

ESTADO BIOTECNOLÓGICO:

SALUD DEL
SALMÓN ATLÁNTICO
CULTIVADO
EN CHILE

ESTADO BIOTECNOLÓGICO:

SALUD DEL
SALMÓN ATLÁNTICO
CULTIVADO
EN CHILE



RESUMEN

El presente informe da cuenta del análisis realizado por parte del Centro de Biotecnología Traslacional (CBT) respecto al estado de la biotecnología en Chile enfocada en salud de salmones cultivados. El texto se ha dividido en tres secciones: la primera, “Contexto”, contiene antecedentes respecto al tema trabajado. La segunda, “Soluciones”, presenta una recopilación de diversas alternativas

tecnológicas para mejorar la salud de los salmones a nivel general, combatir la Caligidosis y prevenir enfermedades infecciosas. La tercera, “Tendencias”, destaca algunas de las soluciones incluidas en la sección anterior, planteando sus ventajas y desventajas.

CONTENIDO

1.	CONTEXTO	p. 5
2.	SOLUCIONES IDENTIFICADAS	p. 8
3.	TENDENCIAS TECNOLÓGICAS	p. 19
	3.1. Salud General	p. 19
	3.1.1. iFarm	p. 19
	3.1.2. SalmoSelect®	p. 20
	3.2. Caligidosis	p. 21
	3.2.1. L-END	p. 21
	3.2.2. Nautilus18	p. 21
	3.2.3. Blue Lice System	p. 22
	3.3. Enfermedades Infecciosas	p. 22
	3.3.1. PAQ-Extract™	p. 22
	3.3.2. BAFADOR®	p. 22
	3.3.3. Blueguard® SRS Oral	p. 23
4.	REFERENCIAS	p. 24

CONTEXTO

A nivel global, el aporte de la acuicultura al total de proteína producida para consumo humano es cada vez mayor: el pescado correspondía a un 7% en 2020 y Naciones Unidas estima que su demanda se duplicará para 2050.[1] Nuestro país se encuentra actualmente dentro de los mayores productores de salmónidos a nivel mundial, detrás únicamente de Noruega y seguido por Escocia, Canadá y las Islas Feroe.[2]

El cultivo de salmón en Chile inició su desarrollo a nivel industrial en la década de 1980 con la introducción de distintas especies de salmónidos, principalmente el salmón atlántico (*Salmo salar*), en la X Región de Los Lagos. Esta actividad ha crecido rápidamente desde aquella fecha, aumentando el número de centros de cultivo y expandiéndose a las Regiones XI de Aysén y XII de Magallanes. [3] Para 2022 este sector productivo representaba el 2,1% del PIB nacional considerando a sus proveedores [2], cuya inclusión es relevante dado que son los principales impulsores de la innovación en el rubro.[4] La industria genera alrededor de 70.000 empleos (entre directos e indirectos) [5] y exporta a más de 100 mercados internacionales[6], principalmente EE.UU., Japón y Brasil.[6, 7]

El rubro salmonero en Chile sufrió una crisis sanitaria importante entre los años 2007 y 2009 a causa de la anemia infecciosa del salmón (ISA), enfermedad que puede alcanzar una tasa de mortalidad superior al 90% en peces infectados durante brotes sin medidas de contención inmediata.[8] Durante este período el 60% de los centros de cultivo dejaron de operar[9], disminuyendo la producción para exportación en más de 150.000 toneladas[10] y los empleos directos en casi un 50%.[11]

Dada la relevancia de este sector productivo a nivel nacional se ha decidido analizar aquellas tecnologías, actualmente disponibles o en desarrollo, relacionadas con la salud de los salmones en acuicultura. Estos peces se pueden ver afectados tanto por parásitos como por enfermedades infecciosas, frente a los cuales se pueden aplicar medidas de prevención así como de tratamiento. En el caso del salmón atlántico en Chile, los mayores desafíos son la Caligidosis (infestación con piojos de mar de la especie *Caligus rogercresseyi*) y la Piscirickettsiosis (también conocida como septicemia rickettsial salmonídea o síndrome rickettsial del salmón (SRS)), ocasionada por la bacteria *Piscirickettsia salmonis*.

La Caligidosis genera inmunosupresión y afecta negativamente el crecimiento de los salmones, además de producir lesiones en su piel que sirven como un medio de entrada para patógenos tales como *P. salmonis*. [12] Un control apropiado de estos parásitos es también una medida de prevención contra SRS u otras enfermedades infecciosas relevantes para la industria nacional, tales como furunculosis, producida por *Aeromonas salmonicida* atípica; vibriosis, producida por *Vibrio* spp (comúnmente *V. ordalii*); necrosis pancreática infecciosa (IPN), producida por el virus de la necrosis pancreática infecciosa (IPNV); y la previamente mencionada ISA, producida por el virus de la anemia infecciosa del salmón (ISAV).

Los principales tratamientos utilizados en la actualidad contra la Caligidosis son del tipo farmacológico, donde el principio activo corresponde a una molécula pequeña que generalmente se obtiene por síntesis química. Dichos fármacos se administran incorporados en el alimento o mediante baños con la sustancia disuelta en agua (inmersión) y se realizan a bordo de wellboats o directamente en las jaulas marinas, para lo que se requiere rodearlas con lonas cerradas impermeables. [12, 13]

El tratamiento más utilizado en Chile junto con el alimento es el lufenuron durante la etapa de smolt en agua dulce; benzoato de emamectina, diflubenzuron y teflubenzuron son también suministrados por esta vía. Tanto peróxido de hidrógeno como

hexaflumuron son los fármacos aplicados por inmersión de mayor uso en el país, administrados durante la etapa adulta de los peces en agua salada. Azametifos, cipermetrina y deltametrina se aplican también por medio de baños. [12, 14]

Se ha reportado que *C. rogercresseyi* puede desarrollar resistencia a los tratamientos farmacológicos, por lo que la regulación chilena no permite más de tres tratamientos consecutivos con un producto de la misma estructura molecular exceptuando al peróxido de hidrógeno. [12, 13] Tanto éste como el benzoato de emamectina, azametifos, cipermetrina y deltametrina pueden tener efectos negativos sobre especies no-blanco (crustáceos, moluscos y microbiota acuática), afectando el funcionamiento del ecosistema marino. [12] La resistencia exhibida a los fármacos así como el impacto ambiental de su utilización han impulsado el desarrollo de alternativas no-farmacológicas para el control de este parásito. [12]

La Piscirickettsiosis produce, entre otros efectos, depresión del sistema inmune y reducción del crecimiento en salmones, pudiendo incluso llevar a su muerte. [15] Un tratamiento efectivo es clave para la acuicultura nacional, por lo que se suele recurrir a distintas clases de antibióticos con eficacia comprobada [16], ya sean de origen natural o sintético, aún cuando la mayoría de los salmones cultivados en Chile son inmunizados rutinariamente. [17,18] Es importante notar que esta práctica ha significado una reducción en el uso de antibióticos.

[18] La clase de vacuna más utilizada es la pentavalente, que protege contra SRS, furunculosis, vibriosis, IPN e ISA. En 2018 el 95.5% de los antibióticos utilizados en la etapa de agua salada por compañías chilenas estuvo dirigido a combatir la Piscirickettsiosis.[17] En 2023 se utilizaron en promedio 660 g de antibióticos por tonelada métrica de salmón cosechado y se reportó la aplicación en la industria de tetraciclinas, beta lactamas (como amoxicilina), aminoglicosidos, diaminopirimidinas (como trimetoprima), anfenicoles (como cloranfenicol) y sulfamidas (como sulfametizol); todos utilizados también en salud humana.[16]

Al verse sometidas regularmente a la presión de selección que les significa un antibiótico las bacterias son capaces de desarrollar resistencia frente a éste, denominada resistencia antimicrobiana (AMR), disminuyendo o incluso anulando la efectividad del tratamiento. Dicha resistencia puede ser transmitida entre bacterias, incluso de distinta especie, por lo que su rápida expansión es posible dada la alta concentración y gran variedad de microorganismos presentes en el agua. Es por esto que, además de impactar el manejo de infecciones dentro de la industria salmonera, la AMR representa un creciente problema para tratar enfermedades bacterianas en el ser humano. [16]

El pasado marzo de 2024 se formalizó el proyecto Yelcho, primera alianza público-privada en Chile que está conformada por distintas

entidades relevantes para la industria salmonera nacional: once empresas productoras, que en conjunto son responsables de casi el 90% del salmón atlántico producido en el país; tanto SalmonChile (a través del Intesal) como el Consejo del Salmón, las dos mayores asociaciones gremiales del rubro; Aquabench, empresa que provee análisis, auditorías y asesorías para acuicultura; además del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) junto al Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca), ambas instituciones regulatorias del estado. [19, 20] Se espera que este último presente una nueva Ley General de Acuicultura durante el 2025.[19]

El proyecto Yelcho busca implementar nuevas soluciones para prevenir enfermedades bacterianas tales como SRS, así como disminuir el uso de antibióticos en la acuicultura del salmón a nivel nacional. Esto se alinea con objetivos establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2015 [19] y pone en evidencia lo crítico que es el problema de la resistencia a los fármacos para la industria nacional, siendo el principal motor que impulsa la búsqueda de nuevas tecnologías para proteger la salud del salmón atlántico.



2 .

S O L U C I O N E S I D E N T I F I C A D A S

En esta sección se presentan distintas tecnologías recopiladas por el equipo técnico del CBT mediante una búsqueda no exhaustiva a partir de fuentes secundarias, por lo que las descripciones provistas están sujetas a la información disponible públicamente. Se identificaron 27 compañías, cuyos países de origen se muestran en la Figura 1, las cuales disponen de soluciones relacionadas con la salud del salmón atlántico cultivado (Tabla 1). Entre sus productos y servicios comerciales

se seleccionaron 66 soluciones en total, divididas en los tres siguientes desafíos: mejorar la salud de los salmones a nivel general (Tabla 2), combatir la Caligidosis (Tabla 3) y prevenir enfermedades infecciosas (Tabla 4). Por otra parte, dichas soluciones se han categorizado en base a su área de aplicación, para las que se presenta una breve reseña a continuación; la relación entre categorías se esquematiza en la Figura 2.

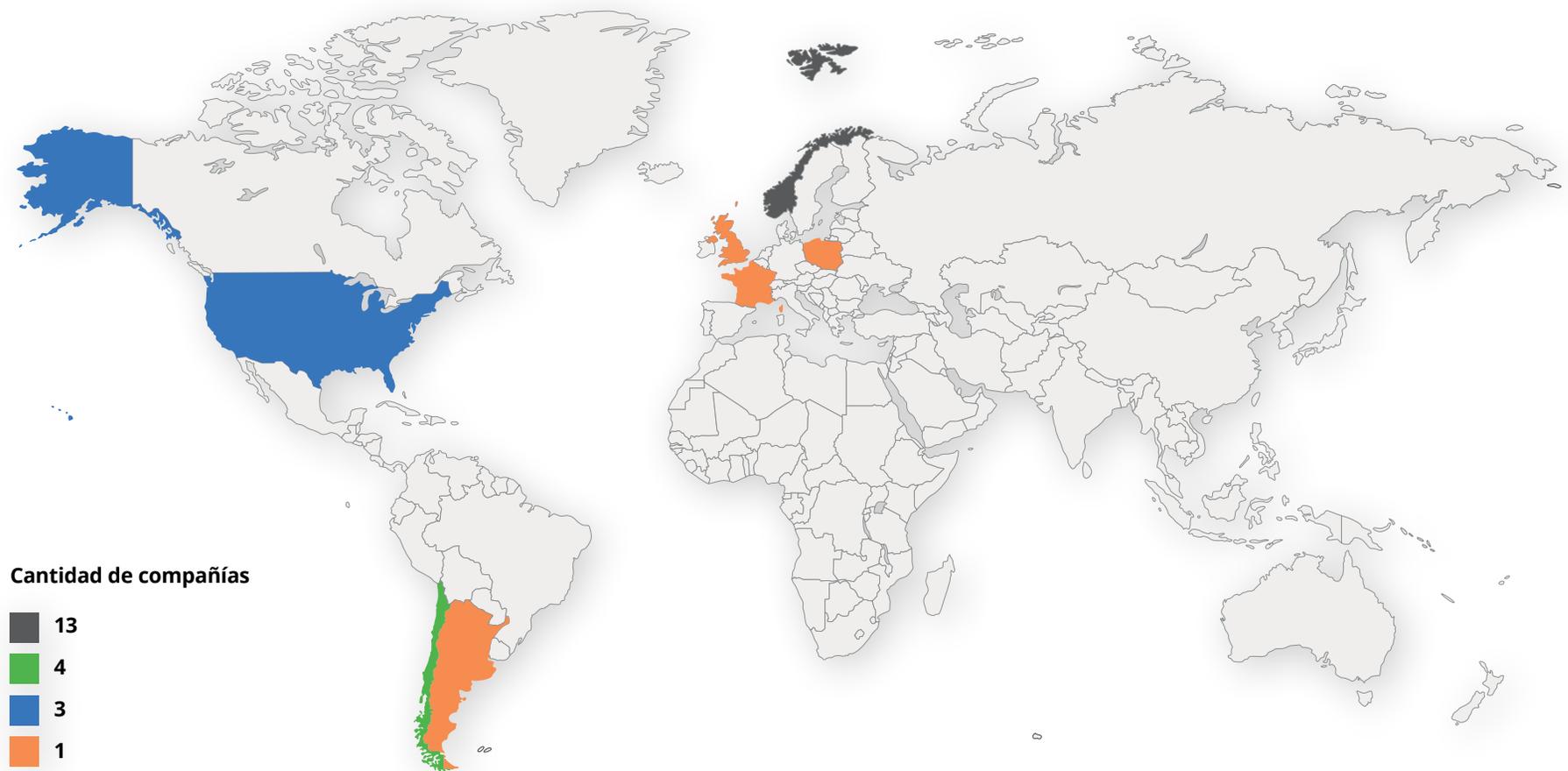


Figura 1: Mapa del mundo que indica la cantidad de compañías con soluciones identificadas que posee cada país

TABLA 1: Compañías que ofrecen soluciones relacionadas con la salud del salmón atlántico cultivado.

Empresa	País de origen
Acuanativa	Chile
AKVA Group	Noruega
AquaGen	Noruega
Benchmark Genetics	Noruega
BioMar	Dinamarca
BioSort	Noruega
Blue Lice	Noruega
Creative Biolabs PhagenBIO	EE. UU.
DSM Firmenich	Suiza
EWOS	Noruega
Hauge Aqua Solutions	Noruega
Hendrix Genetics	Países Bajos
MSD Animal Health	EE. UU.
PharmaQ	Noruega
Phibro Animal Health	EE. UU.
Previwo	Noruega
Proteon Pharmaceuticals	Polonia
Salmoclinic	Chile
Seacalx	Noruega
Skretting	Noruega
STIM	Chile
Stingray Marine Solutions	Noruega
Tecnovax	Argentina
Veterquímica	Chile
Virbac	Francia
WellFish Tech	Escocia

La categoría **“alimentación”** contiene tanto a alimentos funcionales que se suministran directamente a los peces, cuyos ingredientes tienen un efecto específico, así como aditivos alimentarios que deben ser combinados previamente con el alimento utilizado por el acuicultor, generalmente por peletizado.

La categoría **“infraestructura”** reúne distintas alternativas relacionadas con las jaulas de cultivo, ya sean instalaciones completamente nuevas o dispositivos que se añaden a estructuras existentes.

La categoría **“tratamiento”** abarca todas aquellas sustancias que se administran mediante inmersión, ya sea directamente en jaulas de cultivo o utilizando contenedores destinados específicamente para esta actividad, y que no correspondan a vacunas.

La categoría **“laboratorio”** implica la utilización de muestras tomadas desde el ambiente de cultivo para realizar análisis clínicos o pruebas experimentales.

La categoría **“inmunización”** corresponde a la administración de antígenos a los peces, generalmente de manera individual mediante inyección intraperitoneal, gatillando una respuesta en su sistema inmune para obtener protección contra patógenos específicos.

La categoría **“genética”** involucra la selección de peces u ovas que exhiben algún rasgo en particular, tal como resistencia frente a una enfermedad específica, a partir de análisis genómicos aplicando distintos métodos.

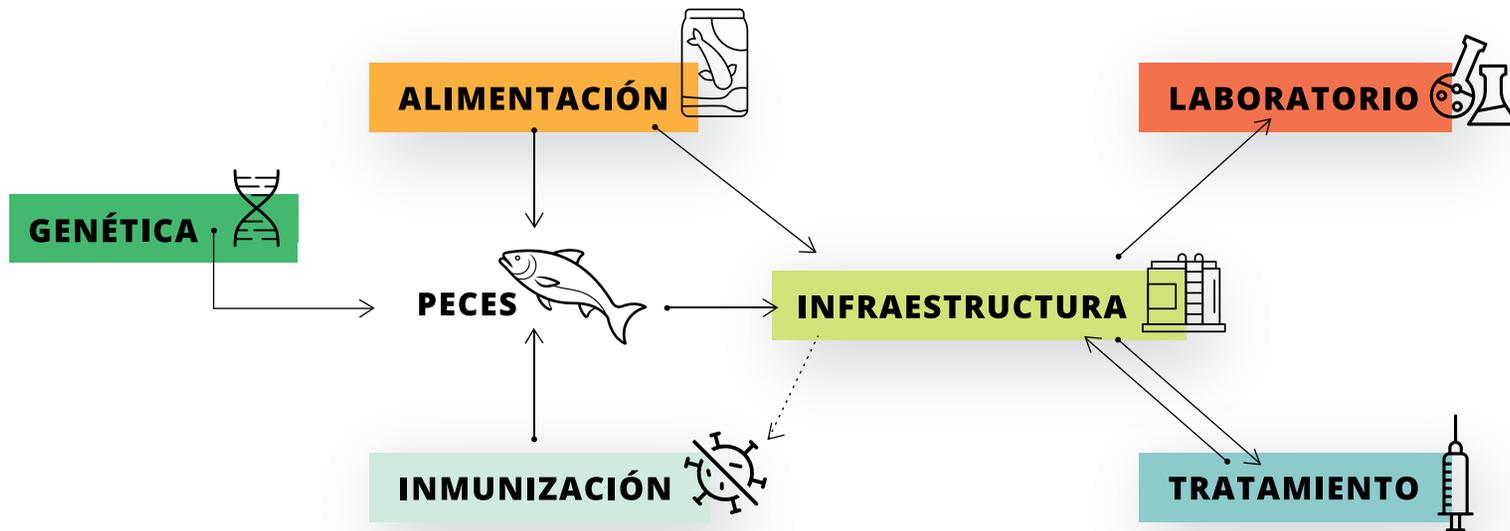


Figura 2: Relación entre las categorías definidas para agrupar las soluciones recopiladas. “Genética” influye en los peces de manera independiente al ambiente de cultivo, mientras que la “Inmunización” puede aplicarse ya sea antes o después de la entrada al ambiente de cultivo, pero generalmente fuera de éste. El ambiente de cultivo corresponde al espacio físico delimitado por la “Infraestructura”, en cuyo interior ocurre la “Alimentación”. El “Tratamiento” puede administrarse directamente en el ambiente de cultivo o en un ambiente separado, lo que requiere trasladar y luego regresar a los peces. “Laboratorio” se refiere al análisis de muestras obtenidas desde el ambiente de cultivo.

Las descripciones contenidas en la columna “Tecnología” de las Tablas 2, 3 y 4 se elaboraron en base a los enlaces que aparecen en la columna “Productos y Servicios Comerciales”, a menos que se indiquen referencias adicionales. Para completar la columna “Patentes Relacionadas” se realizó un cruce entre aquellas patentes que poseen las empresas proveedoras y la descripción de sus productos o servicios, mediante un análisis

de características técnicas. Cuando se determinó cuáles patentes están efectivamente relacionadas con un producto o servicio, se procedió a incluir su respectivo código de asignación mundial (prefijo WO) en la columna “Patentes Relacionadas”. Cabe destacar que estas asociaciones no fueron reportadas por las empresas revisadas.

Tabla 2: Soluciones para mejorar la salud del salmón atlántico a nivel general.

Categoría	Compañía	Tecnología	Productos y Servicios Comerciales	Patentes Relacionadas (Año de Presentación)
Alimentación	BioMar	Alimento enfocado en la etapa juvenil del salmón para favorecer la respuesta inmune antiviral y apoyar la salud intestinal gracias al probiótico Bactocell®	SmartCare Qardio	
		Alimentos enfocados en la etapa de transferencia del salmón para favorecer la respuesta inmune y apoyar la salud intestinal gracias al probiótico Bactocell®	SmartCare Intro Q+ & Qardio Intro	
		Alimentos enfocados en la etapa de engorda del salmón para apoyar la respuesta inmune en general, cuyas distintas alternativas sirven para fortalecer tejidos específicos	Línea SmartCare Assist (Plus, Skin & VOX) & Control (Gill, Qardio & Quick M)	
	DSM Firmenich	Aditivo alimentario basado en nucleótidos para fortalecer el sistema inmune	ROVIMAX®	
		Mezcla de probióticos que puede añadirse al alimento o directamente en el agua para mejorar la flora intestinal, respuesta del sistema inmune y calidad del agua	Línea AquaStar®	
	EWOS	Alimento fortificado con componentes funcionales para promover la salud del pez [21]	Synergy	
		Aditivo alimentario para mantener una buena salud de la piel y promover la regeneración del tejido [22, 23]	Dermic	
		Aditivo alimentario para proteger, recuperar y mejorar la funcionalidad de las branquias [24, 25]	Gill	
		Aditivo alimentario para proteger el hígado y reforzar su función detoxificadora [22, 26]	Liverox	
	Skretting	Alimento enfocado en la etapa juvenil del salmón para promover el crecimiento y fortalecer el sistema inmunológico	Nutra Sprint	WO2010085149A1 (2010)
		Alimento enfocado en la etapa de transferencia del salmón para promover el crecimiento y fortalecer el sistema inmunológico	Spirit Plus	WO2010085149A1 (2010)
		Alimento con una amplia gama de ingredientes funcionales para apoyar tanto al sistema inmunológico como la salud intestinal, además de aumentar la capacidad antioxidante	Protec	WO2010085149A1 (2010)
		Aditivo alimentario personalizado con una combinación de ingredientes funcionales para necesidades específicas del usuario	MyProtec	

Categoría	Compañía	Tecnología	Productos y Servicios Comerciales	Patentes Relacionadas (Año de Presentación)
Genética	Benchmark Genetics	Implementación de un programa genético que permite producir de manera interna ovas para crecer peces con rasgos específicos seleccionados	Akvaforsk Genetics	
		Ovas para crecer peces con alta protección contra IPN, rasgo identificado mediante análisis de locus de rasgos cuantitativos (QTL), y resistentes a Caligidosis, SRS y opcionalmente ISA, rasgos identificados mediante selección genómica (GS)	SalmoSelect®	
	Hendrix Genetics	Ovas libres de IPN, ISA y BKD para crecer peces resistentes a enfermedades y piojos de mar, rasgos identificados por GS; especialmente seleccionadas para un buen desempeño en las regiones X y XI de Chile	Challenger	
		Ovas libres de IPN, ISA y BKD para crecer peces resistentes a enfermedades y piojos de mar, rasgos identificados por GS; especialmente seleccionadas para un buen desempeño en la región XII de Chile	Explorer	
Infraestructura	BioSort	Sistema compuesto por redes y un sensor de identificación biométrica que se instala en jaulas abiertas para monitorear distintas variables registradas en el tiempo, con la posibilidad de aislar y tratar a aquellos individuos infestados o infectados	iFarm¹	WO2017137896A1 (2017) WO2018011744A1 (2017) WO2018011745A1 (2017)
Tratamiento	Previwo	Probiótico basado en bacterias marinas (Aliivibrio) compatible con baños anestésicos, aplicado una sola vez previo a la transferencia al mar y directamente en el agua, para promover la salud y crecimiento de los peces (tanto salmones como limpiadores)	Stembiont™¹	WO2018007632A1 (2017) WO2019135009A1 (2019) WO2021064217A1 (2020)
	STIM	Acondicionador de agua basado en povidona y EDTA para reducir el estrés y reforzar la mucosa protectora cuando es aplicado en peces; sirve para proteger de lesiones por abrasión cuando es aplicado en superficies inertes de contacto	Protect Fish	
		Acondicionadores de agua basados en aceites esenciales para reducir el estrés y promover el bienestar en los peces	Suprprotect & Welf-Care Plus	
Laboratorio	WellFish Tech	Análisis de sangre obtenida por muestreo no letal y recurrente, con resultados disponibles en 24 horas e interpretados por IA, para monitoreo de salud [27]	Clinical chemistry¹	WO2023031592A1 (2021)

¹ Productos o servicios actualmente no disponibles en Chile.

Tabla 3: Aplicaciones para combatir la Caligidosis en el salmón atlántico.

Categoría	Compañía	Tecnología	Productos y Servicios Comerciales	Patentes Relacionadas (Año de Presentación)
Alimentación	Acuanativa	Aditivo alimentario fitogénico (de origen 100% botánico), amigable con el medio ambiente, para mejorar tanto la respuesta inmune de los peces como alterar procesos de infestación y desarrollo de piojo de mar [28, 29]	L-END & L-END Ultra	WO2022027153A1 (2021)
	BioMar	Alimento enfocado en la etapa de engorda del salmón con ingredientes que mejoran la mucosa de la piel y su respuesta inmune para aumentar la resistencia al piojo de mar	SmartCare Resist Lice	
Génética	AquaGen	Ovas para crecer peces resistentes a Caligidosis, rasgo identificado mediante GS	Ovas Seleccionadas	
Infraestructura	AKVA Group (ex-Submerged)	Jaula de cultivo situada bajo los 20 m de profundidad, con la estructura flotante sumergida, para evitar el contacto de los peces con los parásitos que se concentran en los estratos superiores del océano	Atlantis¹	WO2020171716A1 (2020) WO2021029771A1 (2020)
		Jaula de cultivo situada bajo los 20 m de profundidad, con la estructura flotante en superficie, para evitar el contacto de los peces con los parásitos que se concentran en los estratos superiores del océano [30]	Nautilus¹	WO2020171716A1 (2020) WO2021029771A1 (2020)
		Red con lona que rodea los primeros 15 m de profundidad, instalada en jaulas existentes, para evitar el contacto de los peces con los parásitos que se concentran en los estratos superiores del océano	OptiCage¹	WO2020171716A1 (2020) WO2021029771A1 (2020)
		Jaula de cultivo abierta con lona alrededor de la red, desde la superficie hasta la profundidad deseada, para evitar el contacto de los peces con los parásitos que se concentran en los estratos superiores del océano	Tubenet™¹	WO2020171716A1 (2020) WO2021029771A1 (2020)
	Blue Lice	Trampa que utiliza luz como señuelo y succión como medio de captura para remover del agua a los parásitos antes de la infestación	Blue Lice System¹	WO2021221516A1 (2021)
	Fiizk	Jaula de cultivo semi-cerrada que combina un faldón de 12-18 m con un sistema que bombea agua desde una mayor profundidad, incrementando el flujo y la oxigenación, para evitar el paso de parásitos que se concentran en los estratos superiores del océano	FlekZii Cage™¹	

Categoría	Compañía	Tecnología	Productos y Servicios Comerciales	Patentes Relacionadas (Año de Presentación)
Infraestructura	Fiizk	Faldón que rodea la jaula de cultivo para evitar el paso de parásitos que se concentran en los estratos superiores del océano	Flow-through skirt¹	
		Faldón que rodea la jaula de cultivo para evitar el paso de parásitos que se concentran en los estratos superiores del océano, desarrollado para condiciones ambientales adversas	Lice Skirt HD¹	
		Jaula de cultivo cerrada de lona impermeable alimentada con agua desde una profundidad mayor a los 20 m para reducir la presencia de parásitos que se concentran en los estratos superiores del océano	Protectus¹	WO2020229631A1 (2020) WO2022265515A1 (2022)
	Hauge Aqua Solutions/Ovum	Jaula de cultivo cerrada con forma de huevo que se alimenta con agua de una profundidad mayor a los 20 m para reducir la presencia de parásitos que se concentran en los estratos superiores del océano	Egget®¹	WO2017026899A1 (2016) WO2022131930A1 (2021)
	Stingray Marine Solutions	Dispositivo para eliminar parásitos mediante un pulso láser, controlado por un sistema computarizado de reconocimiento de imagen que también monitorea la salud de los peces	Stingray system¹	WO2011115496A1 (2011)
Tratamiento	Salmoclinic	Barco que cuenta con un estanque a bordo para realizar tratamientos por inmersión con agua dulce (de generación propia), Lyptus Plus o fármacos pesticidas; posee un sistema para retener los parásitos removidos y estanques donde se almacena el agua utilizada con químicos hasta su degradación para evitar verterlos al mar [31]	Fish Treating Vessel (FTV) Qwürkan	WO2022087757A1 (2021) WO2022213224A1 (2021)
	Seacalx	Cal (Óxido de calcio (CaO)) particulada, obtenida mediante un proceso especializado, que se aplica directamente en jaulas (sin lona cerrada) para prevenir infestación de manera amigable con el medioambiente	Seacalx¹	WO2013001317A2 (2012)
	STIM	Coadyuvante basado en aceites esenciales para proteger la piel de los peces y reducir el riesgo de infestación [32, 33]	Lyptus Plus	
Inmunización	Tecnovax	Vacuna subunitaria, en formato de emulsión, administrada por inyección intraperitoneal para reducir la carga parasitaria; requiere un peso mínimo de 20 g durante etapa pre-smolt en agua dulce	Providean Aquatec Sealice®	WO2013171548A2 (2012)

¹ Productos o servicios actualmente no disponibles en Chile.

Tabla 4: Soluciones para prevenir enfermedades infecciosas en el salmón atlántico.

Categoría	Compañía	Tecnología	Productos y Servicios Comerciales	Patentes Relacionadas (Año de Presentación)
Alimentación	BioMar	Alimento enfocado en la etapa de engorda del salmón para promover robustez y estimular la respuesta inmune contra infecciones bacterianas	SmartCare Resist X	
		Alimento enfocado en la etapa de engorda del salmón para promover robustez y estimular la respuesta inmune contra SRS	SmartCare Resist X Pro	
	EWOS	Alimento con un perfil de nutrientes y suplementos funcionales diseñado para disminuir el impacto de enfermedades bacterianas en los peces tales como SRS [21, 34]	Bacter	WO2009131467A1 (2009) WO2016195509A1 (2016)
		Alimento con perfiles optimizados de aminoácidos y ácidos grasos e incorporación de microingredientes funcionales para reducir los efectos de virus pro-inflamatorios tales como IPN [22, 35]	Vira	WO2009131467A1 (2009) WO2016195509A1 (2016)
		Alimento enfocado en los primeros días de vida del salmón (en agua dulce) que incorpora las características de los productos Dermic, Liverox y Vira [22]	Micro Start +	WO2009131467A1 (2009) WO2016195509A1 (2016)
	Phibro Animal Health	Aditivo alimentario 100% natural basado en saponinas para prevenir SRS	PAQ-Xtract™	
STIM	Aditivo alimentario basado en aceites esenciales para mejorar la respuesta inmune a las infecciones bacterianas [32, 33]	C3COS		
Genética	AquaGen	Ovas para crecer peces resistentes a una enfermedad específica, ya sea viral o bacteriana, tal como SRS; estos rasgos se identifican mediante análisis de QTL o GS	Ovas Seleccionadas	WO2014006428A1 (203) WO2015104550A1 (2015) WO2018138527A1 (2018)
	Benchmark Genetics	Ovas para crecer peces con alta protección contra IPN, rasgo identificado mediante análisis de QTL	SalmoProtect®	
Laboratorio	PhagenBIO	Servicios de obtención de fagos, desde su aislamiento a su ingeniería (modificación), para realizar investigación en el manejo de enfermedades bacterianas; disponen de fagos contra Aeromonas y Pseudomonas cuya acción está comprobada experimentalmente	Terapia de Fagos en Acuicultura	WO2018007632A1 (2017) WO2019135009A1 (2019) WO2021064217A1 (2020)

Categoría	Compañía	Tecnología	Productos y Servicios Comerciales	Patentes Relacionadas (Año de Presentación)
Tratamiento	Proteon Pharmaceuticals	Cóctel de cinco bacteriófagos contra bacterias de los géneros <i>Aeromonas</i> y <i>Pseudomonas</i> para lidiar con sus efectos negativos en el pez, además de ayudar a mantener el balance de la microbiota intestinal	BAFADOR®¹	
	Inmunización	MSD Animal Health	Vacuna subunitaria, en formato de emulsión, administrada por inyección intraperitoneal para proteger contra SRS e IPN; requiere un peso mínimo de 30 g	AQUAVAC® SARISTIN 2
Vacuna inactivada, en formato de emulsión, administrada por inyección intraperitoneal para proteger contra furunculosis, vibriosis (producida por <i>V. anguillarum</i>), IPN e ISA; requiere un peso mínimo de 20 g			Pentium Forte Plus IIA®	
PharmaQ		Vacuna inactivada, en formato de emulsión, administrada por inyección intraperitoneal para proteger contra SRS, furunculosis, vibriosis (producida por <i>V. ordalii</i>), IPN e ISA; requiere un peso mínimo de 30 g	ALPHAJECT 5-1²	WO2008002152A2 (2007) WO2014064217A1 (2013) WO2016189067A1 (2016)
		Vacuna viva, en formato de suspensión, administrada por inyección intraperitoneal para proteger contra SRS; requiere un peso mínimo de 20 g durante etapa pre-smolt en agua dulce	ALPHAJECT LiVac® SRS	WO2008002152A2 (2007) WO2014064217A1 (2013) WO2016189067A1 (2016)
Tecnovax		Vacuna inactivada, en formato de emulsión, administrada por inyección intraperitoneal para proteger contra SRS, furunculosis, vibriosis (producida por <i>V. ordalii</i>), IPN e ISA; requiere un peso mínimo de 20 g	Providean Aquatec® 5 SRS IPN Vibrio ISAv Aeromonas²	WO2013171548A2 (2012)
Veterquímica		Vacuna inactivada, en formato de suspensión, administrada por inmersión para proteger contra furunculosis; requiere un peso mínimo de 4 g	Aero-Vac®	
	Vacuna inactivada, en formato de suspensión, administrada por inmersión para proteger contra vibriosis (producida por <i>V. anguillarum</i>); requiere un peso mínimo de 25 g	Angui-Vac®		

Categoría	Compañía	Tecnología	Productos y Servicios Comerciales	Patentes Relacionadas (Año de Presentación)
Inmunización	Veterquímica	Vacuna inactivada, en formato de suspensión, administrada por inmersión para proteger contra vibriosis (producida por <i>V. ordalii</i>); requiere un peso mínimo de 25 g	Dalli-Vac®	
		Vacuna inactivada, en formato de suspensión, administrada por inmersión para proteger contra IPN; requiere un peso mínimo de 0,5 g	IPE-VAC®2 INMERSIÓN	
		Vacuna inactivada, en formato de suspensión, administrada por inmersión para proteger contra SRS; requiere un peso mínimo de 2 g	Rickemune Vax® 2 Inmersión	
		Vacuna inactivada, en formato de emulsión, administrada por inyección intraperitoneal para proteger contra SRS, IPN y BKD; requiere un peso mínimo de 15 g	BEKA-PLUS® 3	
		Formulación biológica inactivada, elaborada a partir de un cultivo de bacterias o virus aislados desde animales infectados por solicitud de un médico veterinario tratante, para proteger contra un patógeno específico; de uso exclusivo en las instalaciones donde se aisló el microorganismo	Autovacunas	
	Virbac	Vacuna en formato de emulsión, administrada por inyección intraperitoneal, de tipo inactivada para proteger contra SRS, furunculosis, vibriosis (producida por <i>V. ordalii</i>) e IPN, y de tipo subunitaria para proteger contra ISA; requiere un peso mínimo de 30 g	Blueguard® IPN+SRS+As+Vo+ISA Inyectable²	
		Vacuna inactivada, en formato de polvo liofilizado, administrada a través del alimento para proteger contra SRS; requiere un peso mínimo de 10 g	Blueguard® SRS Oral	WO2017220611A1 (2017) WO2017220615A1 (2017)
		Formulación biológica inactivada, elaborada a partir de un cultivo de bacterias o virus aislados desde animales infectados por solicitud de un médico veterinario tratante, para proteger contra un patógeno específico; de uso exclusivo en las instalaciones donde se aisló el microorganismo	Autovacunas	

¹ Productos o servicios actualmente no disponibles en Chile. ² Vacuna contra la mayor cantidad de patógenos que tiene disponible la compañía. También ofrecen alternativas contra sólo algunos de estos patógenos, en distintas combinaciones, pero no fueron incluidas en esta tabla.



3 .

TENDENCIAS TECNOLÓGICAS

Para concluir se destacan soluciones innovadoras a los desafíos planteados previamente, representando potenciales tendencias en el desarrollo de tecnologías para el rubro salmonero. Estos productos se presentan en el mismo orden con el que aparecen en las Tablas 2, 3 y 4. A continuación se revisan de manera individual, explicando la base para su funcionamiento junto con las ventajas y desventajas de su aplicación.

3.1. Salud General

3.1.1. iFarm

La pieza clave del sistema iFarm, tecnología en desarrollo de la empresa noruega BioSort con apoyo de la salmonera Cermaq, es un dispositivo que registra a los peces de manera individual mediante reconocimiento biométrico computarizado. El sistema asegura el paso de los peces a través de dicho dispositivo limitando

su acceso a la superficie marina, donde los salmones tienen que acudir regularmente para llenar su vejiga natatoria de aire. Mediante análisis de imágenes se puede llevar registro de distintas variables de interés para el acuicultor; en el ámbito de la salud, se hace seguimiento de la presencia de parásitos así como lesiones que corresponden a síntomas de patologías. El dispositivo cuenta además con la capacidad para remover peces específicos del grupo al detectar alguna de sus variables alteradas. Esto permite aplicar tratamientos de manera dirigida o descartar al individuo, evitando transmisión a otros salmones.

La desventaja principal del sistema iFarm es la necesidad de una inversión considerable, que involucra tanto el costo inicial de instalación como una mantención permanente para el almacenamiento y procesamiento de los datos recopilados. Su ventaja principal es que permite prescindir de, o al menos reducir, los tratamientos grupales. Además de implicar una reducción de costos, esto disminuye el impacto ambiental producido por las sustancias administradas que se liberan hacia el océano. Por otra parte, dado que este sistema se añade a la infraestructura de cultivo y no actúa directamente sobre los peces, sus beneficios se extienden a varios períodos de cultivo a lo largo del tiempo.

3.1.2. SalmoSelect®

La compañía noruega Benchmark Genetics actualmente comercializa en Chile ovas de salmón sometidas a selección genética para identificar en ellas rasgos específicos, tales como una mayor resistencia a la infestación con *C. rogercresseyi* o al desarrollo de enfermedades infecciosas como lo son SRS o IPN, ya sea a través de selección genómica (GS) o análisis de locus de rasgos cuantitativos (QTL). Aunque estos desafíos no se logren resolver por completo, los requerimientos de vacunación y/o tratamiento deberían verse reducidos, permitiendo disminuir costos y también potenciales impactos ambientales. En el caso de que una compañía salmonera busque un rasgo específico en sus peces, pero cultive especímenes exclusivos desarrollados de manera interna, Benchmark Genetics también ofrece el servicio Akvaforsk para establecer y optimizar un programa genético interno. Existen productoras con presencia nacional que reportan contar con programas de crianza en nuestro país como lo son AquaChile[36, 37], Australis Seafoods[38, 39], Camanchaca[40], Cermaq[41], Mowi[42, 43] y Multi X[44]. AquaChile lleva a cabo dicha selección a través de su laboratorio propio y su centro de innovación ATC (Aquaculture Technology Centre).[37]

La selección genética difiere de la modificación genética: mientras que la primera se enfoca en identificar individuos que naturalmente expresan ciertos rasgos en mayor o menor medida, la segunda busca generar nuevos especímenes alterando su genoma, pudiendo utilizar

genes de otras especies. La compañía estadounidense AquaBounty es la única a nivel global que actualmente cultiva un salmón genéticamente modificado para consumo humano[45], disponible sólo en EE.UU. y Canadá[46]. Dicha modificación se realizó en 1989 para cambiar el comportamiento de la hormona de crecimiento y así disminuir el tiempo que los peces demoran en llegar al peso de cosecha; sin embargo, la creciente preocupación respecto al consumo de organismos genéticamente modificados (GMO) sugiere no incurrir en esta veta.

3.2. Caligidosis

3.2.1. L-END

La empresa chilena Aquanativa ha desarrollado dos aditivos alimentarios para combatir la infestación con caligus, L-END y L-END Ultra. Están basados en ingredientes botánicos con bajo impacto ambiental y actúan tanto en peces como en parásitos: por un lado, mejora la respuesta inmune de la piel de salmones, donde los parásitos se adhieren; por el otro, altera procesos del desarrollo de *C. rogercresseyi*, disminuyendo su capacidad de infestación.

Las soluciones administradas por medio del alimento aprovechan una actividad que forma parte esencial del proceso de cultivo, a diferencia de los tratamientos por inmersión. Aún cuando los aditivos alimentarios requieren de una etapa adicional en que se combinen

con el alimento, la industria nacional cuenta con experiencia en el proceso dado que existen tratamientos actuales contra la Caligidosis administrados por esta vía.[12]

Las ventajas principales que tienen los aditivos alimentarios por sobre los alimentos funcionales son dos: primero, el acuicultor no requiere cambiar la dieta que utiliza, probablemente optimizada; segundo, existe la posibilidad de incorporar varios aditivos a la vez durante el peletizado, obteniendo más de un efecto beneficioso. La desventaja principal en estos casos es la falta de certeza en la recepción del alimento por parte de los peces. Aunque lo más probable es que todos los peces se alimenten durante el suministro, se puede dar el caso en que algunos individuos no lo hagan; si el aditivo no se utiliza de forma regular, éstos no accederían a sus efectos.

3.2.2. Nautilus

Las jaulas de cultivo Nautilus, fabricadas por la empresa noruega AKVA Group (ex-Submerged), constan de una red que se sumerge bajo los 20 metros de profundidad mientras que su estructura flotante se mantiene en la superficie. Esta característica permite evitar la infestación con piojo de mar, dado que dichos parásitos se concentran en los estratos superiores del océano. Para permitir que los salmones llenen su vejiga natatoria con aire, la jaula incluye un domo de aire iluminado en el “techo” de la red, bajo el cual se suministra el alimento.

Es importante considerar que estas estructuras no se pueden utilizar en todas las zonas del mar, por lo que es relevante identificar si el lugar donde se realiza el cultivo es apto para su operación; sin embargo, existen cuatro versiones enfocadas en distintas condiciones. Como ya se ha mencionado para soluciones dentro de la categoría “infraestructura”, éstas requieren de una mayor inversión, pero otorgan beneficios a largo plazo.

3.2.3. Blue Lice System

El sistema desarrollado por la compañía noruega Blue Lice se basa en la atracción por la luz que exhibe el piojo de mar. Dispositivos instalados alrededor de la jaula cultivo, que no interfieren con la operación diaria, emiten luz a modo de señuelo para atraer a los parásitos; una vez que éstos se encuentran en la proximidad del dispositivo, son removidos del agua por medio de succión, evitando que lleguen a infestar a los peces. Aunque no se logre eliminar la totalidad de parásitos en el ambiente de cultivo, un número menor implica una tasa de infestación menor, reduciendo los tratamientos necesarios en su contra. Este sistema se ha desarrollado contra *Lepeophtheirus salmonis*, piojo de mar presente en los océanos del hemisferio norte, por lo que su efectividad debe ser probada contra *C. rogercresseyi*. Así como otras soluciones de la categoría “infraestructura” requieren de una mayor inversión, pero sus beneficios son de largo plazo.

3.3. Enfermedades Infecciosas

3.3.1. PAQ-Extract™

La compañía estadounidense Phibro Animal Health ofrece en Chile el aditivo alimentario PAQ-Extract™ basado en saponinas, moléculas de origen vegetal, cuya efectividad ha sido demostrada en la prevención contra SRS. Para este producto existen las mismas ventajas y desventajas mencionadas para otros aditivos alimentarios, como se indicó al final de la sección 3.2.1. Además, permite prescindir del manejo individual de peces que implica la vacunación, para la que además es necesaria una etapa previa de anestesiado. Dado que existen antibióticos que se administran a través del alimento [16], hay experiencia con el proceso en la industria nacional.

3.3.2. BAFADOR®

Los bacteriófagos son un tipo de virus que ha surgido como una alternativa exitosa respecto a los antibióticos para controlar infecciones bacterianas. Éstos no afectan a otras especies y son altamente dirigidos, además de estar presentes con mayor abundancia en ecosistemas acuáticos de manera natural, por lo que son especialmente aptos para su uso en acuicultura.[16] Los fagos actúan directamente en el agua [47,48] y también alojados al interior de mucosas en peces, a las que pueden acceder evadiendo el sistema inmune de estos hospederos eucariontes.[48]

Las bacterias son capaces de generar resistencia frente a la acción de estas partículas virales, pero esto usualmente se combate mediante el uso de cócteles compuestos por distintos fagos como lo es BAFADOR®, mezcla de cinco bacteriófagos contra Aeromonas y Pseudomonas producida por la empresa polaca Proteon Pharmaceuticals. Su principal ventaja es la acción sobre bacterias que han desarrollado AMR. Aplicando fagos y antibióticos en un régimen rotativo es posible evitar que surjan bacterias resistentes para ambos tratamientos, manteniendo su efectividad y últimamente disminuyendo la tasa de antibióticos liberados al medio ambiente después de su aplicación. Sus mayores desventajas son las mismas que poseen los aditivos alimentarios, dado que BAFADOR® se aplica rociando el alimento para peces en etapa de engorda.

3.3.3. Blueguard® SRS Oral

La gran ventaja de la vacunación es que genera una respuesta inmune en los peces para defenderse contra la infección de patógenos y evitar así su transmisión. Este mecanismo constituye una protección de mayor durabilidad respecto a sustancias externas que actúan sobre microorganismos nocivos y por lo mismo permite reducir el uso de antibióticos. Es relevante para la industria evitar el desarrollo de enfermedades en el salmón por los deterioros que éstas implican, dado que se traducen en un producto final de menor calidad.

La dificultad del uso de vacunas es el manejo individual de peces que implica la inyección intraperitoneal, método usual de administración, además del baño anestésico previo que se requiere. Blueguard® SRS Oral, producida por la empresa francesa Virbac que adquirió a la chilena Centrovvet, se posiciona como una alternativa que evita estas complicaciones dado que es administrada de la misma manera que un aditivo alimentario. Así como éstos, posee las ventajas y desventajas indicadas al término de la sección 3.2.1. Existe el riesgo de inducir tolerancia en vez de inmunidad si no hay un programa de vacunación adecuado.[17] El 2016 se realizaron pruebas en terreno para esta vacuna, reportándose un 78% de reducción en el uso de antibióticos por parte de aquellos centros de cultivo donde fue administrada.[49]



4 .

REFERENCIAS

[1] Mowi, 2023, "Salmon Farming Industry Handbook". [en línea] <<https://mowi.com/wp-content/uploads/2023/06/2023-Salmon-Farming-Industry-Handbook-2023.pdf>> [Consulta: 15 julio 2024]

[2] R. Bergoeing, 23 marzo 2023, "Salmonicultura en Chile su aporte económico y social". [en línea] <https://www.salmonchile.cl/estudios/informe_impacto_salmonicultura.pdf> [Consulta: 15 julio 2024]

[3] International Aquafeed, "La historia de la Acuicultura y el Salmón en Chile". [en línea] <<https://aquafeed.co/entrada/la-historia-de-la-acuicultura-y-el-salm-n-en-chile-20239>> [Consulta: 15 julio 2024]

[4] G. M. Turchini, "Aquaculture sustainability: Global challenges need local actions," Reviews in Aquaculture, vol. 15, no. 2. John Wiley and Sons Inc, pp. 402–403, 01 marzo 2023. doi: 10.1111/raq.12797.

[5] R. Cifuentes, 2023, "Aporte de la salmonicultura a la economía del país y de la macrozona sur austral". [en línea] <<https://www.consejodelsalmon.cl/informacion-de-la-industria/estudios-y-publicaciones/aporte-de-la-salmonicultura-a-la-economia-del-pais-y-de-la-macrozona-sur-austral/>> [Consulta: 15 julio 2024]

[6] SalmonChile, "MERCADOS". [en línea] <<https://www.salmonchile.cl/salmon-de-chile/mercados-salmonchile/>> [Consulta: 15 julio 2024]

[7] Consejo del Salmón, 2024, "Principales datos de la industria". [en línea] <<https://www.consejodelsalmon.cl/informacion-de-la-industria/principales-datos-de-la-industria/>> [Consulta: 15 julio 2024]

[8] Y. Valero and A. Cuesta, "Reassortant viruses threatening fish aquaculture," *Reviews in Aquaculture*, vol. 15, no. 4. John Wiley and Sons Inc, pp. 1720–1731, 01 septiembre 2023. doi: 10.1111/raq.12813.

[9] Consejo del Salmón, 2024, "Historia de la industria en Chile". [en línea] <<https://www.consejodelsalmon.cl/historia-de-la-industria-en-chile/>> [Consulta: 15 julio 2024]

[10] Observatorio Parlamentario, 23 enero 2009, "Proyectan crisis en industria salmonera y baja de hasta 50% en exportación a Asia". [en línea] <<https://www.bcn.cl/observatorio/asiapacifico/noticias/crisis-salmon-asia-2009>> [Consulta: 15 julio 2024]

[11] R. Rivera Elorza, 01 noviembre 2012, "Industria del salmón ya casi ha olvidado la crisis del virus ISA con sus números recuperados". [en línea] <<https://www.emol.com/noticias/economia/2012/10/31/567503/industria-del-salmon-ya-casi-ha-olvidado-la-crisis-del-virus-isa-con-sus-numeros-recuperados.html>> [Consulta: 15 julio 2024]

[12] S. Bravo and J. Treasurer, "The management of the sea lice in Chile: A review," *Reviews in Aquaculture*, vol. 15, no. 4, pp. 1749–1764, septiembre 2023. doi: 10.1111/raq.12815.

[13] Sernapesca, 2 febrero 2022, "Aprueba Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control de Caligidosis. Deja sin efecto Resolución Exenta

N° 13 del 2015 del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.". [en línea] <https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/11/res.ex_60-2022.pdf> [Consulta: 15 julio 2024]

[14] G. Rigos, F. Padrós, E. Golomazou, and C. Zarza, "Antiparasitic approaches and strategies in European aquaculture, with emphasis on Mediterranean marine finfish farming: Present scenarios and future visions," *Reviews in Aquaculture*. John Wiley and Sons Inc, 2023. doi: 10.1111/raq.12857.

[15] F. O. Mardones et al., "Identification of research gaps for highly infectious diseases in aquaculture: The case of the endemic *Piscirickettsia salmonis* in the Chilean salmon farming industry," *Aquaculture*, vol. 482, pp. 211–220, enero 2018. doi: 10.1016/j.AQUACULTURE.2017.09.048.

[16] M. G. Bondad-Reantaso et al., "Review of alternatives to antibiotic use in aquaculture," *Reviews in Aquaculture*, vol. 15, no. 4. John Wiley and Sons Inc, pp. 1421–1451, septiembre 01 2023. doi: 10.1111/raq.12786.

[17] C. Flores-Kossack, R. Montero, B. Köllner, and K. Maisey, "Chilean aquaculture and the new challenges: Pathogens, immune response, vaccination and fish diversification", *Fish and Shellfish Immunology*, vol. 98, pp. 52–67, marzo 2020. doi: 10.1016/j.fsi.2019.12.093.

[18] K. D. Thompson et al., "Addressing Nanovaccine Strategies for Tilapia", *Vaccines*, vol. 11, no. 8, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), 1356, 1 agosto 2023. doi: 10.3390/vaccines11081356.

[19] L. Appel, 20 marzo 2024, "Lanzan proyecto inédito para disminuir consumo de antibióticos en la salmonicultura chilena". [en línea] <<https://www.salmonexpert.cl/aquasur-2024-inauguracion-yelcho/lanzan-proyecto-inedito-para-disminuir-consumo-de-antibioticos-en-la-salmonicultura-chilena/1744262>> [Consulta: 15 julio 2024]

- [20] IPac, 27 marzo 2024, "Proyecto Yelcho, la alianza público-privada para acelerar implementación de vacunas y disminuir uso de antimicrobianos en Chile". [en línea] <https://www.ipacuicultura.com/noticia-69560-seccion-Bienestar_y_Sanidad_Animal> [Consulta: 15 julio 2024]
- [21] Cargill, Mayo 2017, "EWOS SPOTLIGHT" [en línea] <<https://www.cargill.com/doc/1432117664168/ewos-spotlight-may-2017.pdf>> [Consulta: 15 julio 2024]
- [22] EWOS, 2024, "Cargill perfecciona dieta de agua dulce para los primeros días de vida". [en línea] <<https://www.ewos.com/cl/cargill-perfecciona-dieta-de-agua-dulce-para-los-primeros-dias-de-vida/>> [Consulta: 15 julio 2024]
- [23] Cargill, 2024, "EWOS DERMIC launched". [en línea] <<https://www.cargill.no/en/2018/ewos-dermic-launched>> [Consulta: 15 julio 2024]
- [24] EWOS, 2024, "Cargill lanzó pack de salud branquial". [en línea] <<https://www.ewos.com/cl/pack-gill/>> [Consulta: 15 julio 2024]
- [25] Cargill, 2024, "Cómo la alimentación puede influir positivamente en la salud de las branquias". [en línea] <<https://www.cargill.com/feedingintelligence/how-feed-can-positively-impact-gill-health-esp-cl>> [Consulta: 15 julio 2024]
- [26] AQUA, 8 julio 2022, "Cargill lanza nueva dieta para primera alimentación". [en línea] <<https://www.aqua.cl/cargill-lanza-nueva-dieta-para-primera-alimentacion/>> [Consulta: 15 julio 2024]
- [27] WellFish Tech, "Fish health redefined". [en línea] <<https://wellfishtech.com/>> [Consulta: 15 julio 2024]
- [28] ACUANATIVA, "Ficha técnica aditivo formulado para alimentación animal". [en línea] <<https://drive.google.com/file/d/1BD8b8180z0qsuRGa1qXoODmIpMPzeyqr0>> [Consulta: 15 julio 2024]
- [29] M. Velasco, P. Miranda, T. Pérez, M. Vega y A. Romero, 2022, "Aditivo fitogénico presenta efecto protector e inmunomodulador frente a la infestación con Caligus rogercresseyi en salmón Atlántico". [en línea] <<https://drive.google.com/file/d/1Kyl0dcaw-R007nmV9oyhAVBTRGJ4n4kd>> [Consulta: 15 julio 2024]
- [30] AKVA Group, "Deep farming & lice control". [en línea] <<https://www.akvagroup.com/sea-based/deep-farming-lice-control/>> [Consulta: 15 julio 2024]
- [31] F. Soto, 22 marzo 2024, "El barco "curandero" que combate Caligus y amebas con tecnología única". [en línea] <<https://www.salmonexpert.cl/amebas-caligus-owurkan/el-barco-curandero-que-combate-caligus-y-amebas-con-tecnologia-unica/1745617>> [Consulta: 15 julio 2024]
- [32] Salmonexpert, 06 abril 2023, "STIM, apoyando la producción sustentable del salmón en todo el mundo". [en línea] <<https://www.salmonexpert.cl/stim-apoyando-la-produccion-sustentable-del-salmon-en-todo-el-mundo/1504867>> [Consulta: 15 julio 2024]
- [33] L. Appel, 29 diciembre 2023, "STIM: Productos naturales con foco en el bienestar del salmón". [en línea] <<https://www.salmonexpert.cl/stim-chile/stim-productos-naturales-con-foco-en-el-bienestar-del-salmon/1606615>> [Consulta: 15 julio 2024]
- [34] Salmonexpert, 01 enero 2017, "En Chile: lanzan nueva dieta antibacteriana que ayuda a disminuir impacto de SRS". [en línea] <<https://www.salmonexpert.cl/cargill-dieta-investigacion/en-chile-lanzan-nueva-dieta-antibacteriana-que-ayuda-a-disminuir-impacto-de-srs/1233806>> [Consulta: 15 julio 2024]

- [35] S. Kalil, 11 julio 2018, “Un nuevo enfoque nutricional para combatir enfermedades virales”. [en línea] <<https://www.salmonexpert.cl/annonsorinnhold-contenido-patrocinado/un-nuevo-enfoque-nutricional-para-combatir-enfermedades-virales/1313945>> [Consulta: 15 julio 2024]
- [36] AquaChile, “Quiénes Somos” [en línea] <<https://es.aquachile.com/quienes-somos/>> [Consulta: 18 agosto 2024]
- [37] AquaChile, 2023, “Reporte integrado 2023”. [en línea] <<https://es.aquachile.com/wp-content/uploads/2024/04/Reporte-Integrado-AquaChile-2023-17-web-1.pdf>> [Consulta: 15 julio 2024]
- [38] Australis Seafoods, 2022, “Sustainability Report 2022”[en línea] <https://www.australis-seafoods.com/sostenibilidad/pdf/Reporte_2022_eng.pdf> [Consulta: 18 agosto 2024]
- [39] Mundo Acuicola, 3 julio 2024, “Entrevista: Claves e hitos de Australis Seafood en la reducción de uso de antimicrobianos”[en línea] <<https://www.mundoacuicola.cl/new/entrevista-claves-e-hitos-de-australis-seafood-en-la-reduccion-de-uso-de-antimicrobianos/>> [Consulta: 18 agosto 2024]
- [40] Camanchaca, “Salmones” [en línea] <<https://www.camanchaca.cl/salmones/>> [Consulta: 18 agosto 2024]
- [41] Cermaq, “Fish health and welfare”. [en línea] <<https://www.cermaq.com/sustainability/research-and-innovation/fish-health-and-welfare>> [Consulta: 15 julio 2024]
- [42] Mowi, “Mowi Breeding” [en línea] <<https://mowi.com/about-us/our-structure/mowi-breeding/>> [Consulta: 18 agosto 2024]
- [43] J. Garcés, 7 octubre 2021, “Mowi detalla cómo trabaja para mejoramiento genético de su salmón en Chile” [en línea] <<https://www.salmonexpert.cl/biologia-chile-genetica/mowi-detalla-como-trabaja-para-mejoramiento-genetico-de-su-salmon-en-chile/1281987>> [Consulta: 18 agosto 2024]
- [44] Multi X, “Nosotros” [en línea] <<https://www.multi-xsalmon.com/nosotros/>> [Consulta: 18 agosto 2024]
- [45] AquaBounty, 2024, “Why AquaBounty Salmon” [en línea] <<https://aquabounty.com/our-salmon/why-aquabounty-salmon>> [Consulta: 15 julio 2024]
- [46] M. Pinto, 16 mayo 2024, “AquAdvantage Salmon, The Only Genetically Modified Fish On The Market”. [en línea] <<https://www.foodunfolded.com/article/aquadvantage-salmon-the-only-genetically-modified-fish-on-the-market>> [Consulta: 15 julio 2024]
- [47] STIM, “El Proyecto Bacteriófago”. [en línea] <<https://stimchile.cl/research/bacteriophages/>> [Consulta: 15 julio 2024]
- [48] J. Ramos-Vivas, J. Superio, J. Galindo-Villegas, and F. Acosta, “Phage therapy as a focused management strategy in aquaculture”, International Journal of Molecular Sciences, vol. 22, no. 19. MDPI, 10436, 01 octubre 2021. doi: 10.3390/ijms221910436.
- [49] Salmonexpert, 22 agosto 2016, “Laboratorio entrega resultados de vacunas contra SRS”. [en línea] <<https://www.salmonexpert.cl/biologia-centrovet-vibrac/laboratorio-entrega-resultados-de-vacunas-contra-srs/1248035>> [Consulta: 15 julio 2024]

cb^T

SOFOFA HUB



cb^T
SOFOFA HUB