



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS**  
**ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN**

Desarrollo Madurativo y el aprendizaje de instituciones regulatorias públicas: El caso  
de Sernapesca en Chile

Seminario para optar al título de Ingeniero Comercial, Mención Economía

Rodrigo Cáceres Riquelme

Profesor Guía: Jorge Katz Sliapnic

Santiago, Chile - 2016

*Quisiera agradecer al profesor Jorge Katz,  
por su cercanía, confianza y constante guía  
durante el avance del seminario,  
y por compartir su conocimiento e interés sobre el tema.*

*También agradezco a Sernapesca, por la voluntad de  
ser parte de esta investigación.*

*A mi familia, por el apoyo incondicional que me han brindado  
durante todo el período universitario.*

*A Célia, fuente de motivación y alegrías durante estos meses,  
por su compañía y valioso consejo.*

## Abstract

Este trabajo tiene por objetivo relatar y desarrollar evidencia acerca de cómo la industria de Salmónidos en Chile ha evolucionado a través de su historia, y particularmente, explorar el desarrollo y avance de la institución del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA), la agencia fiscalizadora de acuicultura, sosteniendo la idea de que el aparato regulatorio gubernamental – al igual que las firmas – también ha debido atravesar un proceso de *learning-by-doing* (aprender-haciendo), para poder ajustarse a las necesidades de regulación que la industria ha requerido, a través de aumentos de recursos financieros disponibles, así como también en la cantidad de capital humano de alta calificación, y luego cómo esto se ha traducido en un mayor número de fiscalizaciones, y generación de bienes y servicios. Entre los principales resultados se evidencia un proceso de aprendizaje y desarrollo de capacidades desencadenado por el advenimiento de la crisis ISA en 2007-08, cuya respuesta institucional tuvo amplios cambios en las facultades, atribuciones, funciones y actividades de Sernapesca. Durante este proceso, se ha observado una especialización de Sernapesca en materia de bioseguridad, manejo y control de enfermedades, debido a la alta incidencia de patógenos en la industria, que ha estado acompañado de un uso indiscriminado de compuestos farmacéuticos no antes visto en países comparables.

Palabras Clave: learning-by-doing; Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura; tragedy of the commons; common-pool resources.

# Índice

Introducción .....	5
CAPITULO I: Consideraciones Teóricas .....	6
<i>Learning-by-doing</i> .....	6
Gobernanza de recursos de propiedad común.....	8
Análisis Enfoque Gobernanza de Ostrom .....	10
Tragedy of The Commons.....	12
Algunos conceptos preliminares.....	12
El argumento económico para la intervención estatal .....	14
Modelo Formal .....	17
CAPITULO II: Contexto Salmonicultura en Chile .....	25
Aspectos Medioambientales .....	26
Uso de Antibióticos .....	28
Concesiones acuícolas y derechos sobre la producción .....	33
CAPITULO III: El desarrollo de Sernapesca, la agencia reguladora.....	34
Funciones.....	34
Inicios.....	36
Cronología del desarrollo de Sernapesca.....	37
La agencia pre-Crisis ISA.....	37
La agencia post-Crisis ISA .....	39
Recursos.....	45
Presupuesto .....	45
Capital Humano.....	47
Comentarios Finales .....	51
Anexos.....	54
Bibliografía .....	58

## Introducción

Durante los últimos 20 años se ha documentado tanto en la investigación académica como a nivel mediático acerca del éxito que ha tenido la implantación de una industria basada en el cultivo de salmónidos en el sur de Chile, convirtiéndolo rápidamente en el segundo exportador a nivel mundial de salmónidos, en una de las principales ramas exportadoras del país, detrás del cobre, a la par con industrias como la silvícola, vitivinícola y de frutas. Esto ocurrió en línea con la adopción y desarrollo de industrias enfocadas hacia la exportación de productos a mercados internacionales que Chile adoptó como estrategia de desarrollo. En 2015, la industria exportó en valor de alrededor de 3.500 millones US\$ FOB<sup>1</sup>. Este proceso de desarrollo se ha caracterizado en la última década por un creciente nivel de concentración industrial y la aparición de crisis sanitarias y ambientales (ISAv y FAN), además de una alta prevalencia de patógenos, que han disminuido sustancialmente la capacidad productiva de la industria, incrementando sus costos y reduciendo su competitividad.

En respuesta a estas crisis se ha generado un cuerpo legislativo para regular aspectos sanitarios y operacionales, cuya fiscalización está a cargo de la agencia gubernamental llamada Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (de aquí en adelante, Sernapesca), la cual tuvo sus inicios hacia 1980 y ha atravesado un continuo proceso de aprendizaje, adaptación y adquisición de *know-how*. El objetivo de este trabajo es documentar ese proceso y analizar el impacto que ha tenido en el desempeño de la industria, en sus impactos medioambientales, y en el comportamiento de las firmas que conforman el *cluster*. La estructura del trabajo es la siguiente: Primero se comenzará introduciendo el marco teórico para motivar el proceso de aprendizaje y desarrollo de capacidades de Sernapesca, seguido de ejercicios teóricos para comprender a cabalidad las fallas de mercado presentes en la industria a través de la *tragedia de los comunes*, y que hacen necesaria la intervención estatal. Posteriormente, se procederá a caracterizar brevemente el contexto actual de la salmonicultura en Chile, poniendo énfasis en los efectos medioambientales y el uso intensivo de antibióticos. Esto, para luego comenzar a caracterizar el desarrollo y la evolución del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura

---

<sup>1</sup> Fuente: SalmonChile.

(Sernapesca), así como la relación entre insumos y producción en esta agencia. Finalmente, se presentará una sección de comentarios finales en base a la investigación hecha y un diagnóstico sistémico del rol del Estado en la regulación de la Salmonicultura chilena.

## **CAPITULO I: Consideraciones Teóricas**

En este primer capítulo se detallará el marco teórico utilizado para comprender los fenómenos que suceden tanto a nivel industrial como en cuanto al aparato regulatorio en Salmonicultura. Primero se motivará el proceso de *learning-by-doing* que ocurre en el caso de entidades regulatorias, para posteriormente aplicar este proceso en el caso de Sernapesca. Luego, se prosigue con una breve discusión sobre gobernanza asociada a bienes de propiedad común o recursos comunes, cuyas particularidades dificultan en gran medida su administración y provisión en el largo plazo, debido a los problemas de acción colectiva que existen. Luego de esto se esbozará un breve análisis aplicado a la industria de factores externos e internos en base al marco analítico de Ostrom. Esto nos lleva inmediatamente a explorar la idea de Hardin (1968) acerca de la *tragedia de los comunes*, la cual se discutirá a cabalidad, proseguida de ejercicios teóricos para comprender los distintos canales de causalidad a través de los cuales individuos racionales pueden llevar al colapso a recursos en que no es factible asignar derechos de propiedad.

### *Learning-by-doing*

El aprender-haciendo (*learning-by-doing*), es decir, la idea de que las artes se aprenden a través del ejercicio de las mismas, es un concepto de gran antigüedad, pues comienza con los escritos de Aristóteles. Sin embargo, hacia la segunda mitad del siglo XX, Arrow (1962) utiliza este argumento en el plano económico, en el caso de la producción de una firma e introduce la idea de que ellas adquieren conocimiento necesariamente a través de la experiencia, y este conocimiento es el resultado de intentar resolver un problema de forma empírica, es decir, ocurre durante la actividad productiva (y no antes), en un proceso denominado *learning-by-doing* (aprender-haciendo). Nelson (1994) ahonda en esta idea alternativa, con respecto a las tecnologías de producción presentes en la firma,

señalando que existe una brecha entre la información tecnológica disponible y cómo se lleva a cabo la utilización de la misma, pues existe un proceso de *learning-by-doing* para obtener dominio y pericia en su utilización. Es decir, es un proceso de adquisición de *know-how* (saber-hacer), o, en otras palabras, el saber cómo utilizar la tecnología disponible para mejorar procesos o incrementar la productividad, lo cual corresponde a un activo poco tangible, y representa el conocimiento sobre cómo aplicar la tecnología favorablemente.

En la literatura mayoritariamente se ha estudiado el proceso de *learning-by-doing* a nivel de la firma individual y este proceso no ha permeado al estudiar el aprendizaje de instituciones o agencias regulatorias pertenecientes a un Estado. El proceso de aprendizaje de éstas se puede motivar de la siguiente manera. Cuando se legisla la creación de una institución gubernamental, sujeta a un cuerpo legislativo y una razón social de cumplir algún objetivo de regulación en política pública, inicialmente existe una brecha entre los objetivos fundadores que debe cumplir y el conocimiento o *know-how* que posee inicialmente, donde esta brecha se traduce en que se genera la necesidad de crear protocolos, medidas y programas para llevar a cabo el cumplimiento de la regulación. De esta manera, las agencias regulatorias deben *aprender a regular* a través de un proceso de *learning-by-doing*, el cual, por cierto, se puede caracterizar por aprendizaje en base a ensayo y error.

Para la institución que nos concierne, el Sernapesca, que cumple una función doble al regular tanto la pesca extractiva como la acuicultura en Chile, este trabajo se enfocará hacia la regulación en salmonicultura o cultivo de salmónidos, principalmente debido al crecimiento explosivo que ha tenido esta industria durante estos últimos 30 años, posicionándose como el segundo exportador de salmónes a nivel mundial, después de Noruega. Este crecimiento ha traído consigo la necesidad de regulación para resguardar las condiciones sanitarias de los cuerpos de agua donde se realizan los cultivos en balsas-jaulas, debido al advenimiento de crisis sanitarias como el ISA en el período 2008-2010 y la presencia constante de patógenos que afectan a las especies, los cuales son principalmente tres: La *Piscirickettsiosis* o SRS, la *Caligidosis* o piojo de salmón y el virus ISA (Anemia Infecciosa del Salmón), listadas entre las Enfermedades de Alto Riesgo de la Lista 2. Estas complicaciones han mermado significativamente la capacidad productiva de la industria nacional, haciendo necesaria una fuerte regulación estatal

para controlar estos patógenos y mejorar las condiciones de sanidad ambiental en general.

Este proceso, indudablemente, no ha ocurrido de forma instantánea, sino que Sernapesca ha debido atravesar un proceso de evolución, adaptación y aprendizaje para velar por el cumplimiento de la normativa legal, la cual también ha sufrido procesos de cambio y ajuste. Se hará una caracterización de este proceso de avance continuo. Es necesario así, estudiar distintos elementos asociados a la agencia, como su estructura organizacional, sus organigramas y protocolos, personal de trabajo, presencia regional, programas y campañas, pues determinan en parte, sus resultados y cómo ha evolucionado.

En este sentido, este trabajo incorpora un enfoque de teoría apreciativa, al estudiar en forma empírica los elementos que rodean la institución Sernapesca y cómo esta interactúa con la industria, poniendo énfasis en el desarrollo madurativo por el que ha pasado desde su creación hasta la actualidad, en donde se estudiará su desarrollo tecnológico, tanto en el conocimiento acumulado por la institución como la tecnología asociada a su modo de trabajo, con una creciente especialización de personal de alto capital humano.

Así, en este estudio se adopta un enfoque en donde se sale del esquema de análisis neoclásico de crecimiento en equilibrio para comprender el desarrollo industrial, hacia un esquema en donde diversos actores, firmas, recursos naturales, agencias regulatorias, comunidades, etc. interactúan y co-evolucionan en respuesta a las acciones del resto de los agentes, en un eterno proceso de desequilibrio y crisis.

## Gobernanza de recursos de propiedad común

Ostrom es una de las principales investigadoras en temas de manejo de recursos comunes (common-pool resources o CPR), refiriéndose a recursos naturales que se utilizan de forma compartida, donde existe rivalidad en el consumo, pero no la posibilidad de exclusión, y en el caso de la salmonicultura, se trata del recurso hídrico que comparten las firmas, en donde se realiza el cultivo de salmónidos, es decir, el agua y su calidad biológica. En este tipo de recursos no existe la capacidad de excluir o generar derechos de propiedad, por la indivisibilidad de los cuerpos de agua y su respectiva



calidad biológica. Entre otras cosas, Ostrom argumenta que: *“utilizar la metáfora de la dualidad Estado vs. Privados ha dado muy malos resultados en la práctica en el manejo de CPR”*, en el sentido de pensar únicamente en que la utilización de estos recursos debiese ser llevado por parte de los privados, a cargo de la producción, y donde el rol del Estado sea el de fiscalizar y regular el uso del recurso para que éste no sea sobreexplotado, a través de multas por incumplimiento de normativas definidas por el mismo. Es decir, la receta característica que apunta a que el mercado produzca y el Estado regule.

Ostrom plantea que esta visión del Estado y los privados como únicos entes capaces de hacerse cargo de la administración de una industria asociada a recursos comunes, es una visión muy simplista, donde, por una parte, no existe discusión alguna acerca del costo monetario en que incurre el Estado para levantar una agencia fiscalizadora (más aún cuando se debe fiscalizar en lugares sin acceso terrestre), y que, por otra parte, ignora todo un espectro de posibilidades de arreglos institucionales – como acuerdos y/o contratos auto-monitoreados – que pueden tener un costo mucho menor que una organización gubernamental y resultados mucho mejores en cuanto al uso prolongado del recurso en el largo plazo. Estos arreglos institucionales se refieren a las reglas del juego que existen y la oportunidad que existe para poder modificarlas o ajustarlas para poder mejorar la utilización del recurso, para así desincentivar conductas oportunistas o que privilegien ingresos monetarios en el corto plazo<sup>2</sup>. Particularmente, en la industria de la salmicultura en Chile, el esquema utilizado corresponde al de la dualidad ya mencionada, firmas privadas a cargo de la producción y el Estado en un rol regulador, cuyos instrumentos para regular a la industria son fiscalizaciones y multas asociadas a conductas transgresoras.

Feeny et al. (1990) han sugerido a través de casos de estudio, que ni el estado ni los mercados funcionan de forma correcta para favorecer la sostenibilidad del recurso en el largo plazo. Por otra parte, Iizuka & Katz (2011: 260) plantean que: *“las herramientas convencionales de teoría de la firma, que actúan bajo supuestos de maximización individual, no son adecuadas para pensar en la gobernanza de un recurso natural donde fuerzas biológicas y ambientales desconocidas introducen un alto grado de incertidumbre*

---

<sup>2</sup> Para una revisión teórica general sobre manejo de CPR, véase Ostrom (1990).

*a la producción*”, como ocurre en el caso de producción de salmónidos y el recurso hídrico que se comparte.

Por último, muchos casos de estudio han mostrado que los mecanismos regulatorios para controlar la sustentabilidad ecológica han sido de un desarrollo relativamente lento en países emergentes que priorizan el crecimiento económico como estrategia país (citado por Hosono, Iizuka & Katz, 2016).

## Análisis Enfoque Gobernanza de Ostrom

Análisis sobre normas de comportamiento en la industria: Un elemento relevante y que afecta directamente las posibilidades de cooperación entre firmas que comparten el uso de un recurso común son los valores culturales presentes en los individuos que administran, en este caso, las firmas que conforman el clúster. La presencia (o carencia) de confianza entre los distintos actores impacta la capacidad que estos tienen para generar acuerdos a nivel sectorial, esquemas creíbles de monitoreo mutuo e incentivos para mantener estos acuerdos de forma permanente. Todas las luces apuntan a que los niveles de confianza entre las distintas firmas salmoneras en Chile son relativamente bajos<sup>3</sup>, dado el fracaso conjunto que han tenido para administrar el recurso hídrico en la crisis del 2007 y el llamado público que han hecho para que la industria sea regulada por el Estado. Quizás sea necesario poner más atención en variables asociadas al capital social y cómo se puede potenciar éste. Las normas de comportamiento pueden limitar de forma importante la propensión a que los participantes que comparten un CPR adopten conductas oportunistas enfocadas a usufructuar rentas en el corto plazo.

Tasas de descuento: Los individuos valoramos en menor proporción a los flujos de beneficio que ocurrirán en el futuro que los beneficios actuales o en el presente. Esta noción de descontar el futuro afecta significativamente los esfuerzos de conservación que realizarán los agentes que compartan un recurso de propiedad común (CPR). Participantes que tienen una tradición histórica en el uso de un CPR pensarán en un

---

<sup>3</sup> Solamente para ilustrar, en el año 2009 en Noruega el 73.7% de la población estaban de acuerdo con la afirmación “Se puede confiar en la mayoría de la gente”, mientras que en Chile fue sólo un 12,3% de la población.

horizonte de tiempo mucho más largo que participantes para los que la actividad productiva representa una inversión de cartera a 20 años, por ejemplo. Los primeros pensarán en que su descendencia también deberá obtener beneficios del CPR, y por ende serán mucho más propensos a realizar actividades de conservación. En contraste, los segundos solamente aprovecharán la rentabilidad del sector, maximizando su rentabilidad, presionando la capacidad de renovación del CPR y así no tendrán mayor preocupación por la disponibilidad del CPR para futuras generaciones.

Desde este enfoque es necesario insistir en la necesidad de realizar estimaciones de capacidad de carga en las localidades donde se insertan los centros de cultivo, pues es el punto de partida si el objetivo a nivel país es tener una actividad económica que se pueda prolongar en el largo plazo, y por otra parte, es directo que al limitar las densidades de cultivo, regeneraría la calidad del agua, su capacidad aeróbica, mejoraría el bienestar de los salmones, con lo cual se controlaría en parte el traspaso de vectores y enfermedades y se reduciría la necesidad del uso de antibióticos.

Por último, las asociaciones que existen entre las diversas empresas del cluster son de carácter voluntario, es decir, no existe coerción ni monitoreo de sus acuerdos. Además, se favorecen a las empresas de mayor tamaño, pues tienen una ventaja relativa debido a la acumulación de permisos de cultivo. Esto se ahondará en la sección de Concesiones acuícolas.

## Tragedy of The Commons

*“Trouble comes when man steps into the system of nature and tries to increase productivity without limit.”*

Garrett Hardin, 1995

La **tragedia de los comunes** es un fenómeno relacionado con la sobreexplotación de los recursos naturales de propiedad conjunta, es decir, recursos en los cuales no es factible otorgar derechos de propiedad, en los cuales no se internalizan los beneficios de preservar el recurso a futuro, pues cada agente utiliza el recurso con respecto a sus costos y beneficios privados, sin considerar que sus acciones individuales afectan al resto de participantes con quienes comparten el recurso, lo que lleva así a su eventual colapso. Las principales teorías que lo fundan son, primero, el esquema de dilema del prisionero, donde se llega a un resultado Pareto inferior, y segundo, el argumento de Olson (1965) acerca de la imposibilidad de excluir los beneficios y costos de una decisión a terceros, y donde, por ende, aparecen incentivos a adoptar conductas *free-rider*, generando así sub-provisión - en el caso de bienes o fuentes de beneficio - y sobre-provisión - en el caso de males o fuentes de costos.

El *tragedy of the commons* no necesariamente se trata de una tragedia o un colapso de corto plazo – como la crisis del ISA en 2008 – sino que, si el recurso es lo suficientemente abundante, es decir, cuestionando el supuesto de escasez, puede mantenerse el equilibrio de mercado (sobreexplotación) durante un período extenso, y por ende el fenómeno puede ser un continuo agotamiento de la fuente de riqueza la cual se apropia. Es decir, recursos naturales con suficiente abundancia relativa, pueden ser sobreexplotados durante un periodo de tiempo relevante. En el caso de la industria salmonera, existen varios puntos interesantes acerca de cómo aplicar la teoría en esta industria.

### **Algunos conceptos preliminares**

En la salmonicultura, la taxonomía de los bienes puede resultar un poco difusa, pues no nos encontramos frente al típico caso de pesca extractiva, en la cual el recurso común

son los peces que se encuentran a disposición de quien quiera apropiarlos, sin la posibilidad de excluir o generar derechos de propiedad sobre los peces. En un esquema diferente, se encuentra la acuicultura, y en este caso particular, la salmonicultura, en la cual los peces son criados en jaulas y, por ende, sí existe propiedad privada sobre este recurso. Sin embargo, los centros de cultivo se encuentran geográficamente fijos, y al existir una alta cercanía entre ellos, el recurso que se comparte (el CPR, en la denominación de Ostrom), es el recurso hídrico o hidrológico, la calidad del agua, la cual incluye la concentración de oxígeno, la temperatura, la velocidad o fuerza de las corrientes, entre otros.

Precisamente fue el recurso hídrico el cual comenzó a deteriorarse en 2007-08 con la crisis del ISAv, pues comenzó a presentar rendimientos decrecientes, y niveles de productividad industrial que empeoraban junto con él (Iizuka & Katz, 2011). Ya que, a medida que se deteriora el recurso común, estas peores condiciones vuelven a impactar en el bienestar de los salmones, porque se favorece la propagación de patógenos y enfermedades. Este recurso natural es el que genera una renta ricardiana a las firmas debido a la productividad que ofrece, y corresponde a la riqueza de las características oceanográficas (corrientes, topografía, temperatura) y climáticas en los fiordos del sector austral, de las cuales Chile posee una ventaja comparativa, debido a la gran riqueza de los recursos hidrobiológicos en esta área.

*Capacidad de carga (carrying capacity):* Las condiciones hidrobiológicas del agua ofrecen un límite a la cantidad de salmones que se pueden cultivar. El agua tiene una capacidad para, a través de sus ciclos, renovarse y mantener un nivel de actividad biológica estable. Así, la capacidad de carga corresponde al máximo nivel de población de salmónidos que el ambiente acuático puede sostener indefinidamente en el tiempo, dado el hábitat, los nutrientes, la temperatura y la limpieza de los fondos marinos de la columna de agua, sin poner en riesgo las condiciones sanitarias ni la capacidad aeróbica de los cuerpos de agua.

A su vez, la capacidad de carga, si es expresada en biomasa por volumen de agua ( $\text{kg/m}^3$ ), entonces depende de la cercanía relativa entre las firmas, donde a medida que más firmas comparten un cuerpo de agua definido, mayor presión se pone sobre la disponibilidad de oxígeno, condiciones aeróbicas, además de la mayor cantidad de

desechos (heces y orina) en el fondo marino, es decir, se compromete la calidad del agua en general. Se observa, en términos comparativos, un alto nivel de cercanía de los centros de cultivo en Chile, donde a 2011, tres cuartos de las concesiones estaban situadas en un territorio de alrededor de 300 km<sup>2</sup>, mientras que en Noruega se tiene un área total de 1.700 km<sup>2</sup> para cultivo de salmónidos (Iizuka & Katz, 2011). La implicancia directa es que la capacidad de carga en las costas noruegas será de mayor biomasa por metro cúbico, por la mayor distancia existente entre ellas.

La gran concentración de centros de cultivo en Chile se debe principalmente a la falta de infraestructura en servicios públicos como educación y salud hacia el sur de la isla de Chiloé y en el sector más austral de la región de Aysén, así como Magallanes, además de la falta de recursos humanos calificados y de desarrollo rural, que limitan la expansión de la industria hacia sectores más australes. (Katz & Araya, 2016)

### **El argumento económico para la intervención estatal**

El raciocinio utilizado generalmente para entender problemas de manejo de recursos comunes proviene de la literatura de Tragedy of the Commons. Una de las formas más simples de analizar este fenómeno es como un juego de dilema del prisionero (PD), con herramientas de teoría de juegos, y para contextualizarlo directamente al caso en cuestión, utilizaremos el siguiente esquema.

Supongamos dos jugadores, que en este caso son dos empresas salmoneras, las cuales comparten un bien común, el recurso hídrico o agua, y tienen a su disposición dos estrategias, *cooperar* (C), la cual implica producir a una densidad de siembra igual a la capacidad de carga del recurso hídrico, y la segunda estrategia, *desviarse* (D), que implica producir a una densidad de siembra mayor a la capacidad de carga del agua, cultivando la mayor cantidad que sea rentable (sujeto a sus costos privados), lo que termina deteriorando condiciones sanitarias y la calidad del recurso hídrico y su productividad.

El juego es estático y ambos jugadores no tienen posibilidad de comunicarse entre ellos. Así, en este juego, a modo explicativo, cuando ambos cooperan obtienen 4 unidades de beneficio cada uno. Cuando uno de los dos decide desviarse, obtiene una mayor renta por las ventas de un mayor nivel de producción, en este caso con 5 unidades de beneficio,

y el otro obtiene -1. Por último, cuando ambos deciden desviarse y sobrepasar la capacidad de carga, obtienen 0 unidades de beneficio, pues se arriesga un colapso del recurso. (Ver Juego 1).

Como resultado, desviarse es una estrategia dominante para ambas empresas, pues es estrictamente preferida independiente de la estrategia que tome el otro participante y, por ende, el equilibrio de Nash se produce con ambas empresas escogiendo la estrategia *Desviarse* (D,D), sobrepasando así la capacidad de carga del recurso, sobreexplotando el recurso común, obteniendo cero unidades de beneficio. La lección de esta abstracción teórica es que individuos racionales que maximizan a nivel individual, al verse enfrentados a un juego de cooperación, obtienen un resultado sub-óptimo a nivel colectivo. Es decir, nos enfrentamos a un fracaso del mercado en la administración de recursos de propiedad común, que llama a la necesidad de intervención por parte del Estado.

#### Dilema Prisionero: Juego 1

		Firma 2	
		Cooperar	Desviarse
Firma 1	Cooperar	(4, 4)	(-1, 5)
	Desviarse	(5, -1)	<b>(0, 0)</b>

Así, la solución (teórica) a este resultado proviene de la intervención estatal, en la cual el Estado se encarga de prevenir que los jugadores caigan en la tragedia de los comunes.

En un segundo juego, existe una agencia gubernamental, la cual está encargada de garantizar que el equilibrio del juego sea (C,C). Para que este resultado se obtenga, deben cumplirse una serie de condiciones. La primera es que la agencia debe ser capaz de estimar en forma precisa cuál es la capacidad de carga del recurso. Así, luego de esta estimación es necesario imponer y monitorear que las empresas no excedan la densidad de siembra que les corresponde, imponiendo multas en el caso de que se exceda la densidad permitida por el recurso.

En el Juego 2 se asume que el Estado es capaz de imponer multas a infractores con probabilidad 1, es decir, posee información perfecta acerca de las acciones de cada firma. El tema del monitoreo y la fiscalización se tornan relevantes en el sentido de que, para efectos de la abstracción, en este juego no existen costos de monitoreo ni fiscalización, sin embargo, para esta industria en particular, resultan especialmente altos y de alta complejidad pues la agencia debe invertir en naves y embarcaciones fluviales para fiscalizar, en laboratorios para hacer análisis, en capital humano de alta calificación, entre otros. Suponemos que el Estado multa con 2 unidades de beneficio a quienes utilicen la estrategia *desviarse*, es decir, que sobrepasen su cuota de siembra.

En este esquema, ahora *Cooperar* se vuelve una estrategia dominante para ambas empresas, pues es estrictamente preferida independiente de las acciones del otro, así, ambos la escogen y el equilibrio de Nash es (C,C). Así, al escoger esta estrategia producen a una densidad de siembra equivalente a la capacidad de carga del recurso hídrico, asegurando un nivel de producción que se puede prolongar en el largo plazo.

#### Dilema Prisionero: Juego 2

		Firma 2	
		Cooperar	Desviarse
Firma 1	Cooperar	(4, 4)	(-1, 3)
	Desviarse	(3, -1)	(-2, -2)

En la práctica, resulta particularmente difícil responder a la pregunta si la agencia fiscalizadora realmente modifica el comportamiento de las firmas, disuadiendo los incentivos a cultivar más allá de la capacidad de carga, o si bien, por el contrario, las multas no son lo suficientemente altas y los agentes prefieren pagarlas y continuar sobreexplotando, pues les resulta más rentable que reducir sus niveles de producción (y ventas). O bien si tienen la capacidad de posponer indefinidamente el pago de las multas.

Extensiones del análisis de dilema del prisionero, repitiendo el juego infinitos períodos, muestran que sí aparecen y existen incentivos a cooperar, es decir, que la visión de que los jugadores están condenados a caer en la sobreexplotación del recurso, no es tan



realista. Sin embargo, en estos modelos, los incentivos a cooperar dependen fundamentalmente de las tasas de descuento inter-temporal, en otras palabras, de la valoración relativa de los flujos de beneficio futuros con respecto a los flujos de beneficio en el presente. Siendo así, individuos más impacientes y con conductas más oportunistas y de maximización en el corto plazo, tienen una mayor probabilidad de no cooperar y, por ende, de sobreexplotar el recurso y caer en la tragedia de los comunes.

En el siguiente ejemplo teórico, cada combinación de estrategias escogidas tiene pagos asociados  $\pi_C, \pi_D, \pi_N$ , cooperar, desviarse y no cooperar, respectivamente. Por definición, se cumple que  $\pi_D > \pi_C > \pi_N$ . Suponiendo un factor de descuento  $\delta = \frac{1}{1+r}$  y asumiendo que los jugadores utilizan una estrategia *trigger* o *gatillo*, es decir, una vez que se desvían nunca más se vuelve a cooperar, llegamos a que el factor de descuento, que representa la valoración relativa de los flujos futuros, determina las posibilidades de cooperación en este esquema. Actualizando a valor presente los flujos de beneficio que se obtiene de cada estrategia, obtenemos:

$$VP_C = \pi_C + \delta\pi_C + \delta^2\pi_C + \delta^3\pi_C + \dots = \sum_{t=0}^{\infty} \delta^t \pi_C = \frac{\pi_C}{1-\delta}$$

$$VP_D = \pi_D + \delta\pi_N + \delta^2\pi_N + \delta^3\pi_N + \dots = \pi_D + \sum_{t=1}^{\infty} \delta^t \pi_N = \pi_D + \frac{\delta\pi_N}{1-\delta}$$

$$VP_C > VP_D \Rightarrow \delta > \frac{\pi_D - \pi_C}{\pi_D - \pi_N}$$

Es decir, para que el valor presente de cooperar supere al de desviarse, el factor de descuento debe ser mayor a cierto umbral determinado por las utilidades relativas. Mientras los agentes pongan un menor peso o valoración a los beneficios de largo plazo, son menores las probabilidades de que exista cooperación, y, por ende, es menos probable que se produzca a un nivel acorde a la capacidad de carga del recurso hídrico.

### **Modelo Formal**

A continuación, se desarrollará un modelo teórico simple de equilibrio dinámico, es decir, utilizando herramientas de maximización en la cual se generan sendas de equilibrio para un continuo de tiempo. Esta abstracción teórica está basada en el modelo

de Gordon-Schaefer, en base a la cual se hace una aplicación para entender cómo pueden ocurrir problemas de sobreexplotación cuando se utilizan recursos naturales que responden endógenamente a su utilización, e ilustrar cómo pueden aparecer fallas fundamentales de mercado en su manejo y, por ende, la necesidad de intervención estatal.

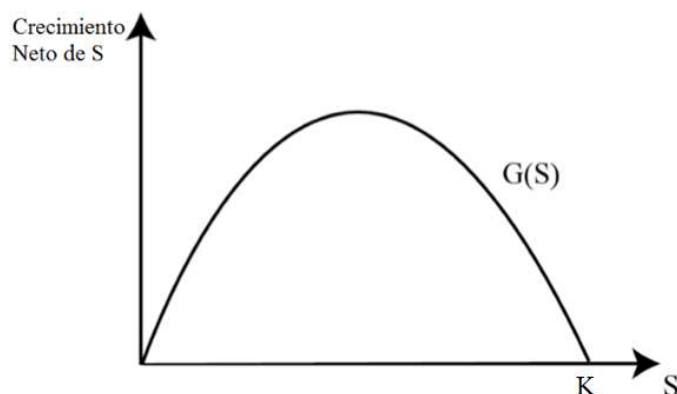
En este modelo se incorporarán conceptos de bio-economía, es decir, incorporando las restricciones ecológicas que impone el recurso natural a través de sus dinámicas endógenas. Primero, consideremos un cuerpo de agua de tamaño reducido (fiordo, lago o río), el cual es de acceso abierto. Si bien en acuicultura los derechos de acceso están limitados por concesiones acuícolas, aquí se asume que no existe límite para cultivar (salmónidos, en este caso). Se asumirá que las inversiones de planta ya están hechas y no afectan la decisión de cultivo. También, por simplicidad, se asumirá que todos los salmones que se cultivan, son efectivamente cosechados, es decir, no hay mortalidad.  $S(t)$  corresponde al stock de bio-capacidad y calidad del cuerpo de agua en el tiempo  $t$ . Esto puede ser medido por la cantidad de oxígeno disuelto por metro cúbico. Todas las variables especificadas posteriormente estarán en función del tiempo, pero para simplificar la notación no siempre se indicará esto, es decir, se tratará equivalentemente  $S(t)$  y/o  $S$ .

La tasa de crecimiento del stock  $S(t)$  es medida por la función  $G(S)$ . Esta función mide el incremento neto (por unidad de tiempo) del stock de biocapacidad del cuerpo de agua, cuando el stock actual es  $S$ . Para explicitar una forma funcional:

$$G(S) = rS \left(1 - \frac{S}{K}\right)$$

Donde  $r$  corresponde a la tasa intrínseca de crecimiento del stock de calidad del agua y oxígeno disponible. Es decir, cuerpos de agua con un  $r$  más grande crecen o se restituyen más rápidamente (por ejemplo, cuerpos de agua con corrientes más fuertes) y, al contrario, recursos con un  $r$  más bajo son de menor dinamismo y crecen o se restituyen más lentamente.  $K$  es un parámetro exógeno y corresponde al stock de calidad del agua de estado estacionario, pues cuando  $S=K$ , el crecimiento neto de  $G(S)$  es igual a cero, es decir, el cuerpo de agua alcanza un nivel máximo de bio-capacidad. En esta especificación, la función  $G$  tiene forma de U invertida (Fig. 1).

Figura 1



Cuando  $S$  es pequeño, el bajo stock de biocapacidad y nutrientes (mala calidad del agua) hace que el crecimiento neto del stock sea bajo. En el otro extremo, cuando  $S$  es muy alto, la flora marina y el recurso hidrobiológico presionan el aumento de nutrientes y oxígeno hasta alcanzar un estado estacionario en donde se llega a un nivel máximo de calidad del agua y biocapacidad.

Para caracterizar la intervención humana, los agentes cultivan salmones en estos cuerpos de agua, compartiendo su calidad debido a que se asume, tienen una alta cercanía relativa entre centros de cultivo. Para simplificar, sólo incorporaremos el factor trabajo como el único relevante (el análisis se puede extender a los costos de alimentación de los salmones, y al factor capital, pero por simplicidad se ignorarán). El cultivo por unidad de tiempo será:

$$C(t) = \alpha LS$$

El cual es medido en kilogramos de salmón cosechados (biomasa).  $L$  corresponde al factor trabajo (horas de trabajo por persona), que cumple la función de alimentar a los salmónidos, supervisar el cultivo y crecimiento.  $\alpha$  corresponde a un parámetro de productividad exógeno. Vemos que, para un nivel dado de stock de biocapacidad  $S$ , el cultivo es creciente con la cantidad de input de trabajo. Por otra parte, *ceteris paribus* la utilización de trabajo, el cultivo será creciente en el nivel de stock de calidad del agua. Esto último está ligado a los conceptos de *Economic conversion rate* y *biological factor*

*conversion rate*<sup>4</sup>, pues un mayor nivel de productividad y calidad del agua, a su vez, incrementa la productividad y reduce la cantidad de alimento necesario para producir un nivel dado de cultivo. Por lo tanto, podemos observar que S y L no son independientes, pues el stock de calidad del agua depende del tamaño de los cultivos (en cada t) y a su vez estos dependen del nivel del input de trabajo L. Es decir, son variables interdependientes.

A su vez, el consumo de oxígeno por cultivo de salmón (por unidad de tiempo) será una función creciente sobre la cantidad cultivada de salmónidos.

$$N(t) = \theta C(t) = \theta \alpha L \quad \text{con } \theta \in \mathbb{R}^+$$

Donde *theta* corresponde a un parámetro de transformación (se asume lineal) que refleja el consumo de oxígeno por biomasa de salmón cultivada. Una interpretación alternativa es que los desechos generados por los salmones y depositados en el fondo marino, al descomponerse reducen la capacidad aeróbica del agua. Es decir, el parámetro – alternativamente - representa una tasa de cambio de cantidad de cultivo a reducción de oxígeno por la descomposición de materia orgánica.

Con estos elementos, podemos escribir la tasa de cambio neta en el stock de bio-capacidad por unidad de tiempo como:

$$\frac{dS}{dt} = G(S) - \theta C$$

Es decir, corresponde a la tasa de crecimiento natural, menos el consumo del stock de bio-capacidad que generan los cultivos. Incorporando las formas funcionales:

$$\frac{dS}{dt} = rS \left(1 - \frac{S}{K}\right) - \theta \alpha LS$$

Para poder determinar el nivel de cultivo sustentable, es necesario igual  $dS/dt = 0$ , para luego resolver para S. Es decir, que el nivel de oxígeno y biocapacidad no varíe en el tiempo. De esto obtenemos, despejando para S:

---

<sup>4</sup> La tasa de conversión de factor biológico mide la cantidad de comida necesaria para generar 1 kg. de salmón. La tasa de conversión económica es la tasa de conversión biológica ajustada por otros factores económicos. Usualmente, la tasa de conversión económica suele ser menor que la biológica (Hosono, Iizuka & Katz, 2016).

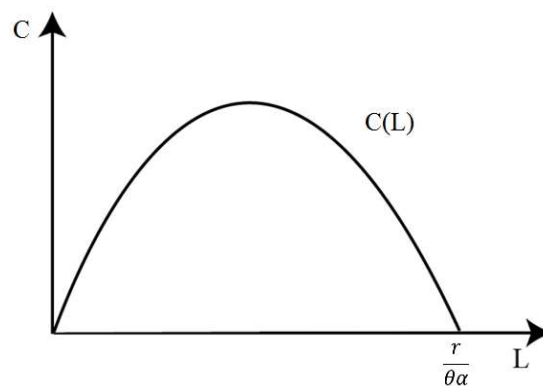
$$S(L) = K \left( 1 - \frac{\theta\alpha}{r} L \right)$$

Así, reemplazamos esta última ecuación en la función  $C(t)$  para obtener así:

$$C(L) = \theta\alpha L \left( 1 - \frac{\theta\alpha}{r} L \right) K$$

Esta función se puede ilustrar como una U invertida y corresponde a el nivel de cultivo sustentable en función del uso del input trabajo (Fig. 2)

Figura 2



La intuición que presenta esta forma funcional es que a medida que  $L$  se incrementa, el cultivo sustentable de largo plazo primero crece y luego cae. Esto ocurre ya que existen dos efectos al incrementar  $L$ . El primer efecto es que, al utilizar más trabajo, se instalan más jaulas y así se cultiva y se cosecha más. El segundo efecto corresponde a que, al cultivar más, se consumen nutrientes como el oxígeno, se acumule materia orgánica en los fondos marinos, la calidad del agua se deteriora y esto hace que caiga su stock y así, esto vuelva a impactar en la producción de otros salmones en el futuro.

Vemos que en la parte inicial de la curva el primer efecto domina, pues se cultiva más y no se reduce significativamente la calidad del agua. Pero a medida que el stock de calidad del agua se va reduciendo, el segundo efecto comienza a dominar, pues el stock de oxígeno cae y los cultivos empiezan a disminuir su capacidad productiva, luego se incrementan los costos para la industria debido a las mayores tasas de conversión económicas asociadas a esta menor productividad del recurso hídrico.

Ahora procederemos a caracterizar tanto el equilibrio de mercado como el óptimo social.

Sea  $w$  el salario o precio del trabajo (o su costo de oportunidad). Éste será único y determinado en el mercado laboral, es un parámetro exógeno. Sea  $p$  el precio por kilogramo de salmón producido. Por simplicidad,  $p$  será exógeno y estará determinado por el precio internacional contingente, y se asume que las firmas no tienen capacidad de modificar este precio.

Para caracterizar la condición de optimalidad económica, o sea la función que maximizaría un planificador social, esta condición se cumplirá maximizando los beneficios sociales, es decir, incorporando el flujo de cultivo sustentable  $C(L)$ , de la cual se obtiene la condición de óptimo:

$$\max_{\langle L \rangle} \{pC(L) - wL\}$$

$$p \frac{\partial C}{\partial L} = w$$

Que refleja que el nivel eficiente de factor trabajo debe ser el que iguale el valor del producto marginal del trabajo al salario.

Por otra parte, en el equilibrio de mercado las firmas cultivarán hasta que el Producto medio por trabajador sea igual al salario, puesto que considerarán a  $C(t)$  en forma independiente de la determinación conjunta con el stock de nutrientes  $S(t)$ , y no internalizarán el costo asociado a la disminución marginal de  $S$  a medida que  $C$  aumenta. Es decir, considerarán a  $S$  como una variable exógena y en este esquema el cultivo ocurrirá hasta que:

$$pC(L) = wL \quad \text{ó} \quad \frac{pC(L)}{L} = w$$

Podemos ahora comparar el equilibrio de mercado con el óptimo social: Caracterizando primero el valor del producto medio del trabajo y el valor del producto marginal del trabajo:

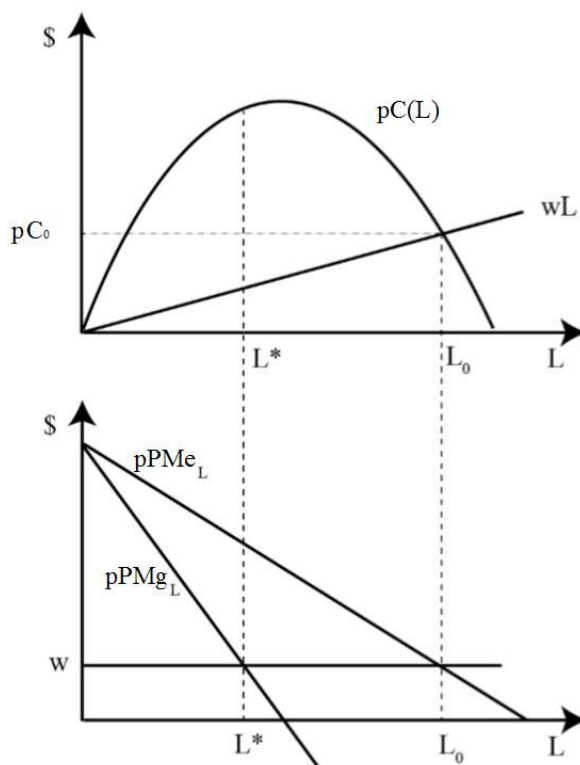
$$pPM_{eL} = \frac{pC(L)}{L} = \theta\alpha p \left(1 - \frac{\theta\alpha}{r}L\right)K$$

$$pPM_{gL} = p \frac{\partial C}{\partial L} = \theta\alpha p \left(1 - \frac{2\theta\alpha}{r}L\right)K$$

Donde ambos tienen pendiente negativa, pero el valor del producto marginal está siempre por debajo del valor del producto medio, pues su pendiente es el doble.

En la figura N°3 se grafican ambos en el panel inferior, y en el panel superior se muestran tanto los beneficios agregados ( $pC(L)$ ) y los costos agregados ( $wL$ ).

Figura N°3: Beneficios y costos agregados (Panel Superior), Producto Medio y Producto Marginal del Trabajo (Panel Inferior).



Podemos ver que en el equilibrio de mercado se obtiene un nivel de contratación  $L_0$  mientras que el óptimo social se produce a un nivel de contratación  $L^*$ .

Cabe notar que mientras que el Producto Medio del trabajo es siempre positivo, el producto marginal del trabajo se vuelve negativo al superar cierto umbral de cantidad de trabajo. Este es el punto en el cual el efecto de agotamiento de la calidad del agua comienza a dominar. La pérdida para todos es mayor que el beneficio de cultivar el salmón marginal.

Podemos concluir que el equilibrio de mercado lleva a un nivel de contratación de factores productivos mayores al óptimo social, pues  $L_0 > L^*$ . Por consiguiente, el nivel de agotamiento del stock de la calidad hídrica es excesivo.

La sobreutilización del nivel de empleo, desde una perspectiva externa, puede parecer algo positivo, cada vez que la industria está generando trabajos para la comunidad, e ingresos para reducir la pobreza en la región, los cuales son retribuidos con los precios pagados en los mercados internacionales. Sin embargo, esta prosperidad se origina a costa de la sobreexplotación del recurso hídrico, el cual es llevado al límite para sostener altas producciones y volúmenes de salmónidos exportados, que demandan trabajo y mano de obra en las distintas etapas de la cadena productiva. La ausencia de coordinación productiva en función de la alta cercanía entre firmas, pone en riesgo la estabilidad de esta “prosperidad”, pues la productividad del agua no se puede incrementar indefinidamente.

Esto, de forma alternativa, corresponde a una externalidad que se produce, pues cuando una firma individual cultiva a un nivel mayor se degrada la calidad del cuerpo de agua para todos quienes lo comparten, es decir, el costo de la reducción del stock de biocapacidad del agua se distribuye entre todas las firmas que cultivan salmónes. La magnitud de esta externalidad está medida por la brecha entre el valor del producto medio del trabajo (PMeL) y el valor del producto marginal del trabajo (PMgL).

Por otro lado, es necesario notar que en este modelo no se termina con el colapso del recurso común, sino que la predicción es que los niveles de stock de biocapacidad llegarán a un nivel bajo.

En base a las condiciones de óptimo resultantes, podemos ver que aumentos en el precio internacional del salmón presionan a que se produzca con una productividad marginal menor, es decir, a una mayor densidad de cultivo, y por ende, se acelere el agotamiento de la calidad del agua. Es decir, el ciclo de precios del salmón modifica el nivel de cultivo óptimo para las firmas.

Como comentarios finales, primero mencionar que la simplicidad del modelo no responde a cómo se genera la aparición de patógenos y virus, siendo que su transmisión ocurre en mayor medida cuando las condiciones del agua son deficientes. Además, ignora los efectos de interacción entre el deterioro del entorno acuático y la intensidad



de las mortalidades o pérdidas. Por último, se ignora qué rol podría cumplir el uso de los antibióticos en la función de producción.

Por otra parte, en el corto plazo, los niveles de oxígeno se pueden restituir durante períodos de descanso luego de una cosecha, y en este caso, la predicción teórica es que los agentes programarán períodos no lo suficientemente largos para restituir la capacidad productiva, por la presión existente a producir más.

Por último, si bien el modelo genera predicciones teóricas en la dirección correcta, las limitaciones que posee se relacionan principalmente con las modificaciones e interacciones sistémicas que se generan con el medioambiente, pues no están totalmente incorporadas en la modelación.

## **CAPITULO II: Contexto Salmonicultura en Chile**

Ahora se procederá a hacer una breve revisión contextual del cultivo de salmones en Chile y los principales impactos medioambientales que es necesario comprender para entender cuál es la labor que cumple Sernapesca en esta industria que, por cierto, requiere un alto nivel de entendimiento de fenómenos e interacciones entre seres biológicos, los salmones, los cuerpos de agua, los ecosistemas marinos, la flora y los fondos marinos. Luego, se referirá a la situación de la obtención de permisos de cultivo y su alta concentración en pocas empresas. Para finalizar, se estudiará el consumo de antibióticos/antimicrobianos en la industria, el cual actualmente llega a niveles nunca antes vistos en países comparables, en un contexto regulatorio donde no se limita su uso.

## Aspectos Medioambientales<sup>5</sup>

La acuicultura, entendida como cultivo de especies marinas – peces, mariscos y mitílicos – en forma general, está caracterizada por un alto nivel de dependencia de la calidad y la productividad del medioambiente (Bailly & Paquotte, 1996)

Se ha documentado la presencia de ventajas comparativas del sur de Chile en respecto a las excelentes condiciones climáticas e hidrobiológicas, y la riqueza natural de las zonas lacustres en el sector austral para el desarrollo de la acuicultura en la zona. Chile además ha experimentado ventajas con respecto a sus competidores debido a los menores costos laborales que posee<sup>6</sup> y los bajos costos de la comida en base a reducciones de pescados silvestres, pues Chile es el segundo productor mundial de harina de pescado. No se ahondará en la relación del cultivo de salmones, su demanda de harina de pescado y la industria de pesca pelágica, ni a estudiar el fenómeno de “*fish meal trap*”.

Por otra parte, existe un alto nivel de dificultad para realizar en forma empírica mediciones de costos y beneficios asociados a acciones enfocadas a la preservación de recursos medioambientales, principalmente debido a la incertidumbre y variabilidad de las respuestas del recurso natural, así como también la presencia de bienes sin una valoración explícita, como por ejemplo la belleza escénica/estética de los sitios intervenidos (Bailly & Paquotte, 1998; Abud *et al*, 2009).

Para Chile, la belleza escénica del sector austral y la Patagonia chilena ha significado altos réditos económicos a través del turismo desarrollado en el sector, con una alta afluencia de turistas tanto nacionales como extranjeros. En este sentido, se ignora por completo cómo afecta el cultivo de salmones el valor estético de los paisajes australes por la presencia de centros de cultivo.

Con respecto al cultivo, las balsas-jaulas donde se cultivan y engordan los salmones son sistemas abiertos que están en contacto directo con el entorno acuático, por lo que su

---

<sup>5</sup> Esta discusión se basa en la exposición hecha en Buschmann et al. (2009), de la cual se destacan los impactos más relevantes, omitiendo otros que permanecen sin ser estudiados a cabalidad, tanto por falta de recolección de datos y/o por falta de investigación científica.

<sup>6</sup> Ver Anexo N°1.

impacto ambiental en los fondos marinos está asociado a lo que ellos utilizan del sistema y a su vez lo que liberan o desechan al sistema.

**Contaminación por desechos orgánicos:** El proceso de cultivo de salmones trae consigo la liberación de nutrientes como nitrógeno y fósforo (a través de la liberación de heces y orina de los salmones), que pueden potenciar el crecimiento de plantas marinas y floraciones de algas, lo que a su vez incrementa el riesgo de eutrofización. Así también, los cultivos liberan materia orgánica a los fondos marinos a través de excreciones y alimento no consumido por los salmones, los cuales se pueden acumular en los fondos si su tasa de descomposición es suficientemente baja, dañando a la fauna local. Esta materia orgánica, al descomponerse, consume oxígeno y reduce la disponibilidad del mismo, lo que a su vez reduce la resistencia o defensas de los salmones a enfermedades, y esto llama a una mayor suministración de antibióticos. Por otra parte, el agotamiento de los niveles de oxígeno en los procesos de descomposición puede llegar a producir gases tóxicos que, si se liberan, son dañinos para los salmones. (Asche & Bjørndal, 2011). Esto evidentemente llama a reducir el uso de comida – harina de pescado – a través de tecnología alimentaria, además de que los costos de comida representan una parte relevante del total de costos para la industria, alrededor de un 43%<sup>7</sup> en Chile, por lo que representa una inversión con altos beneficios.

En la tabla N°1, se muestran las evaluaciones ambientales (INFA) que se han realizado durante el período 2013 – 2015, en ellas, se realiza una medición de variables ambientales a través de muestreos de los fondos marinos, en los cuales se mide materia orgánica, pH, oxígeno disuelto en el agua y Redox.

Tabla N°1: Condición Ambiental 2013 – 2015

Región	Centros	Total INFA's	INFA's aeróbicas	%	INFA's Anaeróbicas	Porcentaje (%)
X	1195	1416	1303	92	113	8
XI	465	768	519	68	249	32
XII	48	75	35	47	40	53

Fuente: Informe Contraloría General República (2016) en base a información de Sernapesca.

Una INFA anaeróbica implica que no hay oxígeno disuelto en el área bajo un centro de cultivo, o bien si no se cumplen los requisitos detallados en el Reglamento Ambiental

<sup>7</sup> Ver Anexo N°1.

para la Acuicultura (RAMA). En la tabla se puede apreciar que un alto porcentaje de los centros de cultivo afectan significativamente los fondos marinos, a través de sedimentación y generan condiciones en que no existe oxígeno disponible debido a la acumulación y descomposición de materia orgánica, lo cual a su vez afecta el bienestar animal de los salmones, pues la menor disponibilidad de oxígeno incrementa las condiciones de estrés y disminuye su defensa contra virus y enfermedades.

La fuerza de las corrientes marinas, es una propiedad que es parte de la calidad de los cuerpos de agua, y se relaciona con la disponibilidad de oxígeno, pues corrientes más fuertes renuevan y reabastecen de oxígeno a la columna de agua y favorecen la dispersión de los desechos orgánicos, disminuyendo así la posibilidad de sobre-nutrir el cuerpo de agua y causar que se eutrofice. Un estudio hecho por el Natural Conservancy Council (1989) en Escocia, confirmó que el impacto del cultivo de salmones sobre la calidad del agua depende en gran medida de la apertura del área. Así, en lagos o cuerpos de agua cerrados, *“los desechos de la salmonicultura pueden modificar significativamente el ecosistema donde ésta se inserta”*.

Por cierto, los ecosistemas ecológicos no dan señales o información al mercado de su valor ni de sus constantes modificaciones. Todos estos efectos perjudiciales de la salmonicultura sobre el medioambiente, que no son internalizados en los precios de mercado, son por definición externalidades negativas (Bailly & Paquotte, 1996).

Con respecto al cambio climático, generado por el aumento de la temperatura promedio de la Tierra, debido a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), se ha observado el alto nivel de riesgo que éste genera tanto en la acuicultura como la pesca, puesto que los incrementos en la temperatura de los cuerpos de agua, que a su vez afectan su salinidad y química, alteran el balance ecosistémico marino y fomentan la aparición de blooms de algas, como el episodio de floración de algas nocivas (FAN) o marea roja, ocurrido en 2016, la cual causó altos niveles de mortalidad en la salmonicultura.

## Uso de Antibióticos

Desde hace varios años, la industria de la salmonicultura en Chile se ha caracterizado por utilizar en forma intensiva compuestos farmacológicos – mayoritariamente antibióticos, o más recientemente, un incipiente uso de vacunas – lo que ha tenido

repercusiones en el acceso del producto final a algunos mercados internacionales. En términos comparativos, Noruega, primer productor mundial de Salmón, utilizó 952 kg de antibióticos en el año 2013, y Chile, segundo productor mundial, utilizó 450 toneladas. Es decir, alrededor de 472 veces más antibióticos, sumado al hecho de que la producción noruega es mucho mayor.

El rol que juega el uso de antimicrobianos en la función de producción de salmones es la de prevención de que los salmones adquieran enfermedades por los vectores y virus existentes en el entorno marino. Resulta interesante que para las salmoneras sea rentable invertir en tal cantidad de antibióticos, pues es posible vislumbrar sobre su uso que los actuales niveles de producción no se podrían sostener sin el uso intensivo de este input de producción. El hecho de que en Noruega se opte, en cambio, a usar cantidades mínimas y, en cambio, invertir en vacunas, las cuales poseen un mayor costo económico, es que reconocen que el uso de antibióticos lleva consigo externalidades negativas, ya sea por los problemas de resistencia antibiótica - que se pueden traspasar a poblaciones humanas - y el daño al ecosistema donde se desarrolla el cultivo.

Estos efectos perjudiciales en el medioambiente han sido documentados para el caso chileno. (Fortt *et al.*, 2007; Miranda & Zemelman, 2002). Asche et al. (1999) argumentan que la internalización de estas externalidades explica la razón de por qué algunos de los mayores problemas medioambientales han sido resueltos en acuicultura. Para el caso noruego, durante la década de 1980 también se recurrió al uso intensivo de antibióticos para combatir patógenos, donde en el año 1987 se llegó al punto más alto de uso de antimicrobianos, con 48,57 toneladas para una producción de 46.000 toneladas, es decir, un índice de consumo de 1,05 gr. por tonelada producida. Este número está muy por debajo del índice actual en Chile (660 gr. por tonelada), revelando que el consumo actual en Chile no tiene precedentes. Los feedbacks negativos y la contaminación generada por el uso intensivo de antibióticos en Noruega llevaron a que en 1991 se introdujera y comercializara una vacuna para reemplazar a los antibióticos, la cual fue ampliamente utilizada desde entonces, a pesar de que los smolts vacunados crecen más lentamente que los no vacunados (Asche *et al.*, 2009). Esta vacuna fue el resultado de inversiones en I+D por parte de la industria farmacéutica noruega, quienes vieron un espacio de posibles rentas a través de la venta de estas vacunas (Asche & Bjørndal, 2011)

De alguna manera, el uso intensivo de antibióticos permite mantener en el tiempo un esquema de tragedia de los comunes o sobreexplotación, pues como se había argumentado anteriormente, precisamente el recurso hídrico (CPR) es el que el comienza a disminuir su productividad a medida que exista sobreproducción en las jaulas de cultivo, sobrepasando su capacidad de carga, disminuyendo la cantidad de oxígeno disponible, con lo cual se reduce el bienestar animal y se fomenta la difusión de vectores y enfermedades, las cuales se mantienen a raya con el uso de antibióticos. Así, se genera un círculo vicioso donde existe un incremento constante en el uso de antimicrobianos, puesto que éstos comienzan a perder efectividad a medida que las especies se adaptan biológicamente a ellos, requiriendo así mayores cantidades suministradas.

El SRS o *Piscirickettsiosis* es la principal enfermedad existente y por la cual se justifican estas cantidades de antibióticos. Se trata de una enfermedad letal que genera una serie de efectos negativos en la salud de los salmones, incluyendo lesiones como descamación superficial, úlceras múltiples, y nado errático, en especial antes de la muerte, entre otras patologías (Larenas & Acuña, 2014). Es un patógeno de carácter intracelular, lo que no permite que los antibióticos penetren la célula donde se aloja esta bacteria. Se ha documentado que la enfermedad posee un patrón estacional, en la cual aumenta de prevalencia<sup>8</sup> en la temporada de transición primavera-verano. El tratamiento del SRS o *Piscirickettsiosis* es el diagnóstico que representa casi la totalidad del consumo de antibióticos y ha evidenciado un aumento constante, al pasar de representar un 71% el 2009 a ser el 94%. Es decir, del total de antibióticos utilizados en agua salada para el año 2015, el 94% se utilizó para controlar el SRS (Sernapesca, 2015). La razón de esto es que las muertes por causa infecciosa mayoritariamente ocurren por la presencia de esta enfermedad.

Otro de los patógenos que afectan a la industria salmonera en Chile es un parásito conocido como el piojo del salmón (*Caligus rogercresseyi*) o sea lice, su nombre en inglés, el cual provoca daño motriz y deprime el sistema inmunológico de los salmones afectados, haciéndolos más vulnerables a patógenos de alto riesgo, como el SRS o la renibacteriosis, además de generar un alargamiento del ciclo de cultivo, producto de la

---

<sup>8</sup> La prevalencia corresponde al porcentaje de centros positivos (que poseen el patógeno) sobre el total de centros operativos en un momento t.

disminución de la eficiencia de conversión alimenticia. En términos comparativos, el piojo de mar que existe en Chile es mucho menos dañino que su par existente en Noruega (*Lepeophtheirus salmonis*), pues tanto su tamaño como tasas de reproducción son menores y significan una menor amenaza. Las regulaciones existentes en Chile, han exigido que no se sobrepase un número determinado de parásitos por pez. Este tipo de normativa ha generado incentivos a intensificar el uso de antiparasitarios en la industria para así cumplir con la norma exigida. El problema es que un mayor uso de antiparasitarios acelera los procesos de resistencia a los mismos, donde luego estos genes de resistencia se traspasan a su descendencia, dificultando aún más su control.<sup>9</sup>

Por otra parte, se ha documentado que los antibióticos utilizados en las jaulas de cultivo, también son consumidos por las especies silvestres que son parte del ecosistema marino, contaminándolos con antibióticos. (Fortt *et al*, 2007)

Con respecto al consumo humano de salmones, en el proceso de cultivo, los antibióticos se degradan después de cierto tiempo, y hacia el final de la fase de engorda se detiene la suministración de antibióticos. Así, los salmones que se exportan quedan libres de antimicrobianos. Sin embargo, la resistencia bacteriana sí puede ser traspasada a los humanos, y causa que estos se vuelvan inmunes a tratamientos en base a antibióticos. En general, los consumidores que tienen preocupaciones o conciencia ambiental, tienden a preferir salmones asociados a un proceso productivo sustentable y amigable con el ecosistema del cual es parte y del cual los productores se sirven en forma intensiva.

En el gráfico N°1 se puede apreciar la evolución en el uso de antibióticos, donde se grafica tanto las toneladas de antibióticos utilizadas por año (histograma), como el Índice de Consumo (línea), que representa el porcentaje de antibióticos por tonelada producida. Al multiplicar el índice de consumo por 1.000.000 se obtiene los gramos de antibiótico por tonelada producida. Se observa la alta correlación que existe entre la cantidad de antibióticos con la producción de salmónidos, en cuanto a su disminución durante la crisis y estabilización del virus ISAv (2008-2010) para luego crecer en conjunto con la producción de salmónidos y llegar a representar 660 gramos por tonelada producida en 2015.

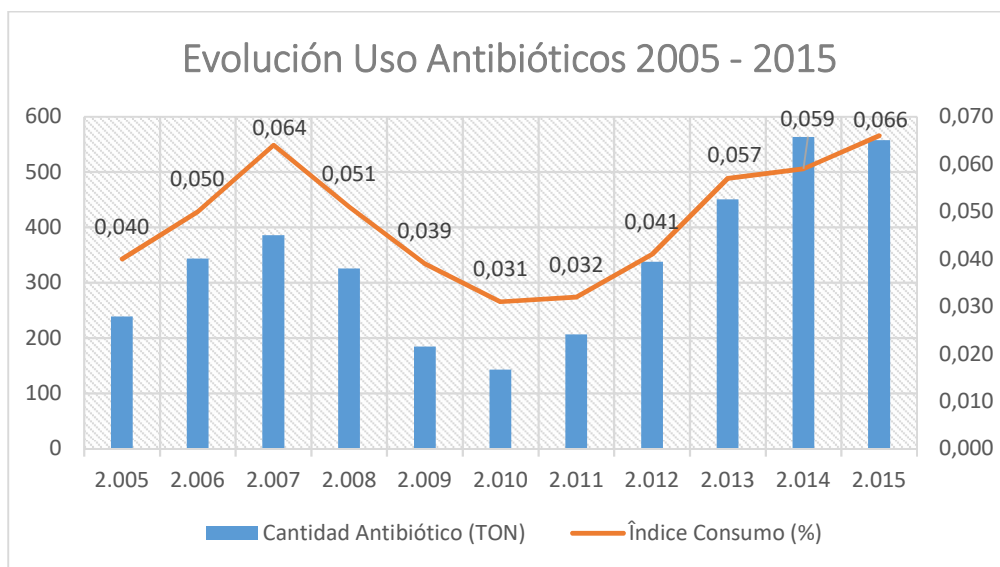
---

<sup>9</sup> Ver más en:

<http://www.aqua.cl/2016/10/24/dra-acuicultura-cuestiona-normativa-controlar-piojo-del-salmon/>

Sernapesca está a cargo de autorizar los fármacos que se suministran a los salmones, sin embargo, no existe ninguna limitación con respecto a las cantidades de antibióticos utilizadas.

Gráfico N°1



Uno de los varios problemas que se produce al utilizar en forma tan intensiva productos farmacéuticos en acuicultura, es que, en consecuencia, se deben destinar muchos recursos y esfuerzos a investigación en temas como virología, microbiología, ictiopatología y resistencia bacteriana, generando así una especialización en esas áreas, debido a que, por una parte, los antibióticos se vuelven menos efectivos debido a la adaptación biológica de los salmones, y por otra, se aceleran los procesos de resistencia de los mismos patógenos, los cuales traspasan sus genes de resistencia al reproducirse a su descendencia. Durante el período 1983-2005, un 27,1% del total invertido en investigación en salmónidos se destinó a Patologías y Manejo Sanitario, seguido muy por lejos de temas asociados a sustentabilidad ambiental, como Medioambiente y Producción Limpia; y Biología y Ecología, con un 10,2% y un 2,8%, respectivamente (Bravo, 2007). Dado que los recursos para investigación son limitados, en la industria se privilegian líneas asociadas a Patologías de salmones, en vez de otras que debiesen ser de mayor prioridad pensando en la industria a nivel sectorial y en el largo plazo, como por ejemplo estudios de oceanografía, topografía marina, capacidades de carga locales, que se realizan en mucha menor magnitud, y que deberían ser prioritarios, pues



así se podría cultivar de acuerdo a los límites que imponen los cuerpos de agua, lagos y fiordos del sur de Chile.

## Concesiones acuícolas y derechos sobre la producción

Durante los últimos años de evolución de la industria salmonera en Chile, se ha evidenciado un creciente número de fusiones y adquisiciones entre empresas, lo que ha reducido el número de firmas totales, incrementando así los niveles de concentración de la industria. Las concesiones acuícolas corresponden a los permisos de cultivo, otorgados por el Sernapesca, que autorizan a una firma a utilizar una localización para establecer cultivos de salmónes, que incluya la infraestructura asociada y las jaulas de cultivo. A 2016, existen un total de 1.331 concesiones entregadas. En la tabla N°2, se presenta los 5 grupos o empresas con mayor posesión de concesiones, donde entre las 5 acumulan casi un 43% de la totalidad de las concesiones entregadas para cultivo. La posesión de una concesión es un activo de gran valor, pues permite bloquear la entrada de nuevas empresas productoras. Más aún, poseer un gran número de concesiones permite poder calendarizar una producción continua, en el caso de que una o más ACS se encuentren en período de descanso coordinado, privilegio que no poseen las empresas de menor tamaño, que deben paralizar sus actividades cuando al barrio le corresponde descanso coordinado.

Tabla N°2: Concentración de Concesiones de las cinco mayores empresas/grupos

Empresa/Grupo	N° Concesiones	% Total
<b>Marine Harvest Chile</b>	171	12,8%
<b>Mitsubishi</b>	109	8,2%
<b>Multiexport</b>	104	7,8%
<b>Agrosuper</b>	99	7,4%
<b>Aquachile</b>	87	6,5%
Total	570	42,8%

Fuente: Estadísticas de Concesiones Sernapesca (2016)

En la Ley General de Pesca y Acuicultura se establecen las causales de caducidad de una concesión acuícola, entre las cuales están el no pago de las patentes acuícolas, que corresponden a máximo 2 UTM mensuales (que, por cierto, es desestimable en comparación con la renta que obtienen asociada a la productividad del agua), por no

iniciar operaciones dentro del plazo establecido por la normativa o por paralizar actividades por más de dos años consecutivos. Es decir, si es que no se infringen estas causales – que no representan mayor dificultad o presión – las concesiones tienen una duración indefinida en el tiempo para la persona natural o jurídica propietaria.

## **CAPITULO III: El desarrollo de Sernapesca, la agencia reguladora**

A continuación, se comenzará a explorar el desarrollo de Sernapesca, y como se había mencionado anteriormente, el foco se pondrá sobre la fiscalización en salmonicultura debido a la importancia relativa de la industria, su explosivo crecimiento y los problemas de coordinación que ha experimentado, con sus respectivas consecuencias ambientales, sanitarias y de productividad. Se hará este foco sobre regulación de salmoneras, a pesar de que Sernapesca fiscaliza a todos los tipos de acuicultura que se realizan, así como a la industria de pesca extractiva en Chile. Se hará una revisión del nacimiento y primeras décadas de la agencia, revisando su estructura y funciones principales. Luego se documentarán los procesos de cambio asociados a nueva normativa y la aparición de la crisis del virus ISA, que sacudió a la industria y presionó al aumento de recursos hacia acuicultura para poder cumplir con la nueva normativa de legislación y respectiva fiscalización, que se volvió mucho más estricta luego de este episodio de catástrofe sanitaria<sup>10</sup>. Finalmente, se relatará el avance de la agencia durante la última década, post virus ISA, con el afán de observar el camino que ha recorrido, hacia dónde ha sido su avance y cuáles fueron las causas que así lo determinaron. En él se describirán los distintos programas de fiscalización que ha generado, haciendo una revisión de tanto el proceso presupuestario como la gestión de las personas que conforman la agencia, con una creciente profesionalización y adquisición de capital humano de alta calificación.

### **Funciones**

En el ámbito de la acuicultura, Sernapesca desarrolla labores de fiscalización orientadas a verificar el cumplimiento y respeto de las normas operacionales, sanitarias y

---

<sup>10</sup> Se destacarán las funciones y programas de mayor importancia relativa para la industria salmonera, por lo cual, no se detallarán en profundidad todas las actividades que realiza Sernapesca, con respecto a otras actividades de acuicultura.

ambientales. Estas labores de fiscalización se complementan con labores de vigilancia sanitaria dirigidas a detectar oportunamente patógenos y/o enfermedades de alto riesgo para los recursos que son cultivados.

La Subdirección de Acuicultura, es la encargada de regular la política sectorial de acuicultura, y existen tres divisiones que de ella dependen. Primero, el Departamento de Sanidad Animal, encargado de velar por el cumplimiento de la normativa sanitaria (RESA) en torno a la presencia de patógenos que afecten a los recursos hidrobiológicos. Segundo, está el Departamento de Gestión Ambiental, encargado del cumplimiento de la normativa ambiental (RAMA), que incluye evaluaciones ambientales periódicas como los informes ambientales (INFA) que deben realizar los centros de cultivo y ser evaluados por la agencia. Por último, el Departamento de Gestión de Programas de Fiscalización en Acuicultura, está encargado de desarrollar protocolos y programas para llevar a cabo las acciones de fiscalización en los aspectos críticos que requieren atención e intervención en la industria.

Principales actividades que realiza Sernapesca en salmonicultura:

- Emisión de certificados sanitarios.
- Vigilancia epidemiológica (detección temprana de patógenos).
- Prevención y control de enfermedades.
- Campañas Sanitarias.
- Elaboración y análisis de Informes Ambientales (INFA).
- Certificación de alimentos para especies vivas y autorización de fármacos.
- Fiscalización de cumplimiento de normativas (RESA, RAMA, LGPA, PSEVC)

Si hubiese que determinar cuál es el output o activo que produce Sernapesca en acuicultura a través de su acción fiscalizadora, tenemos que hablar de la gestión del riesgo, es decir, que las acciones del Servicio reducen el riesgo de una próxima crisis ambiental o sanitaria, disminuyendo la probabilidad de que ésta ocurra y cause mortalidades y pérdidas económicas para la industria.

Es posible argumentar que el éxito de Sernapesca como ente fiscalizador depende de los siguientes factores principales:

1. Calidad y pertinencia del cuerpo regulatorio: Puesto que la agencia realiza fiscalización en base a la normativa entregada en distintos cuerpos legislativos, un requisito para la agencia muestre resultados en sus acciones es que el cuerpo regulatorio sea el adecuado, y que tenga la calidad y base científica necesaria para lograr modificar los incentivos de las firmas y redirigirlos hacia acciones que preserven los recursos hidrobiológicos hacia el largo plazo.
2. Recursos Disponibles para la ejecución de su rol: Una agencia cuyo objetivo es movilizar recursos para hacer fiscalización activa está por definición limitada por los recursos que tiene disponible, que pueden ser financieros, el capital humano de sus funcionarios o el conocimiento acumulado por el aprendizaje de la misma agencia.
3. Facultades y atribuciones legales que posee el Servicio: De una manera similar, el poder que le entrega la ley al Sernapesca para fiscalizar, fortalece la credibilidad de la fiscalización, además de la capacidad de inducir mayores cambios en los comportamientos indeseados, a través de las multas por infracciones y acciones transgresoras.
4. Nivel de conocimiento científico sobre la acuicultura, y sus interacciones con el ambiente: En un ambiente donde la productividad de un recurso natural es crucial y se requiere un grado de entendimiento de cómo fuerzas ecológicas interactúan, cómo se transmiten y mutan los virus y enfermedades, entre otras, este tipo de conocimientos incrementan las herramientas de la agencia para fiscalizar con métodos y prácticas que sean de mayor efectividad.

## Inicios

A diferencia de Noruega, la cual tiene una ascendencia histórica en cultivo y pesca de salmones, la industria salmonera en Chile surgió de una implantación realizada por el gobierno, a través de Fundación Chile, en conjunto con instituciones de investigación de Japón y Canadá, principalmente. Debido a la novedad de la industria, donde se cultivan peces no endémicos, su proceso de desarrollo ha sido caracterizado extensamente por aprendizaje en base a ensayo y error, y generación de conocimientos *in situ*.

Asimismo, la aparición de Sernapesca como agencia reguladora ha llevado un proceso continuo de aprendizaje y desarrollo de la misma, con respecto a sus modificaciones en

estructura formativa, recursos disponibles, y su nivel de especialización y creciente nivel de capital humano. Todo esto pues, el monitoreo y la fiscalización que deben realizar requieren de un alto nivel de pericia técnica, y de comprensión de fenómenos medioambientales, oceanográficos, de sanidad animal, virología y patologías, entre otros.

Sernapesca cumple dos roles principales, regular la pesca extractiva y a la vez regular la acuicultura nacional, donde ambos se rigen por normativas sumamente disímiles debido a las características intrínsecas de cada actividad productiva.

En el año 1978 se establece el Decreto Ley N° 2442 donde es creada tanto la Subsecretaría de Pesca (Subpesca) como el Servicio Nacional de Pesca (Sernapesca), el último con una determinada estructura u organigrama (Anexo N°2), la cual seguiría rigiendo hasta 1992, cuando se legisla la Ley General de Pesca y Acuicultura.

Cabe destacar que, en este organigrama inicial, a pesar de que en el Decreto Ley se especificaba la obligación de regular y supervisar el desarrollo de la acuicultura, en la práctica no existía ninguna división ni departamento de acuicultura en Sernapesca, lo que en parte se debe al poco desarrollo y reducido tamaño que tenía la industria en la década de 1980, y por ende el foco se puso en fiscalizar a la industria pesquera.

En el año 1991 se legisla la Ley N° 18.892, Ley General de Pesca y Acuicultura o LGPA en la cual se establecen las bases para la regulación de la pesca, y sobre acuicultura solamente se norma el reglamento de otorgamiento y caducidad de las concesiones de acuicultura.

## Cronología del desarrollo de Sernapesca

### **La agencia pre-Crisis ISA**

Desde un comienzo, la agencia de gobierno destinó muy poca atención a la acuicultura, y sus funciones se enfocaron en la regulación del sector pesquero, indicando *path-dependence* debido a la tradición histórica de la pesca extractiva en alta mar (Iizuka & Katz, 2015). Así, desde un principio la agencia no tuvo los recursos necesarios para regular y fiscalizar a la industria acuícola, puesto que, por una parte, los recursos

eran limitados y el bajo nivel de producción no demandaba una intervención activa por parte del Estado.

Una de las razones es que la agencia fue creada con el propósito de regular la pesca extractiva, industria tradicional debido a la extensión de las costas de Chile en el Pacífico, que hasta ese entonces requería regulación estatal debido a su importancia económica. Durante las primeras décadas de Sernapesca, el aprendizaje de la misma fue mayoritariamente en Pesca. Recién hacia la década de 1990, la industria salmonera comenzaría a tomar mayor relevancia económica con el creciente desarrollo del cluster, sin embargo, aún no se estimaba necesario la fiscalización activa del sector por parte del gobierno, y la institucionalidad del Estado existente en acuicultura principalmente se componía de leyes, normativas, reglamentos sanitarios y ambientales.

Hacia el año 2003, el Sernapesca implementa un Programa Sanitario Específico de Vigilancia Activa para Enfermedades de Alto Riesgo (EAR) en Peces de Cultivo (Resolución N° 61/2003) con la cual, a través de estudios de laboratorio, se muestrean y se hace vigilancia a la aparición de enfermedades exóticas, que no se encuentran en territorio nacional. A la fecha, Chile está libre de las enfermedades de alto riesgo de la Lista 1.

Uno de los productos más relevantes en materia sanitaria en Sernapesca son los Programas Sanitarios Específicos de Vigilancia y Control de Enfermedades de Alto Riesgo (PSEVC), en donde, como su nombre lo señala, se destinan recursos para generar procedimientos de control, mapeo y seguimiento de centros positivos con enfermedades de alto riesgo para la industria salmonera, donde se realizan cálculos del riesgo sanitario de los centros, además de la clasificación de centros según la incidencia del patógeno en (de mayor a menor intensidad):

- Centros de Alta Diseminación (CAD)
- Centros en Alerta
- Centros en Vigilancia

En el año 2007, se da inicio al el Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de Caligidosis (PSEVC-Caligidosis) para poder sistematizar el control del piojo de salmón en salmonicultura, que ya en el mismo año había sido tipificado en la Lista 2 como una enfermedad de alto riesgo. El programa ha sufrido una serie de modificaciones

y adaptaciones, todas realizadas por Sernapesca. En 2015, se vuelve a lanzar el programa en su cuarta versión, incorporando modificaciones en función del conocimiento adquirido durante las fiscalizaciones, principalmente para fortalecer el uso de lonas cerradas para realizar los baños de *Caligus*, que han resultado efectivas, y para ejercer un control a nivel de barrio, pues previamente el foco era en centros individuales y se desestimaba un enfoque grupal. Estas sucesivas modificaciones evidencian los procesos de aprendizaje y adaptación que ha atravesado Sernapesca en su rol de vigilancia y control del *Caligus*. En general, el PSECV-Caligidosis ha tenido cierta efectividad en controlar los brotes de enfermedad, así como en reducir la prevalencia semanal de centros de alta diseminación (CAD), sin embargo, el parásito no ha sido controlado totalmente.

Hasta el inicio de 2008, la normativa existente y relacionada con la industria salmonera no era muy exigente, en donde por ejemplo los productores declaraban mortalidad de forma voluntaria y escrita. Estos documentos podían llegar a Sernapesca hasta 30 o 60 días después de haber ocurrido la mortalidad, lo cual impedía que se pudiera fiscalizar *ex-post*. Esto generó la necesidad de sistematizar la información que recibía Sernapesca por parte de la industria, además de avanzar hacia sistemas de traspaso de información a través de internet.

En general, antes de la aparición de la crisis del ISAv, Sernapesca tenía un rol pasivo en la fiscalización de la acuicultura, pues en su mayor parte se dedicaba al seguimiento de enfermedades que afectaban a la industria, a controlar la entrada de patógenos exóticos y la fiscalización era mayoritariamente documental y no presencial, es decir, se fiscalizaban documentos emitidos por las firmas productoras.

### **La agencia post-Crisis ISA**

La emergencia del Virus ISA en 2007-08 llevó a toda la comunidad asociada a la producción de salmones a reconocer y evidenciar la falta de protocolos y de regulación para controlar problemas sanitarios y ambientales asociados a la salmonicultura. La ley 20.434 de 2010 modificó la LGPA, incorporando las nuevas medidas y normas asociadas a la regulación de la acuicultura, además de nuevas atribuciones y facultades legales de Sernapesca para fiscalizar. Con esta ley, se hace una separación clara entre lo que es el sector de pesca extractiva con respecto a acuicultura, así Sernapesca debe incorporar

dos cuerpos legislativos que regulan a estas industrias, comenzando así un proceso de especialización y divergencia entre las áreas internas de la agencia. Además, se generaron modificaciones al reglamento sanitario RESA y se generó una reestructuración de Sernapesca y de su organigrama (Anexo N°2) con el DFL 2 de 2011 en la cual se creó la Subdirección de Acuicultura, encargada de planificar y coordinar la política de acuicultura y su fiscalización, que ya era una necesidad debido a la envergadura que había alcanzado la industria.

En el Anexo N°4 se detalla cronológicamente las nuevas medidas y actividades que se realizaron para controlar el virus ISAv en el período 2007-2010, por ejemplo, las exigencias de screening de reproductores, zonificación, nuevos programas sanitarios y como a través de estas medidas se pudo controlar la enfermedad y reactivar la producción en los centros de cultivo.

En términos operativos, luego que se adoptaron medidas de control del virus ISA, como los protocolos y planes de contingencia que se llevaron a cabo, finalmente estos fueron consolidados en el Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de la Anemia Infecciosa del Salmón (PSEVC-ISA), implementado en noviembre de 2009, en el que se establecieron los procedimientos y programas de muestreo en las diferentes etapas de cultivo de los salmónidos. Con las medidas adoptadas, se logró controlar exitosamente la enfermedad, pues luego de 2009 los brotes de ISAv se redujeron a cero, con algunas apariciones esporádicas durante los siguientes años (Anexo N°5). Sin embargo, existe una variante del ISA no virulenta que no produce mortalidades, el HPR0, el cual está llegando a una tasa de prevalencia de 29,2% a nivel nacional al primer semestre de 2016. Aún existe un grado de incertidumbre acerca del riesgo potencial de que esta variante genere nuevas mutaciones de ISA que puedan afectar a la industria.

En materia ambiental, hasta antes de 2011, los Informes Ambientales (INFA), que detallan la condición ambiental y aeróbica de los fondos marinos, eran realizados por los privados. Luego, con las modificaciones en la LGPA, la elaboración de las INFAs pasó a manos del Sernapesca, y con este traspaso los resultados negativos aumentaron considerablemente, en torno a la disponibilidad de oxígeno y la materia orgánica presente en los fondos marinos.



El desarrollo de la institución durante el período de recuperación de la crisis, 2009-2011, se focalizó principalmente en aumentar la fiscalización en temas de bioseguridad, el cual es un componente esencial en la prevención y control de enfermedades de alto riesgo para las especies hidrobiológicas. Sernapesca define la bioseguridad como *“Aplicación de conocimientos, técnicas y equipamiento para prevenir la exposición de personas, animales y medio ambiente a agentes potencialmente infecciosos o considerados de riesgo biológico.”* La creación de los barrios de cultivo (ACS) y macro-zonas han intentado zonificar las áreas de cultivo para tener un mejor manejo en la eventualidad de un brote de enfermedad, para que así éste no se propague a otros barrios ni centros de cultivo, como efectivamente ocurrió con el Virus ISA en la crisis 2007-08. En esta dirección, Sernapesca avanzó en generar una serie de certificaciones para velar por la bioseguridad, entre los cuales podemos nombrar:

- Certificaciones sanitarias de movimiento de peces desde pisciculturas a los centros de cultivo en lagos y mar.
- Certificados de cosecha.
- Certificados de mortalidad.
- Autorizaciones para entrada de ovas y especies exóticas.
- Desinfección de equipamiento, redes, balsas-jaulas, embarcaciones y personal.

Este aumento de exigencias y documentación han contribuido a incrementar los costos de producción de las firmas productoras, y en términos generales, para la industria el aparato regulatorio actúa como un ente que aumenta los costos y reduce la competitividad de la industria con respecto a los competidores internacionales.

Luego de la crisis, como medida de bioseguridad y para mitigar la aparición de nuevos brotes, la autoridad fijó densidades de cultivo máximas de cosecha (Res. Ex. N° 1449/2009):

- Salmón del Atlántico (Salar): 17 Kg/m<sup>3</sup>
- Trucha y Salmón Coho: 12Kg/m<sup>3</sup>

Dentro de las medidas utilizadas para controlar las condiciones sanitarias del recurso hídrico, se encuentran los Descansos Sanitarios Coordinados, que corresponden a períodos donde agrupaciones de concesiones de salmónidos (ACS) están impedidas para producir durante tres meses entre períodos productivos, independientemente de las

características de los centros, medida incorporada para frenar el ciclo de vida de parásitos como el piojo de salmón. El hecho de que la duración del descanso sea igual para todos los centros y ACS, no tiene ningún sustento científico, puesto que los tiempos de regeneración del subsuelo marino dependen de las características de la columna de agua (profundidad, corrientes, tipo de subsuelo, etc.), y por ende el tiempo de descanso debiese ser variable y específico a la localidad del cultivo y sus características. (Isakson & Bernardello, 2012)

Luego de la emergencia sanitaria del ISA, Sernapesca procedió a organizar campañas sanitarias, con el fin de aumentar el diálogo tanto con la industria como con la comunidad acerca de qué maneras controlar las enfermedades, difundir el conocimiento que se tiene sobre ellas e invitando a adoptar prácticas que reduzcan el riesgo para las firmas de ser afectadas por los patógenos. En la tabla N°2 se detalla el número de campañas realizadas por región (2012-2015), donde se puede destacar que la región de Magallanes ha sido intervenida en forma poco consistente en el tiempo, mientras que las regiones de Los Lagos y Aysén concentran la mayoría de las campañas sanitarias que se han realizado, pues en éstas se concentra el cultivo de salmónidos.

Tabla N°3: Campañas Sanitarias 2012 – 2015 (por Región)

Año\Región	X - Los Lagos	XI - Aysén	XII - Magallanes	Otras	Total
2012	5	8	8	0	21
2013	16	19	0	0	35
2014	21	21	6	0	48
2015	13	11	1	12	37

Fuente: Informes de Actividades en Pesca y Acuicultura 2012-15.

En conjunto con el desarrollo de la industria, se han incorporado empresas prestadoras de servicios a la acuicultura, entre ellas, embarcaciones marítimas a las cuales Sernapesca desde 2010 fiscaliza vía satelital, controlando las rutas que siguen y la velocidad para tomar medidas de bioseguridad, pues estas embarcaciones pueden actuar como propagadores de patógenos. Por otra parte, Sernapesca demanda los servicios de las empresas que se desarrollaron en torno a la salmonicultura, por ejemplo, contratando a empresas que certifiquen la desinfección de los centros de cultivos, a laboratorios para análisis de muestras, certificadores sanitarios, arriendo de embarcaciones, entre otros.

Hacia 2010, con la ley 20.434 que modificó la Ley General de Pesca y Acuicultura, se estableció un reglamento de densidades de cultivo, en respuesta a la crisis del virus ISA, observando que en 2007 algunos centros operaban con una densidad alrededor de 31 kg/m<sup>3</sup>, para satisfacer los altos precios internacionales y demanda. En ella se fijaron como densidades máximas permitidas de 17 kg/m<sup>3</sup> para Salar; y 12 kg/m<sup>3</sup> para Trucha y Coho, además se incorporaron los Score de Riesgo, a cargo de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, que incluye una fórmula de cálculo de la cual resulta un puntaje que define el castigo de densidad de biomasa máxima permitida (Anexo N°6), en función de los niveles de bioseguridad, que se determinan en base a tres elementos: proyecciones de producción, mortalidades pasadas y elementos de desempeño ambiental (INFA) de una ACS.

Desde 2011 a 2013, se destinaron mayores recursos para el arriendo de embarcaciones, lo que fortaleció la fiscalización y su independencia. El ítem de gasto en arriendos en Acuicultura pasó de \$7 a \$271 millones de 2011 a 2013.

En 2011, en vista de los problemas de recopilación y sistematización de información, se lanzó el Sistema de Información para la Fiscalización de Acuicultura (SIFA), en el cual los diversos trámites e información se traspasan en línea con los usuarios sectoriales. El mismo año, se dio inicio al Plan Nacional Específico de Fiscalización para la Acuicultura (PNFA), que ha resultado en que las acciones de fiscalización en acuicultura han pasado de 5.750 en el 2011 a 18.395 en 2015.

Hacia 2011, en general en la industria se reconocía la poca capacidad fiscalizadora de Sernapesca, pues éste carecía de embarcaciones propias para poder hacer visitas a los centros de cultivo y realizar fiscalizaciones, y eran las mismas empresas quienes llevaban a los fiscalizadores a los centros, lo que eliminaba el elemento sorpresa. Además, se acusaba que la tasa de salarios que ofrecía Sernapesca era menor a la que ofrecía la industria (Isakson & Bernardello, 2012).

Desde 2012, se formulan informes anuales acerca de las actividades y acciones de fiscalización y sus resultados, para así transparentar y poner a disposición de la ciudadanía los productos y servicios que genera la agencia en materia fiscalizadora. Además, en este año la institución cambia de nombre legal y pasa a llamarse Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

Sernapesca en sus últimos años ha atravesado procesos de adquisición tecnológica, como ha sido la incorporación de mapeos satelitales, cámaras submarinas, la adquisición de un robot (Remote Operated Vehicle o ROV) para fiscalizar y tomar muestras en los fondos acuáticos. Esto ha ocurrido en conjunto con un trabajo de colaboración con la Superintendencia de Medioambiente (SMA), la cual ha trabajado para incorporar herramientas para mejorar el manejo ambiental y promover una industria sustentable.

El año siguiente, a principios de 2013, se pone en marcha el Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de *Piscirickettsiosis* (PSEVC-Piscirickettsiosis) reconociendo el alto nivel de intensidad de la prevalencia del SRS en la industria, además de ser el causante de grandes mortalidades de salmónidos. Su objetivo principal es la *“disminución del impacto de la enfermedad a través de una vigilancia robusta y la aplicación de medidas de control oportunas y graduales.”*

A diferencia del PSEVC-ISA, tanto el PSEVC-Caligidosis como el PSEVC-Piscirickettsiosis no han sido efectivos en controlar totalmente la prevalencia de estas enfermedades en la industria, pues los logros de los mecanismos de control se han traducido principalmente en una reducción del número de Centros de Alta Diseminación (CAD), en el control de aparición de brotes y vigilancia preventiva, que a su vez han logrado reducir sólo parcialmente las prevalencias, sin embargo, estos patógenos siguen siendo las principales fuentes de pérdidas de productividad y de las mortalidades producidas en la industria cada año.

Por otra parte, se realizan amplios esfuerzos de difusión para dar a conocer las nuevas exigencias y normativas de control que son parte de los PSEVC, incluyendo reuniones informativas con agentes de la industria y a través de la página web de la institución. En ese sentido, para poder implementar estos programas sanitarios Sernapesca ha tenido que trabajar en reforzar los vínculos público-privados, pues es necesario que tanto las firmas como los actores del gobierno, Sernapesca y Subpesca, estén alineados y actúen en conjunto para poder hacer más eficiente el control de los patógenos. Por ejemplo, que las firmas revelen sus datos de patógenos y enfermedades para tener un trabajo y control sanitario más dinámico. Esto se ha traducido en reuniones con actores de la industria, y también en la generación de grupos de trabajo con actores de otros países, para validar las metodologías y protocolos de control y vigilancia.

En 2014 se volvió a hacer una reestructuración orgánica de Sernapesca (Anexo N°4) debido al alto nivel de contratación y movilización de recursos que se estaba alcanzando, en la cual se incorporaron Subdirecciones jurídicas y administrativas, además de sumar a la agencia una Unidad de Participación Ciudadana con el fin de que la comunidad pueda aportar a la toma de decisiones y fomentar su presencia e intervención en la gestión pública de la agencia.

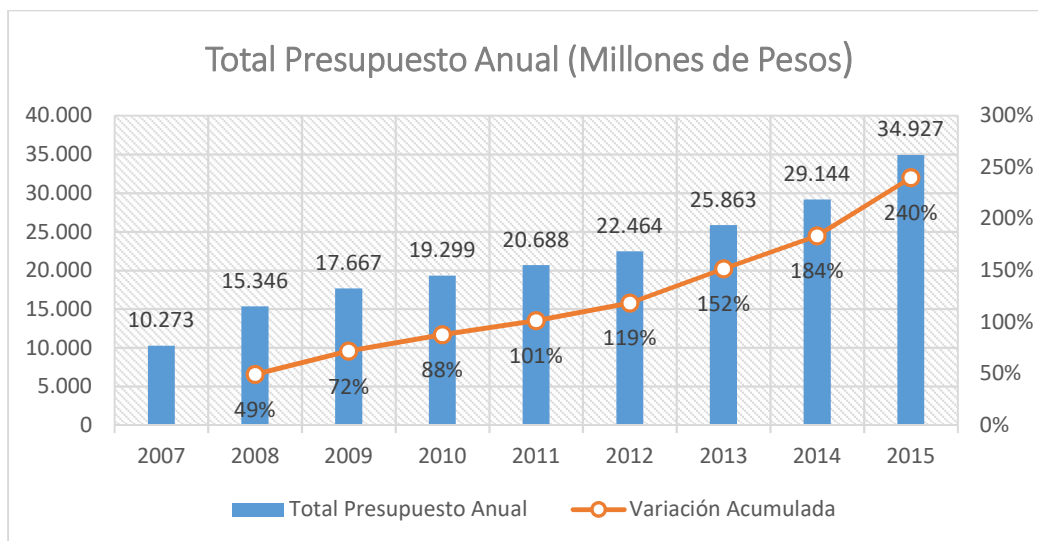
## **Recursos**

En esta sección se discutirá acerca de los recursos financieros como el capital humano que posee la agencia y cómo estos han evolucionado durante la última década, tanto a nivel de la agencia completa como en la unidad de acuicultura.

### **Presupuesto**

El desarrollo del presupuesto de la totalidad de la agencia ha mostrado un camino distinto al que se observa para la división de acuicultura, que es la cual se encarga de fiscalizar a la industria salmonera. Como se puede apreciar en el gráfico N° 2, constantemente ha existido una presión por aumentar los recursos disponibles en el presupuesto anual para Sernapesca, en respuesta a las nuevas obligaciones de control sanitario y ambiental, tanto en acuicultura como en pesca extractiva, pues desde 2007 a 2015 se ha más que duplicado el presupuesto total (240%). Esto está compuesto en gran parte también por el aumento en la contratación de personal, que en su mayoría corresponden a profesionales.

Gráfico N° 2: Evolución Presupuesto Total Sernapesca (2007 – 2015)

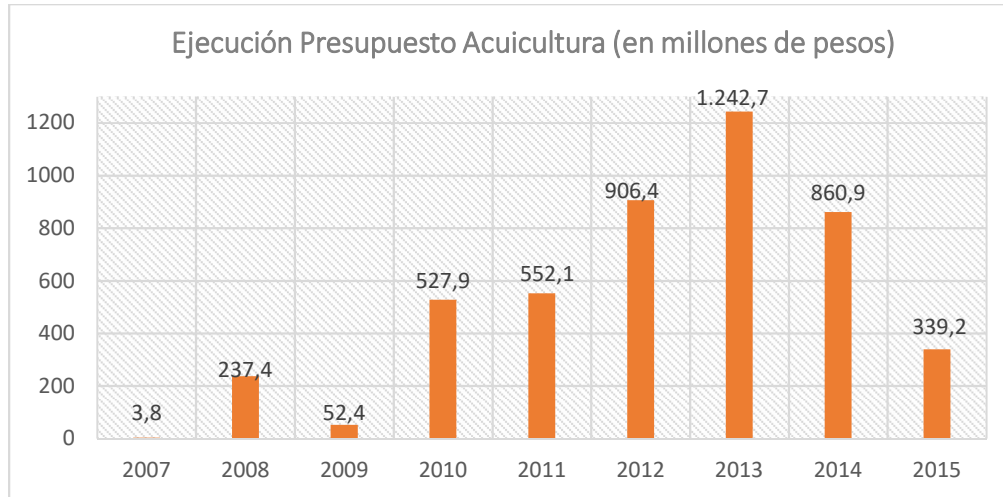


Fuente: Elaboración Propia en base a Datos Presupuestarios Sernapesca

Evidentemente, esta presión por una mayor cantidad de recursos tuvo un destino en el aumento de las distintas actividades realizadas por Sernapesca, las cuales fueron detalladas en la sección anterior.

Con respecto a la división de acuicultura de Sernapesca, la evolución de los recursos monetarios utilizados muestra una evolución sumamente poco estable, lo cual se puede apreciar en el gráfico N°3, que se inicia con recursos casi nulos, probablemente debido a que no existía hacia el 2007 una separación clara a nivel interno entre la fiscalización de pesca extractiva y acuicultura. El período 2007-2008 marca el primer hito de contratación de fiscalizadores para poder ejercer las acciones de emergencia por el advenimiento del virus ISA. Luego de esto los recursos fueron en aumento hasta llegar su máximo en 2013, y luego volver a caer para los años posteriores. Esta alta variabilidad en el gasto está explicada en gran medida por la varianza que presenta el gasto por pago de personal a honorarios, cuyos montos no presentan un patrón definido.

Gráfico N° 3: Evolución Ejecución Presupuesto en Acuicultura (2007 – 2015)



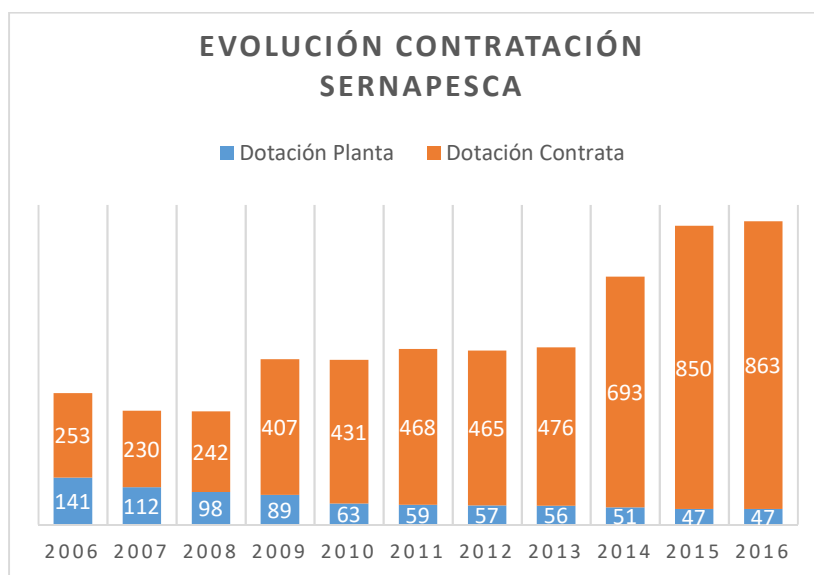
Fuente: Elaboración Propia en base a Datos Presupuestarios Sernapesca

### Capital Humano

En el gráfico N° 4 se muestra el avance en la contratación de personal a través del tiempo. En él, podemos observar un aumento global de la base planta y contrata, mientras que la dotación de planta ha disminuido tanto en términos absolutos como relativo al total, evidenciando que este tipo de contratos están crecientemente reservados para directivos y autoridades de gobierno. Así, la presión que ejercía tanto la nueva normativa como el crecimiento de la industria pesquera y acuicultora se tradujo en un aumento en la contratación de fiscalizadores (2008-2009) y profesionales.

Haciendo un análisis con respecto al nivel educativo de la dotación de planta y contrata (Anexo N°8) podemos observar que el porcentaje de profesionales sobre el total ha pasado de 62% a un 87% en el caso de planta y de 70% a 77% en el caso de contrata, lo que da cuenta del creciente nivel de profesionalización del personal que trabaja en la institución, la cual ha sido necesaria por el creciente nivel de pericia técnica necesaria para formular e implementar programas de fiscalización basados en conocimiento científico.

Gráfico N° 4



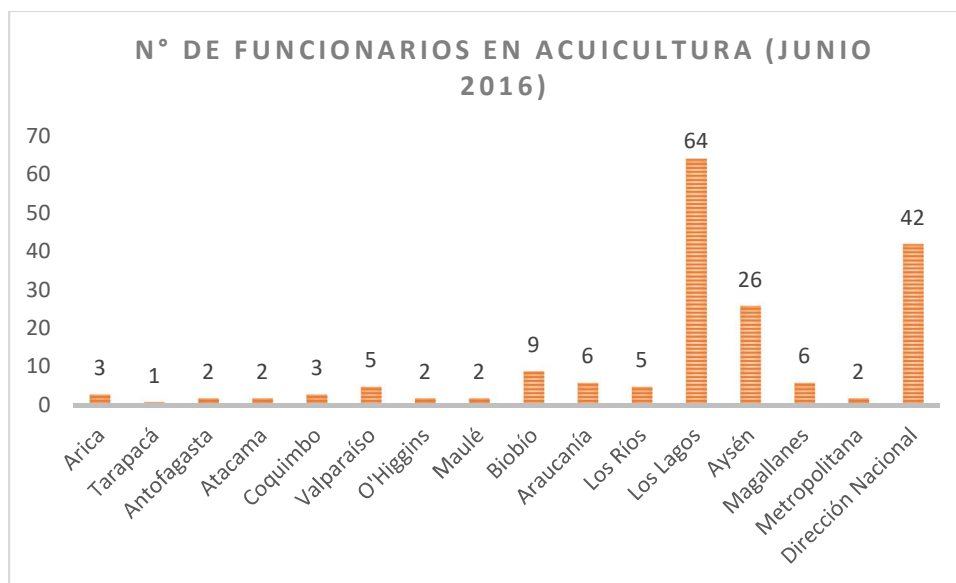
Fuente: Elaboración Propia en base a Datos Presupuestarios Sernapesca

Sernapesca cuenta actualmente con 916 funcionarios de planta y contrata. El universo total de los funcionarios está compuesto en un 70% por profesionales, 20% técnicos y el 10% restante, por administrativos y auxiliares. Con respecto a su distribución territorial, posee una Dirección Nacional centralizada en Valparaíso, 15 Direcciones Regionales, así como 30 oficinas provinciales y comunales, incluyendo 2 oficinas insulares en Juan Fernández y la Isla de Pascua.

En el gráfico N°5 se muestra la cantidad de personal destinado a regular acuicultura, por regiones, donde se puede apreciar que el 50% de la dotación está concentrado en las regiones de Los Lagos y Aysén, debido a que aquí se desarrollan mayoritariamente los cultivos, sin embargo, en el caso de Magallanes sólo se cuenta con seis funcionarios, siendo que crecientemente la industria se está expandiendo hacia esta región, donde Sernapesca ha comenzado a otorgar concesiones acuícolas. Esto presenta un desafío a la agencia para poder fiscalizar y poder localizarse y desarrollar capacidades locales en sectores muy aislados en los fiordos de la XII Región.



Gráfico N° 5: Dotación de Sernapesca por regiones para fiscalización en acuicultura a Junio 2016.



Fuente: Elaboración Propia en base a Datos Presupuestarios Sernapesca

A modo de conclusión de este capítulo, en él se pudo evidenciar los distintos procesos de desarrollo de capacidades, constantes modificaciones y adaptaciones de los programas realizados por Sernapesca, mayores recursos y tecnología, dando cuenta de la conceptualización de que la agencia ha atravesado un proceso de *learning-by-doing* o, en este caso, *aprender a regular*.

Un elemento que gatilló el crecimiento y fortalecimiento del rol regulatorio y fiscalizador de Sernapesca fue precisamente la crisis del Virus ISA en 2007-08, pues antes de que ésta ocurriera, el rol de Sernapesca en acuicultura era más bien pasivo, con muy baja fiscalización y pocos recursos. La crisis demandó nuevas regulaciones y normativas que para Sernapesca implicaron aumentos de contratación, planes y programas de control y vigilancia epidemiológica, más presupuesto disponible para las distintas actividades, una mayor profesionalización de sus funcionarios y se reforzó mucho el rol de la bioseguridad a través de la zonificación, emisión de certificados, control de movimientos de especies y requerimientos de desinfección.

En este fortalecimiento del control de la bioseguridad, la funcionalidad principal hacia la que ha avanzado Sernapesca en la actualidad es la de ser, en algún sentido, un “doctor” para la industria, al estar ésta intensamente afectada por patologías y

enfermedades de los salmónidos, produciendo a niveles que se han documentado ser excesivos, y superiores a los niveles cuando ocurrió la principal crisis sanitaria en 2007-08. El hecho de que estén produciendo a niveles donde tienen alto alcance medioambiental – generando condiciones de estrés en los salmones e inestabilidad en la calidad del agua de los lagos, fiordos y ríos – hace que Sernapesca dedique esfuerzos a vigilancia y prevención de difusión de vectores y plagas, a través de programas de bioseguridad en las distintas etapas del ciclo de vida de los salmones.

En otras palabras, el hecho de que la crisis inmediata fuese producida por un patógeno o enfermedad, hizo que los recursos se dirigieran y enfocaran en el control de la misma, y en consecuencia, se soslayaran las causas mediatas y basales, como la altísima densidad de cultivo pre-crisis, motivada por el ciclo de precios internacionales, con sus consecuencias de menor calidad de los cuerpos de agua, o bien la ausencia de una política de producción coordinada, que es vital debido al contexto en el que se sitúa la producción en Chile, con un alto nivel de hacinamiento y cercanía en el que muchos centros de cultivo comparten un recurso común, el agua y su calidad biológica.

Si bien se han hecho avances al imponer límites superiores a la densidad de cultivo, estos límites no están basados en conocimiento sobre las capacidades de carga locales de los sitios de cultivo, pues ellas son variables en función de la localidad y las características oceanográficas de la columna de agua. Por otro lado, pese a que el Virus ISA fue controlado completamente luego de la crisis, posteriormente nuevas enfermedades y parásitos han incrementado su prevalencia y han sido la causa de grandes mortalidades y pérdidas de productividad, de los que destacan el Caligus y el SRS, donde ambos poseen Programas Específicos de Control y Vigilancia por parte de Sernapesca, pero que siguen siendo el mayor desafío para la industria y la causa de un uso irracional y sin precedentes de compuestos farmacológicos, cuyos efectos de resistencia bacteriana son desconocidos.

## Comentarios Finales

Después de haber revisado diversos aspectos de la producción de salmones y su regulación, llegamos a la conclusión de este texto.

Con respecto del desarrollo del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, se pudo evidenciar los procesos de aprendizaje que atravesó la agencia fiscalizadora, donde durante sus primeras décadas se dedicó mayoritariamente a fiscalizar pesca, para que luego la creciente expansión y la consolidación del cluster del salmón hicieran necesario hacer parte de las responsabilidades de la agencia el fiscalizar activamente a las salmoneras, y luego el hito del advenimiento de la crisis ISA generó como respuesta institucional una serie de nuevas normas y legislación que aumentaron las tareas a cargo de Sernapesca, lo cual presionó a incrementar el nivel de capital humano de sus funcionarios, la cantidad de personal, recursos financieros y tecnológicos para llevar a cabo el control sanitario y ambiental de la salmonicultura.

Como reflexión final, lo que se ha observado a través de la investigación en cuanto al rol que cumple el Sernapesca en cuanto a la fiscalización de normas y reglamentos que norman la salmonicultura, se puede concluir que la mayoría de los esfuerzos que realiza Sernapesca han avanzado hacia prevenir y controlar problemas sanitarios asociados a los patógenos que afectan a los cultivos, pues luego de la Crisis ISA se ha especializado en asegurar la bioseguridad en el proceso productivo de los salmones, implementando medidas precautorias de bioseguridad, previniendo el traspaso de enfermedades y su propagación a otros centros de cultivo. Es decir, en forma metafórica, el rol hacia el que ha avanzado es el de comportarse como un doctor o médico de una industria que presenta severos problemas de enfermedades o incidencia de patógenos. El hecho de que su desarrollo la haya llevado a especializarse en este rol es probablemente debido a la naturaleza inmediata de las emergencias sanitarias, que han puesto el foco en la prevalencia de patógenos por sobre una perspectiva más sectorial sobre el impacto y la dependencia que el cultivo tiene en el medioambiente. Por cierto, la alta prevalencia de patógenos representa un síntoma de un problema más nuclear.

La inmediatez y gravedad de los efectos que han generado los patógenos en la industria ha causado que la agencia gubernamental crecientemente dedique sus esfuerzos y

capacidad regulatoria hacia este rol particular. Esto también se ha reflejado en la industria, pues la investigación en salmonicultura se ha orientado mayoritariamente hacia patologías y manejo sanitario. Por otra parte, los procesos de resistencia antibiótica que desarrollan los patógenos presentes con el uso intensivo de antibióticos hace que se dificulte el control de estas enfermedades por parte del Sernapesca.

Como respuesta a la crisis del ISA, la regulación y fiscalización de Sernapesca ha estado enfocada en controlar la propagación de las enfermedades, vigilar la aparición de nuevos brotes, normar temas de limpieza y desinfección; y tomar medidas precautorias de bioseguridad. Lo que está fiscalizando Sernapesca tiene el objetivo de controlar y paliar las consecuencias que genera un problema de fondo, que es de largo plazo y tiene que ver con la política productiva existente en la industria, que busca incrementar su producción y ventas en un contexto medioambiental que la limita por las restricciones biológicas que el ecosistema posee, que son presionadas al máximo debido al alto hacinamiento de la industria.

Este hecho nos lleva directamente a preguntarnos sobre quién es el que define la planificación estratégica del sector salmonero, en particular con respecto a la política de producción que adoptan las empresas en la industria, que se distribuyen en el territorio muy cercanas unas de otras y con un alto impacto ambiental, especialmente en el sentido de una gobernanza sectorial y una estrategia a nivel país de largo plazo. Existen otros temas de interés estratégico como el bajo nivel de inversión en I+D del sector en comparación con sus principales competidores, de alta relevancia debido al nivel de entendimiento científico requerido para entender procesos de interacción biológica.

En el apartado conceptual, en conjunto con los ejercicios teóricos, constantemente se discutía acerca de la importancia de conocer y estimar el *carrying capacity* o capacidad de carga de, en este caso, los cuerpos de agua. Ésta depende en gran manera de las condiciones locales de la columna de agua y sus características oceanográficas, por ende, debiese ser variable geográficamente, y no fija como se establece en los reglamentos actuales de densidad de siembra. En este sentido, es preocupante que se destinen tan pocos esfuerzos a estimar capacidades de carga, tanto por la industria como por las instituciones regulatorias, siendo que éste representa un resultado fundamental en la administración de recursos naturales con capacidad de renovación, la calidad del agua

que, por cierto, es un componente del cual la industria depende intensamente, de su productividad, y el hecho de que se siembre sin conocer los límites que posee, en una industria muy concentrada geográficamente, lleva a tener resultados de sobrexplotación, disminución del bienestar animal, menor disponibilidad de oxígeno, extinción de la flora en los fondos marinos por acumulación de desechos orgánicos, proliferación de enfermedades y una alta propensión a la propagación de las mismas. A su vez la alta prevalencia de enfermedades hace necesario un uso intensivo de antibióticos, los cuales aceleran los procesos de resistencia bacteriana de los patógenos, sobre los cuales existe incertidumbre acerca de en qué formas pueden mutar y sobrevivir, a través de nuevas variantes de virus.

Desde la emergencia del ISA en 2008 y posteriormente, la industria salmonera ha utilizado niveles de antibióticos no antes vistos en países comparables, lo que da cuenta del daño que producen los patógenos y su presencia en el entorno marino. Es necesario abandonar estas prácticas e intentar alternativas de tratamientos de menor impacto ambiental, además de potenciar a empresas libres de antibióticos y con certificaciones de buenas prácticas (Global GAP, BAP, entre otras), sin embargo, esto claramente debiese estar acompañado de una revisión de la política productiva del sector.

Otros temas a investigar son las dinámicas de traspaso de capital humano desde el sector privado al sector público, y viceversa, en función del ciclo productivo y el diferencial de salarios presente entre ambos sectores.

## Anexos

Anexo N°1 Costos de Producción por Kg de salmón producido (US\$/Kg) de Principales Productores Mundiales.

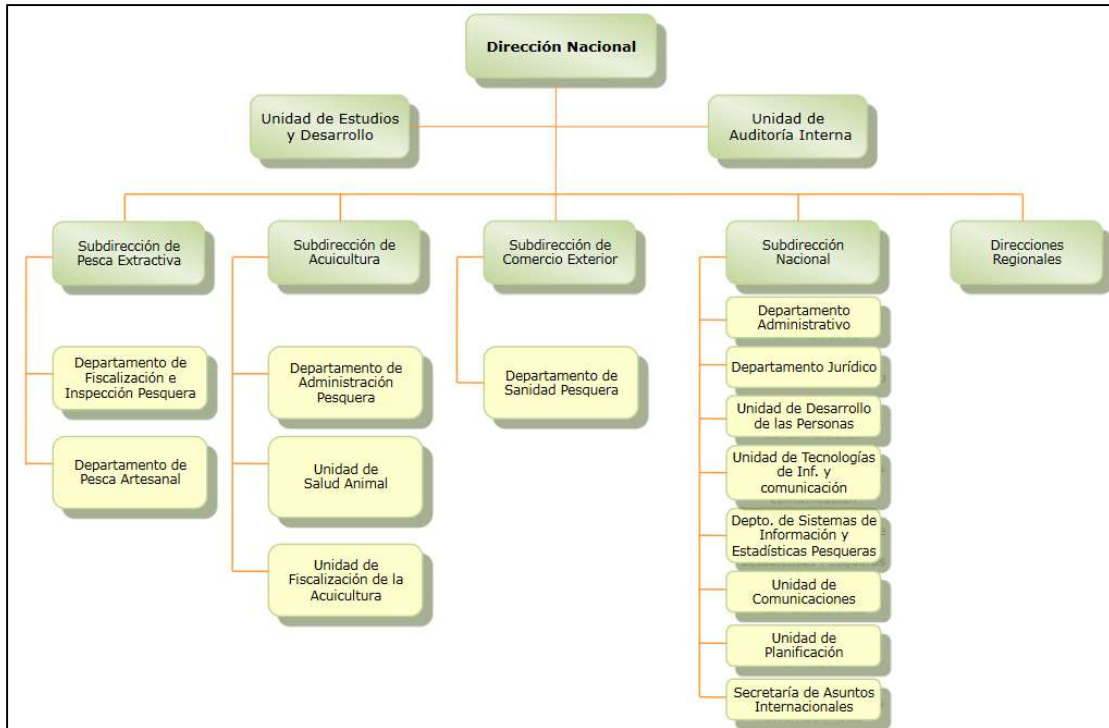
US\$/Kg	Noruega	Canada	Escocia	Chile
Alimentos	1.91	2.06	2.32	2.05
Proceso	0.39	0.47	0.42	0.43
Smolt	0.35	0.57	0.45	0.6
Mano de Obra	0.23	0.41	0.23	0.16
Operaciones	0.12	0.14	0.11	0.23
Well Boat	0.17	0.2	0.31	0.31
Depreciación	0.1	0.22	0.17	0.12
Gastos de ventas	0.09	0.01	0.09	0.01
Mortalidad	0.05	0.04	0.02	0.05
Otros	0.42	0.76	0.73	0.77
<b>Total</b>	<b>3.83</b>	<b>4.88</b>	<b>4.85</b>	<b>4.73</b>

Fuente: Informe Prospectus – Programa Estratégico Salmón Sustentable

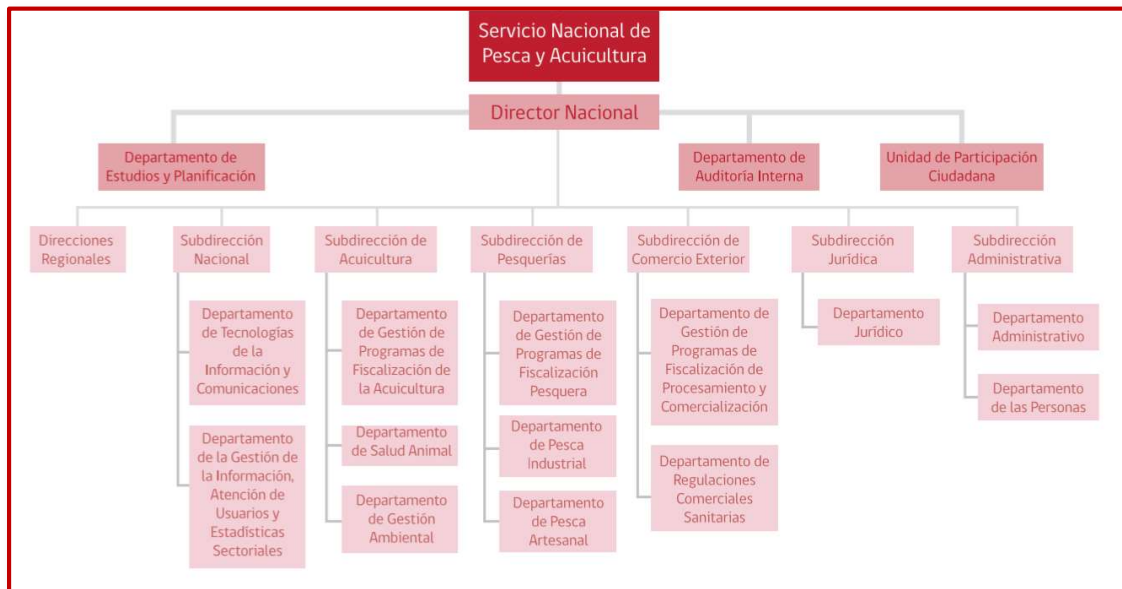
Anexo N°2: Organigrama Inicial Sernapesca



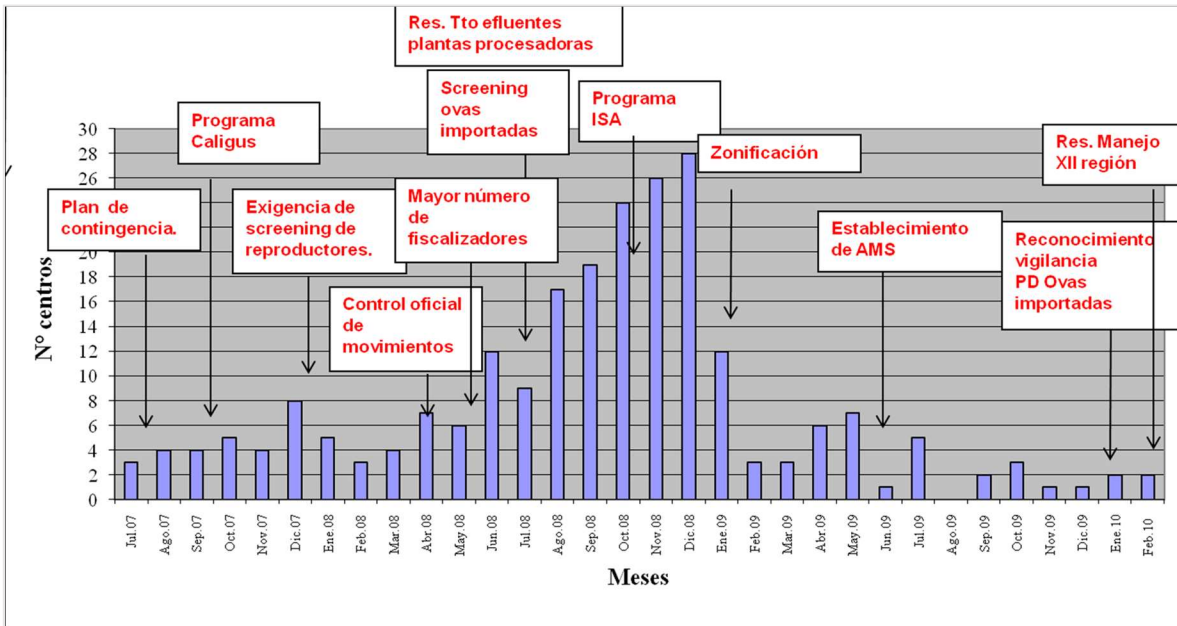
Anexo N°3: Organigrama reestructurado (2010)



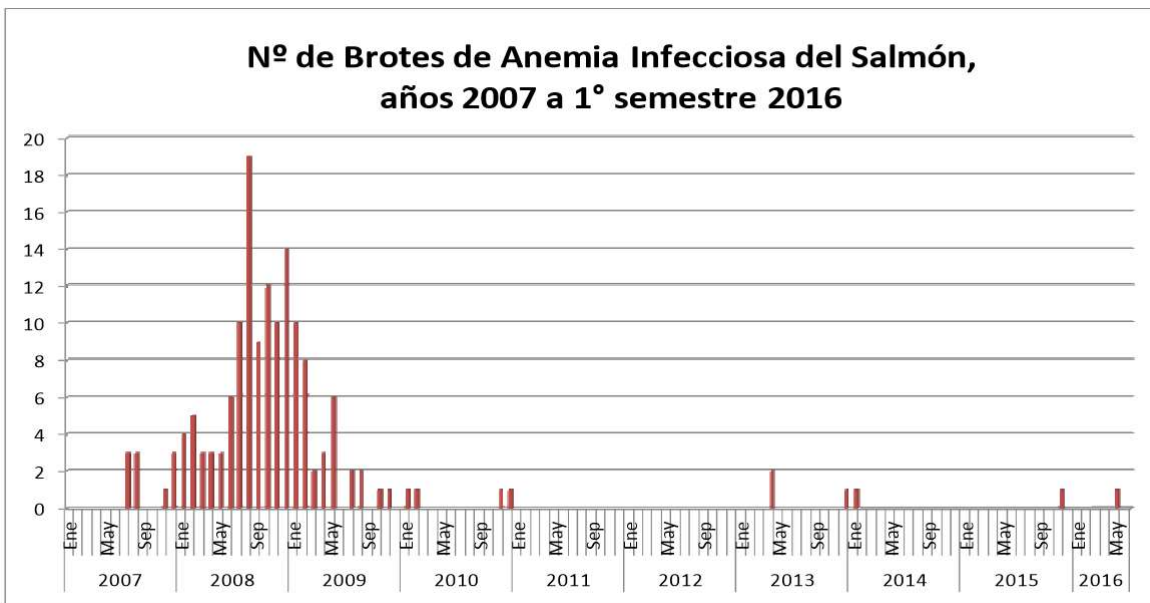
Anexo N°4: Organigrama Actual Sernapesca (Reestructuración 2014)



Anexo N°5: Cronología de avance regulatorio durante crisis ISAv (2007-2010)



Anexo N°6: Número de brotes detectados de ISAv 2007-2016





Anexo N°7: Reglamento de Reducción de densidades actual (Score de Riesgo)

% Pérdidas ciclo productivo	Clasificación de Bioseguridad/Score de Riesgo	Disminución de siembra en el ciclo productivo siguiente
0% a 10%	Alta	Resolución de Calificación Ambiental
Mayor a 10% a 14%	Media-Alta	Reducción 10%
Mayor a 14% a 20%	Media	Reducción 20%
Mayor a 20% a 25%	Baja 1	Reducción 40%
Mayor a 25%	Baja 2	Reducción 60%

Fuente: Salmonexpert.cl

Anexo N°8: Contratación y Profesionalización de Sernapesca – Periodo 2006-2016

Año	Dotación Planta	N° Profesionales Planta	N° Profesionales/Total Planta	Dotación Contrata	N° Profesionales Contrata	N° Profesionales/Total Contrata
2006	141	87	62%	253	178	70%
2007	112	73	65%	230	167	73%
2008	98	64	65%	242	183	76%
2009	89	62	70%	407	304	75%
2010	63	54	86%	431	321	74%
2011	59	51	86%	468	334	71%
2012	57	50	88%	465	334	72%
2013	56	49	88%	476	402	84%
2014	51	44	86%	693	514	74%
2015	47	42	89%	850	649	76%
2016	47	41	87%	863	668	77%

Fuente: Elaboración Propia en base a datos de Transparencia.

## Bibliografía

Abud, M., Bofill, M., Stefani, F. (2009). La Industria del salmón y el Recurso Natural Agua. Seminario de Título Ingeniero Comercial, Mención Economía. Universidad de Chile.

Araya, C. & Katz, J. (2016). Puerto Montt, capital tecnológica del salmón chileno. Mimeo.

Asche, F., & Bjørndal, T. (2011). The economics of salmon aquaculture (Vol. 10). John Wiley & Sons.

Asche, F., Guttormsen, A.G. & Tveterås, R. (1999) Environmental problems, productivity and innovations in Norwegian salmon aquaculture. *Aquacultural Economics and Management* 3, 19–30.

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

Arrow, K. (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economic Studies*, 29(3), 155-173. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/2295952>

Bailly, D., & Paquotte, P. (1996). Aquaculture and environment interactions in the perspective of renewable resource management theory. *Coastal Management*, 24(3), 251-269.

Bjørndal, T. (2002). The competitiveness of the Chilean salmon aquaculture industry. *Aquaculture Economics & Management*, 6(1-2), 97-116.

Bravo, S. (2007). Diagnóstico de la proyección de la investigación en ciencia y tecnología de la acuicultura chilena. FIP, mimeo.

Buschmann, A. H. (2001). Impacto ambiental de la acuicultura. El estado de la investigación en Chile y el Mundo. *Registro de Problemas Públicos*, (4).

Buschmann, A., & Fortt, A. (2005). Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 21(3), 58-64.

Buschmann, A., & Pizarro, R. (2001). El costo ambiental de la salmonicultura en Chile. *Análisis de Políticas Públicas*, 5, 1-8.

Buschmann, A. H., Cabello, F., Young, K., Carvajal, J., Varela, D. A., & Henríquez, L. (2009). Salmon aquaculture and coastal ecosystem health in Chile: analysis of regulations, environmental impacts and bioremediation systems. *Ocean & Coastal Management*, 52(5), 243-249.

Contraloría General de la República. (2016). Informe Final N° 210. Servicio Nacional De Pesca y Acuicultura. Auditoria al Cumplimiento de Funciones.

Fortt Z, A., Cabello C, F., & Buschmann R, A. (2007). *Revista chilena de infectología: Residues of tetracycline and quinolones in wild fish living around a salmon aquaculture center in chile* Publicaciones Técnicas Mediterráneo, Ltda. doi:/S0716-10182007000100002

Hardin. G. (1968). The tragedy of the commons. *Science* 162: 1243-1248.

Hosono, A., Iizuka, M., & Katz, J. (2016). Chile's Salmon Industry. Springer Japan.

Gordon, H. Scott (1954). "The Economic Theory of a Common-Property Resource: The Fishery". *Journal of Political Economy*. 62 (2): 124–142. doi:10.1086/257497. JSTOR 1825571.

Iizuka, M., & Katz, J. (2011). Natural Resource Industries, 'Tragedy of the Commons' and the Case of Chilean Salmon Farming. *Institutions and Economies*, 3(2), 259-286.

Iizuka, M., & Katz, J. (2015). Globalisation, Sustainability and the Role of Institutions: The Case of the Chilean Salmon Industry. *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, 106(2), 140-153.

Isakson, A., & Bernardello, N. (2012). Aysén, industria salmomera & transformación social: el caso de un desarrollo frustrado y una transición no acabada.

Larenas J. & Acuña M. (2014). Manual de Piscirickettsiosis.

Miranda, C. D., & Zemelman, R. (2002). Bacterial resistance to oxytetracycline in Chilean salmon farming. *Aquaculture*, 212(1), 31-47.

Nelson, R. R. (1994). The co-evolution of technology, industrial structure, and supporting institutions. *Industrial and corporate change*, 3(1), 47-63.

Nelson, R. R. (1995). Recent evolutionary theorizing about economic change. *Journal of economic literature*, 33(1), 48-90.

Olson, M. (1965). *The Logic of Collective Action: Public Goods and the theory of Groups*. Cambridge, Mass.

Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge University Press.

Schaefer, M. B. (1957). "Some considerations of population dynamics and economics in relation to the management of marine fishes". *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 14: 669–81. doi:10.1139/f57-025

### **Páginas Web**

Se obtuvo gran parte del contenido para el desarrollo del Capítulo III desde:

<http://www.sernapesca.cl/>

- Informes sobre uso de antimicrobianos
- Informes en actividades de Pesca y Acuicultura
- Informes Sanitarios Salmonicultura en Centros Marinos

<http://www.sernapesca.cl/transparencia/>