dempster, T., 2020a. Prevention not cure: a review of methods to avoid sea lice infestations in salmon aquaculture. *Reviews in Aquaculture.*
- Barrett, L.T., Overton, K., Stien, L.H., Oppedal, F., Dempster, T.J.I.j.f.p., 2020b. Effect of cleaner fish on sea lice in Norwegian salmon aquaculture: a national scale data analysis. 50, 787-796.
- Barrett, L.T., Pert, C.G., Bui, S., Oppedal, F., Dempster, T.J.P.m.s., 2020c. Sterilization of sea lice eggs with ultraviolet C light: towards a new preventative technique for aquaculture. 76, 901-906.
- Barrett, L.T., Bui, S., Oppedal, F., Bardal, T., Olsen, R.E., Dempster, T., 2020d. Ultraviolet-C light suppresses reproduction of sea lice but has adverse effects on host salmon. *Aquaculture,* 734954.
- Beck, E., 2015. Method and device for destroying parasites on fish. Google Patents.
- Bekkadal, F., 2020. Method And Apparatus For Preventing And Controlling Sea Lice In Aquaculture Facilities of patent (WO 2020/185095 A1). AQUASONICS AS. <https://lens.org/115-336-958-007-323>.
- Bett, A., 2020. Sea Lice Inhibiting System of patent (WO 2020/254696 A1). BETT ANDREW. <https://lens.org/013-699-033-177-966>.
- Borchel, A., Heggland, E.I., Nilsen, F., 2021. The transcriptomic response of adult salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) to reduced salinity. *Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics.* 37, 100778.



- Boxshall, G.A., Bravo, S., 2000. On the identity of the common Caligus (Copepoda: Siphonostomatoida: Caligidae) from salmonid netpen systems in southern Chile. *Contrib Zool.* 69, 137-146.
- Bravo, S., Pozo, V., Silva, M.T., 2015. Evaluación de la efectividad del tratamiento con agua dulce para el control del piojo de mar *Caligus rogercresseyi* Boxshall & Bravo, 2000. *Latin american journal of aquatic research.* 43, 322-328.
- Browman, H., Boxaspen, K., Kuhn, P.J.J.o.F.D., 2004. The effect of light on the settlement of the salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis*, on Atlantic salmon, *Salmo salar* L. 27, 701-708.
- Bui, S., Oppedal, F., Sievers, M., Dempster, T.J.R.i.A., 2019. Behaviour in the toolbox to outsmart parasites and improve fish welfare in aquaculture. 11, 168-186.
- Bui, S., Stien, L.H., Nilsson, J., Trengereid, H., Oppedal, F., 2020. Efficiency and welfare impact of long-term simultaneous in situ management strategies for salmon louse reduction in commercial sea cages. *Aquaculture*, 734934.
- Burridge, L., Weis, J.S., Cabello, F., Pizarro, J., Bostick, K., 2010. Chemical use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture.* 306, 7-23.
- Byrne, A.A., Pearce, C.M., Cross, S.F., Jones, S.R.M., Robinson, S.M.C., Hutchinson, M.J., Miller, M.R., Haddad, C.A., Johnson, D.L., 2018. Field assessment of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) growth and ingestion of planktonic salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) larvae at an Atlantic salmon (*Salmo salar*) farm in British Columbia, Canada. *Aquaculture.* 490, 53-63.
- Cáceres, R., Katz, J., Dini, M., 2018. Agencias regulatorias del Estado, aprendizaje y desarrollo de capacidades tecnológicas internas: Los casos del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura y el Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile.
- Campbell, P., Conneely, M., 2017. Methods, Systems And Apparatus For Control Of Parasite Infestation In Aquatic Animals of patent (WO 2017/199019 A1). UNIV OF DUNDEE. .
- Carlsson, P.M., Bamber, S.D., Umar, M., Bechmann, R.K., Garmo, Ø.A., Bahr, G., Tassara, L., Gomiero, A., Nøst, O.A., Refseth, G.H.J.N.-r., 2021. Neutralisation of hydrogen peroxide after delousing events; technology development and environmental risk assessment.
- Carvajal, J., González, L., George-Nascimento, M., 1998. Native sea lice (Copepoda: Caligidae) infestation of salmonids reared in netpen systems in southern Chile. *Aquaculture.* 166, 241-246.
- Casey, R., 2020. AN APPARATUS FOR DESTROYING PARASITES ON FISH. ATLANTIC PHOTONIC SOLUTIONS LTD, WO.
- Cerbule, K., Godfroid, J., 2020. Salmon Louse (*Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer)) Control Methods and Efficacy in Atlantic Salmon (*Salmo salar* (Linnaeus)) *Aquaculture: A Literature Review.* *Fishes.* 5, 11.
- Chávez-Mardones, J., Asencio, G., Latuz, S., Gallardo-Escárate, C., 2017. Hydrogen peroxide modulates antioxidant system transcription, evidencing sex-dependent responses in *Caligus rogercresseyi*. *Aquac Res.* 48, 969-978.
- Cojocar, A.L., Iversen, A., Tveterås, R.J.A.E., Management, 2021. Differentiation in the Atlantic salmon industry: A synopsis. 25, 177-201.
- Contreras-Lynch, S., 2010. Attractant bait for the control of parasites in cultured fish, a method of preparation and use thereof of patent (DK 2685795 A1). Instituto de Fomento Pesquero



- Veterquímica LTDA Soc Universidad de Los Lagos.  
<https://patents.google.com/patent/CA2685795A1/en?q=CA2685795>.
- DFO, 2014. Sea Lice Monitoring and Non-Chemical Measures. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2014/006.
- FAO, 2021. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. 2021. Estados Unidos de América. Texto de King, P. División de Pesca y Acuicultura [en línea]. Roma. En: <https://www.fao.org/fishery/es/legalframework/us/es>. (Revisado el 27 de diciembre de 2021).
- Frantzen, M., Bytingsvik, J., Tassara, L., Reinardy, H.C., Refseth, G.H., Watts, E.J., Evensen, A.J.M.E.R., 2020. Effects of the sea lice bath treatment pharmaceuticals hydrogen peroxide, azamethiphos and deltamethrin on egg-carrying shrimp (*Pandalus borealis*). 159, 105007.
- Frenzl, B., Stien, L.H., Cockerill, D., Oppedal, F., Richards, R., Shinn, A., Bron, J., Migaud, H., 2014. Manipulation of farmed Atlantic salmon swimming behaviour through the adjustment of lighting and feeding regimes as a tool for salmon lice control. *Aquaculture & Fisheries Management*. 424, 183-188.
- Gaasø, M., 2019. Sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* and *Caligus elongatus*) during freshwater treatment, Department of Biology, Faculty of Natural Sciences. Norwegian University of Science and Technology, pp. 77.
- Gebauer, P., Paschke, K., Vera, C., Toro, J.E., Pardo, M., Urbina, M.J.C., 2017. Lethal and sub-lethal effects of commonly used anti-sea lice formulations on non-target crab *Metacarcinus edwardsii* larvae. 185, 1019-1029.
- Geitung, L., Wright, D.W., Oppedal, F., Stien, L.H., Vågseth, T., Madaro, A., 2020. Cleaner fish growth, welfare and survival in Atlantic salmon sea cages during an autumn-winter production. *Aquaculture*. 528, 735623.
- Geitung, L., Oppedal, F., Stien, L.H., Dempster, T., Karlsbakk, E., Nola, V., Wright, D.W., 2019. Snorkel sea-cage technology decreases salmon louse infestation by 75% in a full-cycle commercial test. *Int J Parasitol*. 49, 843-846.
- Gentry, K., Bui, S., Oppedal, F., Bjelland, R., Nola, V., Dempster, T., 2021. Acclimatisation with lice-infested salmon improves cleaner fish lice consumption. *Aquaculture Environment Interactions*. 13, 41-49.
- Gharbi, K., Matthews, L., Bron, J., Roberts, R., Tinch, A., Stear, M.J.J.o.t.R.S.I., 2015. The control of sea lice in Atlantic salmon by selective breeding. 12, 20150574.
- Gismervik, K., Gåsnes, S.K., Gu, J., Stien, L.H., Madaro, A., Nilsson, J., 2019. Thermal injuries in Atlantic salmon in a pilot laboratory trial. *Veterinary and Animal Science*. 8, 100081.
- Glaropoulos, A., Stien, L.H., Folkedal, O., Dempster, T., Oppedal, F., 2019. Welfare, behaviour and feasibility of farming Atlantic salmon in submerged cages with weekly surface access to refill their swim bladders. *Aquaculture & Fisheries Management*. 502, 332-337.
- González Gómez, M.P., 2021. Informe Final: Vigilancia de la resistencia de *Caligus rogercresseyi* a antiparasitarios aplicados en la salmonicultura nacional (Etapa IV). , Valparaíso, Chile, pp. 153.
- González Gómez, M.P., Ovalle Merino, L., 2018. Informe Final: Vigilancia de la resistencia de *Caligus rogercresseyi* a antiparasitarios aplicados en la salmonicultura nacional (Etapa I). . Instituto de Fomento Pesquero, Puerto Montt, Chile.





- González, L., Carvajal, J., 2003. Life cycle of *Caligus rogercresseyi*, (Copepoda: Caligidae) parasite of Chilean reared salmonids. *Aquaculture*. 220, 101-117.
- Government of Canadá, 2021. State of Salmon Aquaculture Technologies, 2019.
- Groner, M.L., Laurin, E., Stormoen, M., Sanchez, J., Fast, M.D., Revie, C.W., 2019. Evaluating the potential for sea lice to evolve freshwater tolerance as a consequence of freshwater treatments in salmon aquaculture. *Aquaculture Environment Interactions*. 11, 507-519.
- Grøntvedt, R., Kristoffersen, A., Jansen, P., 2018. Reduced exposure of farmed salmon to salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis* L.) infestation by use of plankton nets: Estimating the shielding effect. *Aquaculture*. 495.
- GSI, 2021. NON-MEDICINAL APPROACHES TO SEALICE MANAGEMENT.
- Guragain, P., Tkachov, M., Båtnes, A.S., Olsen, Y., Winge, P., Bones, A.M., 2021. Principles and Methods of Counteracting Harmful Salmon–Arthropod Interactions in Salmon Farming: Addressing Possibilities, Limitations, and Future Options. *Frontiers in Marine Science*, 965.
- Hall, L., 2013. Epidemiology and control of an outbreak of viral haemorrhagic septicaemia in wrasse around Shetland commencing 2012. Scottish Government.
- Halse, J., 2021. Method and apparatus for removal of sea lice from live fish. Google Patents.
- Hansen, E., 2016. A device and a method for reducing the number of exterior parasites on fish. Google Patents.
- Hansen, E., 2019. Device and a method for reducing the number of exterior parasites on fish. Google Patents.
- Harper, D., Sommerville, C., 2004. Control agents. Google Patents.
- Hastie, L., Bowman, A., 2014. Methods And Compositions For Inhibiting Sea Lice of patent (WO 2014/020339 A1). UNIV ABERDEEN. <https://lens.org/077-690-592-624-858>.
- Hastie, L., Wallace, C., Birkett, M., Douglas, A., Jones, O., Mordue, A., Ritchie, G., Pickett, J., Webster, J., Bowman, A.J.A., 2013. Prevalence and infection intensity of sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) on Atlantic salmon (*Salmo salar*) host is reduced by the non-host compound 2-aminoacetophenone. 410, 179-183.
- Helgesen, K.O., Romstad, H., Aaen, S.M., Horsberg, T.E., 2015. First report of reduced sensitivity towards hydrogen peroxide found in the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* in Norway. *Aquaculture Reports*. 1, 37-42.
- Hemmingsen, W., MacKenzie, K., Sagerup, K., Remen, M., Bloch-Hansen, K., Imsland, A.K.D.J.A., 2020. *Caligus elongatus* and other sea lice of the genus *Caligus* as parasites of farmed salmonids: a review. 522, 735160.
- Havrøy, E., Boxaspen, K., Oppedal, F., Taranger, G., Holm, J.J.A., 2003. The effect of artificial light treatment and depth on the infestation of the sea louse *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) culture. 220, 1-14.
- Hoell, I., Alne, J., Gunnar, T., 2016. Method of treatment and/or prevention of a sea lice infestation on fish, and compositions for that use of patent (GB 2539744 B). HYDROLICE AS. <https://patents.google.com/patent/GB2539744B/en?q=Chitinolytic+enzymes+for+use+in+the+treatment+of+sea+lice+infestations&oq=Chitinolytic+enzymes+for+use+in+the+treatment+of+sea+lice+infestations>.



- Imsland, A.K., Frogg, N., Stefansson, S.O., Reynolds, P.J.A., 2019. Improving sea lice grazing of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) by feeding live feeds prior to transfer to Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) net-pens. 511, 734224.
- Imsland, A.K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T.A., Foss, A., Vikingstad, E., Elvegård, T.A.J.A., 2014a. The use of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) to control sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) infestations in intensively farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). 424, 18-23.
- Imsland, A.K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T.A., Nytrø, A.V., Foss, A., Vikingstad, E., Elvegård, T.A.J.A., 2014b. Assessment of growth and sea lice infection levels in Atlantic salmon stocked in small-scale cages with lumpfish. 433, 137-142.
- Ingvarsdóttir, A., Provan, F., Bredal, H., 2012. Seafarm Pulse Guard (SPG): Protecting farmed salmon from sealice. Page 50 in I. o. M. R. Havforskningsinstituttet, editor. 9th International Sea Lice Conference, Bergen, Noruega.
- Jamieson Ian, A., 2020. Methods And Apparatus For Aquatic Ectoparasite Reduction of patent (WO 2020/053311 A1). PULCEA LTD. <https://lens.org/160-192-840-585-410>.
- Jevne, L.S., Reitan, K.I., 2019. How are the salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer, 1837) in Atlantic salmon farming affected by different control efforts: A case study of an intensive production area with coordinated production cycles and changing delousing practices in 2013–2018. J Fish Dis. 42, 1573-1586.
- Johansen, F., 2019. Implications and management of *L. salmonis* in Norwegian aquaculture.
- Johnson, S.C., Treasurer, J., Bravo, S., Nagasawa, K., Kabata, Z., 2004. A Review of the Impact of Parasitic Copepods on Marine Aquaculture. Zool Stud. 43, 229-243.
- Jones, S., Webb, J., Vandenbor, B., Robinson, S., Cross, S., Pearce, C., 2013. Effects of temperature, diet, and bivalve size on the ingestion of sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) larvae by various filter-feeding shellfish. Aquaculture. 406/407, 9-17.
- Karlsen, C., Bogevik, A.S., Krasnov, A., Ytteborg, E., 2021. In vivo and in vitro assessment of Atlantic salmon skin exposed to hydrogen peroxide. Aquaculture. 540, 736660.
- Korsøen, Ø.J., Dempster, T., Fjellidal, P.G., Oppedal, F., Kristiansen, T.S., 2009. Long-term culture of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in submerged cages during winter affects behaviour, growth and condition. Aquaculture & Fisheries Management. 296, 373-381.
- Kragesteen, T., 2019. Lice Management in Salmon Aquaculture: Using the Faroe Islands as a case site. , DTU Aqua. Technical University of Denmark, National Institute of Aquatic Resources.
- Krylov, V.V., Izyumov, Y.G., Izvekov, E.I., Nepomnyashchikh, V.A., 2014. Magnetic fields and fish behavior. Biology Bulletin Reviews. 4, 222-231.
- Kyrkjeboe, M., 2011. Fish Farm Construction And Method For Water Flow In A Fish Farm Construction of patent (WO 2011/133045 A1). FEEDER INTERNAT AS KYRKJEBOE MARTIN. <https://lens.org/167-590-760-859-301>.
- Lechado, C., Arjona, A., Ayala, E., López, A., Moll, M., Rus, A., 2015. Use Of Propyl Propane Thiosulfinate And Propyl Propane Thiosulfonate For The Prevention And Reduction Of Parasites In Aquatic Animals of patent (WO 2015/049587 A2). INVESTFOOD LLC. <https://lens.org/037-205-617-590-250>.



- Leclercq, E., Davie, A., Migaud, H.J.P.m.s., 2014. Delousing efficiency of farmed ballan wrasse (*Labrus bergylta*) against *Lepeophtheirus salmonis* infecting Atlantic salmon (*Salmo salar*) post-smolts. 70, 1274-1282.
- Lindgren, P.B., 2018a. Sea lice fish pump. Google Patents.
- Lindgren, P.B., 2018b. Sea lice double fish pump. Google Patents.
- Marín, S., Martín, R., Lewis, R., 2015. Effects of *Caligus rogercresseyi* (Boxshall & Bravo 2000) chalimus stage condition (dead, moribund, live) on the estimates of Cypermethrin BETAMAX® efficacy. Aquac Res. 46, 30-36.
- Marín, S., González, M., Madariaga, S., Mancilla, M., Mancilla, J., 2017. Response of *Caligus rogercresseyi* (Boxshall & Bravo, 2000) to treatment with Hydrogen Peroxide: recovery of parasites, fish infestation and egg viability under experimental conditions. J Fish Dis.
- Marine Scotland, 2019. Marine Scotland. The regulation of sea lice in Scotland. Topic Sheet Number, 71. 2019, p. V3. Scottish Government. .
- Martinsen, K.H., Thorisdottir, A., Lillehammer, M., 2018. Effect of hydrogen peroxide as treatment for amoebic gill disease in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in different temperatures. Aquac Res. 49, 1733-1739.
- Mendoza, J., Nieto, D., 2019. INFORME FINAL PROYECTO CERMAQ - CORFO 16IDAE-66064: Producción de juveniles de *Malapterus reticulatus* para el control biológico de Cáligus en la industria del salmón como alternativa al control en base a productos químicos., Puerto Montt, Chile.
- Ministerio de Relaciones Exteriores y Comercio, F.I., 2019. Executive order on the establishment of and disease-prevention in aquaculture facilities. No. 80, 14 de junio de 2019. in: Ministerio de Relaciones Exteriores y Comercio, F.I. (Ed.), Feroe Islands.
- Moltumyr, L., Gismervik, K., Gu, J., Gåsnes, S.K., Kristiansen, T.S., Rønnestad, I., Nilsson, J., Stien, L.H., 2021. Does the thermal component of warm water treatment inflict acute lesions on Atlantic salmon (*Salmo salar*)? Aquaculture. 532, 736048.
- Montroy, J.A., Chaparro, O.R., Averbuj, A., Salas-Yanquin, L.P., Büchner-Miranda, J.A., Gebauer, P., Cumillaf, J.P., Cruces, E., 2020. The filter-feeding bivalve *Mytilus chilensis* capture pelagic stages of *Caligus rogercresseyi*: A potential controller of the sea lice fish parasites. J Fish Dis. 43, 475-484.
- Mordue, A.J., Pickett, J.A., Birkett, M.A., 2003. Use of semiochemicals to control sea-lice of patent (GB 2388544A A). University of Aberdeen Iacr Rothamsted. <https://patents.google.com/patent/GB2388544A/en?q=GB2388544>.
- Muñoz, G., Olmos, V., 2007. Revisión bibliográfica de especies ectoparásitas y hospedadoras de sistemas acuáticos de Chile. Rev Biol Mar Oceanogr. 42, 89-148.
- Nash, C.E., 2003. Interactions of Atlantic salmon in the Pacific Northwest: VI. A synopsis of the risk and uncertainty. Fisheries Research. 62, 339-347.
- Nilsson, J., Stien, L., Oppedal, F., 2017. Environment, lice levels, welfare and salmon swim depth at Kobbavika site with surface or deep feeding combined with artificial light. Rapport fra Havforskningen.
- Nilsson, J., Moltumyr, L., Madaro, A., Kristiansen, T.S., Gåsnes, S.K., Mejdell, C.M., Gismervik, K., Stien, L.H., 2019. Sudden exposure to warm water causes instant behavioural responses indicative of nociception or pain in Atlantic salmon. Veterinary and Animal Science. 8, 100076.



- Noble, C., Gismervik, K., Iversen, M.H., Kolarevic, J., Nilsson, J., Stien, L.H., Turnbull, J.F., 2018. Welfare Indicators for farmed Atlantic salmon: tools for assessing fish welfare.
- Novales Flamarique, I., Gulbrandsen, C., Galbraith, M., Stucchi, D., 2009. Monitoring and potential control of sea lice using an LED-based light trap. *Can J Fish Aquat Sci.* 66, 1371-1382.
- Nowak, B., Hayward, C., Gonzalez, L., Bott, N., Lester, R.J.A., 2011. Sea lice infections of salmonids farmed in Australia. 320, 171-177.
- Núñez-Acuña, G., Gonçalves, A.T., Valenzuela-Muñoz, V., Pino-Marambio, J., Wadsworth, S., Gallardo-Escárate, C.J.F., immunology, s., 2015. Transcriptome immunomodulation of in-feed additives in Atlantic salmon *Salmo salar* infested with sea lice *Caligus rogercresseyi*. 47, 450-460.
- O'Donohoe, P., 2018. Methods to reduce sea lice infestations on farmed salmonids in Ireland.
- O'Donohoe, P., Kelly, S., McDermott, T., Arcy, J., Casserly, J., Downes, J., Thomas, K., McLoughlin, S., Ruane, N., Aquaculture, N., 2021. National Survey of Sea Lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer and *Caligus elongatus* Nordmann) on Fish Farms in Ireland -2020 SALMONIS KRØYER AND CALIGUS ELONGATUS NORDMANN).
- O'Carroll, T., Jackson, D., 1999. Co-ordinated Local Aquaculture Management Systems, C.L.A.M.S., Explanatory Handbook. Bord Iascaigh Mhara, Dun Laoghaire, Dublin.
- Oppedal, F., Bui, S., Stien, L.H., Overton, K., Dempster, T., 2019. Snorkel technology to reduce sea lice infestations: efficacy depends on salinity at the farm site, but snorkels have minimal effects on salmon production and welfare. *Aquaculture Environment Interactions.* 11, 445-457.
- Oppedal, F., Samsing, F., Dempster, T., Wright, D.W., Bui, S., Stien, L.H., 2017. Sea lice infestation levels decrease with deeper 'snorkel' barriers in Atlantic salmon sea-cages. *Pest Manag Sci.* 73, 1935-1943.
- Overton, K., Samsing, F., Oppedal, F., Dalvin, S., Stien, L.H., Dempster, T., 2018. The use and effects of hydrogen peroxide on salmon lice and post-smolt Atlantic salmon. *Aquaculture.* 486, 246-252.
- Overton, K., Dempster, T., Oppedal, F., Kristiansen, T.S., Gismervik, K., Stien, L.H., 2019a. Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture.* 11, 1398-1417.
- Overton, K., Oppedal, F., Stien, L.H., Moltumyr, L., Wright, D.W., Dempster, T., 2019b. Thermal delousing with cold water: Effects on salmon lice removal and salmon welfare. *Aquaculture.* 505, 41-46.
- Pageat, P., 2016. Palmitoleic Acid For Use In Inhibiting The Attachment Of Sea Lice To Fish of patent (WO 2016/024168 A1). INST RECH EN SEMIOCHIMIE ET ETHOLOGIE APPLIQUEE. <https://lens.org/095-422-905-488-706>.
- Pahl, B.C., Cole, D.G., Bayer, R.C., 1999. Sea Lice Control II. *J Appl Aquacult.* 9, 75-88.
- Peacock, S.J., Krkošek, M., Bateman, A.W., Lewis, M.A., 2020. Estimation of spatiotemporal transmission dynamics and analysis of management scenarios for sea lice of farmed and wild salmon. *Can J Fish Aquat Sci.* 77, 55-68.
- Powell, A., Treasurer, J.W., Pooley, C.L., Keay, A.J., Lloyd, R., Imsland, A.K., Garcia de Leaniz, C.J.R.i.A., 2018. Use of lumpfish for sea-lice control in salmon farming: challenges and opportunities. 10, 683-702.



- Prado, R., 2015. Use of Ultrasound to control Chilean sea lice (*Caligus rogercresseyi*). GAA's GOAL 2014 conference.
- Rodrigues-Gomes, H.A., Castellanos-Pallerols, G.M., Hernández-Rodríguez, N.R., Aguiar-Calzada, B., 2014. Evaluación de la factibilidad ambiental de las inversiones turísticas para el desarrollo sostenible. *Ciencia en su PC*, 13-28.
- Rommel, S.A., McCleave, J.D., 1973. Sensitivity of American Eels (*Anguilla rostrata*) and Atlantic Salmon (*Salmo salar*) to Weak Electric and Magnetic Fields. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 30, 657-663.
- Roth, B., Imsland, A., Moeller, D., Slinde, E., 2003. Effect of Electric Field Strength and Current Duration on Stunning and Injuries in Market-Sized Atlantic Salmon Held in Seawater. *N Am J Aquac.* 65, 8-13.
- Rozas, M., Asencio, G., 2007. Evaluación de la Situación Epidemiológica de la Caligiasis en Chile: Hacia una Estrategia de Control Efectiva. *Salmocencia*. 2, 43-59.
- Ruíz, C.d.R.E., 2017. Metodología para determinar la factibilidad de un proyecto. *Revista Publicando*. 4, 172-188.
- Samsing, F., Johnsen, I., Trembl, E.A., Dempster, T., 2019. Identifying 'firebreaks' to fragment dispersal networks of a marine parasite. *Int J Parasitol.* 49, 277-286.
- Sánchez, J.C., Mancilla, J., Hevia, M., Saez, P.J., 2018. Chapter 24: The Patagonian blenny (*Eleginops maclovinus*): a Chilean native fish with potential to control sea lice (*Caligus rogercresseyi*) infestations in salmonids. in: Treasurer, J. (Ed.), *Cleaner Fish Biology and Aquaculture Applications*.
- Sánchez Raccaro, R., 2015. Electric Barrier System For Reduction Of Pathogens of patent (WO 2015/154202 A1). ECOSEA FARMING S A. <https://lens.org/069-827-823-211-781>.
- Sapag Chain, N., Sapag Chain, R., 2008. Preparación y evaluación de proyectos. Mc Graw Hill Interamericana.
- Saraiva, J.L., Arechavala-Lopez, P., Castanheira, M.F., Volstorf, J., Heinzpeter Studer, B., 2019. A Global Assessment of Welfare in Farmed Fishes: The FishEthoBase. *Fishes*. 4, 30.
- Sepúlveda, F., Mariñ, S.L., Carvajal, J., 2004. Metazoan parasites in wild fish and farmed salmon from aquaculture sites in southern Chile. *Aquaculture*. 235, 89-100.
- SERNAPESCA, 2017. PRODUCTOS ANTIPARASITARIOS PARA EL CONTROL DE CALIGIDOSIS EN SALMONIDEOS CON REGISTRO DEL SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). in: Departamento de Salud Animal, D.N. (Ed.), Valparaíso, pp. 1.
- SERNAPESCA, 2021. Base de datos Eficacias tratamientos no farmacológicos en Chile. in: SERNAPESCA (Ed.), Valparaíso, Chile.
- Sievers, M., Korsøen, Ø., Dempster, T., Fjellidal, P.G., Kristiansen, T., Folkedal, O., Oppedal, F., 2018. Growth and welfare of submerged Atlantic salmon under continuous lighting. *Aquaculture Environment Interactions*. 10, 501-510.
- Sivertsen, G., 2018. The norwegian model in Norway. *Journal of Data Information Science*. 3, 3.
- Skjelvareid, M.H., Breiland, M.S., Mortensen, A.J.A.R., 2018. Ultrasound as potential inhibitor of salmon louse infestation—A small-scale study. 49, 2684-2692.
- Søfteland, L., Kirwan, J.A., Hori, T.S., Størseth, T.R., Sommer, U., Berntssen, M.H., Viant, M.R., Rise, M.L., Waagbø, R., Torstensen, B.E., 2014. Toxicological effect of single contaminants and



- contaminant mixtures associated with plant ingredients in novel salmon feeds. *Food and Chemical Toxicology*. 73, 157-174.
- Solé, M., Lenoir, M., Fortuño, J.-M., De Vreese, S., Van der Schaar, M., André, M., 2021a. Sea Lice are sensitive to low frequency sounds. *Journal of Marine Science and Engineering*. 9, 765.
- Solé, M., Constenla, M., Padrós, F., Lombarte, A., Fortuño, J.-M., van der Schaar, M., André, M., 2021b. Farmed Salmon Show No Pathological Alterations When Exposed to Acoustic Treatment for Sea Lice Infestation. *Journal of Marine Science and Engineering*. 9, 1114.
- Solvang, T., Hagemann, A., 2018. A machine vision system for zooplankton behavioural studies: a case study on the phototactic behaviour of sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) during sound and ultrasound stimuli. *J Exp Biol*. 221, jeb183277.
- Stien, L., Lind, M., Oppedal, F., Wright, D., Seternes, T., 2018. Skirts on salmon production cages reduced salmon lice infestations without affecting fish welfare. *Aquaculture*. 490.
- Stien, L.H., Dempster, T., Bui, S., Glaropoulos, A., Fosseidengen, J.E., Wright, D.W., Oppedal, F., 2016. 'Snorkel' sea lice barrier technology reduces sea lice loads on harvest-sized Atlantic salmon with minimal welfare impacts. *Aquaculture*. 458, 29-37.
- Stien, L.H., Bracke, M.B.M., Folkedal, O., Nilsson, J., Oppedal, F., Torgersen, T., Kittilsen, S., Midtlyng, P.J., Vindas, M.A., Øverli, Ø., Kristiansen, T.S., 2013. Salmon Welfare Index Model (SWIM 1.0): a semantic model for overall welfare assessment of caged Atlantic salmon: review of the selected welfare indicators and model presentation. *Reviews in Aquaculture*. 5, 33-57.
- Sviland Walde, C., Bang Jensen, B., Pettersen, J.M., Stormoen, M., 2021. Estimating cage-level mortality distributions following different delousing treatments of Atlantic salmon (*salmo salar*) in Norway. *J Fish Dis*. 44, 899-912.
- Valenzuela-Muñoz, V., Gallardo-Escárate, A., Sáez-Vera, C., Garcés, F., Bonfatti, J., Gallardo-Escárate, C., 2020. More than bubbles: In vivo assessment and transcriptome modulation of *Caligus rogercresseyi* and Atlantic salmon exposed to hydrogen peroxide (PARAMOVE®). *Aquaculture*, 735170.
- Vera, L., Migaud, H., 2016. Hydrogen peroxide treatment in Atlantic salmon induces stress and detoxification response in a daily manner. *Chronobiol Int*. 33, 530-542.
- Wilson, A., Magill, S., Black, K.D.J.F.F., Paper, A.T., 2009. Review of environmental impact assessment and monitoring in salmon aquaculture. 527, 455-535.
- Wright, D.W., Stien, L.H., Oppedal, F., Sievers, M., Ditria, E., Trengereid, H., 2019. The Well-Mixing skirt and freshwater lens concepts with smart-lighting and-feeding to enhance lice prevention and safeguard fish welfare. Rapport fra havforskningen.
- Wright, D.W., Stien, L.H., Dempster, T., Vågseth, T., Nola, V., Fosseidengen, J.E., Oppedal, F., 2017. 'Snorkel' lice barrier technology reduced two co-occurring parasites, the salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) and the amoebic gill disease causing agent (*Neoparamoeba perurans*), in commercial salmon sea-cages. *Prev Vet Med*. 140, 97-105.
- Ziller-Vergara, R., 2016. Method for detaching parasites that adhere to the skin of fish. Device based on electromagnetic pulse reflectors. And its use for detaching *Caligus (Caligus Rogerresseyi)* and/or *Lepeophtheirus* type parasites that adhere to the salmon species of patent (DK 2014/00427 A1). in: SPA., G.M. (Ed.), Chile.
- Ziller Vergara, R., 2015. Method And Device For Detaching Parasites That Adhere To The Skin Of The Fish of patent (EP 2837284 A1). GRUPO MARCO S P A. . in: (Chile), G.M.S. (Ed.), Chile.



# **A N E X O S**

---




## **ANEXO 1**

---

**Encuesta de perspectivas e interés privado y de las capacidades técnicas y de infraestructuras disponibles en la salmonicultura chilena.**



Departamento de Salud Hidrobiológica		<b>ENCUESTA PERSPECTIVAS E INTERÉS PRIVADO Y DE LAS CAPACIDADES TÉCNICAS Y DE INFRAESTRUCTURAS DISPONIBLES EN LA SALMONICULTURA CHILENA</b>

Datos del encuestado	
Nombre encuestado	
Nombre empresa	
Cargo que ocupa	
Años de experiencia	
Datos de contacto	

**I Preguntas Generales**

1	¿Su empresa ha utilizado algún tratamiento no farmacológico (incluido el peróxido de hidrógeno), para el control de la caligidosis? Favor indicar cual:	Si	No
	Peces limpiadores		
	Tratamientos térmicos		
	Onda Ultrasónica		
	Tratamientos mecánicos (Agua a presión y succión)		
	Peróxido de Hidrógeno		
	Control por baño con agua dulce/salobre		
	Baño con aceites naturales		
	Pulsos electromagnéticos		
	Otros (Favor indicar cuál o cuáles):		

**II Control del Parásito y Eficacia del Tratamiento**

2	Respecto de las eficacias de los métodos mencionados de acuerdo a su experiencia y/o conocimiento ¿Son mejores al tratamiento estándar?	Si	No	Sin antecedentes suficientes
	Peces limpiadores			
	Tratamientos térmicos			
	Onda Ultrasónica			
	Tratamientos mecánicos (Agua a presión y succión)			
	Peróxido de Hidrógeno			
	Control por baño con agua dulce/salobre			
	Baño con aceites naturales			
	Pulsos electromagnéticos			
	Otros (Favor indicar cuál o cuáles):			



3	Respecto de las eficacias antes mencionadas, de acuerdo a su experiencia y/o conocimiento ¿Cuál es el rango de eficacia que estas alcanzan según estadio de desarrollo del parásito?	≤25%	25%-50%	51%-75%	76%-100%	<b>Sin antecedentes suficientes</b>	
Pregunta para Juveniles, Hembras ovígeras y Adultos móviles separadamente Peces limpiadores Tratamientos térmicos Onda Ultrasónica Tratamientos mecánicos (Agua a presión y succión) Peróxido de Hidrógeno Control por baño con agua dulce/salobre Baño con aceites naturales Pulsos electromagnéticos Otros (Favor indicar cuál o cuáles):							
<b>Control del Parásito y Eficacia del Tratamiento</b>							
4	Respecto de la reinfestación que se produce luego de la utilización de los métodos mencionados, de acuerdo a su experiencia y/o conocimiento, de los siguientes sistemas, ¿Cuáles son mejores al tratamiento estándar?	Si No			<b>Sin antecedentes suficientes</b>		
Peces limpiadores Tratamientos térmicos Onda Ultrasónica Tratamientos mecánicos (Agua a presión y succión) Peróxido de Hidrógeno Control por baño con agua dulce/salobre Baño con aceites naturales Pulsos electromagnéticos Otros (Favor indicar cuál o cuáles):							
5	Según su experiencia y/o conocimiento ¿Cuánto es el tiempo en que se mantienen con cargas bajas los peces debido a la aplicación del manejo y/o tratamiento?	<2 semanas	2-4 semanas	5-8 sem.	9-12 semanas	>12 sem.	<b>Sin antecedentes suficientes</b>
Peces limpiadores Tratamientos térmicos Onda Ultrasónica Tratamientos mecánicos (Agua a presión y succión) Peróxido de Hidrógeno Control por baño con agua dulce/salobre Baño con aceites naturales Pulsos electromagnéticos Otros (Favor indicar cuál o cuáles):							



Control del Parásito y Eficacia del Tratamiento							
6	De acuerdo a su experiencia y/o conocimiento, luego de aplicado el tratamiento ¿Es posible que el parásito regrese viable al medio ambiente marino?	Si	No	Sin antecedentes suficientes			
Peces limpiadores Tratamientos térmicos Onda Ultrasónica Tratamientos mecánicos (Agua a presión y succión) Peróxido de Hidrógeno Control por baño con agua dulce/salobre Baño con aceites naturales Pulsos electromagnéticos Otros (Favor indicar cuál o cuáles):							
7	Según su experiencia y/o conocimiento ¿Qué porcentaje de los parásitos, regresarían viables al medio ambiente marino luego de aplicado el tratamiento?	<10%	10%-25%	26%-50%	51%-75%	>75%	Sin antecedentes suficientes
Peces limpiadores Tratamientos térmicos Onda Ultrasónica Tratamientos mecánicos (Agua a presión y succión) Peróxido de Hidrógeno Control por baño con agua dulce/salobre Baño con aceites naturales Pulsos electromagnéticos Otros (Favor indicar cuál o cuáles):							
III.- Respecto de la eventual generación de resistencia al tratamiento:							
8	Según su experiencia y/o conocimiento, ¿El tratamiento aplicado induce resistencia en el parásito?	Si	No	Sin antecedentes suficientes			
Peces limpiadores Tratamientos térmicos Onda Ultrasónica Tratamientos mecánicos (Agua a presión y succión) Peróxido de Hidrógeno Control por baño con agua dulce/salobre Baño con aceites naturales Pulsos electromagnéticos Otros (Favor indicar cuál o cuáles):							



9	Según su experiencia y/o conocimiento, en una escala de 1 a 7, ¿Qué magnitud podría tener esta resistencia? (1 es muy baja y 7 es muy alta).	1	2	3	4	5	6	7
	Peces limpiadores Tratamientos térmicos Onda Ultrasónica Tratamientos mecánicos (Agua a presión y succión) Peróxido de Hidrógeno Control por baño con agua dulce/salobre Baño con aceites naturales Pulsos electromagnéticos Otros (Favor indicar cuál o cuáles):							
IV.- Respetto de temas de bienestar animal:								
10	Según su experiencia y/o conocimiento ¿Considera que las condiciones del manejo y/o tratamiento (manipulación, etc.) estresan a los peces?	Si	No	Sin antecedentes suficientes				
	Peces limpiadores Tratamientos térmicos Onda Ultrasónica Tratamientos mecánicos (Agua a presión y succión) Peróxido de Hidrógeno Control por baño con agua dulce/salobre Baño con aceites naturales Pulsos electromagnéticos Otros (Favor indicar cuál o cuáles):							
11	Según su experiencia y/o conocimiento ¿Qué magnitud podría tener este estrés? (1 es muy bajo y 7 es muy alto)	1	2	3	4	5	6	7
	Peces limpiadores Tratamientos térmicos Onda Ultrasónica Tratamientos mecánicos (Agua a presión y succión) Peróxido de Hidrógeno Control por baño con agua dulce/salobre Baño con aceites naturales Pulsos electromagnéticos Otros (Favor indicar cuál o cuáles):							
Respetto de temas de bienestar animal:								
12	Según su experiencia y/o conocimiento ¿Cuál es la mortalidad que se produce a consecuencia del tratamientos no farmacológico para caligidosis?	<1%	1%-5%	6%-10%	>10%	Sin antecedentes suficientes		
	Peces limpiadores Tratamientos térmicos Onda Ultrasónica Tratamientos mecánicos (Agua a presión y succión) Peróxido de Hidrógeno Control por baño con agua dulce/salobre Baño con aceites naturales Pulsos electromagnéticos Otros (Favor indicar cuál o cuáles):							



V.- Implementación y costos:						
13	Según su experiencia y/o conocimiento, los costos de implementación (inversiones) del tratamiento no farmacológico, comparados al tratamiento estándar o farmacológico, son:	Muy menores (<50%)	Menores (Entre 0 y 50% menos)	Igual	Mayores (Entre 0 y 50% más)	Muy mayores (> 50%)
	Peces limpiadores Tratamientos térmicos Onda Ultrasónica Tratamientos mecánicos (Agua a presión y succión) Peróxido de Hidrógeno Control por baño con agua dulce/salobre Baño con aceites naturales Pulsos electromagnéticos Otros (Favor indicar cuál o cuáles):					
14	Según su experiencia y/o conocimiento, los costos de operación (aplicación) del tratamiento no farmacológico, comparados al tratamiento estándar o farmacológico, son:	Muy menores (<50%)	Menores (Entre 0 y 50% menos)	Igual	Mayores (Entre 0 y 50% más)	Muy mayores (> 50%)
	Peces limpiadores Tratamientos térmicos Onda Ultrasónica Tratamientos mecánicos (Agua a presión y succión) Peróxido de Hidrógeno Control por baño con agua dulce/salobre Baño con aceites naturales Pulsos electromagnéticos Otros (Favor indicar cuál o cuáles):					
15	Según su experiencia y/o conocimiento, la cantidad de mano de obra (aplicación) para la implementación del tratamiento no farmacológico, comparados al tratamiento estándar o farmacológico, es:	Muy menor (<50%)	Menor (Entre 0 y 50% menos)	Igual	Mayor (Entre 0 y 50% más)	Muy mayor (> 50%)
	Peces limpiadores Tratamientos térmicos Onda Ultrasónica Tratamientos mecánicos (Agua a presión y succión) Peróxido de Hidrógeno Control por baño con agua dulce/salobre Baño con aceites naturales Pulsos electromagnéticos Otros (Favor indicar cuál o cuáles):					



16	Según su experiencia y/o conocimiento, el nivel de especialización de la mano de obra (aplicación) para la implementación del tratamiento no farmacológico, comparado al tratamiento estándar o farmacológico, es:	Muy menor (<50%)	Menor (Entre 0 y 50% menos)	Igual	Mayor (Entre 0 y 50% más)	Muy mayor (> 50%)		
	Peces limpiadores Tratamientos térmicos Onda Ultrasónica Tratamientos mecánicos (Agua a presión y succión) Peróxido de Hidrógeno Control por baño con agua dulce/salobre Baño con aceites naturales Pulsos electromagnéticos Otros (Favor indicar cuál o cuáles):							
17	Dada su experiencia y /o conocimiento, los posibles problemas asociados a la implementación de tratamientos no farmacológico (incluido peróxido de hidrógeno) para el control de la caligidosis, son:	Si	No	Sin antecedentes suficientes				
	Generación de estrés en los animales Contagios y/o brotes de enfermedades durante y/o posterior a su aplicación Costos elevados Baja eficacia Baja disponibilidad de oferta Legislación vigente Poca información disponible sobre el impacto en condiciones locales (especie de parásito, condición sanitaria ej.: Piscirickettsiosis, ISA, etc.) Otros (Favor indicar cuál o cuáles):							
18	Dada su experiencia y/o conocimiento, ¿Cuál es la importancia de los siguientes problemas en la implementación de tratamientos no farmacológico (incluido peróxido de hidrógeno) para el control de la caligidosis? (1 es poco relevante y 7 muy importante).	1	2	3	4	5	6	7
	Generación de stress en los animales Contagios y/o brotes de enfermedades durante y/o posterior a su aplicación Costos elevados Baja eficacia Baja disponibilidad de oferta Legislación vigente Poca información disponible sobre el impacto en condiciones locales (especie de parásito, condición sanitaria ej.: Piscirickettsiosis) Otros (Favor indicar cuál o cuáles):							



VI.- Respecto de la legislación vigente								
19	¿Qué cambios normativos incentivarían el uso de tratamientos no farmacológicos para el control de la caligidosis?	Si	No					
	Incentivos respecto a la clasificación de mortalidades							
	Incentivo a la investigación (ej.: facilitando las pruebas en condiciones locales)							
	Restricciones a los tratamientos farmacológicos							
	Otros (Favor indicar cuál o cuáles):							
20	¿Cuál sería el impacto de dichos cambios normativos respecto al uso de tratamientos no farmacológico para caligidosis? (1 significa que no impulsaría el uso de tratamientos no farmacológicos y 7 los incentivaría mucho).	1	2	3	4	5	6	7
	Incentivos respecto a la clasificación de mortalidades (rebaja de pérdidas)							
	Incentivo a la investigación (ej.: facilitando las pruebas en condiciones locales)							
	Restricciones a los tratamientos farmacológicos							
	Otros (Favor indicar cuál o cuáles):							



## **ANEXO 2**

---

**Catastro de literatura científica y patentes asociadas a métodos no farmacológicos preventivos.**

**Catastro de literatura científica y patentes asociadas a métodos no farmacológicos preventivos.****Tabla A1.**

Catastro de publicaciones científicas, informes y/o tesis sobre métodos preventivos contra la Caligidosis.

<b>Autores</b>	<b>País</b>	<b>Tipo de control</b>	<b>Mecanismo</b>
<i>Núñez-Acuña et al., 2015</i>	Chile	Alimentación funcional	Inmunostimulantes
<i>Montory et al., 2020</i>	Chile	Biológico	Invertebrados filtradores
<i>Peacock et al., 2020</i>	Canadá	Barrera espacio-temporal	Modelos mecanísticos
<i>Byrne et al., 2018; Webb et al., 2013</i>		Biológico	Invertebrados filtradores
<i>Novalés-Flamarique et al., 2009</i>		Físico	Trampas de luz
<i>Jensen et al., 2015</i>	Escocia	Alimentación funcional	Alimentación funcional
<i>Gharbi et al., 2015; Tsai et al., 2016</i>		Cría selectiva	Cría selectiva
<i>Frenzl et al., 2014</i>		Espacial	Manipulación de nado: Luz x Comida
<i>Hastie et al., 2013</i>		Químico	2-aminoacetofenona
<i>Pahl et al., 1999</i>	USA	Físico	Trampas de luz
<i>O'Donohoe 2018</i>	Irlanda	Físico	Tamizado/Filtrado
<i>Baltadakis et al., 2020</i>		Biológico	Invertebrados filtradores
<i>Samsing 2019</i>	Noruega	Barrera espacio-temporal	Modelos de dispersión
<i>Holm et al., 2015</i>		Cría selectiva	
<i>Grøntvedt et al., 2018; Stien et al., 2018; Wright et al., 2019</i>		Espacial	Barrera Skirt
<i>Nilsen et al., 2017</i>			Jaula cerrada
<i>Geitung et al., 2019; Oppedal et al., 2019; Oppedal et al., 2017; Stien et al., 2016; Wright et al., 2018; Wright et al., 2017</i>			Manipulación de nado: Barrera Snorkel
<i>Glaropoulos et al., 2019; Korsøen et al., 2009</i>			Manipulación de nado: Jaulas profundas
<i>Hevrøy et al., 2003; Sievers et al., 2018</i>			Manipulación de nado: Luz
<i>Nilsson et al., 2017</i>			Manipulación de nado: Luz x Comida
<i>Browman et al., 2004</i>		Físico	Luz UV-A
<i>Ingvarsdóttir et al., 2012</i>		Físico	Pulsos eléctricos
<i>Bui et al., 2020; Gentry et al., 2020</i>		Multiestrategia	Multiestrategia



**Tabla A2.**  
Catastro de patentes compiladas en Patents Scope y Google Patents sobre tratamientos preventivos no farmacológicos contra la Caligidosis.

Inventor	Código	También como	Región aplicación	Tipo de control	Mecanismo
<i>Contreras-Lynch, 2009</i>	CA2685795	CL2009000160, GB2467199	Canadá	Químico	Semioquímico
<i>Harper y Sommerville, 2002</i>	WO2002054873	GB2371053, EP1357796, CA2434548, AU2002219375, NO20033189, US20040047840	Internacional	Biológico	Protozoo, bacterias y virus
<i>Sánchez-Raccaro, 2015</i>	WO2015154202			Espacial	Barrera eléctrica
<i>Kyrkjebø, 2011</i>	WO2011133045	EP2587915			Sistema de cultivo
<i>Andersen, 2011</i>	WO2011135384				Trampa con cebo
<i>André et al., 2019</i>	WO2020048945			Físico	Ondas de sonido
<i>Bekkadal, 2020</i>	WO2020185095				Ondas de sonido
<i>Hastie y Bowman, 2014</i>	WO2014020339			Químico	Semioquímico
<i>Lechado et al., 2015</i>	WO2015049587	US20150094381, CL2016751, CA2926020, CL2016000751			Semioquímico
<i>Pageat, 2016</i>	WO2016024168	JP3024498, AU2015303009, EP3179997, US20170231939, CN106999460, PE2017- 0934, JP2017530944, NZ766958, NZ728811, CA2957363, CL2017302, CL2017000302, DKPA201770077, DK179642			Semioquímico
<i>Goldsmith, 2017</i>	WO2017191138	EP3452027, CA3021922, IN201817040048, CL2018003104, CL20183104, TH1801006732			Semioquímico
<i>Figueroa-Lara, 2019</i>	WO2019038676	CL2020000415			Semioquímico
<i>Lee et al., 2019</i>	WO2019146826	CA3088618, CL2018002540, GB2010954.2			Semioquímico
<i>Oaland et al., 2020</i>	WO2020130843				Semioquímico
	KR101872435		Corea del Sur		Semioquímico
<i>Towgood-Bett, 2021</i>	GB2585983		Reino Unido	Espacial	Sistema de cultivo
<i>Ingunn et al., 2015</i>	GB2539744	CA2920768, CL2016000353	Reino Unido	Químico	Enzima quitinolítica
<i>Mordue et al., 2003</i>	GB2388544				Semioquímico

## **ANEXO 3**

---

Documento presentado en taller de trabajo.



## Presentación de encuesta en taller de trabajo correspondiente a la actividad del Objetivo específico 5.



**Proyecto:**  
**Perspectivas e interés privado y de las capacidades técnicas y de infraestructura disponibles en la salmonicultura chilena respecto de tratamientos no farmacológicos**

Departamento de Salud Hidrobiológica  
 División de Acuicultura  
 Puerto Montt, Noviembre 2021

### Contexto general

**Proceso de generación de resistencia:** posterior a la aplicación de un tratamiento, aquellos individuos que sobreviven pueden ser capaces de transferir a su prole la capacidad de resistir al tratamiento.



Guragain et al., (2021) mencionan que a nivel global existen diferentes procesos y herramientas que permiten el control del parásito, considerando aquellos tradicionales (tratamiento farmacológico), no farmacológicos (trampas, mecánico, etc.), y aquellos preventivos (mallas barrera, etc.).



### Contexto general

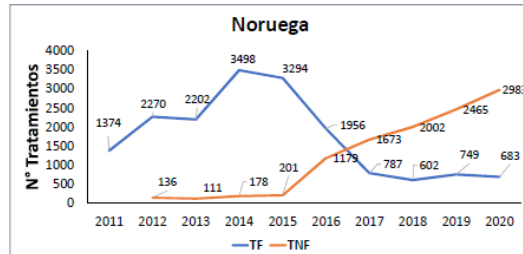
Bajo este contexto, se considera como tratamiento no farmacológico a todo aquel que no utiliza ningún fármaco. El principal objetivo de los TNF es reducir las cargas parasitarias con el menor impacto en el bienestar animal y disminuyendo impactos en el medio ambiente.

**Tratamiento no farmacológico**



### Contexto general

**Noruega**



Año	TF	TNF
2011	1374	
2012	2270	136
2013	2202	111
2014	3498	178
2015	3294	201
2016	1956	1179
2017	1673	787
2018	2002	602
2019	749	2465
2020	683	2983

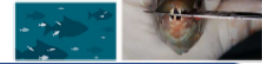
Larsen & Vormedal (2021) indicaron que ocurrió un cambio en la tendencia de uso de los tratamientos, dando mayor uso a los no TNF en Noruega.

**Modelo conceptual de los Tratamientos No Farmacol3gicos**

**Modelo conceptual de los Tratamientos No Farmacol3gicos**

**Modelo conceptual de los Tratamientos No Farmacol3gicos**

1) Peces biocontroladores de Caligus (peces limpiadores)



**Eleginops maclovinus**  
 Eficacias: 93,6% (MAX LC); 47,2% (MAX FC)  
 Resistencia: No, parásito podría adaptarse.  
 Bienestar: Impacto en el crecimiento  
 Ventajas: Efectiva a corto plazo AM, simple y económico  
 Desventajas: Bajo efecto nauplios y juveniles; escape de individuos, competencia por alimento, patógenos.



**Malapterus reticulatus**  
 Eficacias: ~ 99% de reducci3n en el tiempo  
 Resistencia: No, parásito podría adaptarse.  
 Bienestar: Sin informaci3n  
 Ventajas: Efectiva a corto plazo y simple de implementaci3n  
 Desventajas: La especie biocontroladora es susceptible a pat3genos como *Tenacibaculum sp.*; es una especie de JF.

Foto Ph.D. Daniel Nieto – Proyecto Corfo, S3nchez et al., 2018

**Modelo conceptual de los Tratamientos No Farmacol3gicos**

2) Tratamientos t3rmicos (shock t3rmico).

**Salmonexpert**  
 Noruega: Eliminar3n uso de tratamientos t3rmicos para el salm3n  
 Alternativa: <1°C, eficaz, pero con efectos severos en bienestar

Eficacia	> 86% <i>L. salmonis</i> , 93,8% en <i>C. rogercrasseyi</i> (rango 90,2% - 97,6% periodo 2016 al 2020, Sernapesca, 2021).
Resistencia	Sugerido (Helgensen et al., 2020).
Bienestar	Lesiones en tejidos de branquias, ojos, cerebro cavidad nasal, aletas, alteraci3n de conducta por sobre los 33°C (nocicepci3n).
Ventajas	Duraci3n del tratamiento inferior a 30 seg., sin emisi3n de residuos al ambiente.
Desventajas	A 33°C <i>L. salmonis</i> sigue activo, se recomienda filtro, efectos negativos en bienestar de los peces.

GSI, Andrews et al. (2019), Gilmervik et al. (2019), Nilsson et al. (2019), Overton et al. (2019), Mollumyr et al. (2021), Halse (2021)

**Modelo conceptual de los Tratamientos No Farmacol3gicos**

3) Onda de ultrasonido

Eficacia	30 a 50% reducci3n de parásitos <i>C. rogercrasseyi</i>
Resistencia	Se desconoce.
Bienestar	Alteraci3n de la conducta de los peces (mayor actividad), sin lesiones externas o internas.
Ventajas	Reducci3n en la aplicaci3n de TF. Afecta a estados tempranos interrumpiendo el ciclo de vida del parásito. Tratamiento continuo (con solo una instalaci3n).
Desventajas	Alteraci3n en la conducta de los peces, sin efecto en estadios adultos. Evidencias contradictorias respecto de los efectos en <i>L. salmonis</i> .

Rodrigo Prado – Proyecto Corfo, Skjelvareid et al. (2018), Selvang & Hagemann (2018), Sol3 et al. (2021)

**Modelo conceptual de los Tratamientos No Farmacol3gicos**

4) Tratamientos mec3nicos (presi3n y succi3n de agua)

<1,7 bar

Eficacia	76,3% (rango 45,1 - 89,2%, 2019 a 2020, Sernapesca, 2021).
Resistencia	Se desconoce, aunque el parásito presenta capacidad de adherencias a superficies de acero frente a agua com3n.
Bienestar	Provoca desprendimiento de escamas y piel, sangramiento en branquias. Estr3s, pero recuperaci3n en 24 horas. Induce mortalidad en un 0,1%.
Ventajas	Duraci3n del tratamiento 10 a 15 segundos, sin emisi3n de f3rmacos al ambiente.
Desventajas	Afectaci3n del bienestar animal.

(Hansen, 2016, Lindgren, 2018a, Lindgren, 2018b; Guragain et al., 2021)

**Modelo conceptual de los Tratamientos No Farmacol3gicos**

5) Per3xido de Hidr3geno

>750 ppm x 20 minutos

Eficacia	87,7% (rango 37,8 – 100%, 2016 a 2021, Sernapesca, 2021).
Resistencia	Si, evidencias cientificas (aumento de expresi3n de sistema antioxidante).
Bienestar	Mejora la condici3n sanitaria. Destrucci3n de tejido branquial, aumento de estr3s. Estr3s oxidativo. Disrupci3n microsc3pica de la piel a 1 ppm.
Ventajas	Mejora estado sanitario de los peces, de r3pido efecto en el parásito.
Desventajas	Mortalidad dosis y temperatura dependiente; recuperaci3n en los parásitos en dosis recomendadas; menor efecto en hembras. Destrucci3n de tejido branquial, aumento de estr3s. Estr3s oxidativo. Disrupci3n microsc3pica de la piel a 1 ppm.

Marr3 et al. (2018), Overton et al. (2018), Ch3vez-Mardones et al. (2017), Karlsen et al. (2021)

**Modelo conceptual de los Tratamientos No Farmacológicos**

6) Control por baño con agua dulce

Eficacia	89,06% (rango 0-100%, 2016 a 2020, Semapesca, 2021).
Resistencia	Si, parásito puede captar iones necesarios desde el pez.
Bienestar	Estrés agudo en el pez, junto a efectos ambientales reduciendo pH y aumentando CO <sub>2</sub> .
Ventajas	Ambientalmente amigable sin efectos en el bienestar del pez.
Desventajas	Suministro y traslado del agua a lugar de destino o utilización de wellboats. Consume tiempo. Parásito puede recuperarse al retornar a agua de mar. Juveniles sobreviven 24 horas en FW (osmoconformers).

<5 ppm x 30 minutos (Bravo et al., 2015)  
 <5 ppm x 6 a 7 horas (Groner et al., 2019).  
 <5 ppm x 24 horas (Andrews & Sievers, 2020)

Bravo et al. (2015), Powell et al. (2015), Wright et al. (2018), Groner et al. (2019), Sievers et al. (2019), Andrews & Sievers (2020)

**Modelo conceptual de los Tratamientos No Farmacológicos**

7) Baño con aceites naturales

**DR por 30 a 45 minutos**

Eficacia	75,2% (rango 12,9-100%, 2020 a 2021, Semapesca, 2021).
Resistencia	Potencial, recuperación del parásito post-tto.
Bienestar	Altera conducta y coloración de los peces durante el tratamiento.
Ventajas	Rápido efecto en los parásitos, mantención de cargas bajas en el tiempo.
Desventajas	Algunas variantes presentan recuperación posterior al tratamiento.

Fuente: Área Caligus, Laboratorio Mowi, Jefe de Salud SW y Gerente de Salud & Nutrición de Mowi Chile SA

**Modelo conceptual de los Tratamientos No Farmacológicos**

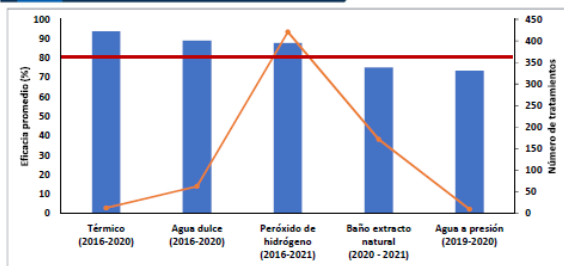
8) Pulsos electromagnéticos

300 y 900 Hz por 0 a 0,05 segundos

Eficacia	~59% en parásitos adultos
Resistencia	Autores indican que no hay posibilidad de resistencia en <i>C. rogerscrassayi</i> .
Bienestar	Sin alteraciones en salmónidos.
Ventajas	Ambientalmente favorable.
Desventajas	Se desconocen, infraestructura e implementación?

Ziller-Vergara (2015), Ziller-Vergara (2016), Álvarez Gatica (2016)

**Tratamiento no farmacológico en Chile**



En un análisis de los datos de Semapesca (2021) se logró identificar que el uso de tratamientos mecánicos, térmicos y agua dulce son inferiores a tratamientos con peróxido de hidrógeno y baño con aceites naturales, pero todos con eficacias superiores al 70%.



### El proyecto de IFOP


Proyecto CUI 2020-39-DAC-9: Estado del arte de los m3todos de tratamiento no farmacol3gicos para la caligidosis, evaluaci3n de sus ventajas y desventajas y sus posibles aplicaciones en Chile.

**OBJETIVO GENERAL**

Realizar un levantamiento de informaci3n respecto del estado del arte de las estrategias no farmacol3gicas para el tratamiento de la Caligidosis disponibles a nivel mundial y evaluar sus posibles aplicaciones en Chile

**Objetivo Específico:**

Realizar un diagn3stico de las perspectivas e inter3s privado y de las capacidades t3cnicas y de infraestructuras disponibles en la salmonicultura chilena para la aplicaci3n de los distintos m3todos de tratamiento no farmacol3gicos contra la caligidosis.



### La metodolog3a

Como metodolog3a de trabajo para este objetivo, se enviar3 online una encuesta de 20 preguntas, las cuales est3n distribuidas en 6 secciones:

- I. Preguntas generales
- II. Control del par3sito y Eficacia del tratamiento
- III. Respeto de la eventual generaci3n de resistencia al tratamiento
- IV. Respeto de temas de bienestar animal
- V. Implementaci3n y costos
- VI. Respeto de la legislaci3n vigente

Esta encuesta podr3 ser respondida de acuerdo a la experiencia y/o percepci3n del consultado.



### La metodolog3a

El link de la encuesta es el siguiente:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScFGY-vI-8Z-Wc0HsFICohqplxHyRmxqSxM9qtGpNai9RJVq/viewform?vc=0&c=0&w=1&fir=0>



¡Muchas gracias!



## **ANEXO 4**

---

**Resultados de la encuesta de perspectivas e interés privado y de las capacidades técnicas y de infraestructuras disponibles en la salmonicultura chilena.**

**Resultados de “Encuesta de perspectivas e interés privado y de las capacidades técnicas y de infraestructuras disponibles en la salmonicultura chilena”****Tabla 1.**

Opinión de los encuestados respecto del uso de tratamientos no farmacológicos.

Tratamiento no farmacológico	¿Ha utilizado este tratamiento no farmacológico?	
	Si	No
Aceite natural	77,8%	22,2%
Peróxido de hidrógeno	55,6%	44,4%
Agua a presión	22,2%	77,8%
Agua dulce	22,2%	77,8%
Ondas ultrasónicas	22,2%	77,8%
Peces limpiadores	11,1%	88,9%
Pulso electromagnético	11,1%	88,9%
Otros	11,1%	88,9%
Térmico	0,0%	100,0%

**Tabla 2.**

Opinión de los encuestados respecto de la comparación de las eficacias del tratamiento no farmacológico versus el tratamiento estándar.

Tratamiento no Farmacológico	SI	NO	No Hay antecedentes o no responde
Peróxido de hidrógeno	77,8%	11,1%	11,1%
Aceite natural	77,8%	11,1%	11,1%
Agua dulce	44,4%	22,2%	33,3%
Agua a presión	33,3%	0,0%	66,7%
Tratamiento Térmico	22,2%	11,1%	66,7%
Peces limpiadores	0,0%	11,1%	88,9%
Ondas ultrasónicas	0,0%	11,1%	88,9%
Pulso electromagnético	0,0%	11,1%	88,9%

**Tabla 3.**

Opinión de los encuestados respecto de la eficacia del tratamiento no farmacológico para el estadio juvenil.

Tratamiento no farmacológico	Menor al 75% en juveniles	76-100% en juveniles	Sin antecedentes suficientes o no responde
Tratamiento térmico	11,1%	11,1%	77,8%
Peces limpiadores	22,2%	0,0%	77,8%
Pulso electromagnético	22,2%	0,0%	77,8%
Ondas ultrasónicas	33,3%	0,0%	66,7%
Agua a presión	33,3%	0,0%	66,7%
Agua dulce	44,4%	22,2%	33,3%
Peróxido de hidrógeno	77,8%	11,1%	11,1%
Aceite natural	88,9%	0,0%	11,1%



**Tabla 4.**

Opinión de los encuestados respecto de la eficacia del tratamiento no farmacológico para el estadio adulto móvil.

TNF	Bajo (Menor al 75% en adultos móviles)	Alto (76-100% en adultos móviles)	Sin antecedentes suficientes o no responde
Aceites naturales	0,0%	77,8%	22,2%
Peróxido de hidrógeno	11,1%	66,7%	22,2%
Agua dulce	11,1%	44,4%	44,4%
Presión de agua	0,0%	33,3%	66,7%
Tratamiento térmico	11,1%	22,2%	66,7%
Peces Limpiadores	33,3%	0,0%	66,7%
Onda sónica	11,1%	0,0%	88,9%
Pulso electromagnético	11,1%	0,0%	88,9%

**Tabla 5.**

Opinión de los encuestados respecto de la eficacia del tratamiento no farmacológico para el estadio hembras ovígeras.

TNF	Bajo (Menor al 75% en HO)	Alto (76-100% en HO)	Sin antecedentes suficientes o no responde
Aceites naturales	0,0%	88,9%	11,1%
Peróxido de hidrógeno	11,1%	66,7%	22,2%
Agua dulce	11,1%	44,4%	44,4%
Presión de agua	0,0%	33,3%	66,7%
Tratamiento térmico	0,0%	22,2%	77,8%
Peces Limpiadores	11,1%	11,1%	77,8%
Pulso electromagnético	11,1%	11,1%	77,8%
Onda sónica	11,1%	0,0%	88,9%

**Tabla 6.**

Opinión de los encuestados respecto de la re-infestación post tratamiento no farmacológico.

TNF	SI	NO	Sin antecedentes suficientes o no responde
Aceites naturales	55,6%	22,2%	22,2%
Peróxido de hidrógeno	55,6%	11,1%	33,3%
Agua dulce	44,4%	0,0%	55,6%
Presión de agua	33,3%	0,0%	66,7%
Tratamiento térmico	22,2%	0,0%	77,8%
Peces Limpiadores	0,0%	11,1%	88,9%
Onda sónica	0,0%	0,0%	100,0%
Pulso electromagnético	0,0%	0,0%	100,0%



**Tabla 7.**

Opinión de los encuestados respecto del tiempo en que se mantienen las cargas bajas post tratamiento no farmacológico.

TNF	Menor a 2 semanas	Entre 2 y 8 semanas	Sin antecedentes suficientes no responde
Aceites naturales	11,1%	77,8%	11,1%
Peróxido de hidrógeno	11,1%	66,7%	22,2%
Agua dulce	22,2%	33,3%	44,4%
Presión de agua	0,0%	33,3%	66,7%
Tratamiento térmico	0,0%	22,2%	77,8%
Peces Limpiadores	22,2%	0,0%	77,8%
Onda sónica	11,1%	0,0%	88,9%
Pulso electromagnético	0,0%	0,0%	100,0%

**Tabla 8.**

Opinión de los encuestados respecto a la posibilidad de que el parásito regrese viable al ambiente marino post tratamiento no farmacológico.

TNF	SI	NO	Sin antecedentes suficientes o no responde
Peróxido de hidrógeno	66,7%	11,1%	22,2%
Aceites naturales	33,3%	44,4%	22,2%
Agua dulce	33,3%	22,2%	44,4%
Pulso electromagnético	22,2%	0,0%	77,8%
Presión de agua	11,1%	22,2%	66,7%
Tratamiento térmico	11,1%	11,1%	77,8%
Onda sónica	11,1%	0,0%	88,9%
Peces Limpiadores	0,0%	22,2%	77,8%

**Tabla 9.**

Opinión de los encuestados respecto de que porcentaje de los parásitos regresa viable al ambiente marino post tratamiento no farmacológico.

TNF	Menos del 10%	Entre 10% y 50%	Entre 51 y 100%	Sin antecedentes suficientes o no responde
Onda sónica	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
Pulso electromagnético	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
Peces Limpiadores	11,1%	0,0%	0,0%	88,9%
Tratamiento térmico	22,2%	0,0%	0,0%	77,8%
Presión de agua	33,3%	0,0%	0,0%	66,7%
Agua dulce	33,3%	11,1%	0,0%	55,6%
Peróxido de hidrógeno	11,1%	44,4%	0,0%	44,4%
Aceites naturales	33,3%	22,2%	0,0%	44,4%

**Tabla 10.**

Opinión de los encuestados respecto del potencial del tratamiento farmacológico de generar resistencia en el parásito.

TNF	SI	NO	Sin antecedentes suficientes o no responde
Peróxido de hidrógeno	44,4%	22,2%	33,3%
Aceites naturales	33,3%	44,4%	22,2%
Agua dulce	11,1%	33,3%	55,6%
Peces Limpiadores	0,0%	22,2%	77,8%
Presión de agua	0,0%	22,2%	77,8%
Tratamiento térmico	0,0%	11,1%	88,9%
Pulso electromagnético	0,0%	11,1%	88,9%
Onda sónica	0,0%	0,0%	100,0%

**Tabla 11.**

Opinión de los encuestados respecto de la magnitud del tratamiento farmacológico de generar resistencia en el parásito.

TNF	Bajo	Intermedio	Alto	No responde
Aceites naturales	44,4%	0,0%	44,4%	11,1%
Agua dulce	44,4%	0,0%	11,1%	44,4%
Presión de agua	44,4%	0,0%	0,0%	55,6%
Peróxido de hidrógeno	33,3%	0,0%	44,4%	22,2%
Peces Limpiadores	33,3%	0,0%	0,0%	66,7%
Pulso electromagnético	33,3%	11,1%	0,0%	55,6%
Onda sónica	22,2%	0,0%	11,1%	66,7%
Tratamiento térmico	22,2%	11,1%	0,0%	66,7%

**Tabla 12.**

Opinión de los encuestados respecto de la posibilidad del tratamiento farmacológico de generar estrés en el pez tratado.

TNF	SI	NO	Sin antecedentes suficientes o no responde
Aceites naturales	88,9%	0,0%	11,1%
Peróxido de hidrógeno	77,8%	0,0%	22,2%
Presión de agua	55,6%	0,0%	44,4%
Agua dulce	55,6%	0,0%	44,4%
Tratamiento térmico	33,3%	0,0%	66,7%
Pulso electromagnético	22,2%	11,1%	66,7%
Peces Limpiadores	11,1%	33,3%	55,6%
Onda sónica	11,1%	11,1%	77,8%



**Tabla 13.**

Opinión de los encuestados respecto de la magnitud del tratamiento farmacológico de generar estrés en el pez tratado.

TNF	Bajo	Intermedio	Alto	No responde
Aceites naturales	11,1%	33,3%	33,3%	22,2%
Presión de agua	11,1%	11,1%	22,2%	55,6%
Tratamiento térmico	0,0%	11,1%	22,2%	66,7%
Peróxido de hidrógeno	33,3%	22,2%	11,1%	33,3%
Pulso electromagnético	22,2%	0,0%	11,1%	66,7%
Agua dulce	11,1%	22,2%	11,1%	55,6%
Peces Limpiadores	33,3%	0,0%	0,0%	66,7%
Onda sónica	22,2%	0,0%	0,0%	77,8%

**Tabla 14.**

Opinión de los encuestados respecto de la mortalidad inducida por el tratamiento farmacológico.

TNF	Menos del 1%	Entre 1 y 5%	Entre 6 y 10%	Mayor al 10%	Sin antecedentes suficientes o no responde
Peróxido de hidrógeno	55,6%	11,1%	0,0%	0,0%	33,3%
Aceites naturales	44,4%	33,3%	0,0%	0,0%	22,2%
Peces Limpiadores	33,3%	0,0%	0,0%	0,0%	66,7%
Agua dulce	33,3%	11,1%	0,0%	0,0%	55,6%
Presión de agua	22,2%	0,0%	22,2%	0,0%	55,6%
Onda sónica	11,1%	0,0%	0,0%	0,0%	88,9%
Pulso electromagnético	11,1%	0,0%	0,0%	0,0%	88,9%
Tratamiento térmico	0,0%	11,1%	11,1%	11,1%	66,7%

**Tabla 15.**

Opinión de los encuestados respecto de los costos de inversión relativo a los tratamientos no farmacológicos.

TNF	Menos costoso	Iguals	Más costoso	No responde
Peróxido de hidrógeno	0,0%	11,1%	55,6%	33,3%
Agua dulce	0,0%	0,0%	44,4%	55,6%
Presión de agua	0,0%	0,0%	44,4%	55,6%
Tratamiento térmico	0,0%	0,0%	44,4%	55,6%
Aceites naturales	0,0%	44,4%	33,3%	22,2%
Onda sónica	11,1%	0,0%	22,2%	66,7%
Peces Limpiadores	11,1%	0,0%	11,1%	77,8%
Pulso electromagnético	22,2%	0,0%	11,1%	66,7%



**Tabla 16.**

Opinión de los encuestados respecto de los costos de operación relativo a los tratamientos no farmacológicos.

TNF	Menos costoso	Igual	Más costoso	No responde
Peróxido de hidrógeno	0,0%	22,2%	44,4%	33,3%
Agua dulce	0,0%	0,0%	44,4%	55,6%
Presión de agua	0,0%	0,0%	44,4%	55,6%
Tratamiento térmico	0,0%	0,0%	33,3%	66,7%
Aceites naturales	0,0%	55,6%	22,2%	22,2%
Onda sónica	11,1%	0,0%	11,1%	77,8%
Pulso electromagnético	22,2%	0,0%	11,1%	66,7%
Peces Limpiadores	22,2%	0,0%	0,0%	77,8%

**Tabla 17.**

Opinión de los encuestados respecto de la cantidad de mano de obra relativo a los tratamientos no farmacológicos.

TNF	Menor	Igual	Mayor	No responde
Aceites naturales	0,0%	77,8%	0,0%	22,2%
Peróxido de hidrógeno	0,0%	33,3%	33,3%	33,3%
Presión de agua	0,0%	22,2%	22,2%	55,6%
Agua dulce	0,0%	22,2%	22,2%	55,6%
Tratamiento térmico	0,0%	22,2%	11,1%	66,7%
Pulso electromagnético	11,1%	11,1%	11,1%	66,7%
Onda sónica	11,1%	0,0%	11,1%	77,8%
Peces Limpiadores	22,2%	0,0%	0,0%	77,8%

**Tabla 18.**

Opinión de los encuestados respecto de la especialización de la mano de obra relativo a los tratamientos farmacológicos.

TNF	Especialización menor	Igual	Mayor especialización	No responde
Peróxido de hidrógeno	0,0%	11,1%	55,6%	33,3%
Presión de agua	0,0%	0,0%	44,4%	55,6%
Tratamiento térmico	0,0%	11,1%	22,2%	66,7%
Onda sónica	11,1%	0,0%	22,2%	66,7%
Agua dulce	0,0%	22,2%	22,2%	55,6%
Peces Limpiadores	11,1%	0,0%	11,1%	77,8%
Aceites naturales	0,0%	66,7%	11,1%	22,2%
Pulso electromagnético	11,1%	11,1%	11,1%	66,7%
Otro	0,0%	11,1%	0,0%	88,9%



**Tabla 19.**

Opinión de los encuestados respecto de la existencia de problemas asociados a la implementación de los tratamientos no farmacológicos.

TNF	SI	NO	Sin antecedentes suficientes o no responde
Peces Limpiadores	66,7%	11,1%	22,2%
Onda sónica	66,7%	0,0%	33,3%
Tratamiento térmico	55,6%	22,2%	22,2%
Agua dulce	37,5%	25,0%	37,5%
Peróxido de hidrógeno	33,3%	33,3%	33,3%
Aceites naturales	33,3%	44,4%	22,2%
Presión de agua	11,1%	55,6%	33,3%
Pulso electromagnético	11,1%	0,0%	88,9%

**Tabla 20.**

Opinión de los encuestados respecto a la importancia de los problemas asociados a la implementación de los tratamientos no farmacológicos.

TNF	Baja importancia	Intermedia	Alta importancia	No responde
Costos elevados	0,0%	0,0%	77,8%	22,2%
Generación de estrés en los animales	22,2%	0,0%	55,6%	22,2%
Contagios o brotes de enfermedades durante o post aplicación	22,2%	11,1%	44,4%	22,2%
Baja disponibilidad de oferta	33,3%	11,1%	33,3%	22,2%
Baja eficacia	55,6%	0,0%	11,1%	33,3%
Legislación vigente	33,3%	22,2%	11,1%	33,3%
Poca información validada localmente	44,4%	11,1%	11,1%	33,3%

**Tabla 21.**

Opinión de los encuestados respecto a cambios en la legislación vigente asociados al uso de tratamientos no farmacológicos.

Incentivo	SI	NO	Sin antecedentes suficientes o no responde
Incentivo a la investigación (ej. facilitando pruebas piloto)	77,8%	11,1%	11,1%
Incentivos respecto de la clasificación de mortalidades	66,7%	11,1%	22,2%
Restricciones mayores a los tratamientos farmacológicos	44,4%	33,3%	22,2%





**Tabla 22.**

Opinión de los encuestados respecto del impacto en cambios en la legislación vigente asociados al uso de tratamientos no farmacológicos.

<b>Incentivo</b>	<b>No impulsa el uso de TNF</b>	<b>Medianamente impulsa el uso de TNF</b>	<b>Impulsaría fuertemente el uso de TNF</b>	<b>No responde</b>
Incentivos respecto de la clasificación de mortalidades	0,0%	0,0%	77,8%	22,2%
Incentivo a la investigación (ej. facilitando pruebas piloto)	0,0%	11,1%	77,8%	11,1%
Restricciones mayores a los tratamientos farmacológicos	55,6%	0,0%	22,2%	22,2%

## **ANEXO 5**

---

**Acta de la reunión de coordinación.**



## **Acta de Reunión de Coordinación N°1/2021**

**Estudio: “Estado del arte de los métodos de tratamiento no farmacológicos para la Caligidosis, evaluación de sus ventajas y desventajas y sus posibles aplicaciones en Chile”.**

---

FECHA 06 de enero 2021

LUGAR Videoconferencia de todos los participantes.

### **1. INICIO**

La reunión se inició a las 15:30 horas, siendo la primera reunión de coordinación en el marco del estudio “Estado del arte de los métodos de tratamiento no farmacológicos para la Caligidosis, evaluación de sus ventajas y desventajas y sus posibles aplicaciones en Chile”.

### **2. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS**

#### **2.1. PARTICIPANTES**

##### **Ejecutor**

- Sergio Contreras Lynch, Departamento Salud Hidrobiológica, Instituto de Fomento Pesquero
- Loreto Ovalle Merino, Departamento Salud Hidrobiológica, Instituto de Fomento Pesquero

##### **Requirente**

- Maureen Alcayaga Godoy, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura
- Alejandro Barrientos Puga. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura



### 3. AGENDA DE TRABAJO

Durante esta jornada se informa y se acuerda:

#### 3.1 Presentación Propuesta Técnica Adjudicada.

Sergio Contreras realizó una presentación de la propuesta técnica abarcando la situación actual de la Caligidosis, indicando además cual es el objetivo general del estudio y objetivos específicos. Posteriormente detalló la metodología a utilizar para dar cumplimiento a cada uno los 5 objetivos que contemplan el estudio.

- Durante la presentación de la metodología de los objetivos 1, 2 y 4 no hubo comentarios.
- En cuanto a la metodología del objetivo 3 del estudio, correspondiente a la revisión de normativa de países salmicultores y estándares internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis, en donde la propuesta señala al SAG como parte de la legislación en Chile, Maureen Alcayaga comentó la necesidad de revisar si esta entidad realmente participa en tratamientos no farmacológicos, por lo que este aspecto será revisado durante la ejecución de las actividades.
- Para la actividad generación y aplicación de encuestas a integrantes del sector privado y del Estado asociados al tratamiento contra Caligidosis que forma parte del objetivo 5 del estudio, se mostró un formato de encuesta a aplicar, momento en que Maureen Alcayaga comentó la necesidad de mejorar el formato de respuestas, mencionando que sean respuestas dicotómicas y/o alternativas, que permitan un mejor análisis de la información obtenida, solicitando una revisión antes de ser aplicadas. De igual forma Sergio Contreras señaló que estas encuestas serán aplicadas de manera anticipada a la informada en la Carta Gantt ya que forman parte de la información necesaria para cumplir con los objetivos específicos 2, 3 y 4 del estudio.

Posteriormente, se indicó el cronograma de actividades generales del estudio, indicando todas las fechas de acuerdo a la Carta Gantt entregada en la Propuesta Técnica, señalando las dos fechas más próximas: la entrega del informe de avance para el próximo 24 de abril de 2021 y la próxima reunión de coordinación para el mes de mayo 2021.

Finalmente, se presentó al equipo de trabajo del Departamento de Salud Hidrobiológica del Instituto de Fomento Pesquero encargado de ejecutar el estudio, el cual está compuesto por cuatro investigadores.



### **3.2 ACUERDOS Y RECOMENDACIONES**

- Para el objetivo 5 del estudio correspondiente a la generación y aplicación de encuestas a integrantes del sector privado y del Estado asociados al tratamiento contra Caligidosis se acuerda enviar previamente el formato de encuesta que será aplicada a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura para su validación y comentarios.
- Maureen Alcayaga señala que la próxima reunión de coordinación que debe realizarse en el mes de mayo, se debe hacer partícipe el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura incorporando así a las personas que actualmente trabajan en el área de Caligidosis en el Servicio.

### **4. CIERRE**

La reunión finalizó a las 16:45 horas.

### **5. FIRMAS**

El Acta de esta reunión es suscrita por la Sergio Contreras Lynch, del Instituto de Fomento Pesquero como jefe de Proyecto y por Maureen Alcayaga Godoy en representación de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

SERGIO CONTRERAS LYNCH  
Instituto de Fomento Pesquero

MAUREEN ALCAYAGA GODOY  
Subsecretaria de Pesca y Acuicultura

---

## **ANEXO 6**

---

**Detalle de cálculos de la evaluación económica.**



## 1. Detalle flujos de beneficios netos por sistema de tratamiento no farmacológico.

### 1.1. Flujos de beneficios netos para sistema de agua a presión.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		637.392	659.085	680.602	701.872	722.837
Costos		241.500	253.575	266.254	279.566	293.545
Depreciación						
Utilidad bruta		395.892	405.510	414.349	422.305	429.292
Impuestos						
Utilidad neta		395.892	405.510	414.349	422.305	429.292
Depreciación						
Inversiones	100.000					
Flujo	-100.000	395.892	405.510	414.349	422.305	429.292
VAN (12%) MM\$	1.583.645					
TIR	398,1%					

### 1.2. Flujos de beneficios netos para baño con peróxido de hidrógeno.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		637.392	659.085	680.602	701.872	722.837
Costos		393.750	413.438	434.109	455.815	478.606
Depreciación						
Utilidad bruta		243.642	245.648	246.493	246.057	244.232
Impuestos						
Utilidad neta		243.642	245.648	246.493	246.057	244.232
Depreciación						
Inversiones	100.000					
Flujo	-100.000	243.642	245.648	246.493	246.057	244.232
VAN (12%) MM\$	983.772					
TIR	243,8%					



### 1.3. Flujos de beneficios netos para baño con agua dulce.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		637.392	659.085	680.602	701.872	722.837
Costos		273.000	286.650	300.983	316.032	331.833
Depreciación						
Utilidad bruta		364.392	372.435	379.620	385.840	391.004
Impuestos						
Utilidad neta		364.392	372.435	379.620	385.840	391.004
Depreciación						
Inversiones	100.000					
Flujo	-100.000	364.392	372.435	379.620	385.840	391.004
VAN (12%) MM\$	1.459.533					
TIR	366,3%					

### 1.4. Flujos de beneficios netos para baño con aceites naturales.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		637.392	659.085	680.602	701.872	722.837
Costos		262.500	275.625	289.406	303.877	319.070
Depreciación						
Utilidad bruta		374.892	383.460	391.196	397.995	403.767
Impuestos						
Utilidad neta		374.892	383.460	391.196	397.995	403.767
Depreciación						
Inversiones	100.000					
Flujo	-100.000	374.892	383.460	391.196	397.995	403.767
VAN (12%) USD	1.500.904					
TIR	376,9%					



## **ANEXO 7**

---

**Programa de taller difusión de resultados**



## Taller de difusión de resultados Estudio CUI 2020-39-DAC-9:

### “Estado del arte de los métodos de tratamiento no farmacológicos para la Caligidosis, evaluación de sus ventajas y desventajas y sus posibles aplicaciones en Chile”

**Viernes 14 de enero, 2022**

HORARIO	ACTIVIDAD	RELATOR
09:30 – 09:35	Palabras de bienvenida	<b>Dr. Leonardo Guzmán</b> Jefe División de Investigación en Acuicultura IFOP
09:35 – 09:40	Contextualización del estudio	<b>Maureen Alcayaga</b> Unidad de Gestión Sanitaria y Plagas SUBPESCA
9:40 – 10:10	Estado del arte de los métodos de tratamiento no farmacológicos para la Caligidosis: experiencia internacional, normativa y factibilidad económica	<b>Dr. Sergio Contreras Lynch</b> Jefe del Departamento de Salud Hidrobiológica IFOP
10:10 – 10:45	Estado del arte de los métodos de tratamiento no farmacológicos para la Caligidosis: biología, eficacia, bienestar animal y ambiente.	<b>Dra. Margarita González</b> Investigador Departamento de Salud hidrobiológica IFOP
10:45 – 11:00	Preguntas, comentarios y conclusiones	

## **ANEXO 8**

---

**Personal participante por actividad.**



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA

Sergio Contreras L.		Horas hombre / mes												
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Busqueda de antecedentes internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.	26	25	15											
Análisis y evaluación de los antecedentes internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.	16	25	15											
Generación de un catastro de estrategias o tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.			10	10										
Análisis comparativo entre estrategias o tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.			10	20										
Identificación y análisis cualitativo de efectos negativos en el bienestar animal ocasionados por tratamientos no farmacológicos contra Caligidosis.				20	10									
Identificación y análisis de la eficacia de tratamientos no farmacológicos en la disminución de las cargas parasitarias.					10	15								
Revisión de normativa de países salmonicultores y estándares internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.														
Análisis de la experiencia internacional en la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra Caligidosis.					20	9	25							
Estudio de factibilidad de implementación de tratamientos no farmacológicos. Diagnostico de situación en Chile.						18	25	30						
Identificación de grupos de interés relacionados al control de la caligidosis y al desarrollo y/o implementación de tratamientos no farmacológicos.								20						
Taller de trabajo con grupos de interés nacionales asociados al tratamiento contra Caligidosis.									50					
Generación y aplicación de encuestas a integrantes del sector privado y del Estado asociados al tratamiento contra caligidosis.										50				
Diagnóstico y análisis de brechas sobre la aplicabilidad de los tratamientos no farmacológicos en base a la opinión de los grupos involucrados.											35	35		
Actividades generales	8				25	25					15	35	50	

Jaiber Solano I.		Horas hombre / mes												
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Busqueda de antecedentes internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.	15	18	9											
Análisis y evaluación de los antecedentes internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.	12	17	8											
Generación de un catastro de estrategias o tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.			10	16										
Análisis comparativo entre estrategias o tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.			8	8										
Identificación y análisis cualitativo de efectos negativos en el bienestar animal ocasionados por tratamientos no farmacológicos contra Caligidosis.				11										
Identificación y análisis de la eficacia de tratamientos no farmacológicos en la disminución de las cargas parasitarias.														
Revisión de normativa de países salmonicultores y estándares internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.					30	27								
Análisis de la experiencia internacional en la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra Caligidosis.					5		18							
Estudio de factibilidad de implementación de tratamientos no farmacológicos. Diagnostico de situación en Chile.							17	17						
Identificación de grupos de interés relacionados al control de la caligidosis y al desarrollo y/o implementación de tratamientos no farmacológicos.								18						
Taller de trabajo con grupos de interés nacionales asociados al tratamiento contra Caligidosis.									35					
Generación y aplicación de encuestas a integrantes del sector privado y del Estado asociados al tratamiento contra caligidosis.										35	12			
Diagnóstico y análisis de brechas sobre la aplicabilidad de los tratamientos no farmacológicos en base a la opinión de los grupos involucrados.											15	17		
Actividades generales	8					80					8	18	35	



Margarita González G.	Horas hombre / mes												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Actividad</b>													
Búsqueda de antecedentes internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.	15	15	8										
Análisis y evaluación de los antecedentes internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.	15	15	8										
Generación de un catastro de estrategias o tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.			6	10									
Análisis comparativo entre estrategias o tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.			8	10									
Identificación y análisis cualitativo de efectos negativos en el bienestar animal ocasionados por tratamientos no farmacológicos contra Caligidosis.				10									
Identificación y análisis de la eficacia de tratamientos no farmacológicos en la disminución de las cargas parasitarias.													
Revisión de normativa de países salmonicultores y estándares internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.					16	16							
Análisis de la experiencia internacional en la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra Caligidosis.					6	7	15						
Estudio de factibilidad de implementación de tratamientos no farmacológicos: Diagnóstico de situación en Chile.						7	15	15					
Identificación de grupos de interés relacionados al control de la caligidosis y al desarrollo y/o implementación de tratamientos no farmacológicos.								15					
Taller de trabajo con grupos de interés nacionales asociados al tratamiento contra Caligidosis.									30				
Generación y aplicación de encuestas a integrantes del sector privado y del Estado asociados al tratamiento contra caligidosis.										30	10		
Diagnóstico y análisis de brechas sobre la aplicabilidad de los tratamientos no farmacológicos en base a la opinión de los grupos involucrados.										50	10	15	
Actividades generales					8						10	15	30

Felipe Pontigo M.L.	Horas hombre / mes												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Actividad</b>													
Búsqueda de antecedentes internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.													
Análisis y evaluación de los antecedentes internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.													
Generación de un catastro de estrategias o tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.													
Análisis comparativo entre estrategias o tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.													
Identificación y análisis cualitativo de efectos negativos en el bienestar animal ocasionados por tratamientos no farmacológicos contra Caligidosis.													
Identificación y análisis de la eficacia de tratamientos no farmacológicos en la disminución de las cargas parasitarias.													
Revisión de normativa de países salmonicultores y estándares internacionales asociados a la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra la Caligidosis.													
Análisis de la experiencia internacional en la aplicación de tratamientos no farmacológicos contra Caligidosis.													
Estudio de factibilidad de implementación de tratamientos no farmacológicos: Diagnóstico de situación en Chile.													
Identificación de grupos de interés relacionados al control de la caligidosis y al desarrollo y/o implementación de tratamientos no farmacológicos.													
Taller de trabajo con grupos de interés nacionales asociados al tratamiento contra Caligidosis.													
Generación y aplicación de encuestas a integrantes del sector privado y del Estado asociados al tratamiento contra caligidosis.													
Diagnóstico y análisis de brechas sobre la aplicabilidad de los tratamientos no farmacológicos en base a la opinión de los grupos involucrados.												10	
Actividades generales												10	40



---

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO**

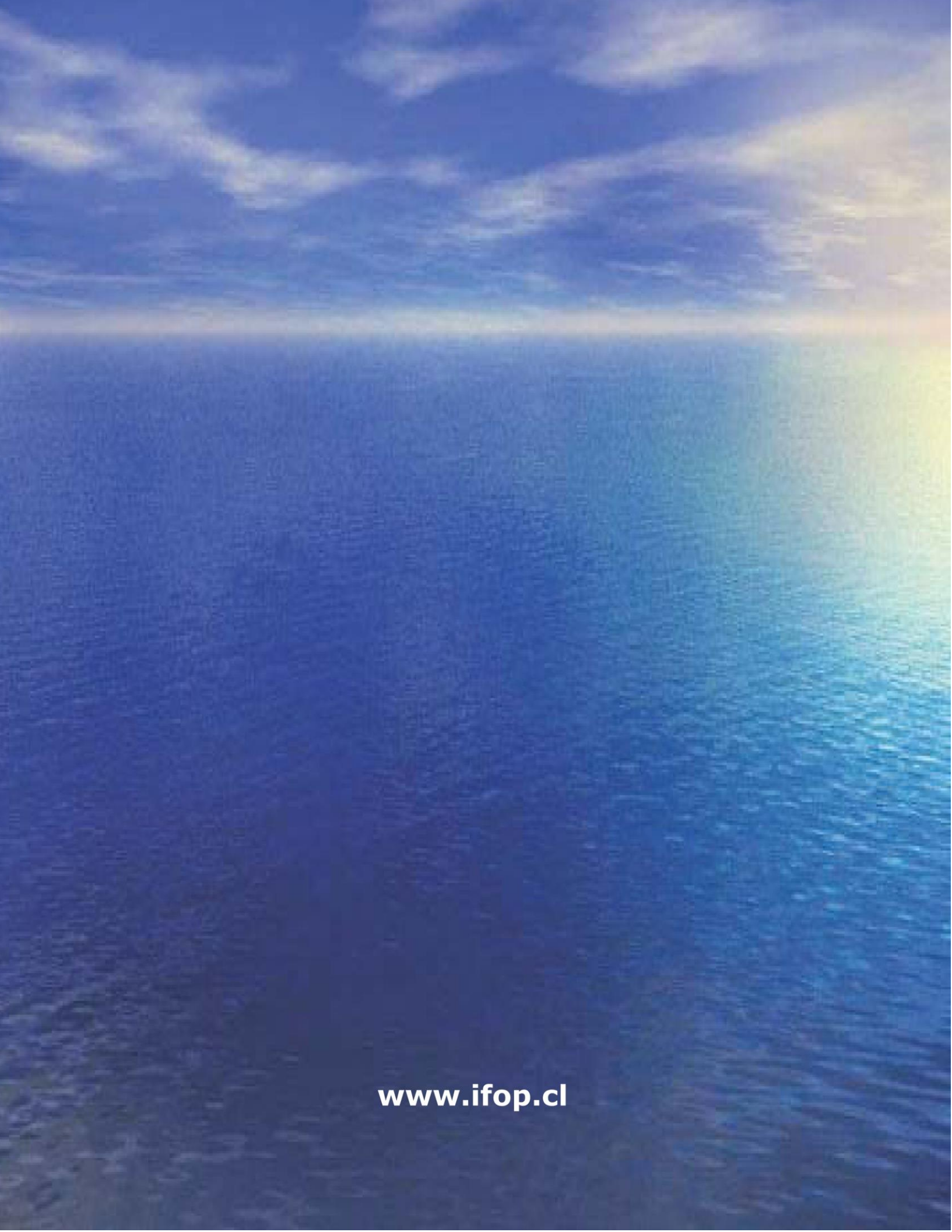
Almte. Manuel Blanco Encalada 839

Fono 56-32-2151500

Valparaíso, Chile

[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)

---



[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)