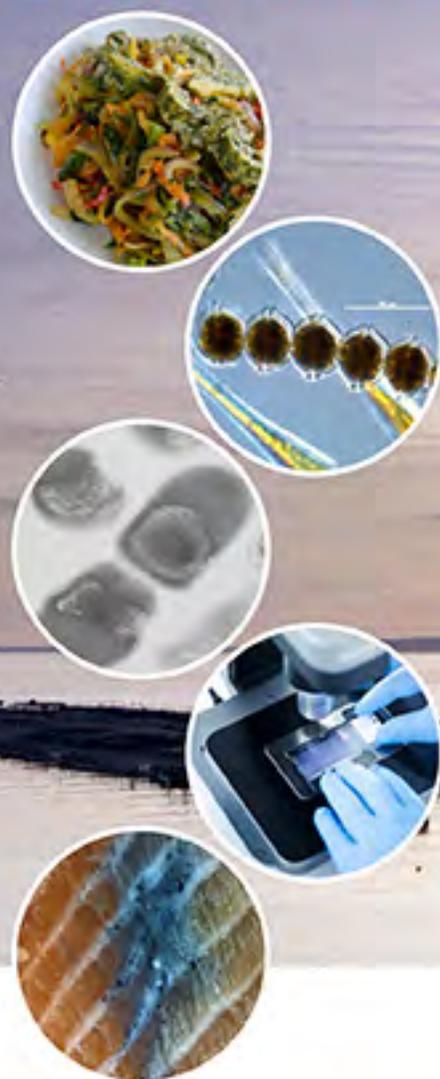


# revista versión<sup>®</sup> diferente **Salmón-Acuícola**



MELANOSIS EN SALMÓNIDOS \*\*\* HIPOXIA \*\*\* AVANCES EN BKD EN SALMÓNIDOS \*\*\* *Flavobacterium psychrophilum* \*\*\* SRS EN TRUCHA ARCO IRIS \*\*\* SITUACION SANITARIA DE LA INDUSTRIA DEL SALMÓN \*\*\* PATOLOGÍA CLÍNICA EN SALMONICULTURA \*\*\* TEST DE TOXINAS PARA MARISCOS MAS SEGUROS \*\*\* ALIMENTOS ALGALES NUTRIMAR REGIÓN DEL BIOBÍO \*\*\* PROGRAMA TECNOLÓGICO SALMONICULTURA CHILENA \*\*\* MODELOS DE PRODUCCIÓN PESQUERIA DE JUREL PACÍFICO SUR ORIENTAL



ISSUU

Distribución Gratuita Consévela

# BEKA VAX y BEKA PLUS 3

Comprobada eficacia en el control del BKD



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

*Síguenos*   



**VETERQUIMICA**  
CREANDO SALUD ANIMAL



Año 21 - N°37  
Edición Especial  
Primer Semestre 2024

Distribución Gratuita a nivel nacional  
Semestral - 3.000 unidades

### Editores

Opción Comunicaciones  
Cel: +56 9 9443 3504  
richardaraya@opcionaraya.cl

### Diseño y Diagramación

Lucía Zúñiga Fuentes  
luciazunigaf@gmail.com

### Fotografías Portada

Gentileza de:

- Trusal
- Cristian Agurto, UDEC
- David Cassis, AquaBC
- Alejandro Yáñez, UACH
- Gabriela Besoin, Pharmaq Analytiq
- Marcelo Vera, VeHiCe

Revista "Versión Diferente", es un medio de comunicación independiente creado y editado por Opción Comunicaciones. Queda prohibida la reproducción de todo el contenido sin previa autorización de sus editores, asimismo como la reproducción total o parcial de los anuncios publicitarios firmados por Opción Comunicaciones.

Los contenidos y opiniones que aparecen en esta publicación son de exclusiva responsabilidad de las empresas o personas que las emiten, y no necesariamente los editores comparten los conceptos aquí mencionados.

Una Producción de:

**opción**<sup>®</sup>  
comunicaciones

SU MEJOR OPCION EN PUBLICIDAD

Porque somos diferentes,  
publique con nosotros

Cel: +56 9 9443 3504  
richardaraya@opcionaraya.cl

## Avisadores

VeHiCe	7
Salmofood	14
Pharmaq Analytic	21
Plásticos Austral	32
Copec	38
Universidad Austral de Chile	48
Universidad de Los Lagos	57
Rentokil Initial	58
AquaBC	60
Acuasesorías	81
Termoindustrial	82
Veterquímica	T2
Opción Comunicaciones	T3
Lota Protein	T4

## Contenidos

Indice de Universidades	2
Editorial	3
Fases Lunares	4
Ferias Internacionales	5
Ferriados Internacionales	6
Melanosis en salmónidos	8
Nutrición durante eventos de Hipoxia: Oxycare formula innovadora de fitógenicos	15
Patología clínica como herramienta diagnóstica en salmonicultura	22
Salmón Magallánico, navegando hacia la sostenibilidad	53
Consolidándonos en el sur de Chile	59
Detección rápida de toxinas para mariscos más seguro	61
El programa tecnológico PTEC-INVA y los desafíos más grandes de la salmonicultura chilena	73
El problema de los trámites en la acuicultura nacional	78
Domicilios tributarios y patentes	83

# Índice de Universidades SUS ESTUDIOS E INVESTIGACIONES

## UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

---

Avances en el Aislamiento y Caracterización de <i>Renibacterium salmoninarum</i> : Implicaciones para el Desarrollo de Vacunas en la Acuicultura del Salmón	26
Revisión de la situación sanitaria de la industria del salmón en Chile	39
Formación en Acuicultura Doctorado en Ciencias de la Acuicultura Sede Puerto Montt	41

## UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO

---

Coinfección de aislados de <i>Flavobacterium psychrophilum</i> dentro de una misma piscicultura: Revelando la existencia de heterogeneidad de serotipos y genotipo	33
---	----

## UNIVERSIDAD DE PLAYA ANCHA

---

Estudio de la piel mucosa de la trucha arco iris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) como barrera contra la piscirickettsiosis: Un escenario de transmisión por agua en ausencia de vectores	44
--	----

## UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

---

Nutrimar: Creando una cultura algal para la Región del Biobío y Chile	64
---	----

## UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

---

Incluyendo el ambiente en modelos de producción de la pesquería de jurel en el Pacífico Sur Oriental	70
--	----

# Editorial



Para el primer semestre 2024, tenemos una edición especial Revista Versión Diferente Salmón-Acuícola, para Feria Internacional del Salmón AQUASUR marzo 2024. Trayendo temas de relevancia tales como: Enfermedades Virales y Bacteriales, Nutrición en Salmónidos, Alimentos Algales, Programas tecnológicos, Estadísticas en Salmonicultura y Pesquerías, Tecnologías, Asesorías en materia de acuicultura y tributarias entre otras.

Hemos logrado reunir información relevante en materia de la salmonicultura, acuicultura y pesquería que son de gran interés de nuestros lectores.

Esperamos que en esta primera edición digital e impresa 2024, la revista pueda ser conocida por la mayor cantidad de asistentes a Feria Internacional del Salmón AQUASUR marzo 2024, siendo un aporte de conocimiento en materia de investigación y tecnología en el ámbito salmoneo-acuícola, acuicultura y pesquera del país.

Queremos dar un especial agradecimiento a todos nuestros colaboradores e investigadores académicos que hacen un aporte con artículos científicos de extensión de proyectos en ejecución en materias como: biotecnología, patologías, nutrición, genética, medio ambiental, normativas,

tecnología y muchos otros temas de interés que consolidan la revista "Versión Diferente" como un medio escrito científico de extensión de consulta diaria.

Continuamos en la búsqueda de información técnica relevante en materia de investigación para la industria salmón-acuícola, mitilicultora y pesquera de Chile. Siendo los temas a tratar primer semestre 2024: "Melanosis en salmónidos"; "Hipoxia en salmones"; Avances en BKD en salmónidos"; "*Flavobacterium psychrophilum*"; SRS en trucha Arco Iris"; "Situación Sanitaria de la industria del Salmón "; Test de toxinas para mariscos más segura"; "Nutrimar creando una cultura algal para la Región del Biobío"; Modelos de producción de la pesquería de Jurel en el Pacífico Sur Oriental"; "Programa Tecnológico PTEC-INVA"; "Problemas en los trámites en la Acuicultura nacional"; "Domicilio tributarios y patentes".

Continuamos manteniendo el cambio de fecha de cada edición semestral debido a circunstancias externas ajena a nuestra agenda de tiempo editorial para impresión.

Los invitamos a participar en próxima edición digital e impresa Julio 2024.

# Fases Lunares

## 2024

	 NUEVA	 CRECIENTE	 LLENA	 MENGUANTE
ENERO	11	18	25	4
FEBRERO	9	16	24	3
MARZO	10	17	25	3
ABRIL	8	15	24	2
MAYO	8	15	23	1 / 30
JUNIO	6	14	22	28
JULIO	6	14	21	28
AGOSTO	4	12	19	26
SEPTIEMBRE	3	11	18	24
OCTUBRE	2	10	17	24
NOVIEMBRE	1	9	15	23
DICIEMBRE	1 / 30	8	15	22

\* Si necesita información de Mareas y Lunas solicitarlas directamente a [www.shoa.cl](http://www.shoa.cl) o [serviciosaterceros@shoa.cl](mailto:serviciosaterceros@shoa.cl)

# Ferias Internacionales

## 1º Semestre 2024

### FEBRERO

04 al 06	SIME AQUAFISH	Arabia Saudita
14 al 15	AQUAFARM	Pordenone - Italia
15 al 17	AQUAINDIA	Chennai - India
18 al 24	AQUACULTURE AMERICA	San Antonio - Texas
25 al 27	FISH INTERNATIONAL Exhibition International of fair Fisheries and Seafood	Bremen - Alemania

### MARZO

05 al 07	NORTH ATLANTIC SEAFOOD FORUM ( NASF )	Bergen - Noruega
10 al 12	SEAFOOD EXPO NORTH AMERICA	Boston - USA
11 al 13	WORLD OCEAN SUMMIT	Lisboa - Portugal
19 al 21	AQUASUR	Puerto Montt - Chile

### ABRIL

17 al 18	EUROPEAN ALGAS INDUSTRY SUMMIT	London - UK
23 al 25	SEAFOOD EXPO GLOBAL	Barcelona - España

### MAYO

14 al 16	AQUACULTURE UK	Aviemore - Escocia ( UK )
15 al 18	SEAFOOD EXPO EURSIA	Estambul - Turquía
15 al 18	WSI – WORLD SEAFOOD INDUSTRY	Guadalajara - México
21 al 24	1er SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACION ACUATICA SOSTENIBLE	Esmirna - Turquía
22 al 24	AQUACULTURE PHILIPPINES	Manila - Filipinas
29 al 31	ILDEX VIETNAM AQUACULTURE CONFERENCE	Ho Chi Minh - Vietnam

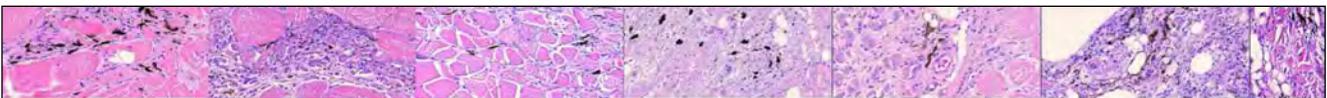
### JUNIO

16 al 19	AQUACULTURE CANADA	Charlotte Town
17 al 19	XIX CONGRESO NACIONAL DE ACUICULTURA	Las Palmas - Gran Canaria - España

# Feriados Internacionales 2024



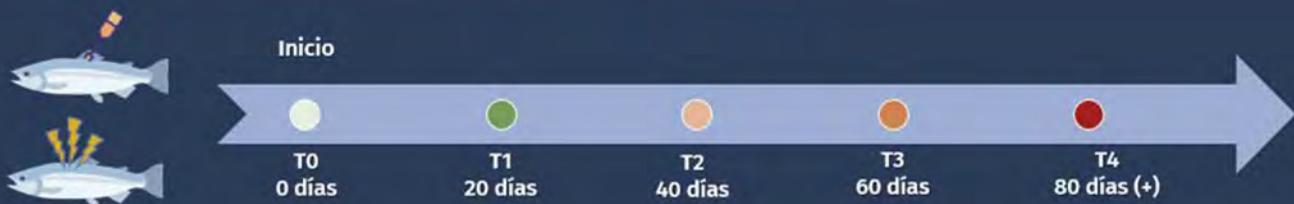
		CHILE	CANADA	EEUU	NORUEGA	JAPON	ESCOCIA
Lunes 1 Enero	Día de Año Nuevo	●	●	●	●	●	●
Lunes 8 Enero	Día de la Entrada a la Edad adulta					●	
Lunes 15 Enero	Día de Martin Luther King			●			
Domingo 11 Febrero	Día de la Fundación					●	
Lunes 19 Febrero	Día de Los Presidentes			●			
Miércoles 20 Marzo	Inicio Equinoccio Primavera					●	
Viernes 29 Marzo	Viernes Santo	●	●	●			●
Lunes 29 Abril	Día de Emperador Showa					●	
Miércoles 31 Mayo	Día Internacional del Trabajo	●			●		
Viernes 3 Mayo	Día de la Constitución					●	
Lunes 6 Mayo	Día Festivo de principio de mayo						●
Jueves 9 Mayo	Día de la Ascensión				●		
Domingo 19 Mayo	Domingo de Pentecostés				●		
Martes 21 Mayo	Día de las Glorias Navales	●					
Lunes 27 Mayo	Día de los caídos en la Guerra			●			
Lunes 27 Mayo	Día Festivo de Primavera						●
Jueves 20 Junio	Día de los Pueblos Indígenas	●					
Sábado 29 Junio	Día de San Pedro y San Pablo	●					
Lunes 1 Julio	Día de Canadá		●				
Jueves 4 Julio	Día de la Independencia			●			
Lunes 15 Julio	Día del Mar					●	
Martes 16 Julio	Día de la Virgen del Carmen	●					
Lunes 5 Agosto	Fiesta del Verano						●
Domingo 11 Agosto	Día de la Montaña					●	
Jueves 15 Agosto	Día de la Ascensión de la Virgen	●					
Lunes 2 Septiembre	Día del Trabajo		●	●			
Lunes 16 Septiembre	Homenaje a las personas mayores					●	
Miércoles 18 Septiembre	Día de la Independencia	●					
Jueves 19 Septiembre	Día de las Glorias del Ejército	●					
Lunes 23 Septiembre	Equinoccio de Otoño					●	
Sábado 12 Octubre	Día del Encuentro de Dos Mundos	●		●			
Lunes 14 Octubre	Día de Acción de Gracias		●				
Lunes 14 Octubre	Día de la Salud y los Deportes					●	
Domingo 27 Octubre	Día de las Iglesias Protestantes y Evan.	●					
Viernes 1 Noviembre	Día de Todos los Santos	●					
Domingo 3 Noviembre	Día de la Cultura					●	
Lunes 11 Noviembre	Día del Recuerdo		●				
Lunes 11 Noviembre	Día de Los Veteranos de Guerra			●			
Sábado 23 Noviembre	Día de Acción de Gracias al trabajo					●	
Jueves 28 Noviembre	Día de Acción de Gracias			●			
Sábado 30 Noviembre	Fiesta de San Andrés						●
Domingo 8 Diciembre	Inmaculada Concepción	●					
Miércoles 25 Diciembre	Navidad	●	●	●	●		●
Jueves 26 Diciembre	Día de San Esteban				●		●



FISH PATHOLOGY



## INNOVACIÓN EN TEMPORALIDAD DE MELANOSIS



En VeHiCe hemos revolucionado la forma en que se evalúa la melanosis en salmones en base a estudios experimentales, lo que nos permite estimar la "edad" de la melanosis mediante diversos parámetros histológicos.

Nuestra técnica identifica la presencia de la melanosis y permite una estimación de la temporalidad de la lesión. Esta información crucial puede acercarte a comprender la posible causa de la melanosis, brindándote una visión más clara de la salud de los salmones y de las prácticas de producción.

- Melanosis
- Inflamación
- Fibrosis
- Degeneración
- Regeneración

**Detecta la melanosis en sus primeras etapas**



Contacto: +56 9 3910 7937 - info@vehice.com

www.vehice.com

# MELANOSIS EN SALMÓNIDOS



Autores: Carlos Sandoval, Marcelo Vera, Fernanda Molina, Javier Fuentealba, Denis Cárdenas, Gabriela Squella.

## INTRODUCCIÓN

La palabra melanina se origina del griego *μελας* (melas=negro) e *-ina* (sustancia o materia de). La melanina es una sustancia pigmentaria que otorga un color oscuro a los tejidos, siendo el pigmento más prevalente en los animales. Es responsable de la coloración de la piel, ojos, cabello, plumas y otras estructuras y su principal función es la de proteger contra la radiación UV proveniente del sol.

Este pigmento se sintetiza en células pigmentarias o cromatóforos derivados de las crestas neurales (Singh y Nüsslein-Volhard, 2015). Los mamíferos y las aves exhiben solo una categoría de células pigmentarias llamadas melanocitos. Los reptiles y anfibios poseen xantóforos e iridóforos, sin embargo, en peces, existen 7 tipos diferentes de células pigmentarias, incluyendo melanóforos, xantóforos, iridóforos, eritroforos, leucóforos, cianóforos y eritro-iridóforos (Nordlund, 1992; Singh y Nüsslein-Volhard, 2015). La melanina se puede encontrar en diversas ubicaciones de los organismos, tales como: piel, retina, túnica media del ojo, iris, pelo y otros órganos que se derivan embriológicamente del ectodermo. No obstante, cuando se genera un aumento de estos depósitos de melanina en zonas ectópicas como pulmones, hígado, meninges, aorta o músculo, de manera focal o difusa, se origina una condición conocida como melanosis, siendo de gran interés para la industria ya que puede provocar importantes pérdidas económicas, debido a que los filetes con trastornos de pigmentación sufren degradación de calidad.

## MELANOGÉNESIS

Clásicamente, la melanina es generada por melanocitos que se originan embriológicamente en la cresta neural y se encuentra en los melanosomas que son organelos de forma esférica a ovoide. En peces, este proceso, conocido como melanogénesis, ocurre en la dermis, y los melanocitos son las células generadoras de melanina. Estos melanocitos corresponden a melanóforos inmaduros que producen activamente melanina y tienen la capacidad de transformarse en melanóforos maduros, ascendiendo

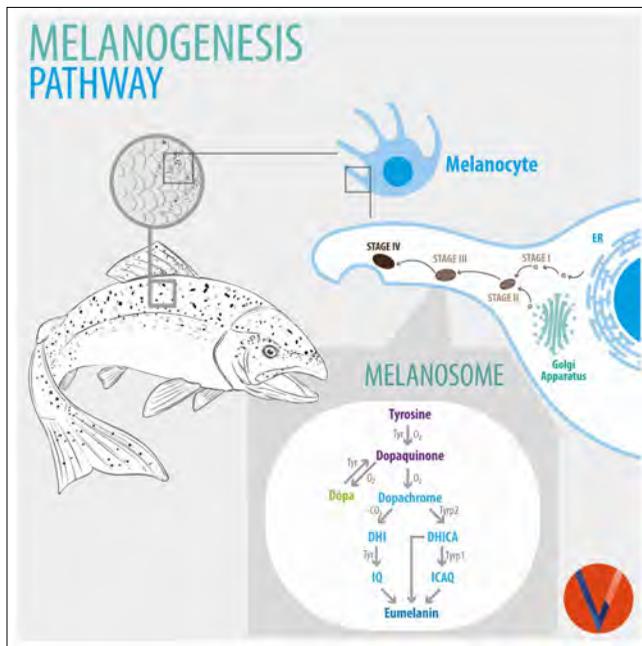
hacia la capa funcional de melanóforos (Roberts, 1975). Durante mucho tiempo se creía que los melanomacrófagos, a diferencia de los melanocitos, no eran capaces de sintetizar pigmentos de melanina. Sin embargo, estudios posteriores sugirieron que los gránulos de melanina dentro de los centros de melanomacrófagos eran similares a los presentes en el integumento, indicando que la melanina en los centros de melanomacrófagos se derivaba de la fagocitosis de melanosomas provenientes de células con melanina de forma normal. Investigaciones en lubinas y otras especies marinas, así como en ranas, demostraron que los melanomacrófagos pueden metabolizar la melanina *in situ*.

El proceso de melanogénesis se genera a partir del aminoácido Tirosina en los ribosomas del retículo endoplasmático rugoso (RER), pasando al aparato de Golgi e incorporándose a los melanosomas (del Marmol & Beermann, 1996), los cuales se encuentran ligados a la membrana citoplasmática de los melanocitos.

La síntesis de melanina está regulada, en parte, por la hormona estimulante de los melanocitos (MSH). Los melanocitos de la piel se localizan normalmente en el estrato basal de la epidermis, y a lo largo de sus procesos dendríticos pueden transferir sus melanosomas a las células epiteliales, al bulbo del pelo y a macrófagos dérmicos denominados melanóforos o melanomacrófagos.

La melanogénesis en peces sigue un proceso análogo al de mamíferos, involucrando principalmente tres enzimas de la familia de genes de la tirosina: tirosinasa (Tyr), tirosinasa relacionada con la proteína 1 (Typr-1) y tirosinasa relacionada con la proteína 2 (Typr-2) (Wang T., 2020).

Estas enzimas, tienen un papel crucial en la conversión de tirosina a dopaquinona, siendo la tirosinasa la enzima clave. La dopaquinona resultante se oxida para formar dopa y dopacromo y el DOPA puede ser nuevamente oxidado por la tirosinasa. La dopacromo se transforma en DHI y, bajo la acción de Typr-1, se transforma en ICAQ, que contribuye a la síntesis de la verdadera melanina.



**Figura 1:** Vía metabólica de la formación de la melanina en peces.

## FUNCIÓN DE LA MELANINA

Las melaninas son polímeros complejos que pueden absorber y neutralizar radicales libres, cationes y otros agentes potencialmente tóxicos derivados de la degradación de material celular fagocitado (Agius, C., & Roberts, R. J., 2003).

Una hipótesis es que un papel importante del polímero dentro de los macrófagos es neutralizar los radicales libres liberados como resultado del catabolismo de ácidos grasos derivados de la fagocitosis de membranas celulares a bajas temperaturas (Agius, C., & Roberts, R. J., 2003).

Wolke *et al.* (1985) sugirieron que la melanina puede ser importante en la producción de compuestos bactericidas, especialmente peróxido de hidrógeno, y que sus precursores de quinona pueden ser bactericidas y de particular beneficio para los heterotermos, donde la actividad enzimática puede estar severamente restringida a bajas temperaturas.

## MELANOSIS EN SALMÓNIDOS

Los macrófagos en los teleosteos se encuentran ampliamente distribuidos en los tejidos, incluyendo las branquias y la cavidad corporal, pero se encuentran principalmente como células reticuloendoteliales en el riñón y el bazo, y en algunas especies, en la aurícula del corazón. Por otro lado, los monocitos se encuentran en el riñón y se consideran los precursores de los macrófagos tisulares, siendo capaces de migrar en la sangre

hacia sitios inflamatorios, diferenciándose en macrófagos cuando y donde sea necesario.

La respuesta inflamatoria se inicia principalmente con la liberación de señales provenientes de células necróticas, desencadenando así la cascada de la respuesta inflamatoria aguda. Entre estas señales, las Proteínas de Choque Térmico (HSPs) desempeñan un papel crucial, mediando la producción de citoquinas y activando macrófagos (Breoler *et al.*, 1998).

Los resultados de la inflamación aguda pueden variar, desde la resolución completa hasta el desarrollo de lesiones exudativas o necróticas, o la progresión hacia una inflamación crónica. En situaciones en las que la inflamación aguda no se resuelve rápidamente, se desarrolla la inflamación crónica, caracterizada por la inflamación y proliferación simultáneas de los tejidos de soporte circundantes (Breoler *et al.*, 1998).

En salmónidos, los macrófagos utilizan la oxidación para la inactivación de patógenos o agentes dañinos, siendo necesaria una protección en el proceso inflamatorio crónico. El rol de protección es llevado a cabo por la melanina ya que es un potente antioxidante, neutralizador de radicales libres, cationes y potenciales agentes tóxicos. Subsecuentemente, la pigmentación de color marrón oscuro se debe a la presencia de células inflamatorias acumuladoras de melanina, los melanomacrófagos, presentándose principalmente en músculo, afectando directamente la calidad del filete de salmón.

## ETIOLOGÍA DE LAS MELANOSIS

La presentación más común de melanosis muscular en salmón del Atlántico corresponde a cambios focales (Black spots), de éstos, más del 90% se observan en la zona craneoventral del filete (zona craneal de la cavidad abdominal), aunque también pueden encontrarse en otras partes de la musculatura. Estos cambios se desarrollan a partir de hemorragias focales, es decir, cambios focales rojos, que son la etapa inicial y aguda de la condición (Bjørgen *et al.*, 2015, 2019). Se cree que las hemorragias progresan hacia una condición inflamatoria crónica con melanosis (Koppang *et al.*, 2005; Larsen *et al.*, 2012; Brimsholm, M *et al.*, 2022). La apariencia focal y la localización restringida sugieren predisposiciones anatómicas subyacentes, y se han propuesto hipótesis como la acumulación de grasa y la inflamación inducida por grasa, la isquemia local y las anomalías costales (Bjørgen *et al.*, 2019; Jiménez-Guerrero *et al.*, 2022). Sin embargo, no se ha identificado una única causa, y la etiología de la condición probablemente sea de origen multifactorial.

Al ser la melanosis una respuesta inflamatoria general donde la función es proteger al tejido circundante contra el daño oxidativo se ha detectado melanosis no solo en asociación con inyecciones intraperitoneales, sino también en varias infecciones virales como PRV-1. Aunque el desarrollo de melanosis focales severas se ha asociado con la infección persistente por PRV-1 (Bjørgen *et al.*, 2019), las causas iniciales de los cambios focales rojos o

hemorrágicos son desconocidas (Bjørngen *et al.*, 2020; Brimsholm, M *et al.*, 2022). Además, se debe destacar que los focos hemorrágicos y de melanosis menos graves pueden ocurrir sin la presencia de PRV.

Un estudio no publicado realizado el 2022 por VeHiCe y CEA Vitapro en *O. kisutch*, logró evidenciar la presencia de partículas virales en las zonas de lesión focal y de melanosis inducidas experimentalmente. Esto podría sugerir la hipótesis de que el virus migra a través de los macrófagos hacia las zonas de lesión inducida, sin embargo, no se considera al virus como el agente primario en la formación de melanosis.

Dentro de las causas de melanosis descritas, se encuentran las siguientes:

- Infección bacterianas
- Infección viral
- Efectos secundarios a vacunas
- Inflamaciones crónicas
- Traumatismos
- Alteraciones de espinas
- Polución (metales)
- Malformaciones óseas
- Estrés
- Nutricionales (dietas bajas en antioxidantes y ácidos grasos esenciales).

## MELANOSIS EN SALMÓN DEL ATLÁNTICO

El salmón del Atlántico de cultivo puede desarrollar cambios asociados a melanosis en el músculo blanco. Esta condición representa un desafío considerable para la industria, con hasta un 20% a 30% de los filetes afectados por esta condición en las plantas de roceso (Mørkøre *et al.*, 2015), un 14% de prevalencia en Chile y menos del 5% en Escocia.

Los cambios de melanosis focal son comunes en salmón del Atlántico de cultivo. En trucha arcoíris de cultivo (*O. mykiss*) la prevalencia es insignificante, aunque se producen en condiciones similares. Además, no hay informes de cambios focales de melanosis en salmones capturados en estado salvaje (Bjorgen *et al.* 2022).

La forma de presentación focal de melanosis se ha identificado como la más común, sin embargo, otros tipos de melanosis han sido evidenciados, como cambios cercanos a las vértebras (Trangerud *et al.*, 2020), en la parte dorsal del filete y melanosis difusas y extendidas en zonas dorsales y ventrales (Ugrovatov, 2016).

En un estudio de Lufti *et al.* 2022, diferentes niveles de ácidos grasos poliinsaturados EPA + DHA en la dieta de *S. salar* se utilizaron (1.0%, 1.3%, 1.6%, 3.5%) para evaluar crecimiento,

bienestar animal, robustez y calidad de filete. Los peces alimentados con 3.5% de EPA + DHA en la dieta mostraron un efecto beneficiosamente significativo en crecimiento y de calidad de filete comparado con las otras dietas, entre ellos una reducción significativa de los focos de melanina.

Para evaluar la contribución del componente genético en la presentación de focos de melanosis y hematomas, Brimsholm *et al.* 2023 realizaron un estudio comparativo en salmón del Atlántico en donde peces de origen genético silvestre y origen genético de cultivo fueron cultivados en idénticas condiciones para minimizar la influencia de factores externos. Los peces se monitorearon durante todo el ciclo productivo mediante análisis macroscópico e histológico. Al final del estudio no se encontraron asociaciones entre los grupos experimentales con respecto a focos de melanosis y hematomas. Las alteraciones se encontraron en todos los grupos independientemente de su origen genético (silvestres, híbridos y de cultivo).

## HALLAZGOS HISTOPATOLÓGICOS

En la mayoría de los estudios es posible observar infiltrados inflamatorios difusos o focales, con especial presencia de melanomacrófagos. Asociados a los procesos inflamatorios, se pueden ver hallazgos como degeneraciones musculares, hemorragias, zonas fibróticas y melanosis, dada por los melanomacrófagos. Además, se suelen observar signos de regeneración muscular, lo que implicaría que esta condición es temporal y logra recuperarse con el tiempo.

## RESOLUCIÓN DE LA LESIÓN

La recuperación del músculo de los peces se produce mediante la regeneración de fibras musculares o la formación de yemas a partir de células satélite estimuladas, siempre que el daño no sea extremo. En casos extremos, sin embargo, se produce una sustitución por cicatriz fibrosa y, si esta reemplaza grandes áreas musculares, especialmente hacia la parte posterior del tronco, las contracciones fibrosas pueden provocar deformidades debido a la contracción diferencial del colágeno. La recuperación de las lesiones en el músculo, y especialmente la fibrosis, depende críticamente de la disponibilidad de vitamina C. En numerosos informes sobre los efectos de la deficiencia de ácido ascórbico en los peces, la falla en la recuperación de lesiones es uno de los principales hallazgos (Halver 1972; Satoh *et al.* 1982; Jauncey *et al.* 1985).

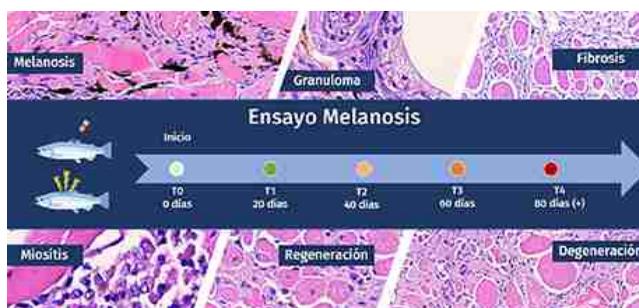
VeHiCe en conjunto con el CEA Vitapro realizaron 3 estudios experimentales en donde se generó la melanosis muscular con diferentes métodos (inyección de oxitetraciclina - OTC - intramuscular, inyección de aceite mineral intramuscular, contusión) y se testearon diferentes dietas en salmón del Atlántico y salmón coho. Posterior a la inducción de la lesión se realizó un

análisis macroscópico y un análisis histológico del filete en la zona de inducción. Esta toma de muestras se realizó cada 20 días, considerando 4 tiempos para *S. salar* (hasta el día 80) y 5 tiempos para *O. kisutch* (hasta el día 100). Al análisis macroscópico se pudo observar para el caso de salmón del Atlántico que ya al día 20 se puede observar un 47% de los peces muestreados que fueron inyectados con aceite mineral (AM) con presencia de focos negros. A partir del día 40 se observa un 76% y 87% de prevalencia de focos negros para AM y OTC respectivamente. Para el caso de los focos rojos o hematomas al día 20 se observa un 18% y 96% de prevalencia para AM y OTC respectivamente (ver gráfico 1 y 2). En general los hematomas se observan con mayor prevalencia en el primer tiempo de muestreo (día 20) para disminuir posteriormente. Los focos negros se presentan en menor prevalencia en el tiempo 1 (día 20) y aumentan en los tiempos posteriores. A nivel histológico se evaluó inflamación (miositis), melanosis, fibrosis, degeneración muscular, regeneración muscular y otros cambios. Para el caso de la inflamación (miositis) esta tiene su peak en el día 20 y 40. Para el caso de la melanosis a nivel histológico, esta se comienza a evidenciar el día 20, con el peak en los días 40 y 60, para disminuir en el último tiempo de muestreo (día 80). En el caso de la degeneración muscular, ésta se presenta en mayor intensidad en el tiempo 1 (día 20) para disminuir la intensidad en los días 40, 60, y 80. Respecto a la regeneración muscular esta se presenta con mayor intensidad en los días 20 y 40, para disminuir en los días 60 y 80. Respecto a la fibrosis muscular, ésta se presenta con mayor intensidad en los días 20, 40 y 60 para disminuir al día 80 post inducción.

### NUEVO MÉTODO PARA ESTIMAR ANTIGÜEDAD DE LAS MELANOSIS (SCORE\_MELANOSIS)

En base a la temporalidad obtenida en el estudio de melanosis realizado por VeHiCe y CEA Vitapro, se crea una aproximación de temporalidad y progresión de melanosis muscular en secciones de músculo con presencia de melanosis macroscópica (SCORE\_MELANOSIS).

Mediante análisis histopatológico se realiza una caracterización de las lesiones musculares, evaluando la presencia e intensidad de diferentes parámetros (melanosis, inflamación, fibrosis, regeneración muscular y degeneración muscular) y temporalizar las lesiones de acuerdo a los resultados experimentales obtenidos en 4 tiempos para *S. salar* (20 días, 40 días, 60 días y 80 días) y en 5 tiempos para *O. kisutch* (20 días, 40 días, 60 días, 80 días y 100 días), pudiendo estimar la antigüedad de las lesiones en casos de campo.



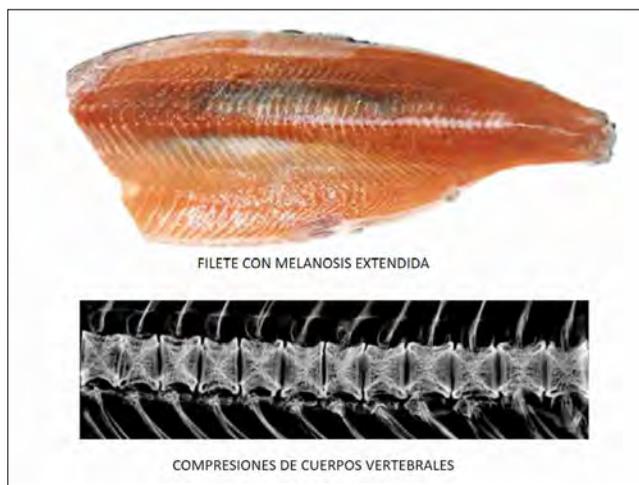
**Figura 2:** Esquema de ensayo de temporalidad de melanosis en salmón del Atlántico, realizado por VeHiCe y CEA Vitapro.



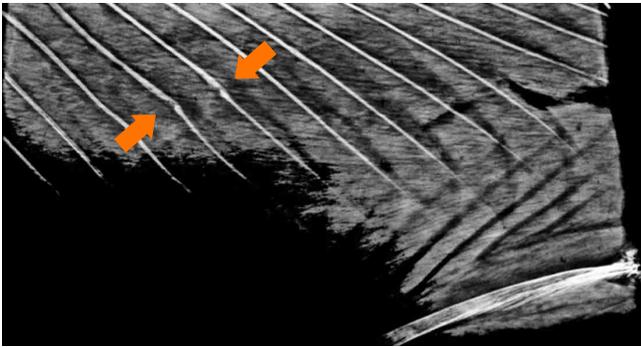
**Imagen 1:** Melanosis peduncular en fry (*S. salar*).



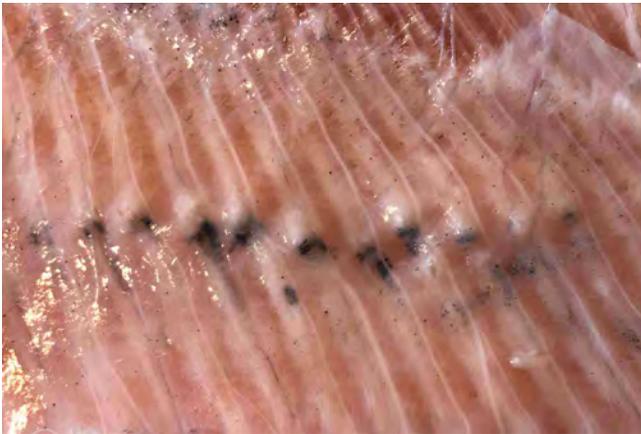
**Imagen 2:** Melanosis extendida asociada a cuadro infeccioso de origen viral (*S. salar*).



**Imagen 3:** (*S. salar*). Melanosis difusa/extendida, asociada a plástipondilia (compresiones de cuerpos vertebrales).



**Imagen 4:** (*S. salar*). Alteraciones en costillas pleurales (fracturas, callos radiolúcidos) asociadas a melanosis lineales.



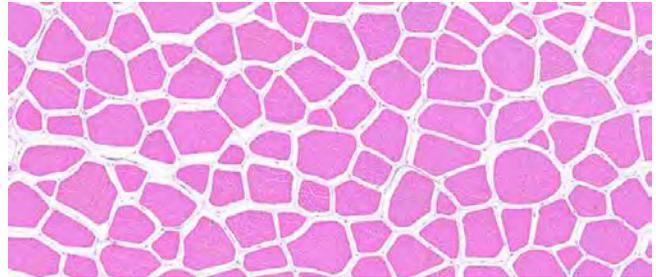
**Imagen 5:** (*S. salar*). Melanosis lineal asociada a fractura de espinas.



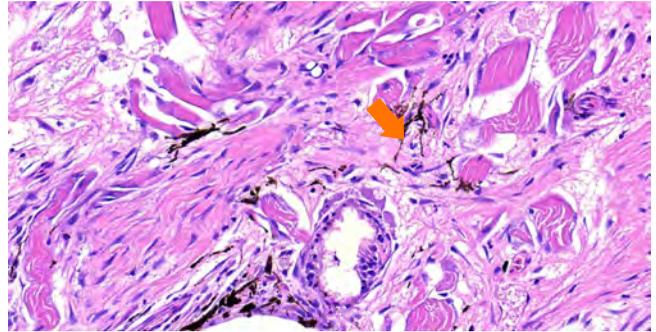
**Imagen 6:** (*S. salar*). Melanosis focal de etiología inespecífica.



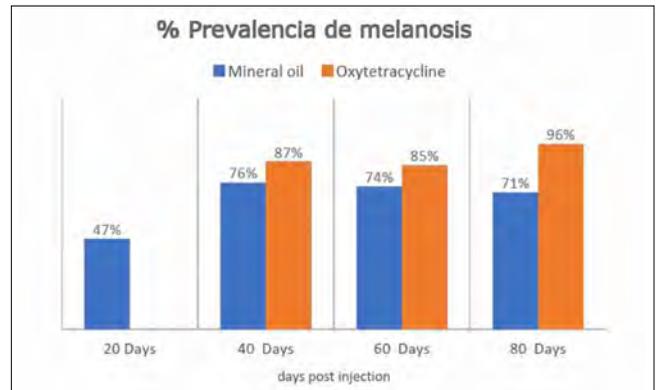
**Imagen 7:** (*S. salar*). Melanosis asociada a vacuna.



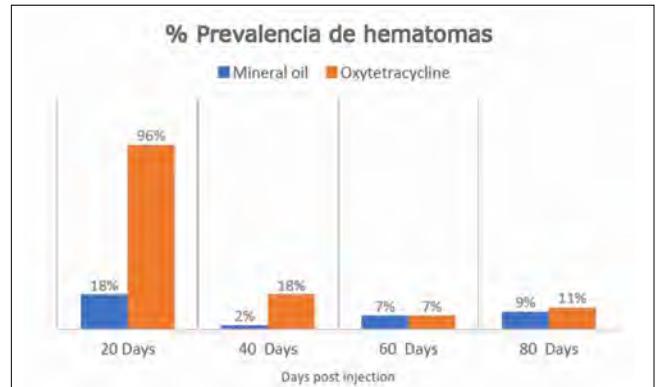
**Imagen 8:** (Histología H&E, *S. salar*). Patrón histológico de músculo saludable.



**Imagen 9:** (Histología H&E, *S. salar*). Melanosis en músculo.



**Gráfico 1:** (Estudio VeHiCe – CEA Vitapro). Prevalencia de melanosis macroscópica por 2 diferentes métodos de inducción (aceite mineral y oxitetraciclina) en los diferentes tiempos de muestreo.



**Gráfico 2:** (Estudio VeHiCe – CEA Vitapro). Prevalencia de hematomas a nivel macroscópico por 2 diferentes métodos de inducción (aceite mineral y oxitetraciclina) en los diferentes tiempos de muestreo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agius, C., & Roberts, R. J. (2003). Melano-macrophage centres and their role in fish pathology. *Journal of Fish Diseases*, 26(9), 499–509. doi:10.1046/j.1365-2761.2003.00485.x
- Bjørngen, H., Haldorsen, R., Oaland, Ø., Kvellestad, A., Kannimuthu, D., Rimstad, E., & Koppang, E. O. (2019). Melanized focal changes in skeletal muscle in farmed Atlantic salmon after natural infection with Piscine orthoreovirus (PRV). *Journal of Fish Diseases*, 42(6), 935–945. <https://doi.org/10.1111/jfd.12995>
- Bjørngen, H., Kumar, S., Gunnes, G., Press, C. M. L., Rimstad, E., & Koppang, E. O. (2020). Immunopathological characterization of red focal changes in Atlantic salmon (*Salmo salar*) white muscle. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 222, 110035. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2020.110035>
- Bjørngen, H., Wessel, Ø., Fjellidal, P. G., Hansen, T., Sveier, H., Saebø, H. R., Enger, K. B., Monsen, E., Kvellestad, A., Rimstad, E., & Koppang, E. O. (2015). Piscine orthoreovirus (PRV) in red and melanised foci in white muscle of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Veterinary Research*, 46, 89. <https://doi.org/10.1186/s13567-015-0244-6>
- Brimsholm, M., Fjellidal, P. G., Hansen, T., Fraser, T. K. W., Solberg, M., Glover, K., Koppang, E. O., & Bjørngen, H. (2023). Red and melanized focal changes in white skeletal muscle in Atlantic salmon (*Salmo salar*): Comparative analysis of farmed, wild and hybrid fish reared under identical conditions. *Journal of Fish Diseases*, 46, 1377-1389. <https://doi.org/10.1111/jfd.13856>
- Brimsholm, M., Rønning, L., Rimstad, E., Koppang, E. O., & Bjørngen, H. (2022). Diffuse melanization of the red skeletal musculature in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Journal of Fish Diseases*, 00, 1–6. <https://doi.org/10.1111/jfd.13729>
- del Marmol V, Beermann F. (1996) Tyrosinase and related proteins in mammalian pigmentation. *FEBS Lett.* Mar 4;381(3):165-8. doi: 10.1016/0014-5793(96)00109-3. PMID: 8601447.
- Jiménez-Guerrero, R., Bæverfjord, G., Evensen, Ø., Hamre, K., Larsson, T., Dessen, J.-E., Gannestad, K. H., & Mørkøre, T. (2022). Rib abnormalities and their association with focal dark spots in Atlantic salmon fillets. *Aquaculture*, 561, 738697. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738697>
- Koppang, E. O., Haugarvoll, E., Hordvik, I., Aune, L., & Poppe, T. T. (2005). Vaccine-associated granulomatous inflammation and melanin accumulation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., white muscle. *Journal of Fish Diseases*, 28(1), 13–22. <https://doi.org/10.1111/j.13652761.2004.00583.x>
- Larsen, H. A., Austbø, L., Mørkøre, T., Thorsen, J., Hordvik, I., Fischer, U., Jirillo, E., Rimstad, E., & Koppang, E. O. (2012). Pigment-producing granulomatous myopathy in Atlantic salmon: A novel inflammatory response. *Fish & Shellfish Immunology*, 33(2), 277–285. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2012.05.012>
- Lutfi E, Berge GM, Bæverfjord G, et al. Increasing dietary levels of the n-3 long-chain PUFA, EPA and DHA, improves the growth, welfare, robustness and fillet quality of Atlantic salmon in sea cages. *British Journal of Nutrition*. 2023;129(1):10-28. doi:10.1017/S0007114522000642
- Mørkøre, T., Larsson, T., Kvellestad, A. S., Koppang, E. O., Åsli, M., Krasnov, A., & Gannestad, K. H. (2015). Mørke flekker i laksefilet. Kunnskapsstatus og tiltak for å begrense omfanget (Melanised changes in salmon fillet. Knowledge status and efforts to limit their occurrence). NOFIMA report. <https://nmbu.brage.unit.no/nmbuxmlui/handle/11250/2368359>
- NORDLUND, J.J. (1992). The Pigmentary System and Inflammation. *Pigment Cell Research*, 5: 362-365. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0749.1992.tb00563.x>
- Poppe, T., & Breck, O. (1997). Pathology of Atlantic salmon *Salmo salar* intraperitoneally immunized with oil-adjuvanted vaccine. A case report. *Diseases of Aquatic Organisms*, 29(3), 219–226. <https://doi.org/10.3354/dao029219>
- Singh, A. P., & Nüsslein-Volhard, C. (2015). Zebrafish Stripes as a Model for Vertebrate Colour Pattern Formation. *Current Biology*, 25(2), R81–R92. doi:10.1016/j.cub.2014.11.013
- Steinel NC, Bolnick DI. Melanomacrophage Centers As a Histological Indicator of Immune Function in Fish and Other Poikilotherms. *Front Immunol*. 2017 Jul 17;8:827. doi: 10.3389/fimmu.2017.00827. PMID: 28769932; PMCID: PMC5512340.
- Trangerud, C., Bjørngen, H., Koppang, E. O., Grøntvedt, R. N., Skogmo, H. K., Ottesen, N., & Kvellestad, A. (2020). Vertebral column deformity with curved cross-stitch vertebrae in Norwegian seawater-farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases*, 43(3), 379–389. <https://doi.org/10.1111/jfd.1313>
- Ugrovatov, S. (2016). Discolouration of the dorsal white musculature of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Norway, characterised by histological and transcriptional methods. Norwegian University of Life Sciences. <https://nmbu.brage.unit.no/nmbuxmlui/bitstream/handle/11250/2434880/Sergey%20Ugrovatov%202016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- WANG Tian-zhu, WU Qing, ZHANG Ning, WANG Dong-jie, XU Zhou, LUO Wei, DU Zong-jun. Advances in Research on Melanin Synthesis and Signaling Pathway in Fish. *China Biotechnology*, 2020, 40(5): 84-93.
- Wessel, Ø., Braaen, S., Alarcon, M., Haatveit, H., Roos, N., Markussen, T., Tengs, T., Dahle, M. K., & Rimstad, E. (2017). Infection with purified Piscine orthoreovirus demonstrates a causal relationship with heart and skeletal muscle inflammation in Atlantic salmon. *PLoS One*, 12(8), e0183781. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183781>
- Wolke R.E., Murchelano R.A., Dickstein C. & George C.J. (1985) Preliminary evaluation of the use of macrophage aggregates (MA) as fish health monitors. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 35, 222–227.

SALMOFOOD 

# Respira

## Oxycare

Mejora la tolerancia de los peces al estrés causado por hipoxia.

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



¿Hablamos?

Comunícate con el asesor técnico para más información.

Una marca de  
**VITAPRO** 

# Nutrición durante eventos de Hipoxia: Oxycare formula innovadora de fitógenicos



Rayen Collipal<sup>1,2,3</sup>, José Miguel Araya<sup>1,2,3</sup>, Rodrigo Sánchez<sup>1,2,3</sup>, Sergio Castillo<sup>2,3</sup>, Pablo Leyton<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Centro Experimental Acuicola (CEA), Quillaipe, Chile.

<sup>2</sup> Departamento de I+D+i, Vitapro Chile.

<sup>3</sup> Departamento de Feed Technology, Vitapro Chile.

## INTRODUCCIÓN

Las fluctuaciones en los niveles de oxígeno ( $O_2$ ) en el agua debido a las variaciones ambientales y a los cambios producidos por la crisis climática son cada vez más frecuentes en el océano, por lo que la acuicultura está constantemente afectada por la disponibilidad de  $O_2$  en los centros productivos (Lagarde et al., 2023; Skeeles et al., 2022; Varghese et al., 2020). En Chile, cada centro de cultivo en fiordos y estuarios tiene su propio perfil y variabilidad en cuanto a temperaturas, salinidad y oxígeno (IFOP, 2022), sin embargo, el aumento de temperatura en los ambientes costeros conlleva a eventos cada vez más frecuentes de hipoxia, es decir, a una disminución en la saturación de oxígeno disuelto (OD) en el agua lo que afecta a los peces modificando su metabolismo, repercutiendo en su crecimiento y en casos muy agudos, se ve afectada la supervivencia de los peces, provocando mortalidades masivas (Shen et al. 2021). Debido a lo anterior, los eventos de hipoxia están asociados a la pérdida de la biomasa final y a la disminución de la eficiencia productiva.

Para adaptarse a los niveles variables de oxígeno de largo plazo, los peces modifican rutas metabólicas a nivel genético que se traducen en las respuestas físicas y bioquímicas celulares, y en la estructura de tejidos y órganos, y que se pueden agrupar en tres respuestas básicas: (1) Disminuir la tasa metabólica en condiciones de hipoxia, (2) tolerar al aumento de ciertos niveles de subproductos metabólicos, y (3) evitar o reparar las lesiones celulares durante la reoxigenación (Mariu et al., 2023). Mientras que el estrés por hipoxia aguda produce en primer lugar, un cambio de comportamiento cómo, por ejemplo, los peces intentan obtener más oxígeno respirando directamente por la boca, lo que suele denominarse "cabezas flotantes". En segundo lugar, disminuyen su tasa metabólica y aumentan el número de glóbulos rojos (Mallya et al., 2007). Aunque los peces pueden tener una reacción acentuada a la hipoxia aguda para mantener una actividad física

normal, una falta repentina de oxígeno puede inducir a la mortalidad debido a que las células cerebrales y cardíacas de los peces sufren apoptosis, por lo que constituye la principal causa de la muerte bajo estas condiciones (Cerra et al., 2023).

En peces, la vía de señalización de factor inducible por hipoxia (*HIF*) está implicada en la respuesta fisiológica a la hipoxia a través de la modulación de genes que intervienen en las respuestas adaptativas a la privación de  $O_2$ .

## HYPOXIA INDUCIBLE FACTOR (*HIF-1*): Regulador clave de la homeostasis del oxígeno bajo condiciones de hipoxia en peces

Existe un mecanismo molecular que detecta las fluctuaciones de oxígeno y regula la respuesta a la hipoxia, en el cual intervienen las proteínas del factor inducible por hipoxia (*HIF*) (Ding et al., 2023). Específicamente, es el factor más estudiado y el que se ha caracterizado como el regulador maestro de la homeostasis del oxígeno en peces (Xiao, 2015).

*HIF-1* es un heterodímero compuesto por dos subunidades, *HIF-1a* y *HIF-1b*, las cuales tienen dos dominios clave: un dominio de hélice-bucle-hélice básica (bHLH) y un dominio de periodicidad/ARNT/simple (PAS) (Wenger, 2002). *HIF-1b* es un translocador nuclear del receptor de aril hidrocarburos (ARNT) que es insensible a los cambios de oxígeno y puede formar heterodímeros con varias proteínas, mientras que *HIF-1a* es clave en la transcripción sensible a la hipoxia y se expresa ampliamente en varios tejidos y células, sin embargo, su contenido es extremadamente bajo en normoxia, debido a la regulación postranscripcional dependiente del oxígeno (Xiao, 2015). En normoxia, *HIF-1a* se degrada a través de vías que incluyen la vía ubiquitina-proteasomal, donde proteínas del dominio proil hidroxilasa (*PHD*) desempeñan un papel importante en la catalización de la hidroxilación de *HIF-1a* (Masson and Ratcliffe,

2014). Mientras que, en condiciones de hipoxia, la hidroxilación de *HIF-1 $\alpha$*  está inhibida, por lo que puede unirse a HIF-1 $\beta$  y desplazarse al núcleo celular para luego unirse a la secuencia de ADN central del Elemento de Respuesta a la Hipoxia (HRE) activando en última instancia la expresión transcripcional de los diversos genes diana que codifican proteínas que aumentan el suministro de O<sub>2</sub> y median las respuestas adaptativas a la privación de O<sub>2</sub> (Xiao, 2015; Brandtzaeg, 2011).

En general, *HIF-1 $\alpha$*  desempeña funciones importantes en la inmunidad, el desarrollo, crecimiento y la regulación metabólica en condiciones de hipoxia (Qi et al., 2020; Zagórska y Dulak 2004), ya que controla la expresión de más de un centenar de genes y proteínas que están implicadas en los procesos de angiogénesis, eritropoyesis, glucólisis, apoptosis celular, el tono vascular, la regulación del pH, la homeostasis epitelial, incluso la resistencia a algunos fármacos (Figura 1) (Xiao, 2015).

También actúa sobre los genes codificadores de la transferrina, endotelina-1, sintetasa inducible de óxido nítrico (*iNOS*), hemooxigenasa 1, factor de crecimiento insulínico 1 y 2 (*IGF-2I*), proteína de unión 1, 2 y 3, al factor de crecimiento insulínico (*IGFBP 1, 2, 3*), transportadores de glucosa (*GLUT*), enzimas glucolíticas y de estrés como el HSP90 $\alpha$ , HSP90 $\beta$ , 1-fosfatidilinositol 4,5-bisfosfato fosfodiesterasa épsilon-1 isoforma X2 (*PLC-X2*), *PLC-X1* y receptor de sustancia-P (*SPR*) promoviendo la adaptación metabólica a la hipoxia. Por lo que *HIF-1 $\alpha$*  cumple un rol importante en la protección de enfermedades cardiovasculares que cursan con hipoxia (Cerra et al., 2023; Porter & Gamperl, 2023).

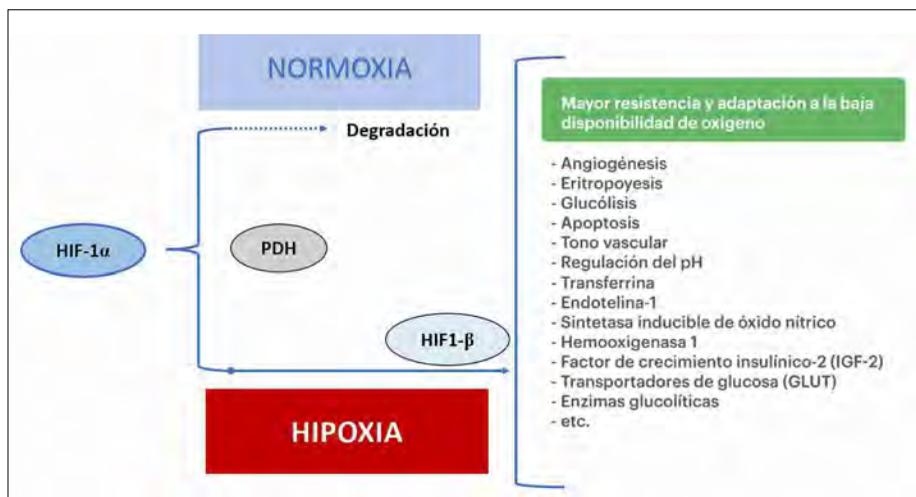
Es importante considerar que el estrés causado por hipoxia promueve la apoptosis celular y el estrés oxidativo que conduce a daños en el ADN (Prchal et al., 2023). Por lo que el aumento en las especies reactivas de oxígeno (ROS) está implicado en la regulación de los niveles de *HIF-1 $\alpha$*  (Kietzmann et al., 2016). Además, bajo condiciones de hipoxia aumentan citoquinas proinflamatorias claves como *TNF- $\alpha$* , *IL-6* y *CD68*, incrementando la respuesta inflamatoria y oxidativa de los peces frente a eventos hipóxicos (Xiao et al., 2023).

Dada la importancia de estos hallazgos encontrados como respuesta a la hipoxia en peces, en los cuales se evidencia el relevante rol del sistema *HIF-1 $\alpha$*  en la regulación de la homeostasis

del oxígeno, se presenta gran interés el poder modular vía nutricional este factor y su cascada de respuestas a bajas concentraciones de O<sub>2</sub> mediante la suplementación de compuestos bioactivos antioxidantes y antiinflamatorios.

## OXYCARE UN CAREBLOCK PARA SER UTILIZADO COMO ALIMENTO FUNCIONAL

Los alimentos funcionales se definen como aquellos alimentos enriquecidos con ingredientes seleccionados que aportan beneficios al estado de salud de los peces (Waagbø & Remø, 2020). Se ha estudiado ampliamente el uso de compuestos funcionales como estrategia para mejorar la salud de los peces



**Figura 1:** Vía de señalización de la hipoxia (adaptación propia). Los círculos en azul representan la interacción de *HIF-1 $\alpha$*  y *HIF-1 $\beta$*  con los genes involucrados en la respuesta a la hipoxia; el círculo gris, el dominio PDH encargado de hidroxilar *HIF-1 $\alpha$*  en condiciones de normoxia. Debajo del recuadro en verde, se presentan las respuestas adaptativas a la privación de O<sub>2</sub> como la angiogénesis, eritropoyesis, glucólisis, apoptosis celular, el tono vascular, el metabolismo anaeróbico entre otros.

en la acuicultura frente a condiciones adversas (Gonçalves et al., 2022). Por lo que la modulación nutricional puede ser una estrategia fundamental para promover un aumento en la ingesta de alimentos, favorecer la conversión alimenticia, regular el metabolismo como las respuestas inmunológicas y antioxidantes ante situaciones estresantes (Gonçalves et al., 2022).

## FITOESTEROLES COMO ADITIVOS FUNCIONALES EN DIETAS PARA SALMÓNIDOS

En este sentido, se ha estudiado que los esteroides vegetales, conocidos como fitosteroides, son compuestos que tienen una gran capacidad de atenuar el estrés oxidativo y las respuestas inflamatorias de los organismos (Khan et al., 2023), impidiendo, por ejemplo, la liberación de factores proinflamatorios como la

interleucina 6 (*IL-6*) entre otras citoquinas manteniendo la homeostasis celular (Zhang et al., 2023). Por lo que su uso como aditivo antiinflamatorio y antioxidante en peces es prometedor y requiere de estudios en estas especies.

## FLAVONOIDES COMO ADITIVOS FUNCIONALES EN DIETAS PARA SALMÓNIDOS

Los flavonoides constituyen un amplio grupo de compuestos fenólicos procedentes del metabolismo secundario de los vegetales y se clasifican en 6 clases: flavanoles, flavanonas, flavonas, isoflavonas, flavonoles y antocianidinas (Liga et al., 2023). Sus efectos como antioxidantes celulares se deben a que son inhibidores de procesos bioquímicos y metabólicos que producen especies reactivas de oxígeno en los tejidos, que son las principales responsables del daño oxidativo celular, además se han reportado como potentes antiinflamatorios en algunas patologías (Niazi et al., 2023).

Se ha estudiado los efectos combinados de una fórmula compleja de uva, té verde y lúpulo ricos en flavonoides en peces en condiciones de estrés hipóxico, en donde se determinó que la hipoxia redujo el peso corporal de los peces del grupo control en un 17% después de las 5 semanas del ensayo, mientras que el grupo alimentado con flavonoides presentó una reducción de peso de solo un 4% (Hong et al., 2023; Niyamosatha et al., 2015).

## MODULACIÓN NUTRICIONAL MEDIANTE FITOESTEROLES Y FLAVONOIDES EN SALMONES FRENTE A CONDICIONES DE HIPOXIA

Como se ha descrito tanto fitoesteroles como flavonoides son aditivos con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias que pueden ser utilizados para contrarrestar o mitigar los efectos nocivos inducidos por el estrés hipóxico, lo cual puede mejorar el crecimiento y dar lugar a ganancias en términos de producción acuícola (Varghese et al., 2022). En un estudio reciente se demostró que *HIF-1a* se estabiliza en condiciones hipóxicas gracias a la proteína de choque térmico 90, la cual es una proteína esencial en respuesta al estrés que controla la actividad y la estabilización de *HIF-1a* (Ghosh et al., 2022). Por ejemplo, la geldanamicina (GA), un inhibidor de *HSP90*, disminuyó la expresión de *HIF-1a* en células madre/progenitoras neurales (NPCs) durante la proliferación impulsada por hipoxia de manera dependiente del tiempo. Además, la expresión de eritropoyetina (*EPO*) y factor de crecimiento endotelial vascular

(*VEGF*) bajo hipoxia también fue suprimida por GA. La *EPO* es uno de los primeros genes que desencadena la respuesta celular a la hipoxia, esta proteína estimula la proliferación y supervivencia de los progenitores de los eritrocitos de la sangre (Zagórska y Dulak 2004). A modo general, *HSP90* está involucrada en la regulación de la cadena de respuestas impulsada por hipoxia mediante la estabilización de *HIF-1a*, evitando su degradación proteosomal (Xiong et al., 2009; Xiao, 2015).

Por lo que se planteó el objetivo de diseñar un complemento nutricional (CareBlock) en base a fitoesteroles y flavonoides que en su conjunto contribuyan a mejorar la tolerancia de los salmónidos al estrés hipóxico llamado Oxycare.

## EVALUACIÓN DEL EFECTO OXYCARE

El departamento I+D+i de Vitapro Chile, evaluó el efecto de Oxycare en las instalaciones del Centro Experimental Acuícola (CEA),



**Figura 1:** Diseño experimental del estudio en ejemplares de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) donde se evaluó el efecto de los fitoesteroles como suplemento funcional en dietas para salmónidos sometidos a condiciones de hipoxia.

ubicado en Quillaípe, Carretera Austral, Puerto Montt, Chile. El diseño experimental consistió en 3 grupos experimentales: control negativo (dieta comercial sin suplementación), control positivo (dieta comercial sin suplementación) y 1 tratamiento nutricional (dieta comercial suplementada con Oxycare).

Las dietas se administraron en duplicado y para esto se distribuyeron de manera aleatoria 60 truchas de un peso inicial de  $400 \pm 36$  g en 6 estanques de  $m^3$  en un sistema de flujo abierto, se alimentaron durante 81 días con las dietas experimentales en agua dulce, con una T° promedio de 10,5°C y con un fotoperíodo de 24 hrs luz. Todos los grupos se alimentaron 20 días a 100% de saturación de O<sub>2</sub> antes del evento del desafío de hipoxia. Luego

los tratamientos nutricionales fueron sometidos a 30% de saturación de O<sub>2</sub> durante 40 días, excepto el control negativo (C-), este tratamiento experimental siempre se mantuvo en condiciones óptimas de O<sub>2</sub>. Posterior a los 40 días de hipoxia, se reoxigenó nuevamente el agua a 100% de saturación de O<sub>2</sub>, esta condición se mantuvo durante 21 días hasta finalizar el ensayo nutricional (Figura 2). Se realizaron 8 puntos de muestreos, donde se extrajeron 3 individuos por estanque para realizar la extracción de sangre, del bazo, branquia e hígado y se muestreo el 100% de la población. Se calcularon los parámetros productivos y el índice bazo-somático (IBS), además se realizaron análisis hematológicos y moleculares donde se evaluó la expresión génica de *HIF-1a*, *HSP90* y *EPO*.

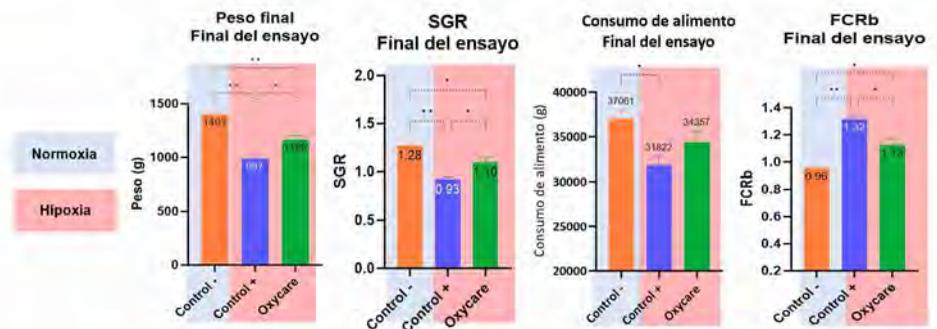
## RESULTADOS DEL EFECTO OXYCARE

Los resultados obtenidos demostraron que Oxycare tiene un efecto favorable en el peso final y crecimiento (*SGR*) de los peces sometidos a hipoxia, además presentaron un mayor consumo de alimento (g) y un menor factor de conversión alimenticia biológico (*FCRb*) frente al estrés hipóxico, lo que puede explicar el mayor crecimiento de los peces sometidos a hipoxia al final del ensayo (Figura 3).

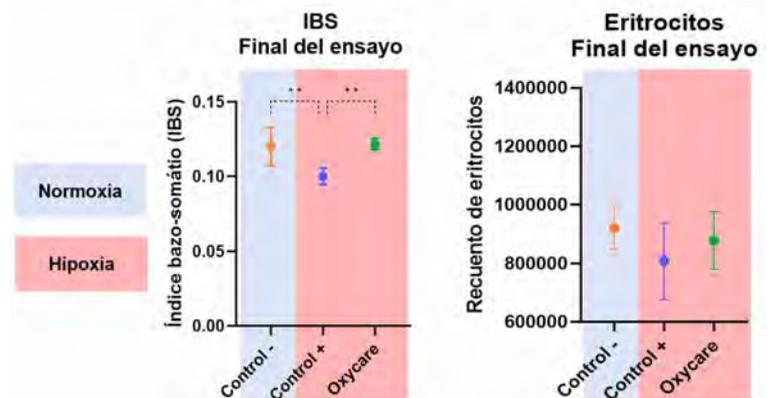
Por otra parte, los peces sometidos a hipoxia y alimentados con Oxycare al final del estudio presentaron un IBS significativamente mayor que el grupo que estuvo en condiciones de bajo oxígeno y alimentado con una dieta comercial sin suplementar, es más el IBS resultó con un valor cercano al grupo control -, el cual siempre estuvo en condiciones favorables de O<sub>2</sub> (Figura 4).

Los resultados sugieren que el bazo en los peces suplementados es capaz de recuperar su tamaño después del estrés inducido por la hipoxia. Esto es relevante, debido a que este órgano tiene funciones hematopoyéticas que actúan en respuesta a la hipoxia mediante la optimización de los mecanismos de transporte del oxígeno en la sangre, como el aumento del hematocrito y la liberación de eritrocitos circulantes, que ha sido documentada mediante la capacidad de contracción del órgano (Valenzuela et al., 2002).

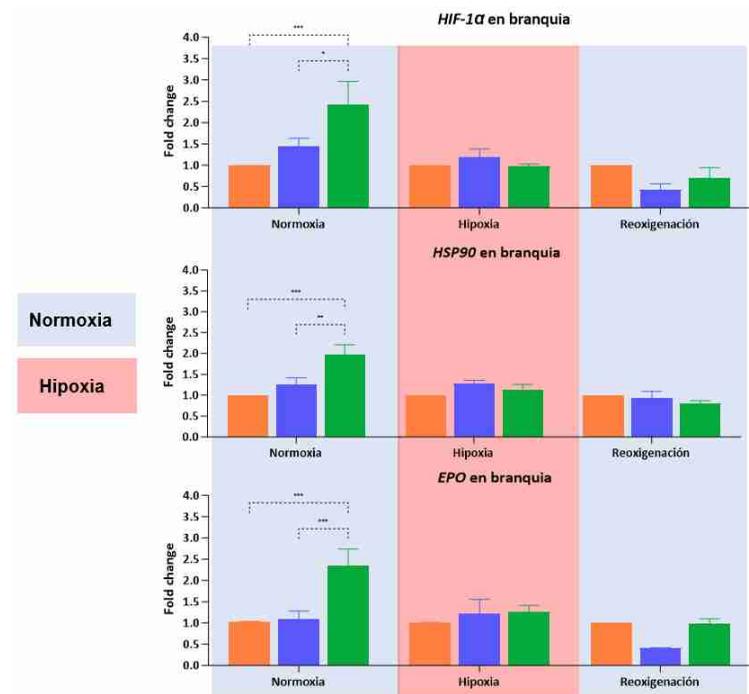
Mientras que los resultados a nivel molecular sugieren una modulación de los genes *HIF-1a*, *HSP90* y *EPO* en



**Figura 3:** Resultados productivos al final del estudio del efecto de Oxycare en ejemplares de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) sometidas a condiciones de hipoxia.



**Figura 4:** Resultados obtenidos del IBS y recuento de eritrocitos al final del estudio del efecto de Oxycare en ejemplares de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) sometidas a condiciones de hipoxia.



**Figura 5:** Resultados de expresión génica de *HIF-1a*, *HSP90* y *EPO* en tejido branquial durante los distintos tiempos del estudio del efecto de Oxycare en ejemplares de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) sometidas a condiciones de hipoxia.

los peces alimentados con Oxycare, sobre todo en el tejido branquial, dónde se presentó una mayor expresión de estos genes descritos a comparación del grupo controles, principalmente antes de la hipoxia (Figura 5).

Esta información permite considerar la necesidad de administrar las dietas suplementadas al menos 20 días previos a los eventos de hipoxia en los cultivos productivos y sostiene el uso de fitoesteroles y flavonoides en la dieta como potenciales aditivos funcionales para eventos de estrés hipóxico.

## COMENTARIOS FINALES DEL EFECTO OXYCARE

Oxycare, es un complemento nutricional en base a fitoesteroles y flavonoides que contribuye a mejorar la tolerancia de los salmónidos al estrés hipóxico, permitiendo un máximo crecimiento en los períodos de hipoxia y reoxigenación.

Su efecto se debe a la modulación génica de los genes *HIF-1a* y *HSP90*, los cuales activan la cascada de respuestas a la hipoxia e inducen a la adaptación de la baja disponibilidad de oxígeno de los peces.

Finalmente, los aditivos que componen Oxycare estimulan la presencia de *HSP90*, proteína necesaria para la acumulación rápida de *HIF-1a*, de esta manera se mantiene la activación de este factor bajo hipoxia y con ellos la cadena de respuestas a la privación de  $O_2$ . De igual manera, el aumento en las especies reactivas de oxígeno (ROS) es controlado por *HSP90*. Esto es relevante, ya que la acumulación de ROS activa *PDH* y con ello puede provocar la degradación de los niveles de *HIF-1a* y con ello aumentar la susceptibilidad de los peces a los efectos nocivos de la hipoxia (Kietzmann et al., 2016), tal y como señala la Figura 6.

Se recomienda enfocar el uso de Oxycare en los meses de mayor incidencia de fluctuaciones de oxígeno, con el objetivo de reducir el impacto que estos episodios, agudos o crónicos, tienen sobre el desempeño productivo y el bienestar de los peces.

## BIBLIOGRAFIA

Brandtzaeg, P. (2011). Potential of nasopharynx-associated lymphoid tissue for vaccine responses in the airways. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 183(12), 1595–1604. <https://doi.org/10.1164/rccm.201011-1783oc>

Cerra, M. C., Filice, M., Caferro, A., Mazza, R., Gattuso, A., & Imbrogno, S. (2023). Cardiac hypoxia tolerance in fish: From functional responses to cell signals. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(2), 1460. <https://doi.org/10.3390/ijms24021460>

Ding, W., Cao, L., Cao, Z., & Bing, X. (2023). Transcriptomic responses of the liver of mandarin fish (*Siniperca chuatsi*) under hypoxic stress. *Journal of Fish Biology*, 103(1), 44–58. <https://doi.org/10.1111/jfb.15399>

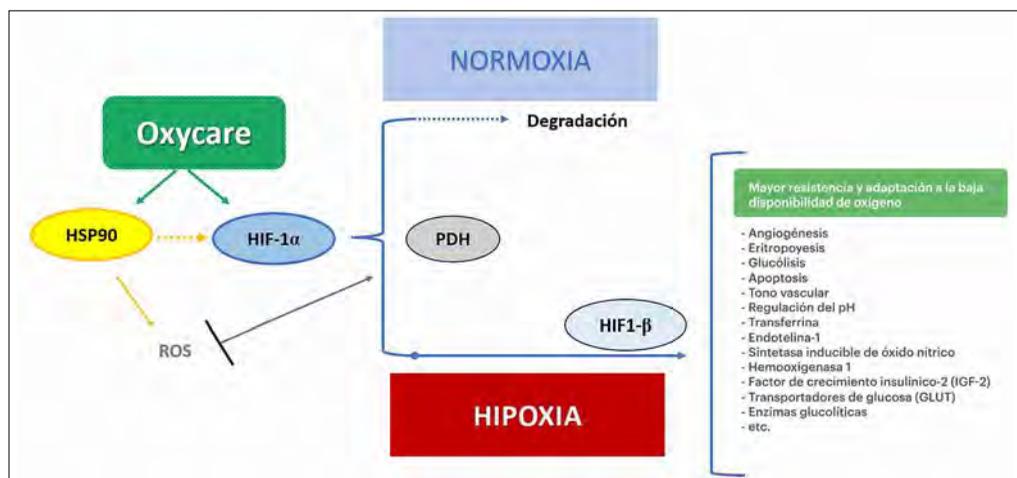
Ghosh, R., Samanta, P., Sarkar, R., Biswas, S., Saha, P., Hajra, S., & Bhowmik, A. (2022). Targeting a by natural and synthetic compounds: A promising approach for anti-cancer therapeutics development. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(16), 5192. <https://doi.org/10.3390/molecules27165192>

Gonçalves, A. T., Simões, M., Costa, C., Passos, R., & Baptista, T. (2022). Modulatory effect of *Gracilaria gracilis* on European seabass gut microbiota community and its functionality. *Scientific Reports*, 12(1), 1–16. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17891-9>

Hong, J., Wu, J., Chen, Y., Jiang, Z., Zhu, Y., Li, Z., Chen, X., Ni, H., & Zheng, M. (2023). Effect of black tea powder on antioxidant activity and gel characteristics of silver carp fish balls. *Gels (Basel, Switzerland)*, 9(3), 215. <https://doi.org/10.3390/gels9030215>

IFOP. (2022) Informe Final: Monitoreo Y Modelación de la Variabilidad Espacial y Temporal de Procesos Oceanográficos en Canales y Fiordos Australes, 2021-2022. Ministerio de Economía e IFOP, Chile. 163 pp.

Khan, A. U., Khan, A., Shal, B., Khan, S., Khan, M., Ahmad, R., & Riaz, M. (2023). The critical role of the phytoesters in modulating tumor microenvironment via multiple signaling: A comprehensive molecular approach. *Phytotherapy Research: PTR*, 37(4), 1606–1623. <https://doi.org/10.1002/ptr.7755>



**Figura 6:** Esquema conceptual del potencial mecanismo de acción de Oxycare en la cascada de respuestas fisiológicas adaptativas a la hipoxia en salmónidos.

- Kietzmann, T., Mennerich, D., & Dimova, E. Y. (2016). Hypoxia-Inducible Factors (HIFs) and Phosphorylation: Impact on Stability, Localization, and Transactivity. *Frontiers in cell and developmental biology*, 4. <https://doi.org/10.3389/fcell.2016.00011>
- Lagarde, H., Phocas, F., Pouil, S., Goardon, L., Bideau, M., Guyvarc'h, F., Labbé, L., Dechamp, N., Prchal, M., Dupont-Nivet, M., & Lallias, D. (2023). Are resistances to acute hyperthermia or hypoxia stress similar and consistent between early and late ages in rainbow trout using isogenic lines? *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 562(738800), 738800. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738800>
- Liga, S., Paul, C., & Péter, F. (2023). Flavonoids: Overview of biosynthesis, biological activity, and current extraction techniques. *Plants*, 12(14), 2732. <https://doi.org/10.3390/plants12142732>
- Mariu, A., Chatha, A. M. M., Naz, S., Khan, M. F., Safdar, W., & Ashraf, I. (2023). Effect of temperature, pH, salinity and dissolved oxygen on fishes. *Journal of Zoology and Systematics*, 1(2), 1–12. <https://doi.org/10.56946/jzs.v1i2.198>
- Mallya, Y. J. (2007). The effects of dissolved oxygen on fish growth in aquaculture. The United Nations University Fisheries Training Programme, Final Project.
- Masson, N., & Ratclie, P. J. (2014). Hypoxia signaling pathways in cancer metabolism: the importance of co-selecting interconnected physiological pathways. *Cancer & Metabolism*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/2049-3002-2-3>
- Niazi, A., Shamsaie Mehrgan, M., & Rajabi Islami, H. (2023). Optimizing turmeric and green tea fermentation with *Lactobacillus brevis* to enhance growth performance, digestive enzymes, and immunity in rainbow trout. *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 577(739962), 739962. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739962>
- Niyamosatha, H., Chuchird, N., & Rairat, T. (2015). Effect of dietary polyphenol-rich feed additive from grape pomace on growth, survival and tolerance to *Vibrio* infection in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Fisheries and Environment*, 39(2), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739962>
- Porter, E. S., & Gamperl, A. K. (2023). Cardiorespiratory physiology and swimming capacity of Atlantic salmon (*Salmo salar*) at cold temperatures. *The Journal of Experimental Biology*, 226(17), jeb245990. <https://doi.org/10.1242/jeb.245990>
- Prchal, M., D'Ambrosio, J., Lagarde, H., Lallias, D., Patrice, P., François, Y., Poncet, C., Desgranges, A., Haray, P., Dupont-Nivet, M., & Phocas, F. (2023). Genome-wide association study and genomic prediction of tolerance to acute hypoxia in rainbow trout. *Aquaculture (Amsterdam, Netherlands)*, 565(739068), 739068. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.739068>
- Qi, M., Wu, Q., Liu, T., Hou, Y., Miao, Y., Hu, M., & Liu, Q. (2020). Hepatopancreas Transcriptome Profiling Analysis Reveals Physiological Responses to Acute Hypoxia and Reoxygenation in Juvenile Qingtian Paddy Field Carp *Cyprinus carpio* var *qingtianensis*. *Frontiers in physiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.01110>
- Shen, Y., You, W., Luo, X., Lu, Y., Huang, M., & Ke, C. (2023). An overview of the mechanisms underlying hypoxia tolerance differences in aquatic animals and their inspirations for aquaculture. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. <https://doi.org/10.1007/s11160-023-09793-4>
- Skeeles, M. R., Scheuele, H., & Clark, T. D. (2022). Chronic experimental hyperoxia elevates aerobic scope: a valid method to test for physiological oxygen limitations in fish. *Journal of Fish Biology*, 101(6), 1595–1600. <https://doi.org/10.1111/jfb.15213>
- Valenzuela, A., Alveal, K., & Tarifeño, E. (2002). Respuestas hematológicas de truchas (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792) a estrés hipóxico agudo. *Gayana*, 66(2), 255–261. <https://doi.org/10.4067/s0717-65382002000200024>
- Varghese, T., Dasgupta, S., Anand, G., Rejish Kumar, V. J., Sahu, N. P., Pal, A. K., & Puthiyottill, M. (2022). Dietary arginine attenuates hypoxia-induced HIF expression, metabolic responses and oxidative stress in Indian Major Carp, *Cirrhinus mrigala*. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part B, Biochemistry & Molecular Biology*, 259(110714), 110714. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2022.110714>
- Varghese, T., Rejish Kumar, V. J., Anand, G., Dasgupta, S., & Pal, A. K. (2020). Dietary GABA enhances hypoxia tolerance of a bottom-dwelling carp, *Cirrhinus mrigala* by modulating HIF-1 $\alpha$ , thyroid hormones and metabolic responses. *Fish Physiology and Biochemistry*, 46(1), 199–212. <https://doi.org/10.1007/s10695-019-00708-4>
- Waagbø, R., & Remø, S. C. (2020). Functional diets in fish health management. In F. S. B. Kibenge & M. D. Powell (Eds.), *Aquaculture Health Management* (pp. 187–234). Elsevier.
- Xiao, K., Wang, X., Wang, M.-M., Guo, H.-X., Liu, W.-B., & Jiang, G.-Z. (2023). Metabolism, antioxidant and immunity in acute and chronic hypoxic stress and the improving effect of vitamin C in the channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Fish Physiology and Biochemistry*. <https://doi.org/10.1007/s10695-023-01205-5>
- Xiao, W. (2015). The hypoxia signaling pathway and hypoxic adaptation in fishes. *Science China. Life Sciences*, 58(2), 148–155. <https://doi.org/10.1007/s11427-015-4801-z>
- Xiong, L., Zhao, T., Huang, X., Liu, Z.-H., Zhao, H., Li, M.-M., Wu, L.-Y., Shu, H.-B., Zhu, L.-L., & Fan, M. (2009). Heat shock protein 90 is involved in regulation of hypoxia-driven proliferation of embryonic neural stem/progenitor cells. *Cell Stress & Chaperones*, 14(2), 183–192. <https://doi.org/10.1007/s12192-008-0071-z>
- Zagórska, A., & Dulak, J. (2004). HIF-1: the knowns and unknowns of hypoxia sensing. *Acta biochimica Polonica*, 51(3). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15448722/>
- Zhang, P., Liu, N., Xue, M., Zhang, M., Liu, W., Xu, C., Fan, Y., Meng, Y., Zhang, Q., & Zhou, Y. (2023). Anti-inflammatory and antioxidant properties of  $\beta$ -sitosterol in copper sulfate-induced inflammation in zebrafish (*Danio rerio*). *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 12(2), 391. <https://doi.org/10.3390/antiox12020391>

# WE MAKE AQUACULTURE PROGRESS



2004 - 2024

---



**PHARMAQ**  
part of *zoetis*

[pharmaq.com](http://pharmaq.com)

Presentes en:  
**AQUASUR** ¡Visítanos!  
2024 **STAND G-08**

# Patología clínica como herramienta diagnóstica en salmonicultura.



Claudio Arcos<sup>1</sup>, Barbara Etcharren<sup>2</sup>, Constanza Imilqueo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Gerente de proyectos y soporte de clientes, PHARMAQ Analytiq Chile.

<sup>2</sup> Gerente Técnico, PHARMAQ Analytiq Chile.

<sup>3</sup> Encargada del área de Patología clínica, PHARMAQ Analytiq Chile.

## ANTECEDENTES GENERALES

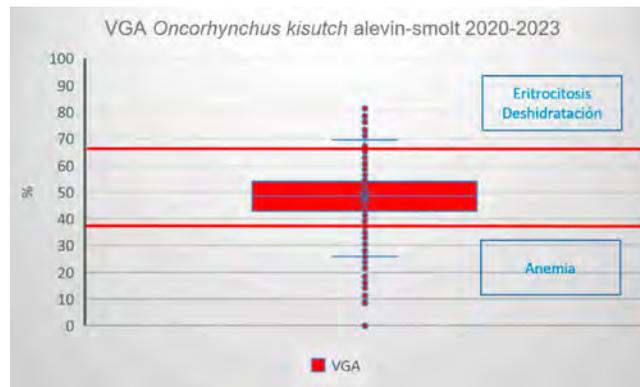
La patología clínica es una metodología diagnóstica que se encuentra ampliamente utilizada en especies terrestres, sobre todo en mamíferos superiores. En humanos, por ejemplo, es el examen de rutina para evaluar el estado de salud de un paciente. En la actualidad, el campo de la medicina veterinaria ha experimentado un aumento significativo del uso de la patología clínica en diferentes especies (Araúz et al., 2020).

En salmonicultura, la patología clínica ha mostrado un avance significativo en su utilización diagnóstica y ha sido un excelente complemento a las técnicas de biología molecular e histología. Una de las grandes virtudes de esta disciplina, es que permite entender de mejor manera la condición de salud que presenta un individuo o una población.

Para una adecuada interpretación de los parámetros que evalúa la patología clínica, es necesario disponer de intervalos de referencia. Se les denomina intervalos de referencia a aquellos rangos que dentro de una especie específica estén dentro de lo esperable para su especie, es decir, clínicamente sano. Por el



**Gráfico 1:** Hematocrito VGA observados en muestras de sangre de salmón del Atlántico en el periodo 2020 a 2023.



**Gráfico 2:** Hematocrito VGA observados en muestras de sangre de salmón del Pacífico en el periodo 2020 a 2023.

contrario, tener intervalos de referencia fuera del rango, nos indica que el paciente o la población puede estar cursando alguna alteración patológica. Los valores de referencia están completamente ligados a las características fisiológicas de la especie, edad, nutrición, factores geográficos y medioambientales, por lo que es necesario conocer los intervalos de referencia para cada tipo de característica fisiológica de la propia especie (Bossa et al., 2012).

En Chile, el Doctor Fernando Wittwer de la Universidad Austral de Chile, fue uno de los pioneros en establecer rangos de referencia en animales de compañía y de producción. En el año 1983, se publicó una primera edición del Manual de Patología Clínica Veterinaria. Posteriormente, sucesivas actualizaciones fueron incorporando más especies como los salmonídeos. Oficialmente, en el año 2012, aparecen incorporados los

rangos de referencia para las tres especies de cultivo en la segunda edición del Manual de Patología Clínica Veterinaria. Este avance se logró gracias al trabajo conjunto del Servicio Nacional de Pesca, Universidad Austral de Chile, Corfo Chile, empresas productoras y un laboratorio especializado. Finalmente, en 2021 se publica



**Gráfico 3:** Linfopenia con heterofilia en infección por *Piscine orthoreovirus* en Salmón Coho.

una tercera edición del Manual de Patología Clínica Veterinaria, con data aún más robusta en relación a las especies de salmónidos.

## PHARMAQ ANALYTIQ CHILE PATOLOGÍA CLÍNICA

En el año 2019, PHARMAQ Analytiq Chile implementa el área de Patología Clínica en la unidad de Puerto Montt, respondiendo a las problemáticas de nuestros clientes, asociadas a cuadros de Síndrome Ictérico del Salmón Coho. En un corto periodo de tiempo el servicio se extendió a todas las especies de cultivo atendiendo a patologías de origen multifactorial. Con el pasar del tiempo, la robustez de la técnica y la experiencia de los especialistas a cargo, nos han permitido realizar un aporte a la industria a través de la interpretación de resultados con una mirada que entiende los procesos productivos y orienta la búsqueda de soluciones a través de un diagnóstico certero.

Hematología y Bioquímica sanguínea son los dos grandes focos diagnósticos de Patología Clínica en PHARMAQ Analytiq Chile.

## HEMATOLOGÍA

La hematología es el estudio de la sangre; la cual, participa directa o indirectamente en casi todos los procesos bioquímicos del cuerpo (Gregg y Shannon, 2011).

El examen por elección en hematología corresponde al hemograma. El hemograma es un análisis clínico que entrega información sobre el número, morfología y características de los eritrocitos (eritrograma), leucocitos (leucograma) y trombocitos. El eritrograma incluye el hematocrito (VGA), recuento de glóbulos rojos (RGR), Hemoglobina (Hb) el índice de Wintrobe (VCM y CHCM) y características morfológicas de los eritrocitos (Wittwer 2021)

El hematocrito es un análisis sencillo y rápido de obtener y que entrega información respecto a desordenes sanguíneos. Niveles bajo rango de referencia, suelen asociarse a cuadros de anemia y niveles por sobre el rango de referencia a eritrocitosis y cuadros

de deshidratación, cuando se asocia a niveles elevados de proteínas totales y albuminas. El RGR determina el número de glóbulos rojos por unidad de volumen de sangre ( $N^\circ / \mu\text{L}$ ) y la Hb se expresa en concentración (g/L). Ambos índices, al igual que el hematocrito, se incrementan en la eritrocitosis y disminuye en la anemia.

El VCM es una medida que ayuda a conocer el tamaño promedio de los glóbulos rojos e indica si los eritrocitos son de tamaño normal (normocitos), pequeños (microcitos) o grandes (macrocitos). La CHCM indica la concentración media de hemoglobina presente en un eritrocito, si la cantidad de hemoglobina está dentro de rango se habla de normocrómicos y si esta disminuida o escasa de hipocrómicos (Wittwer 2021).

La leucograma en salmónidos corresponde al estudio de los leucocitos, donde se distinguen principalmente tres grupos de células inflamatorias: los linfocitos, heterófilos y monocitos. Los tipos tres celulares participan en mecanismos de defensas, pero con funciones distintas. Para los tres grupos de células se utilizan las mismas unidades de medidas que corresponde a la concentración relativa (%) y concentración absoluta ( $N^\circ \text{ cel}/\mu\text{L}$ ), (Wittwer 2021). En infecciones agudas es recurrente observar en los peces un aumento de los heterófilos (heterofilia) con una disminución de los linfocitos (linfopenia). (Gráfico 3). Los monocitos son escasos de observar en sangre, sin embargo, un aumento (monocitosis) se relaciona con requerimientos de defensa en los tejidos donde los monocitos se transforman en macrófagos y realizan una activa acción fagocitaria.

El estudio de morfología sanguínea se realiza observado un frotis sanguíneo al microscopio y determinando características de forma, color, estructura y tamaño de las células sanguíneas. Hoy en día existen herramientas avanzadas como Vetscan Imagyst® (imagen 1) que permite digitalizar las imágenes de los frotis y no solo facilita la visualización del observador, sino también permite realizar mediciones directas de las células acercando la inteligencia artificial (AI) (imagen 2) a la patología clínica.

## BIOQUÍMICA SANGUÍNEA

La bioquímica sanguínea o bioquímica clínica es la rama de la ciencia dedicada al estudio de los componentes químicos de la sangre, tejidos y fluidos de los animales con el propósito de conocer su fisiología y alteraciones que puedan conducir a enfermedad (Wittwer 2021).

El empleo de la bioquímica sanguínea es una herramienta primordial para entender el estado de salud de una población, determinar funcionalidad de órganos, evaluaciones nutricionales, metabólicas e incluso condición de bienestar de las poblaciones.

El número de analitos que pueden ser incorporados es ilimitado, sin embargo, en el laboratorio Pharmaq Analytiq Chile nos hemos concentrado en 24 analitos que consideramos de mayor relevancia diagnóstica para ofrecer a la industria, distribuidos en el siguiente panel:

Perfil Hepático	Perfil Branquial-Renal	Enzimas	Metabólico	Minerales	Electrolitos plasmáticos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspartato aminotransferasa (AST/GOT)</li> <li>• Alanina aminotransferasa (ALT/GPT)</li> <li>• Fosfata alcalina (ALP)</li> <li>• Bilirrubina total</li> <li>• Proteínas totales</li> <li>• Albúmina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creatinina</li> <li>• Úrea</li> <li>• Ácido úrico</li> <li>• Amonio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amilasa</li> <li>• Lipasa</li> <li>• Creatin quinasa total</li> <li>• Lactato deshidrogenasa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glucosa</li> <li>• Colesterol</li> <li>• Triglicéridos</li> <li>• Lactato</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcio</li> <li>• Fósforo</li> <li>• Hierro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sodio</li> <li>• Cloro</li> <li>• Potasio</li> </ul>

Conocer la función de cada analito es primordial para una adecuada interpretación de los resultados. Comprender la interacción que se realiza entre los analitos favorece el entendimiento de la fisiopatología que se puede estar presentando en los peces. Esta información, asociada con el examen clínico y anamnesis permite acercarse a un diagnóstico más preciso.

Junto a una adecuada interpretación de cada analito, es de vital importancia contar con la confiabilidad de los resultados. En la búsqueda de esta confianza, como laboratorio, hemos decidido participar periódicamente de rondas internacionales de validación de nuestras metodologías, estando hoy certificados bajo el **estándar RIQAS**, organismo que hoy evalúa más de 65 mil laboratorios en 134 países. Las rondas de análisis consisten en recibir una muestra ciega que se incorpora en nuestra cadena analítica, ingreso, equipos, proceso y posteriormente se reportan los resultados a través de una plataforma. Los resultados no pueden presentar una desviación mayor a 2 DS. Hoy se disponen de 19 analitos certificados bajo este estándar. Las gráficas N°4, 5, 6, 7 muestran como ejemplo, resultados de evaluación de algunos analitos desde julio 2022 a diciembre 2023.

Disponer de datos validados entrega una gran confianza al momento de interpretar los resultados. Dentro de los diagnósticos más recurrentes que se suelen observar en la práctica clínica de salmónidos, se encuentran las cardiopatías, donde por ejemplo se observan niveles elevados de creatinquinasa, lactato deshidrogenasa y fosfatasa alcalina. Las insuficiencias renales cursan con niveles elevados de creatinina y urea. Los desórdenes metabólicos cursan con bajos niveles de glucosa y lipidemia. Cuadros de deshidratación muestran proteínas totales elevadas y electrolitos Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> disminuidos, entre otros hallazgos.

Es importante mencionar que, para una adecuada interpretación de los resultados y un oportuno diagnóstico, es necesario contar con anamnesis e información del examen clínico. A su vez, complementar con técnicas diagnósticas para detección de patógenos cuando se sospecha de cuadros infecciosos. Paralelamente, para orientar el pronóstico del cuadro, es recomendable la utilización de la histología para observar en detalle los tejidos y determinar el grado de daño en la arquitectura celular, que puede estar presentando la población.



Imagen 1: Vetscan Imagystr® digitalizando frotis de sangre.



Imagen 2: Imagen obtenida mediante Vetscan Imagystr®. Medición del tamaño de un eritrocito y que en este caso describe microcitosis.

## BIBLIOGRAFÍA

Aráuz, M.S, Scodellaro,C.F.,& Pintos,M.E.(Eds). (2020). Atlas de Hematología Veterinaria Técnicas e Interpretación del Hemograma en Pequeños Animales. Editorial de la Universidad Nacional de la Plata.

Bossa-Miranda, M. A., Valencia-Celis, V. del C., Carvajal-Giraldo, B. A., & Ríos-Osorio, L. A. (2012). Automated hemogram values for healthy dogs aged 1 to 6 years attended at the Veterinary Hospital - Universidad de Antioquia (Colombia), 2002-2009. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 25(3), 409–416. <https://n9.cl/mlp9v>

Friedrichs, K., Harr, K., Freeman, K., Szladovits, B., Walton, R, Barnhart, K. y Blanco-Chavez, J. (2012). ASVCP reference interval guidelines: determination of de novo reference intervals in veterinary species and other related topics. Veterinary Clinical Pathology, 41(4), 441– 453. <https://doi.org/10.1111/vcp.12006>

Gregg, LV; Shannon LS. (2011). Hematology techniques & concepts. 2ª Ed. Iowa, Wiley-Blackwell, 200 p.

Wittwer F. (2021). Manual de patología clínica Veterinaria. 3era edición, ediciones UACH.



Gráfico 4: Desempeño óptimo analito AST durante evaluación, julio 2022 a diciembre 2023.



Gráfico 5: Desempeño óptimo de analito FA durante evaluación, julio 2022 a diciembre 2023.



Gráfico 6: Desempeño óptimo analito Glucosa durante evaluación, julio 2022 a diciembre 2023.

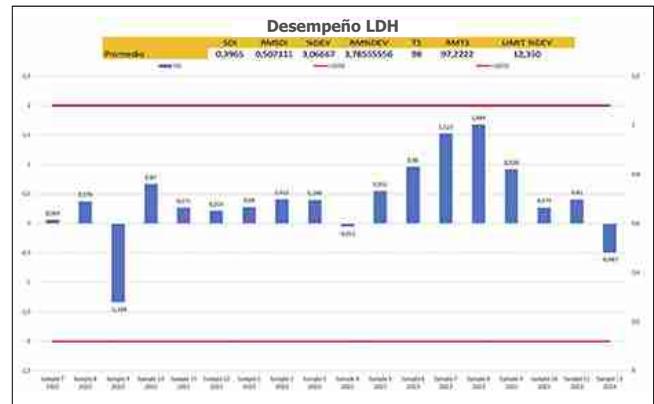


Gráfico 7: Desempeño óptimo analito LDH durante evaluación, julio 2022 a diciembre 2023.

# Avances en el Aislamiento y Caracterización de *Renibacterium salmoninarum*: Implicaciones para el Desarrollo de Vacunas en la Acuicultura del Salmón.



Marcelo Aguilar<sup>1</sup>, Claudia A. Barrientos<sup>1</sup>, Adolfo Isla<sup>1,2,3</sup>, Sandra N. Flores-Martin<sup>1</sup>, María Cecilia Rauch<sup>4</sup>, Alejandra Mancilla<sup>5</sup>, Ricardo Enríquez<sup>5</sup>, Jaime Figueroa<sup>3,4</sup>, Alejandro Yáñez<sup>1,3\*</sup>.

<sup>1</sup> Laboratorio de Diagnóstico y Terapia, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ciencias, Universidad Santo Tomás, Santiago, Chile

<sup>3</sup> Interdisciplinary Center for Aquaculture Research (INCAR), Universidad de Concepción, Concepción, Chile

<sup>4</sup> Instituto de Bioquímica y Microbiología, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

<sup>5</sup> Laboratorio de Inmunología y Estrés de Organismos Acuáticos, Instituto de Patología Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile

\*Autor de correspondencia: ayanez@uach.cl

## ANTECEDENTES

*Renibacterium salmoninarum*, un diplobacilo Gram-positivo e intracelular facultativo, induce la enfermedad renal bacteriana (BKD) en salmónidos, un desafío considerable para la acuicultura global (Bayliss y col., 2018; Murray y col., 2012). Este patógeno se distribuye mediante transmisión vertical, a través de los gametos durante la reproducción, y horizontal, mediante el contacto entre hospedadores o vía ambiental, factores que perpetúan su diseminación dentro de los centros de cultivo y hábitats naturales (Balfry y col., 1996; Pascho y col., 1991).

La dualidad en las vías de transmisión resalta la necesidad de adoptar medidas de bioseguridad estrictas en el manejo reproductivo y las operaciones rutinarias en acuicultura, fundamentales para conservar la sanidad y la integridad genética de las especies cultivadas, lo cual es imprescindible para el mantenimiento de la productividad sectorial y la reducción de riesgos en salud pública. La implementación de dichos controles es esencial para restringir la expansión del BKD y su impacto asociado, y resulta vital para fomentar una acuicultura sostenible. *R. salmoninarum* afecta a los salmónidos, independientemente de que se encuentren en un ambiente controlado o natural, en todas las etapas de su vida, ejerciendo una influencia perjudicial sobre estas especies y la economía de las operaciones acuícolas (Bruno, 2004; Wiens, 2011). Mortalidades que alcanzan el 80% en salmónidos del Pacífico (*Oncorhynchus* spp.) y el 40% en salmón Atlántico (*Salmo salar*) han sido reportadas, cifras que revelan la severidad del impacto de *R. salmoninarum* y su potencial para comprometer severamente la sustentabilidad y rentabilidad de la industria del salmón (Evenden y col., 1993).

La patogenicidad de *Renibacterium salmoninarum*, comprende un complejo conjunto de interacciones con su huésped acuático, uno de los aspectos fundamentales para el establecimiento de la infección es la adhesión de la bacteria a las células hospedadoras,

evento mediado por componentes de la superficie microbiana determinantes para el tropismo y la patogenicidad. Estudios por Sudheesh y col., (2007) identifica uno de los componentes clave de este proceso a la proteína sortasa y elementos de la matriz adhesiva, los cuales facilitan la adherencia a las células del hospedador, iniciando así la colonización y encaminando hacia el proceso infeccioso.

Una vez que la bacteria se adhiere al hospedero, es capaz de invadir y residir en el interior de las células anfitrionas. Este comportamiento intracelular, es crucial para la patogenicidad de *R. salmoninarum*, ya que permite sobrevivir y multiplicarse dentro de las células, esquivando la defensa inmune del huésped permite la persistencia y diseminación de la infección (Elliot, 2017). La reacción del hospedador frente a la infección es multifacética, afectando distintos parámetros fisiológicos y hematológicos. Por ejemplo, se ha evidenciado una alteración del hematocrito y una reducción significativa en el conteo de eritrocitos. Adicionalmente, se registra una proliferación en la cantidad de células hematológicas esenciales para la respuesta inmunitaria como los neutrófilos, monocitos y trombocitos, que al aumentar en número reflejan una respuesta fisiológica al estado patogénico (Elliot, 2017; Wiens, 2011).

La virulencia de *R. salmoninarum* se asocia estrechamente con la proteína superficial de 57 kDa, conocida como p57, que ha sido ampliamente estudiada por Wiens y col., (2002). Esta proteína, recibe su nombre debido a su peso molecular el cual corresponde a 57 kDa y esta presente en la superficie de la célula bacteriana. Además, diversos estudios han establecido una correlación entre la presencia de p57 y la virulencia y mortalidad en los peces, incluso en concentraciones bajas de patógenos bacterianos (Wiens y col., 2002). Estudios recientes realizados por Ojeda y col., (2020) han demostrado que la capacidad de autoaglutinación de los aislados de *R. salmoninarum* está relacionada con su nivel de virulencia, encontrando que los aislados

con menor capacidad de autoaglutinación presentan una menor mortalidad acumulada.

La proteína p57 no solo es un marcador de virulencia, sino que también se correlaciona con la severidad de la enfermedad y las tasas de mortalidad en los peces. Incluso con bajas cargas del patógeno, la proteína p57 juega un papel crucial en la dinámica de virulencia del patógeno, actuando como un marcador de la gravedad de la enfermedad en acuicultura. Su función, se relacionaría con la capacidad de la bacteria para evadir las defensas del hospedador y para establecer una infección persistente que puede culminar en un resultado fatal para los peces infectados. Una comprensión detallada de los mecanismos a través de los cuales la proteína p57 contribuye a la patogenia bacteriana es crucial. Estos conocimientos podrían ser fundamentales para el diseño de nuevas aproximaciones terapéuticas, que podrían abarcar desde vacunas que generen una respuesta inmunitaria dirigida contra esta proteína específica, hasta terapias con compuestos que inhiban su función y limiten la capacidad de la bacteria para **infectar y dañar a su hospedador (Aguilar y col., 2023)**.

En la lucha contra las infecciones de *R. salmoninarum*, la industria acuícola se beneficiaría significativamente de estos avances, permitiendo el desarrollo de ambientes apropiados para el desarrollo de los peces, y por consiguiente, promoviendo prácticas más sostenibles. Además, esto podría conducir a una reducción significativa de las pérdidas económicas asociadas con brotes de enfermedades, contribuyendo a una industria acuícola más robusta y resiliente. El desarrollo de estrategias preventivas y de control utilizando la información genética y proteica del patógeno resalta la importancia de la biotecnología en la gestión de enfermedades en la acuicultura. Las investigaciones futuras deberían centrarse en la caracterización de la interacción de la proteína p57 con el sistema inmunitario de los peces para identificar puntos clave de intervención que podrían ser explotados para mejorar la resistencia a la enfermedad o reducir la carga de la infección.

El trabajo de Bethke y col., (2018) ha demostrado una sorprendente similitud genómica entre diferentes aislados de *R. salmoninarum*, lo que sugiere una evolución y adaptación conservada de esta bacteria en distintas regiones geográficas. Esta alta identidad genómica plantea interrogantes sobre la variabilidad en la virulencia y resistencia a tratamientos entre aislados, y subraya la necesidad de un análisis fenotípico detallado para comprender las diferencias en la expresión de la virulencia y su relación con el hospedador (Bethke y col., 2018). A pesar de la similitud genómica, los estudios han mostrado variaciones en la virulencia y resistencia a los antibióticos entre aislados de *R. salmoninarum* de diferentes regiones (Wiens y Dale, 2009; Bruno y Raynard, 1994). Esto indica que factores fenotípicos, posiblemente influenciados por el entorno local y las prácticas de manejo, juegan un papel crucial en la expresión de la virulencia y la respuesta a los tratamientos. Por lo tanto, la integración de datos genómicos y fenotípicos es esencial para desarrollar estrategias de manejo y control de la BKD adaptadas a las condiciones locales. Esto incluye la creación

de vacunas específicas y protocolos de tratamiento que consideren tanto la identidad genómica conservada como las variaciones fenotípicas en virulencia y resistencia a los medicamentos.

En relación con la mortalidad causada por *R. salmoninarum*, informes recientes han destacado un aumento significativo de casos asociados a este patógeno en la región de Magallanes. Se ha observado que el 97,6% de los centros acuícolas analizados en esta región reportaron incidencias de la enfermedad durante el 25% o más del ciclo productivo. En contraste, en las regiones de Los Lagos y Aysén, estas cifras fueron considerablemente menores, con un 18,5% y 17,9% respectivamente, según se reporta en Aqua N° 244. Ante esta situación, el objetivo principal de este estudio fue evaluar la actividad citotóxica en células de riñón de salmón del Atlántico (SHK-1) y realizar pruebas de desafío en salmónes atlánticos presmolt, utilizando diferentes aislados de *R. salmoninarum* procedentes de las regiones de Magallanes y Los Lagos.

La caracterización exhaustiva de *R. salmoninarum*, tanto en sus aspectos fenotípicos como genotípicos, es crucial para entender la variabilidad en la virulencia entre aislados de distintas regiones geográficas. Este conocimiento es esencial para el desarrollo de estrategias de manejo y control más efectivas y específicas, adaptadas a las condiciones particulares de cada región, incluyendo los Lagos, Aysén y Magallanes. La investigación continua, así como la colaboración estrecha entre científicos y profesionales de la industria acuícola, son fundamentales para enfrentar de manera eficiente los desafíos que esta enfermedad representa para la acuicultura del salmón.

## RESULTADOS AISLADOS DE *R. salmoninarum* UTILIZADOS EN EL ESTUDIO

Las cepas de *R. salmoninarum* recolectadas entre 2021 y 2022, fueron aisladas de *Salmo salar* y *Oncorhynchus mykiss*, originarias de las regiones geográficas X y XII (Tabla 1), las cuales fueron cultivadas en medio KDM-2 durante 5 días a una temperatura de 18 °C. Además, para fines de referencia, se utilizó la cepa ATCC33209, que fue descrita por Sanders y Fryer en 1980. Es importante realizar estudios y análisis utilizando diferentes cepas de *R. salmoninarum* para comprender mejor su comportamiento y patogenicidad en *S. salar*. Estos estudios nos permitirán profundizar en la interacción entre las cepas y el huésped, así como desarrollar estrategias más efectivas para la prevención y control de la enfermedad en la acuicultura. Es destacable el uso de la cepa ATCC33209 como referencia, ya que su descripción previa por Sanders y Fryer en 1980 la convierte en una cepa bien caracterizada y ampliamente utilizada en investigaciones relacionadas este microorganismo. Esto permite comparar y evaluar las características y comportamientos de las cepas recolectadas recientemente con esta cepa de referencia establecida.

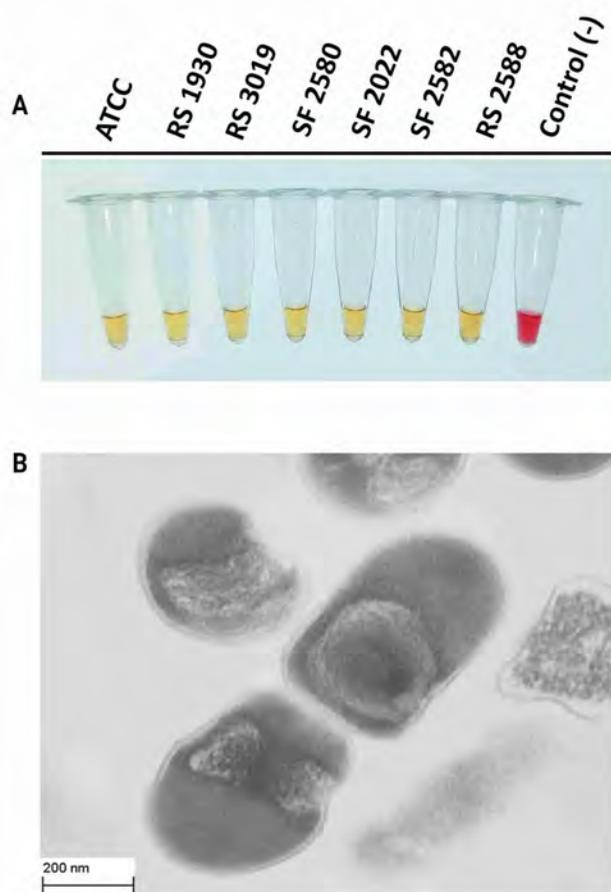
CEPAS	FECHA	ESPECIE	ORIGEN	REFERENCIA
ATCC33209	1974	<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>	Oregon, USA	Sanders y Fryer
RS 1930	2021	<i>Salmon salar</i>	Magallanes	En este estudio
RS 3019	2021	<i>Salmon salar</i>	Magallanes	En este estudio
SF 2022	2021	<i>Salmon salar</i>	Magallanes	En este estudio
SF 2582	2022	<i>Salmon salar</i>	Magallanes	En este estudio
SF 2588	2022	<i>Salmon salar</i>	Magallanes	En este estudio
SF 2580	2022	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Los Lagos	En este estudio

**Tabla 1:** Cepas de *R. salmoninarum* utilizadas en el estudio, indicando fecha de obtención, hospedero y ubicación geográfica.

### IDENTIFICACIÓN DE CEPAS DE *R. salmoninarum*

Para identificar las cepas de *R. salmoninarum*, incluyendo la cepa ATCC33209, se utilizó el ADN genómico de la bacteria y se diseñó un conjunto de cebadores específicos para la reacción LAMP del gen P57 de *R. salmoninarum*. La técnica LAMP (Loop-Mediated Isothermal Amplification) amplifica y detecta secuencias específicas de ADN de manera rápida y eficiente a temperatura constante. Posteriormente, se procedió a evaluar los conjuntos de partidores LAMP mediante una reacción colorimétrica. En este

ensayo, se pudo observar que el color amarillo indicativo de una reacción positiva para el gen P57 en las distintas cepas de *R. salmoninarum*, mientras que el color violeta indicaba una reacción negativa sin presencia de ADN bacteriano. Además, se realizó una microscopía electrónica de alta resolución de la cepa SF2022 de *R. salmoninarum* para corroborar los resultados (Figura 1). En resumen, la metodología utilizada para identificar las cepas de *R. salmoninarum* involucró el uso de ADN genómico, la amplificación específica del gen P57 mediante la reacción LAMP y la observación del cambio de color como indicador de la presencia de DNA de la bacteria. Adicionalmente, se utilizó la microscopía electrónica de transmisión para visualizar y confirmar la presencia de la cepa SF2022 de *R. salmoninarum*.

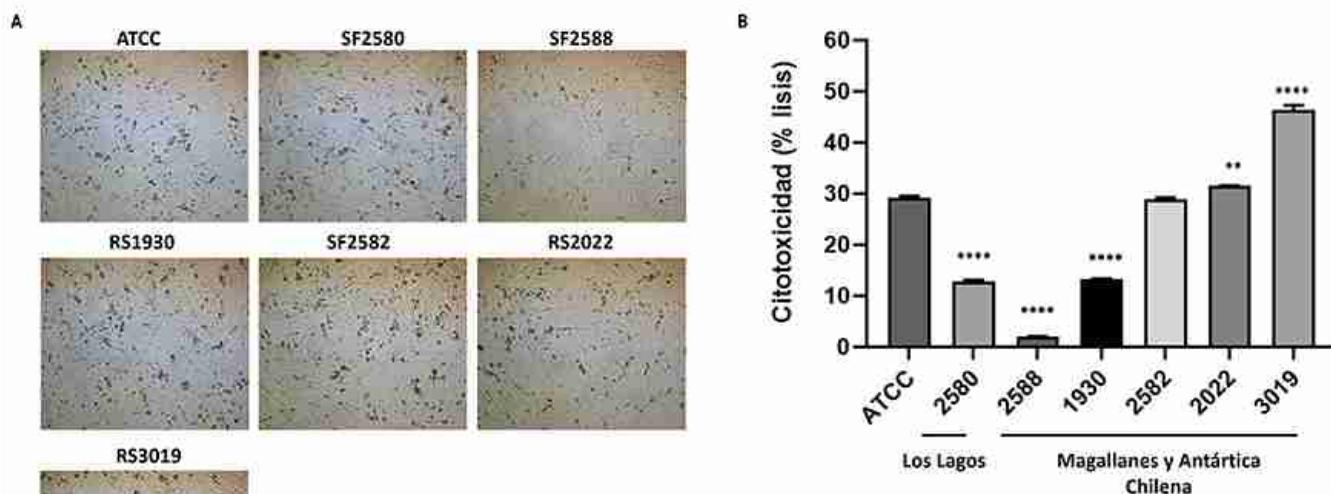


### EL ENSAYO DE CITOTOXICIDAD EN CÉLULAS SHK-1 SE LLEVÓ A CABO UTILIZANDO VARIAS CEPAS DE *R. salmoninarum*.

En relación con la evaluación de efecto de las cepas de *R. salmoninarum* durante un proceso de infección en la línea celular derivada de salmonidos SHK-1, los resultados mostraron que todas las cepas analizadas generaron un efecto citopático en las células, como se muestra en la Figura 2A. Además, al realizar un análisis cuantitativo de la citotoxicidad, medido mediante la liberación de LDH, se observó que las cepas RS 3019 y SF 2022 generaron una mayor citotoxicidad en comparación con la cepa ATCC33209. Por otro lado, las cepas RS 2580, RS 2588 y RS 1930 mostraron un menor efecto en comparación con la cepa tipo,

### Figura 1: Identificación de cepas de *R. salmoninarum*.

A) La técnica LAMP del gen P57 se utilizó para detectar y amplificar el gen específico en las distintas cepas de *R. salmoninarum*.  
B) Microscopía electrónica de transmisión de la cepa SF2022 de *R. salmoninarum*. Esta técnica de alta resolución permitió visualizar la estructura y características morfológicas de la bacteria, proporcionando información detallada sobre su apariencia y organización a nivel microscópico.



**Figura 2:** Efecto citopático y citotóxico en células SHK-1 infectadas con diferentes cepas de *R. salmoninarum* a los 5 días post infección (dpi). A) El efecto citopático condiciones in-vitro con MOI: 10 bacterias/célula. B) Ensayo de citotoxicidad en condiciones in-vitro. Los resultados se expresan como el promedio del porcentaje de citotoxicidad  $\pm$  error estándar de cada muestra triplicada. En el análisis de los resultados, se encontraron diferencias significativas (\*\* $p < 0,05$ ) y (\*\*\*\* $p < 0,001$ ).

mientras que no se observaron diferencias significativas entre la cepa SF 2582 y la cepa ATCC33209, como se muestra en la Figura 2B. En resumen, los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas por las distintas cepas del microorganismo en condiciones *in-vitro*. Estas observaciones son relevantes para comprender y caracterizar la variabilidad en la patogenicidad de las cepas de *R. salmoninarum* obtenidas desde condiciones de campo.

### INFECCIÓN DE *Salmo salar* POR DIFERENTES CEPAS DE *R. salmoninarum*.

La infección por diversas cepas de *R. salmoninarum* en el salmón del Atlántico (*Salmo salar*) representa un desafío significativo en el ámbito de la acuicultura. Las distintas cepas de *R. salmoninarum* pueden presentar variaciones en sus características patogénicas y niveles de virulencia, lo que conduce a una amplia gama de manifestaciones clínicas en los peces infectados. Esta infección es conocida por causar lesiones en varios tejidos, incluyendo las branquias, el hígado, los riñones y otros órganos internos, con un impacto potencialmente grave en la salud y el bienestar de los salmónidos.

La severidad de la infección por *R. salmoninarum* puede fluctuar considerablemente, dependiendo no solo de la cepa específica involucrada sino también de una serie de factores ambientales y de manejo en las instalaciones acuícolas. Es notable que la virulencia de *R. salmoninarum* varíe entre diferentes aislados, reflejando así la severidad variable de la enfermedad en los salmónidos. Investigaciones han evidenciado que los aislados de distintas regiones geográficas pueden exhibir perfiles de virulencia diferenciados. Esto sugiere una posible adaptación local de la bacteria, así como una respuesta a las condiciones ambientales

y prácticas de manejo específicas de cada región. Estudios como los de Wiens y Dale (2009) y Bruno y Raynard (1994) han sido fundamentales para comprender estas variaciones y sus implicaciones en la gestión de la enfermedad.

En un esfuerzo por profundizar nuestro entendimiento sobre la virulencia de diferentes cepas de *R. salmoninarum*, hemos realizado un estudio detallado, cuyos resultados preliminares han sido enviados para su publicación en la revista 'Aquaculture' (Flores y col., 2024). En este estudio, las cepas SF2582, SF2022 y SF2580 fueron cultivadas en placas de agar con medio KDM2 optimizado durante un período de 5 días. Posteriormente, estas cepas se utilizaron para realizar un desafío experimental en salmón del Atlántico (*Salmo salar*). Para evaluar la mortalidad acumulada, cada cepa fue inyectada intraperitonealmente en los peces a una concentración de  $9 \times 10^8$  UFC/mL. Los resultados mostraron que la mortalidad comenzó a observarse a partir de los 28 días posteriores a la inoculación (dpi) con la cepa SF2580. La sobrevivencia de los peces fue estimada utilizando la curva de Kaplan-Meier, un método ampliamente reconocido para el análisis de datos de supervivencia en estudios longitudinales. Los hallazgos indicaron diferencias significativas en la virulencia entre las cepas estudiadas. Específicamente, la probabilidad de supervivencia de los peces desafiados con la cepa SF2582 fue del 0,0%, lo que sugiere una alta virulencia de esta cepa. Por otro lado, los peces inoculados con las cepas SF2022 y SF2580 mostraron una probabilidad de supervivencia de aproximadamente el 25% a los 57 días post-inoculación, como se ilustra en la Figura 3 del estudio. Las observaciones obtenidas en nuestros estudios subrayan la importancia crítica de realizar análisis detallados sobre la virulencia de las distintas cepas de *R. salmoninarum* para comprender de manera más profunda la interacción entre este patógeno y el salmón del Atlántico (*Salmo salar*). Esta comprensión es fundamental para el desarrollo y la implementación de estrategias

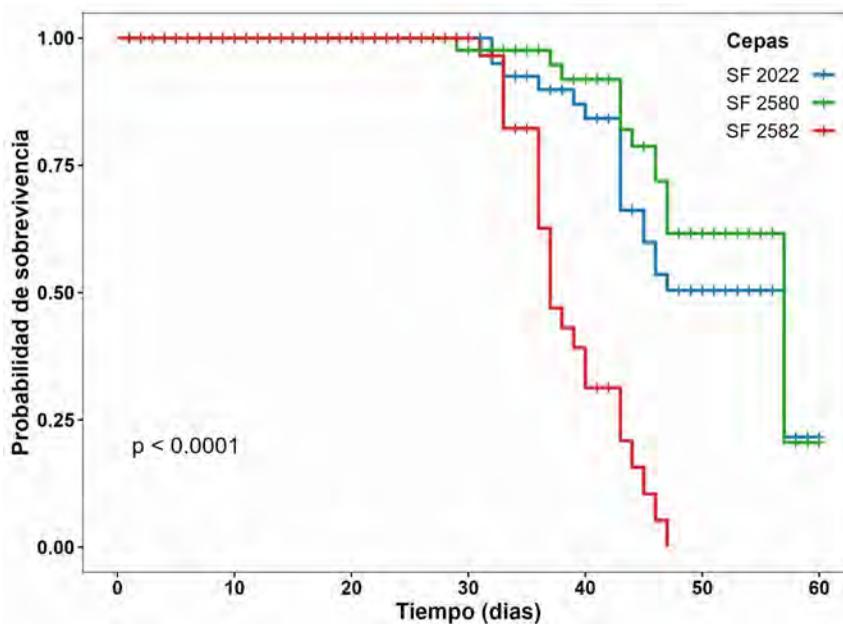
efectivas de prevención y control de enfermedades en el sector acuícola. Dichas estrategias deben abarcar un enfoque integral que incluya medidas de bioseguridad robustas, la detección temprana de la enfermedad y una gestión eficiente de las poblaciones de peces, con el objetivo de minimizar el riesgo de infección y limitar la propagación de la enfermedad en las instalaciones acuícolas. Al profundizar en el conocimiento sobre la interacción entre las cepas de *R. salmoninarum* y *S. salar*, estamos en una posición más fuerte para implementar medidas que no solo protejan la salud de los peces, sino que también aseguren la sostenibilidad y la viabilidad a largo plazo de la industria acuícola. Este enfoque proactivo y basado en la evidencia es esencial para mantener la salud y el bienestar de los peces, lo que a su vez contribuye a la estabilidad y rentabilidad del sector acuícola.

## CONCLUSIONES

En resumen, este estudio sobre diferentes cepas de *R. salmoninarum* reveló que todas las cepas fueron positivas para el gen P57 y mostraron variaciones en su patogenicidad. Las cepas recolectadas en la región de Magallanes y Antártica chilena, RS 3019 y SF 2022, demostraron una mayor citotoxicidad en comparación con la cepa de referencia ATCC33209, mientras que las cepas recolectadas en Los Lagos, RS 2588, RS 1930 y 2580, mostraron una menor citotoxicidad. Además, los ensayos de desafío en *S. salar* revelaron que la cepa SF2582 tenía una alta virulencia, con una probabilidad de supervivencia de 0,0%, mientras que las cepas SF2022 y SF2580 tenían una menor capacidad patogénica, con una probabilidad de supervivencia de aproximadamente el 25%. Estos hallazgos son fundamentales para el control de la enfermedad de BKD en la región de Magallanes, donde tiene un impacto significativo en la acuicultura. Los resultados de este estudio proporcionan una mejor comprensión de la enfermedad y pueden contribuir al desarrollo de estrategias más efectivas para su prevención, diagnóstico y control. El aislamiento y la caracterización fenotípica y genotípica de nuevos aislados de *R. salmoninarum* son fundamentales para comprender la evolución y adaptación de este patógeno en diferentes regiones acuícolas, como los Lagos, Aysén y Magallanes. Estudios recientes han demostrado que la variabilidad genética y fenotípica entre aislados de *R. salmoninarum* puede influir significativamente en la eficacia de las vacunas, heteróloga y la bacterina, utilizadas para controlar la enfermedad del riñón bacteriano (BKD) en salmónidos (Bayliss y col., 2018). La caracterización detallada de estos aislados permite identificar marcadores genéticos específicos y perfiles de virulencia, lo que es crucial para el diseño de vacunas

más efectivas y adaptadas a las cepas regionales (Wiens y col., 2008). Además, la comparación de aislados de diferentes regiones ha revelado diferencias significativas en términos de patogenicidad y respuesta a las vacunas, subrayando la importancia de un enfoque regionalizado en el manejo de la BKD (Grayson y col., 1999). Estos hallazgos resaltan la necesidad de una vigilancia continua y un análisis diferencial de *R. salmoninarum* para optimizar las estrategias de vacunación y control de enfermedades en la acuicultura del salmón.

Es esencial continuar investigando en esta área, utilizando enfoques similares para evaluar la patogenicidad y virulencia de las cepas de *R. salmoninarum*, así como para mejorar nuestro conocimiento



**Figura 3:** Estimación de la supervivencia acumulada durante la infección de *S. salar* con las cepas SF2582, SF2022 y SF2580 de *R. salmoninarum*. Se muestra la estimación de Kaplan-Meier de la supervivencia acumulada durante la infección con las cepas SF 2582, SF 2022 y SF 2580. Se puede observar si hay diferencias significativas en la tasa de supervivencia entre las cepas, lo que proporciona información importante para comprender la virulencia y el impacto de cada cepa en *S. salar*.

en epidemiología y métodos de control de enfermedades en la acuicultura en general. La enfermedad de BKD representa un grave desafío en la acuicultura y este estudio proporciona información valiosa para futuros estudios y estrategias de control. Destaca la necesidad de un control efectivo mediante la investigación centrada en epidemiología, aislamiento, genotipo, fenotipo (Virulencia y MIC), prevención, diagnóstico y métodos de control. Entendiendo la importancia crucial de utilizar la epidemiología como una herramienta fundamental en la investigación para desarrollar estrategias de control eficaces contra enfermedades o afecciones fenotípicas específicas Este enfoque integral es fundamental para abordar de manera efectiva la enfermedad y garantizar la salud de las poblaciones de peces en la acuicultura. Comprender la variabilidad entre aislados en términos de virulencia y resistencia

a fármacos es fundamental para abordar los desafíos del BKD en la acuicultura del salmón. La colaboración continua entre investigadores, la industria acuícola y las autoridades reguladoras es clave para el desarrollo de estrategias efectivas y sostenibles de control de enfermedades.

## AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue apoyado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID, Chile) FONDEF N° ID21|10066 y FONDAP-INCAR N°1523A0007; Vicerrectoría de Investigación, Desarrollo y Creación Artística (VIDCA), Universidad Austral de Chile.

## REFERENCIAS

- Aguilar M, Isla A, Barrientos CA, Flores-Martin SN, Blanco JA, Enríquez R, Figueroa J, Yáñez AJ.** Genomic and proteomic aspects of p57 protein from *Renibacterium salmoninarum*: Characteristics in virulence patterns. *Microb Pathog.* 2023 Jan; 174:105932.
- Balfry SK, Albright LJ, Evelyn TPT.** Horizontal transfer of *Renibacterium salmoninarum* among farmed salmonids via the fecal-oral route. *Dis. Aquat. Organ.* 1996, 25, 63–69.
- Bayliss, SC, Verner-Jeffreys DW, Ryder D, Suarez R, Ramírez R, Romero J, Pascoe B, Sheppard SK, Godoy M, Feil EJ.** Genomic epidemiology of the commercially important pathogen *Renibacterium salmoninarum* within the Chilean salmon industry. *Microb. Genom.* 2018, 4, 1–12.
- Bethke J, Yáñez AJ, Avendaño-Herrera R.** Comparative Genomic Analysis of Two Chilean *Renibacterium salmoninarum* Isolates and the Type Strain ATCC 33209T. *Genome Biol Evol.* 2018 Jul 1;10(7):1816-1822.
- Bruno DW.** Prevalence and diagnosis of bacterial kidney disease (BKD) in Scotland between 1990 and 2002. *Dis. Aquat. Organ.* 2004, 59, 125–130. [CrossRef]
- Bruno, D. W., & Raynard, R. S. (1994).** Studies on the use of a commercial vaccine for the control of bacterial kidney disease in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) in Scotland. *Aquaculture*, 122(1), 1-12.
- Elliott, D.G.** *Renibacterium salmoninarum*, Fish Viruses and Bacteria: Pathobiology and Protection; Woo, P.T.K., Cipriano, R.C., Eds.; CABI Publishing: Wallingford, UK, 2017; pp. 286–297.
- Evenden AJ, Grayson TH, Gilpin ML, Munn CB.** *Renibacterium salmoninarum* and bacterial kidney disease—The unfinished jigsaw. *Annu. Rev. Fish Dis.* 1993, 3, 87–104.
- Flores SN, Isla A, Aguilar M, Barrientos CA, Blanco JA, Enríquez R, Arcos C, Yáñez AJ.** Optimizing of Culture Media for rapid growth of *Renibacterium salmoninarum*. *Aquaculture*. 2024 en revision.
- Grayson TH, Cooper LF, Atienzar FA, Knowles MR, Gilpin ML.** Molecular differentiation of *Renibacterium salmoninarum* isolates from worldwide locations. *Appl Environ Microbiol.* 1999 Mar;65(3):961-8.
- Murray AG, Munro LA, Wallace IS, Allan CET, Peeler EJ, Thrush MA.** Epidemiology of *Renibacterium salmoninarum* in Scotland and the potential for compartmentalised management of salmon and trout farming areas. *Aquaculture* 2012.
- Ojeda A, Saavedra J, Grandón M, Villar S, Oyarzún M, Macaya N, Ibarra P, Bustamante F, Bustos P y Mancilla M.** Virulencia diferenciada de aislados de campo chilenos de *Renibacterium salmoninarum*. *Salmonexpert N°79 Año 10 Ene/Feb 2020.*
- Pascho RJ, Elliott DG, Streufert JM.** Brood stock segregation of spring chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha* by use of the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and the fluorescent antibody technique (FAT) affects the prevalence and levels of *Renibacterium salmoninarum*. *Dis. Aquat. Organ.* 1991, 12, 25–40.
- Salmonicultura en Magallanes** avanzando hacia una mayor consolidación. *Aqua N0 244*, 2021.
- Sanders, J. & J. Fryer.** *Renibacterium salmoninarum* gen. nov., sp. nov., the Causative Agent of Bacterial Kidney Disease in Salmonid Fishes. *Int J Syst Bacteriol.* 1980, 30: 496-502.
- Sudheesh, P.S.; Crane, S.; Cain, K.D.; Strom, M.S.** Sortase inhibitor phenyl vinyl sulfone inhibits *Renibacterium salmoninarum* adherence and invasion of host cells. *Dis. Aquat. Org.* 2007, 78, 115–127.
- Wiens GD, Rockey DD, Wu Z, Chang J, Levy R, Crane S, Chen DS, Capri GR, Burnett JR, Sudheesh PS, Schipma MJ, Burd H, Bhattacharyya A, Rhodes LD, Kaul R, Strom MS.** Genome sequence of the fish pathogen *Renibacterium salmoninarum* suggests reductive evolution away from an environmental *Arthrobacter* ancestor. *J Bacteriol.* 2008 Nov;190(21):6970-82.
- Wiens GD.** Bacterial Kidney Disease (*Renibacterium salmoninarum*), Fish Diseases and Disorders: Viral, Bacterial and Fungal Infections, 2nd ed.; Woo, P.T.K., Bruno, D.W., Eds.; CAB International: Wallingford, UK, 2011; pp. 338–374.
- Wiens, G. D., & Dale, O. B. (2009).** Comparison of *Renibacterium salmoninarum* isolates from different geographical areas by monoclonal antibody and western blot analysis. *Journal of Fish Diseases*, 32(10), 873-881.
- Wiens, G.D.; Pascho, R.; Winton, J.R.** A single Ala139-to-Glu substitution in the *Renibacterium salmoninarum* virulence-associated protein p57 results in antigenic variation and is associated with enhanced p57 binding to Chinook salmon leukocytes. *Appl. Environ. Microbiol.* 2002, 68, 3969–3977.



- *Fundas - Láminas*
- *Bolsas net-bag para redes*
- *Insumos para selladoras*
- *Cintas de canalización*
- *Mangas polietileno e Invernadero*
- *Rollos prepicado*
- *Mallas raschel*
- *Bolsas basura*
- *Malla faenera*
- *Bolsas vacío*
- *Bolsas bins*



FONOS 65 228 8420 65 228 8411 +500 5411 9904  
 PARCELA 22 ALTO LA PALOMA PUERTO MONTT  
 MARCELA.CARDENAS@PLASTICOSAUSTRAL.CL WWW.PLASTICOSAUSTRAL.CL

# Coinfección de aislados de *Flavobacterium psychrophilum* dentro de una misma piscicultura: revelando la existencia de heterogeneidad de serotipos y genotipos



Pedro Ilardi<sup>1</sup>, Javier Rivera<sup>2</sup>, Rute Irgang<sup>3,4</sup> y Rubén Avendaño-Herrera<sup>3,4,5\*</sup>

<sup>1</sup> Farmacología en Acuicultura Veterinaria FAV S.A., Investigación y Desarrollo, Santiago, Chile

<sup>2</sup> Farmacología en Acuicultura Veterinaria FAV S.A., Laboratorio de Investigación y Desarrollo, Puerto Varas, Chile

<sup>3</sup> Laboratorio de Patología de Organismos Acuáticos y Biotecnología Acuicola, Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad Andrés Bello, Viña del Mar, Chile

<sup>4</sup> Centro FONDAF, Interdisciplinary Center for Aquaculture Research (INCAR), Universidad Andrés Bello, Viña del Mar, Chile

<sup>5</sup> Centro de Investigación Marina Quintay (CIMARQ), Universidad Andrés Bello, Valparaíso, Chile

*Flavobacterium psychrophilum*, es una bacteria que vive a temperaturas bajas, con forma filamentosa y Gram negativa, reconocida como el agente etiológico de la enfermedad bacteriana del agua fría y del síndrome de alevín de la trucha arcoiris en peces salmónidos en todo el mundo (Nematollahi et al., 2003). En Chile, el primer aislado se obtuvo en 1993 a partir de ejemplares de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) (Bustos et al., 1995), diseminándose posteriormente a salmón Coho (*Oncorhynchus kisutch*) y salmón del Atlántico (*Salmo salar*) (Avendaño-Herrera et al., 2014). Actualmente, *F. psychrophilum* es la primera causa de muerte de salmónidos cultivados en agua dulce en Chile, atribuyéndose el primer semestre del año 2023 mortalidades de 32,9% en salmón Coho, 39,2% en salmón del Atlántico y 65,9% en trucha arcoiris (SERNAPESCA, 2023a). Pese a esta situación, no existe un programa de vigilancia activa para *F. psychrophilum*, a pesar de ser también la primera causa de uso de antibióticos en agua dulce (SERNAPESCA, 2023b).

Estudios previos usando diferentes técnicas de tipificación demuestran la existencia de diversidad antigénica entre los aislados chilenos de *F. psychrophilum*. Así, Valdebenito y Avendaño-Herrera (2009) describieron cuatro patrones de reacciones antigénicas utilizando el método clásico de aglutinación en portaobjetos con antígenos "O" y anticuerpos policlonales. Sin embargo, 10 años después utilizando la misma herramienta, Avendaño-Herrera et al. (2020) informan una expansión de los grupos antigénicos de 4 a 14 para los aislados chilenos de *F. psychrophilum*. Además, estos mismos autores al emplear otro procedimiento de serotipificación basado en una PCR múltiple detectan la presencia de los serotipos moleculares 0, 1, 2 y 4. Destacar que el tipo 4 fue descrito específicamente para aislados chilenos.

A nivel genético, Valdebenito y Avendaño-Herrera (2009) determinaron la existencia de una alta homogeneidad dentro de 20 aislados chilenos de *F. psychrophilum* usando RAPD-PCR y REP-PCR. Sin embargo, los resultados de PCR para definir los

linajes basados en el alelo 16S ARNr sugirieron que el linaje II que posee solo el alelo CSF 259-93 es dominante en las pisciculturas chilenas. Usando un análisis de tipificación de secuencias de locus múltiples (MLST), Avendaño-Herrera et al. (2014) identificaron 15 tipos de secuencias, enfatizando la coexistencia de varios genotipos de *F. psychrophilum* en una población de 94 aislados recolectados de las tres especies de salmónidos cultivados de Chile. Por tanto, la estructura poblacional de *F. psychrophilum* es heterogénea y podría ser consecuencia directa de las prácticas locales del cultivo en las pisciculturas chilenas, específicamente la producción de más de una especie de salmón por piscicultura, proceso denominado comúnmente como "maquila". Adicionalmente, existen instalaciones especializadas para la incubación y eclosión de alevines y smolts, optimizando no solo el uso de los diferentes cuerpos de agua. Así, los huevos y los peces se transportan a través de varias regiones de Chile durante la etapa de agua dulce (Avendaño-Herrera et al., 2014; 2020). Hasta ahora, el análisis intraespecífico se ha realizado con aislados de laboratorio, quedando pendiente un enfoque de campo. Concretamente determinar (i) si más de un aislado de *F. psychrophilum* está presente en una misma piscicultura, específicamente causando un brote infeccioso y/o (ii) si pueden coexistir aislados con distintas características antigénicas y genéticas en una piscicultura. En este estudio nos propusimos caracterizar la diversidad antigénica y genética intraespecífica entre aislados de *F. psychrophilum* durante brotes infecciosos ocurridos en salmón del Atlántico y trucha arco iris criados en pisciculturas del sur de Chile. Además, demostramos la existencia de diferentes grados de virulencia entre los aislados chilenos de *F. psychrophilum* recuperados de una misma piscicultura. Más información y detalles de la investigación puede consultarse en Ilardi et al. (2023) publicado en Journal of Fish Diseases 46(10): 1085-1096 (<https://doi.org/10.1111/jfd.13828>).

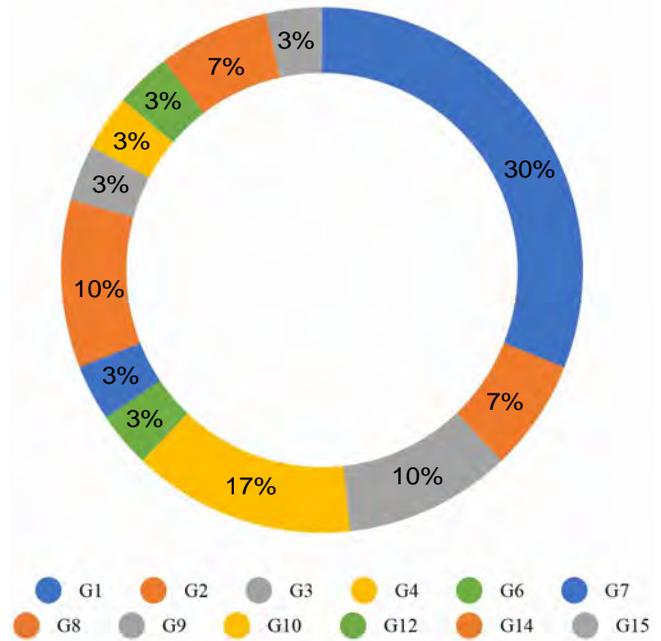
Se estudiaron 68 aislados de *F. psychrophilum* recuperados entre enero del 2018 a diciembre de 2019 de cinco pisciculturas ubicadas

en las regiones de la Araucanía (pisciculturas B y F) y Los Lagos (pisciculturas E, H e I). El criterio empleado para la selección de las pisciculturas de muestreo consideró que i) al momento en que está ocurriendo el brote infeccioso se cultive solo una especie de salmónidos (trucha arco iris o salmón del Atlántico); ii) se encuentren geográficamente separadas y iii) no compartan el agua de cultivo. Además de las pruebas fenotípicas (Bernardet et al., 2002), la identidad de cada aislado se confirmó como *F. psychrophilum* mediante análisis de PCR especie-específico (Urdaci et al., 1998), siendo 29 y 39 aislados recuperados de trucha arco iris y salmón del Atlántico, respectivamente. Todos fueron bioquímicamente homogéneos independientemente de la especie de pez y fueron idénticos a la cepa tipo ATCC 49418T.

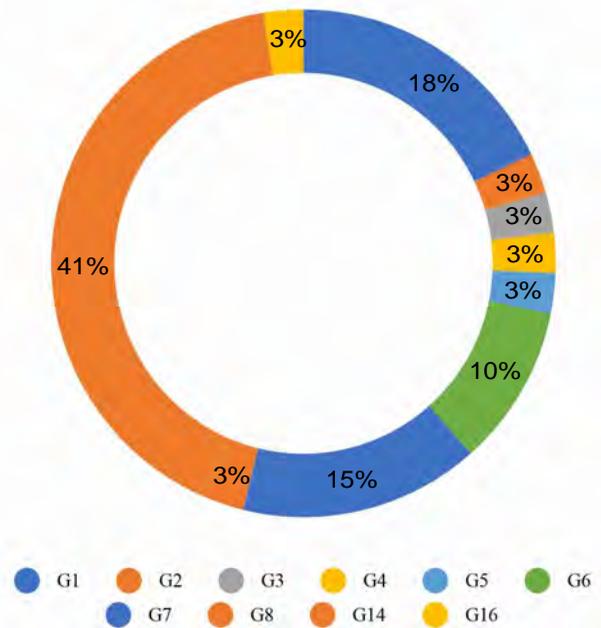
Para genotipar los 68 aislados, se empleó el polimorfismo de longitud de los fragmentos de restricción del producto de PCR (es decir, genotipos A/B o R/S) y los ensayos de PCR del alelo de ARNr 16S (es decir, alelos CSF259-93 y ATCC 49418 [linaje I] y solo alelo CSF259-93 [linaje II]) exactamente como lo informaron Avendaño-Herrera y Valdebenito (2009). El PCR clasificó 42 aislados de *F. psychrophilum* como genotipo B/S, 6 de los cuales se recuperaron de trucha arco iris. Los 26 aislados restantes se agruparon dentro del genotipo B/R. Ambos genotipos (B/S y B/R) de *F. psychrophilum* se obtuvieron solamente en la piscicultura F, que criaba salmón del Atlántico. Como se esperaba, la cepa tipo fue el genotipo B/S (Izumi et al., 2003). Usando el PCR descrito por Ramsrud et al., (2007), se encontró el alelo CSF 259-93 en 48 aislados, 27 de los aislados se recuperaron de infecciones ocurridas en trucha arco iris y 21 en salmón del Atlántico. Los 20 *F. psychrophilum* restantes fueron positivos para los alelos ATCC 49418 y CSF 259-93, 18 de estos aislados se recuperaron de brotes ocurridos en salmón del Atlántico y solo dos en trucha arco iris. Hasta ahora, la presencia de ambas secuencias de ARNr 16S en aislados chilenos de *F. psychrophilum* solo se había descrito en salmón del Atlántico por Valdebenito y Avendaño-Herrera (2009), por lo que constituye el primer reporte de dos aislados de trucha arco iris. Curiosamente, ambos aislados se recuperaron de la piscicultura I. Esta baja distribución del linaje I (alelo ATCC 49418 y CSF 259-93) en aislados de trucha arco iris es consistente con lo reportado por Ngo et al. (2017) cuando analizaron 169 aislados de *F. psychrophilum* de salmónidos en Reino Unido, con solo cinco aislados obtenidos de trucha arco iris. Es importante señalar que las pisciculturas F y H, con salmón del Atlántico, mostraron una coexistencia de los alelos 16S rRNA para los aislados de *F. psychrophilum*. De hecho, el 65% y el 25% de los aislados de las pisciculturas F y H, respectivamente, solo fueron positivos para el alelo CSF 259-93.

Para examinar la relación antigénica entre los aislado de *F. psychrophilum* de cada piscicultura se empleó el método de aglutinación en portaobjetos y antisueros policlonales preparados en conejos usando los antígenos de las cepas 1739 y 1196 representativas de salmón del Atlántico y cepas de trucha arco iris 1731 y 1150 como lo describen Valdebenito y Avendaño-Herrera (2009). Los 68 aislados se agruparon en dos combinaciones antigénicas más que los 14 patrones reportados

### Trucha Arco Iris

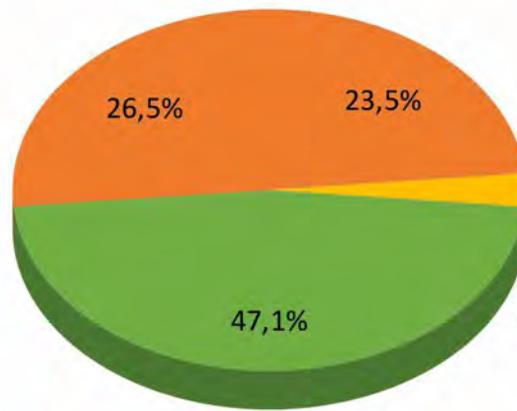


### Salmón del Atlántico



**Figura 1:** Caracterización antigénica de 29 aislados de trucha arco iris y 39 de salmón del Atlántico usando el clásico método de aglutinación en portaobjetos y los antisueros preparados en conejos usando los antígenos de las cepas 1739 y 1196 representativas de salmón del Atlántico y cepas de trucha arco iris 1731 y 1150 (Valdebenito y Avendaño-Herrera, 2009)

por Avendaño-Herrera et al. (2020), siendo los grupos 15 y 16 representados por un aislado de trucha arco iris de la piscicultura B y otro de salmón del Atlántico de la piscicultura F, respectivamente. El grupo 1 fue dominante (Valdebenito & Avendaño-Herrera, 2009; Avendaño-Herrera et al., 2020) junto al grupo 14, éste último no mostró una reacción antigénica a ninguno de los antisueros probados (Figura 1). La representación de cada uno de ellos fue 23,5% y 26,5% del total de aislados.



● Tipo 0 ● Tipo 1 ● Tipo 2 ● Tipo 4

**Figura 2:** Distribución porcentual de los 68 aislados chilenos de *F. psychrophilum* usando el esquema basado en el PCR múltiple descrito por Rochat et al. (2017) y modificado por Avendaño-Herrera et al. (2020), el cual permite diferenciar los aislados como tipo 1, -2, -3 o -4.

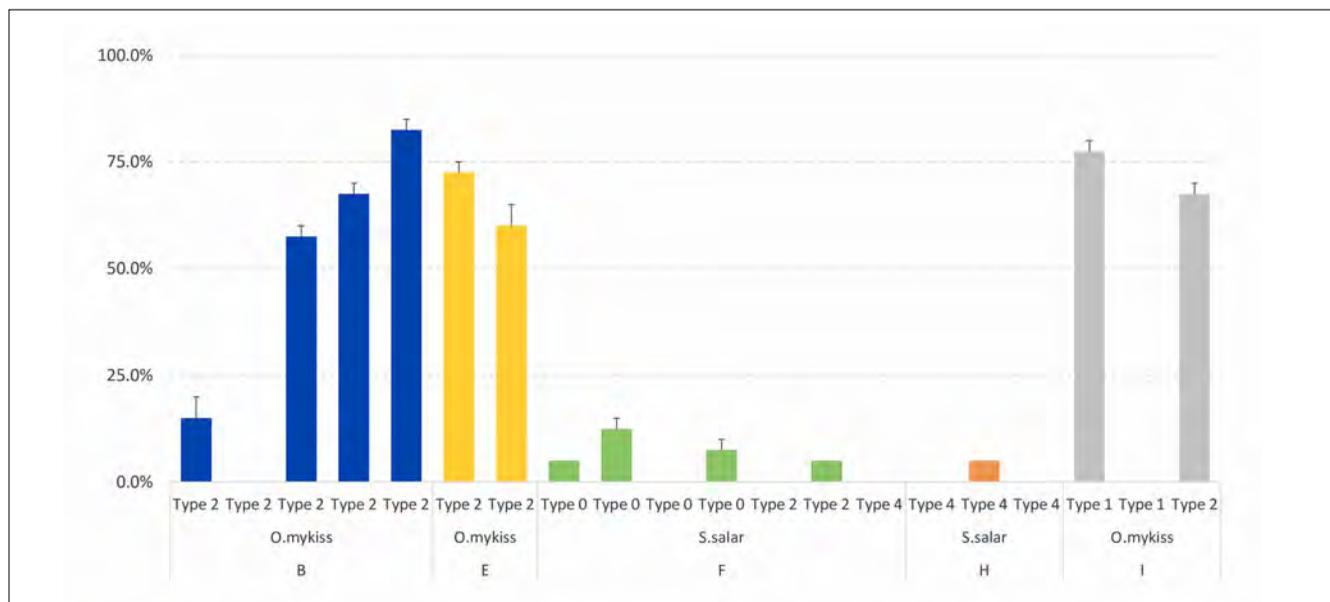
Cuando todos los aislados se serotipificaron utilizando el esquema basado en el PCR múltiple descrito por Rochat et al. (2017) y modificado por Avendaño-Herrera et al. (2020), el cual permite diferenciar los aislados como tipo 1, -2, -3 o -4 (Figura 2). Los 68 *F. psychrophilum* se agruparon en su mayoría en tipo-2 con 32 aislados (47,1%), 29 de los cuales se recuperaron de truchas arco iris cultivadas en las pisciculturas B (n = 23) y E (n = 4). Los 5 aislados restantes se recuperaron de salmón del Atlántico cultivado en la piscicultura F. Además, en la piscicultura F se detectó la coexistencia de 3 serotipos moleculares diferentes, con un total de 23 aislados de salmón del Atlántico, de los cuales el 69,6% fueron clasificados como tipo-0, 21,7% del

tipo-2 y 8,7% del tipo-4. Otros 16 *F. psychrophilum* de salmón del Atlántico de la piscicultura H se agruparon como tipo-4.

Los resultados denotan cierta homogeneidad entre los aislados de *F. psychrophilum* asociados con los brotes ocurridos en piscicultura que cultivan trucha arco iris. Por ejemplo, el 93,1% de los aislados chilenos de trucha arco iris poseen el alelo CSF 259-93 y los aislados se clasificaron como pertenecientes al tipo-2. Una tarea más difícil fue establecer la asociación genético-antigénica para aislados chilenos de *F. psychrophilum* recuperados de salmón del Atlántico, ya que existen pocos reportes en la literatura científica. El presente estudio detectó hasta tres serotipos moleculares (tipos-0, -2 y -4). Estos

hallazgos se alinean con lo informado por Avendaño-Herrera et al. (2020).

Finalmente, se evaluó la virulencia de 10 aislados de salmón del Atlántico y 10 de trucha arco iris con el fin de determinar el potencial patogénico de los *F. psychrophilum* recuperados dentro de una misma piscicultura. Los aislados se seleccionaron con propiedades antigénicas y genéticas diferentes. El desafío



**Figura 3:** Porcentaje de mortalidad acumulada causado por el desafío intramuscular en ejemplares de trucha arco iris (*O. mykiss*) y salmón del Atlántico (*S. salar*) desafiados con aislados recuperados de un mismo brote en distintas pisciculturas codificadas como B, E, F, H e I.

intramuscular homólogo se realizó con ejemplares de salmón del Atlántico y trucha arco iris con 8 gramos, inoculando una dosis entre  $1,83 \times 10^5$  a  $3,63 \times 10^6$  UFC/pez según el aislado y se usó medio TYES como control. La duración del ensayo fue 21 días. Ocho de 10 aislados de trucha arco iris se clasificaron dentro del tipo-2 y el alelo CSF 259-93 y dos aislados dentro del tipo-1 y con los ambos alelos. En el caso del salmón del Atlántico, se utilizaron cuatro aislados tipo-0 y tipo-4, mientras que los dos restantes fueron de tipo-2. A excepción de dos aislados tipo-0 de salmón del Atlántico, los restantes tienen el alelo CSF259-93 y ATCC 49418. Al analizar la virulencia de *F. psychrophilum* según el huésped del aislamiento, excepto un aislado de trucha recuperado de la piscicultura B, todos los *F. psychrophilum* recuperados de trucha arco iris del tipo-2 fueron más virulentos que los aislados del salmón del Atlántico. Estos ocho aislados mostraron al final del desafío un porcentaje de mortalidad que varió entre 15% y 82,5%, con un promedio de 60,35%. Siete (dos de truchas arco iris y cinco de salmónes del Atlántico) de los 20 grupos de peces desafiados no causaron la muerte de los peces, mientras que dos aislados obtenidos de trucha arco iris con una combinación de tipo-1 y alelos CSF 259-93 y ATCC 49418, mostraron resultados extremos, es decir, 0 y 77,5 % de mortalidad.

Al analizar los resultados del ensayo de virulencia en relación con la piscicultura de aislamiento, la piscicultura B presentó

mortalidades variables que oscilaron entre 0 y 82,5% (Figure 3). Este hallazgo no pudo asociarse con la dosis intramuscular empleada, ya que el aislado de trucha arco iris inoculado con la dosis más baja ( $1,83 \times 10^5$  UFC/pez) provocó una mortalidad del 82%. En el caso de los desafíos con aislados de salmón del Atlántico de las pisciculturas F y H, las mortalidades resultantes fueron inferiores al 12,5%, aun cuando 8 de los 10 inóculos de desafío se realizaron con una dosis alta entre  $1,20 \times 10^6$  UFC/pez y  $3,18 \times 10^6$  UFC/pez. Cabe destacar que los peces muertos presentaron pérdida de escamas, lesiones cutáneas como úlceras y/o aletas erosionadas con pocos hallazgos en los órganos internos (Figura 4), confirmándose como el agente etiológico a *F. psychrophilum* mediante análisis microbiológico y PCR.

Los resultados obtenidos en este estudio no sólo confirman la existencia de una alta heterogeneidad antigénica y genética entre los aislados chilenos de *F. psychrophilum*, sino también que dentro de una misma granja pueden coexistir aislados pertenecientes a diferentes grupos genéticos y antigénicos durante un mismo brote infeccioso. Estos resultados deben tenerse en cuenta para el desarrollo futuro de vacunas específicas para cada sitio, las cuales deben considerar las características de las poblaciones endémicas presentes en cada piscicultura para la selección de aislados o para definir los aislados de *F. psychrophilum* más representativos de la diversidad existente.



**Figura 4:** Trucha arco iris (A) y salmón del Atlántico (B) con lesiones macroscópicas externas características de una infección causada por aislados de *F. psychrophilum*.

## AGRADECIMIENTOS

FONDAP INCAR 1522A0004 y 1523A0007.

## REFERENCIAS

- Avendaño-Herrera R, Houel A, Irgang R, Bernardet J-F, Godoy M, Nicolas P, Duchaud E (2014)** Introduction, expansion, and coexistence of epidemic *Flavobacterium psychrophilum* lineages in Chilean fish farms. *Veterinary Microbiology*, 170, 298–306. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2014.02.009>
- Avendaño-Herrera R, Tapia-Cammas D, Duchaud E, Irgang R (2020)** Serological diversity in *Flavobacterium psychrophilum*: A critical update using isolates retrieved from Chilean salmon farms. *Journal of Fish Diseases*, 43, 877–888. <https://doi.org/10.1111/jfd.13199>
- Bernardet J-F, Nakagawa Y, Holmes B (2002)** Proposed minimal standards for describing new taxa of the family Flavobacteriaceae and emended description of the family. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 52, 1049–1059. <https://doi.org/10.1099/00207713-52-3-1049>
- Bustos PA, Calbuyahue J, Montaña J, Opazo B, Entrala P, Solerisenc R (1995)** First isolation of *Flexibacter psychrophilus*, as causative agent of rainbow trout fry syndrome (RTFS), producing rainbow trout mortality in Chile. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 15, 162–164.
- Izumi S, Aranishi F, Wakabayashi H (2003)** Genotyping of *Flavobacterium psychrophilum* using PCR-RFLP analysis. *Disease of Aquatic Organisms*, 56, 207–214. <https://doi.org/10.3354/dao056207>
- Nematollahi A, Decostere A, Pasmans F, Haesebrouck F (2003)** *Flavobacterium psychrophilum* infections in salmonid fish. *Journal of Fish Diseases*, 26, 563–574. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2761.2003.00488.x>
- Ngo TPH, Bartie KL, Thompson KD, Verner-Jeffreys DW, Hoare R, Adams A (2017)** Genetic and serological diversity of *Flavobacterium psychrophilum* isolates from salmonids in United Kingdom. *Veterinary Microbiology*, 201, 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.01.032>
- Rochat T, Fujiwara-Nagata E, Calvez S, Dalsgaard I, Madsen L, Calteau A, Lunazzi A, Nicolas P, Wiklund T, Bernardet J-F, Duchaud E (2017)** Genomic characterization of *Flavobacterium psychrophilum* serotypes and development of a multiplex PCR-based serotyping scheme. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01752>
- SERNAPESCA (2023a)** Informe con antecedentes sanitarios de agua dulce y mar año 1 semestre 2023. Subdirección de Acuicultura Departamento de Salud Animal Valparaíso, Diciembre 2023. <https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/12/Informe-Sanitario-1S-2023-Publicacion-002.pdf>
- SERNAPESCA (2023b)** Informe sobre uso de antimicrobianos en la salmonicultura nacional. Primer semestre 2023. Subdirección de Acuicultura Departamento de Salud Animal Valparaíso, Octubre 2023. [https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/12/informe\\_sobre\\_el\\_uso\\_am\\_en\\_la\\_salmonicultura\\_nacional\\_-\\_primer\\_semestre\\_-\\_2023.pdf](https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/12/informe_sobre_el_uso_am_en_la_salmonicultura_nacional_-_primer_semestre_-_2023.pdf)
- Urdaci MC, Chakraun C, Faure D, Bernardet J-F (1998)** Development of a PCR reaction assay for identification and detection of the fish pathogen *Flavobacterium psychrophilum*. *Research in Microbiology*, 149, 519–530. [https://doi.org/10.1016/s0923-2508\(98\)80006-5](https://doi.org/10.1016/s0923-2508(98)80006-5)
- Valdebenito S, Avendaño-Herrera R (2009)** Phenotypic, serological and genetic characterization of *Flavobacterium psychrophilum* strains isolated from salmonids in Chile. *Journal of Fish Diseases*, 32, 321–333. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2008.00996.x>

## EN MATERIA ENERGÉTICA OFRECEMOS UN MAR DE SOLUCIONES

Existimos para potenciar el desarrollo y movimiento de las personas, las empresas y el país, por eso acompañamos a la industria acuícola en sus desafíos con una completa gama de soluciones.



Entrega de combustible  
vía barcos



Lubricantes



Eficiencia energética



Paneles solares  
y más



**Mobil**

**COPEC**

# REVISIÓN DE LA SITUACIÓN SANITARIA DE LA INDUSTRIA DEL SALMÓN EN CHILE



Sandra Bravo<sup>1</sup>, M.T. Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Austral de Chile

<sup>2</sup> Universidad San Sebastián

Han pasado más de 40 años desde la primera crianza comercial de salmones en balsas-jaulas en el mar, en la que participaron las empresas Nichiro Chile y Mares Australes como pioneras de esta actividad, con una producción de 156 ton de salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) en 1982 (Sernapesca, 1982), lo que marcó un hito en la salmonicultura chilena. En 1982 se importaron las primeras ovas de salmón Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) con fines de producción intensiva y en 1983 las primeras ovas de salmón del Atlántico (*Salmo salar*), en tanto que la engorda de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en balsas jaulas en el mar se inició en 1987. En 1984 la producción de salmón fue de 500 toneladas (Tabla 1) y en 1992 Chile se posicionó como el segundo productor mundial después de Noruega con 58.000 ton (Fig. 1). En 2020 se marcó un nuevo hito al producir 1.043.000 ton, de las cuales 70% correspondió a salmón del Atlántico, 21% a salmón coho y 9% a trucha arcoíris, en tanto que en la producción de salmón fue de 1.080.000 ton, correspondiendo el 71,8% a salmón del Atlántico, 23,5% a salmón coho y 4,7% a trucha arcoíris (Fig. 2).

Aun cuando las primeras importaciones de salmones y truchas datan de 1875, cuyo objetivo fue desarrollar la pesca recreativa en la zona centro sur de Chile (Basulto, 2003; Dazarola, 2019), los

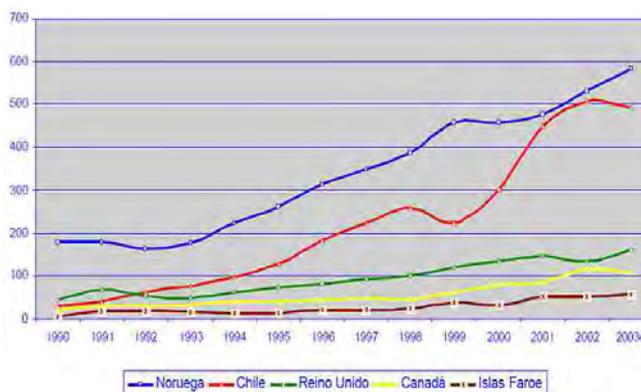
inicios de la salmonicultura no estuvieron exentos de problemas. El conocimiento adquirido a través del cultivo de truchas para el repoblamiento de ríos y lagos permitió cultivar con éxito los primeros salmones en agua dulce, pero la etapa de engorda del salmón coho en balsas-jaulas en el mar fue un gran desafío, principalmente porque la fisiología de los salmones es totalmente diferente a las truchas. Los salmones por ser aná드로mos pasan su primera etapa de vida en agua dulce y una vez que alcanzan

la esmoltificación migran al mar, siendo el proceso de esmoltificación una de las etapas más críticas en el ciclo de vida. Sumando a esto, los problemas patológicos han sido hasta hoy, una de las principales amenazas para el éxito de la producción en el mar.

Uno de los principales riesgos sanitarios para la acuicultura es el ingreso de patógenos a través de gametos importados desde países en los que están presentes enfermedades de alto riesgo. En la tabla 2 se listan los países desde los cuales Chile ha importado ovas de especies salmonídeas, destacándose el salmón del Atlántico como la especie que se ha importado de más países, seguida de la trucha arcoíris. En la tabla 3 se presentan las enfermedades reportadas en los países que abastecieron de ovas a Chile, lo que da cuenta del alto riesgo de introducción de

**Tabla 1:** Evolución de la producción mundial de salmón período 1976-1987 (ton)

País	1976	1980	1984	1985	1986	1987
Noruega	1,4	4,2	22,3	28,7	45,5	47,4
Reino Unido	-	0,6	3,9	6,9	10,4	13,0
Irlanda	-	-	0,3	0,7	1,2	2,2
Islandia	-	-	0,3	0,1	0,7	1,7
Islas Feroés	-	-	0,4	1,3	1,9	2,5
Canadá	-	-	0,1	1,5	1,8	3,5
EEUU	-	-	1,0	1,0	1,0	1,5
Chile	-	-	0,5	1,2	1,5	2,0
Japón	-	1,9	5,0	5,0	7,0	12,0
Australia /NZ	-	-	0,2	0,3	0,6	1,0
Otros	-	-	-	0,1	0,2	0,3



**Figura 1:** Evolución de la producción mundial de salmón período 1990-2003 (ton)

patógenos a través de las ovas importadas.

Los patógenos que han afectado a la industria del salmón en Chile se pueden clasificar como patógenos endémicos (nativos) y patógenos exóticos (introducidos). Por ser los salmones especies exóticas, nativas en el hemisferio norte, los problemas patológicos más relevantes han sido ocasionados por patógenos presentes en el hemisferio norte y que es altamente probable hayan sido introducidos a través de ovas importadas. En la tabla 4 se observa la evolución en la aparición de enfermedades exóticas en la industria del salmón en Chile, destacándose los patógenos intracelulares (virus de la Necrosis Pancreática Infecciosa; *Renibacterium salmoninarum*; *Piscirickettsia salmonis* y *Nucleospora salmonis*) por transmitirse verticalmente intraova, lo que impide que los tratamientos con yodóforos aplicados a las ovas, sean efectivos en su control.

La industria del salmón desde sus inicios hasta 1999 fue sustentada principalmente por ovas importadas desde el hemisferio norte (Fig. 3), registrándose los mayores volúmenes de importación para salmón del Atlántico y trucha arcoiris (Fig. 4). Por el contrario, la producción de salmón coho fue principalmente sustentada por ovas de origen nacional. Esto, porque las ovas de origen nacional

mantenido a la fecha. Los países que quieren enviar ovas a Chile tienen que pedir autorización a Sernapesca, donde se realiza un análisis de riesgo y si el país de origen da las garantías, se autoriza la importación.

Hasta ahora, es Islandia el único país autorizado para el ingreso

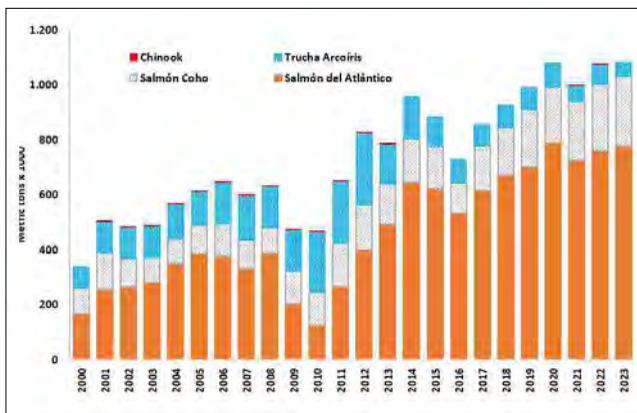


Figura 2: Evolución de la producción de salmónidos, por especie en Chile (2000-2023)

Tabla 2: Origen ovas importadas para Chile

Fuente: Elaboración propia con información de Sernapesca

País	Salmón del Atlántico	Salmón Coho	Trucha Arcoiris	Salmón Chinook
Dinamarca	X		X	
Escocia	X			
Irlanda	X		X	
Noruega	X		X	
Reino Unido	X		X	
Suecia	X		X	
Islas Feroés	X			
Finlandia			X	
Islandia	X		X	
Estados Unidos	X	X	X	X
Canadá	X	X		X
Nueva Zelanda				X
Australia	X			

resultaron ser más resistentes que las ovas importadas a *Piscirickettsia salmonis* (SRS). Las primeras restricciones a la importación de ovas por parte de Sernapesca se generó posterior al reporte del virus ISA en salmón coho en 1999 (Kibenge et al., 2001), lo que llevó a que la autoridad sanitaria exigiera que toda ova importada fuera sometida a cuarentena, lo que motivo que se intensificara la producción de ovas en Chile. Según se aprecia en la tabla 5, los mayores volúmenes de ovas importadas se registraron en el año 2000, reduciéndose significativamente a partir 2001. Sin embargo, considerando que el salmón coho no es susceptible al virus ISA, la autoridad eliminó las restricciones para las ovas importadas, registrándose un leve incremento de la importación de ovas de salmón del Atlántico en el periodo 2006 - 2008, según se puede apreciar en las figuras 3 y 4. Posterior al reporte del virus ISA en salmón del Atlántico en 2007, Sernapesca implementó severas restricciones a la importación de ovas, lo que se ha

Tabla 3: Enfermedades presentes en los países proveedores de ovas para Chile

Noruega	IPN; ISA; VHS; PD; BKD; Forunculosis; <i>Vibrio salmonicida</i> ; Piscirickettsiosis
Escocia	IPN; ISA; PD; BKD; Forunculosis; <i>Vibrio salmonicida</i> ; Piscirickettsiosis
Dinamarca	IPN; VHS; IHN; BKD; Forunculosis; RTFS
Irlanda	ISA; PD; Forunculosis; <i>Vibrio salmonicida</i> ; Piscirickettsiosis; RTFS
Islas Feroés	ISA
Finlandia	IPN; VHS; IHN; BKD; Forunculosis
Islandia	BKD; Forunculosis
Canadá	IPN; IHN; VHS; ISA; PD; BKD; Forunculosis; <i>Vibrio salmonicida</i> ; Piscirickettsiosis; <i>Nucleospora salmonis</i>
Estados Unidos	IPN; IHN; VHS; ISA; BKD; Forunculosis; Piscirickettsiosis; <i>Nucleospora salmonis</i> ; <i>Myxobolus cerebralis</i>

**Tabla 4:** Patógenos Exóticos reportados para los salmónidos en Chile

\*: Patógeno intracelular; transmisión vertical intraova

Año	Patógeno	Referencia
1970	<i>Renibacterium salmoninarum</i> (BKD)*	Wood, 1970
1983	<i>Necrosis Pancreática Infecciosa</i> (IPNV)*	McAllister & Reyes, 1984
1984	<i>Piscirickettsia salmonis</i> (SRS)*	Bravo & Campos, 1989
1992	<i>Yersinia ruckeri</i> (ERMD)	Bravo, 1994
1993	<i>Flavobacter psychrophilum</i> (RTFS)	Bustos et al., 1994
1995	<i>Aeromonas salmonicida</i> atípica	Bravo, 2000
1995	<i>Nucleospora salmonis</i> *	Bravo, 1996
1999	ISA (Síndrome Ictérico Salmón Coho)	Kibenge et al., 2001
1999	<i>Streptococcus phocae</i>	Romalde et al., 2008
2003	<i>Vibrio ordalii</i>	Colquhoun et al, 2004
2004	<i>Vibrio (Listonella)anguillarum</i>	-
2006	<i>Francisella piscicida</i>	Birkbeck et al., 2007
2007	<i>Anemia Infecciosa del Salmón</i> (ISA)	Godoy et al., 2008
2010	<i>Piscine reovirus</i> (PRV)	Bustos et al., 2011

de ovas de salmón del Atlántico (Res. Ex. N°2557, 13 noviembre 2013), en tanto que Dinamarca ha sido el país autorizado para el ingreso de ovas de trucha arcoiris (Res. Ex. N°110; 16 Enero 2015).

A la fecha, las enfermedades con mayor efecto económico para la salmonicultura en Chile, son: Piscirickettsiosis (SRS) causada por *Piscirickettsia salmonis*, la enfermedad bacteriana del riñón (BKD) causada por *Renibacterium salmoninarum* y el piojo de mar *Caligus rogercresseyi* (Boxshall & Bravo, 2000). Este último, es un parásito endémico presente en peces silvestres, que encontró en el salmón del Atlántico y en la trucha arcoiris hospedadores susceptibles. Sin embargo, el primer registro del piojo de mar data de 1981, cuando *Caligus* teres infestó al primer lote de salmón coho, transferidos al mar en el otoño de 1981, en el sector del Estero de Huito (Calbuco) (Reyes & Bravo, 1983).

El primer reporte de BKD en Chile data de 1970 en la piscicultura de Polcura, en un lote de salmón coho, cuyas ovas fueron importadas desde Los Estados Unidos, según consta en el informe elaborado por el Dr. James Wood a la División de Pesca y Caza, dependiente del SAG (Wood, 1970). El primer reglamento de enfermedades de peces implementado en Chile en 1984, consideraba al BKD como una enfermedad Clase-I (Decreto N°291; 23 noviembre 1984). Sin embargo, en esa fecha el BKD estaba ya ampliamente diseminado en el país y hoy se encuentra junto a la Piscirickettsiosis y Caligidosis en la lista 2 de las enfermedades de alto riesgo en Chile (Res. Ex. N°2352; 29 agosto 2008). Hasta ahora, Sernapesca ha establecido

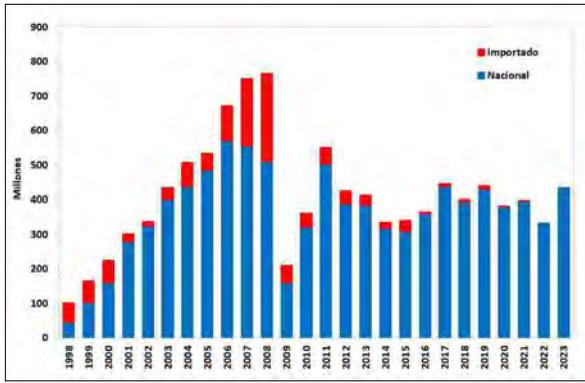
tres programas sanitarios específicos de vigilancia y control para las enfermedades de alto riesgo presentes en la etapa de engorda en el mar: El primer programa fue elaborado para el control de la Caligidosis (Res. Ex. N°1789; 10 agosto 2007) cuyo objetivo es el manejo integrado de la Caligidosis, con foco en su detección temprana, disminución de las cargas parasitarias y el control de su diseminación. Este programa fue implementado posterior a la inclusión de la Caligidosis en la Lista 2 de enfermedades de alto riesgo, debido a las altas cargas de piojos registrados por el desarrollo de resistencia al benzoato de emamectina (Bravo et al., 2008).

El segundo programa fue implementado para el virus de la Anemia

**Tabla 5:** Registro de ovas importadas por país y especie salmonidea

Fuente: Elaboración propia con información de Sernapesca.

Especie	País	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Salmón del Atlántico	Dinamarca		400.000	550.000			
	Escocia	25.536.000	25.798.500	9.980.000	28.572.000	2.675.000	1.600.000
	Irlanda	19.680.100	15.623.000	18.364.600	15.681.600	10.911.800	1.900.000
	Islandia	4.530.000	5.330.000	7.245.000	5.035.000	2.000.000	2.890.000
	Noruega	4.175.000	9.600.000	13.694.400	10.410.000	485.000	
	Reino Unido	820.000	500.000				
	Suecia		350.000				
	USA	1.105.000	4.700.000	3.530.000	1.200.000	5.300.000	
	Islas Faroe	0		8.659.880	1.800.000		
	Canadá			900.000	830.000		4.000.000
Salmón Coho	USA	1.105.000	1.503.800	1.345.000	1.850.000		
Salmón	USA	462.000					
Chinook	Nueva Zelandia			500.000			
Trucha Arcoiris	Dinamarca	18.828.500	12.005.000	19.815.000	38.645.000	7.800.000	5.950.000
	Finlandia	700.000	1.895.000	100.000			
	Inglaterra	200.000					
	Irlanda	1.605.000	400.000				
	Islandia	1.233.000	725.000	450.000	971.000		
	Noruega	3.100.000	1.450.000	4.143.600	800.000		315.000
	Suecia	4.200.000	1.500.000	3.505.000	3.530.000		
	USA	24.463.500	9.190.000	14.760.000	4.520.000	4.525.000	
<b>Total</b>		<b>111.743.100</b>	<b>90.970.300</b>	<b>107.042.480</b>	<b>114.344.600</b>	<b>33.696.800</b>	<b>16.655.000</b>



**Figura 2:** Registro anual de ovas importadas vs nacionales en Chile. Fuente: Elaboración propia con información de Sernapesca

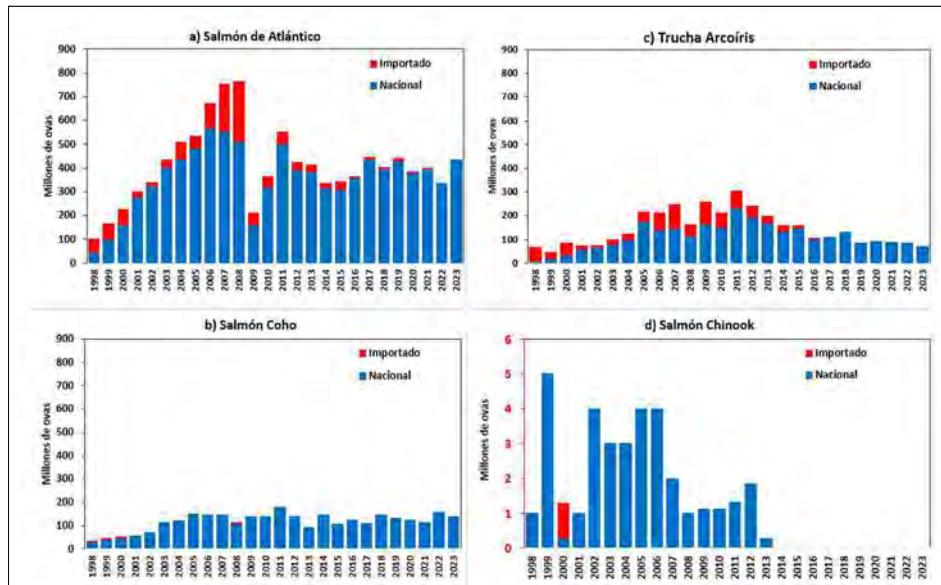
siendo su objetivo la detección temprana del virus ISA y el control oportuno de la enfermedad. Este fue elaborado posterior a la aparición del virus ISA en 2007, lo que llevó además, a que se implementaran estrictas medidas de bioseguridad y la restricción a la importación de ovas de salmón del Atlántico.

El tercer programa fue elaborado para el control de la Piscirickettsiosis (Res. Ex. N°3174; 28 diciembre 2012), siendo el objetivo disminuir el impacto de la enfermedad en Chile a través de la detección temprana y seguimiento de los caso de la enfermedad, y la aplicación de medidas de control oportunas y graduales en casos tempranos y avanzados de la enfermedad. El foco de este programa se centró en disminuir los volúmenes de productos antibacterianos utilizados para el control de la enfermedad. De hecho, en 2015 la salmonicultura utilizó 631 gr de antibacterianos (ingrediente activo) por tonelada de salmón producido, cifra que disminuyó a 320 gr de antibacterianos por tonelada de salmón en 2022. Del total de antibacterianos utilizados por la industria en 2022, el 97,7% fue utilizado en la fase de engorda en el mar, y de este total el 91.28% fue destinado al

control de la Piscirickettsiosis y el 7,03% al control de BKD (Sernapesca, 2023).

Las regulaciones sanitarias implementadas por la autoridad en Chile, junto a las mejoras en la gestión productiva, con foco en el bienestar de los peces, implementadas por parte de la propia industria, se ha traducido en un incremento de la producción debido a una menor mortalidad y también en una disminución importante en el volumen de antibacterianos usados en la etapa de engorda en el mar. Sin embargo, a pesar de todas las mejoras implementadas, es el piojo de mar (*Caligus rogercresseyi*) la principal amenaza que enfrenta la industria del salmón en Chile.

Al igual que el piojo de mar (*Lepeophtheirus salmonis*) presente en los países productores del hemisferio norte, *Caligus rogercresseyi* ha desarrollado resistencia frente a los antiparasitarios usados para su control y ha mostrado adaptarse a condiciones adversas (Bravo & Treasurer, 2023), lo que dificulta su control y favorece la aparición de otras enfermedades en los salmones cultivados en balsas-jaulas en el mar.



**Figura 3:** Registro anual de ovas importadas vs nacionales por especie salmonidea en Chile. Fuente: Elaboración propia con información de Sernapesca.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Basulto S. 2003.** El largo viaje de los salmones: Una crónica olvidada: propagación y cultivo de especies acuáticas en Chile. Maval Limitada Editores, Santiago.
- Birkbeck T.H., Bordevik M., Frøystad M.K., Baklien A. 2007.** Identificación of Francisella sp. From Atlantic salmon, *Salmo salar*, in Chile. *Journal of Fish Diseases*. 30:505-507.
- Boxshall G., Bravo S. 2000.** On the identity of the common *Caligus* (Copepoda: Siphonostomatoida: Caligidae) from salmonid netpen system in southern Chile. *Contributions to Zoology*. 69(1/2):137-146.
- Bravo S., Treasurer J. 2023.** The management of the sea lice in Chile: A review. *Reviews in Aquaculture*. 2023:1-16.
- Bravo S. 2000.** Occurrence of atypical furunculosis in Chile. *Bulletin of the European Association of Fish pathologists*. Vol 20 (5): 209-211.
- Bravo S. 1996.** Enterocytozoon salmonis in Chile. *FHS/AFS Newsletter*. Vol 24(1): 12-13.
- Bravo S., Campos M. 1989.** Coho Salmon Syndrome in Chile. *American Fisheries Society Fish Health Section Newsletter*. 17:3.
- Bustos P., Rosas M., Bohle H., Idelfonso R., Sandoval A., Gaete A., Araya C., Grothusen H., Tapia E., Gallardo A., Rojas M., Lara M., Labra A., Gálvez C. 2011.** Primer reporte de Piscine reovirus en salmón del Atlántico, *Salmo salar*, cultivado en Chile. *Revista Versión Diferente*. 15: 65-68.
- Bustos P., J. Calbuyahue J. Montana B. Opazo P. Entrala, Solvervincens O. 1994.** First isolation of *Flexibacter psychrophilus*, as causative agent of rainbow trout fry syndrome (RTFS), producing rainbow trout mortality in Chile. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 15(5): 162-164.
- Colquhoun D.J. Aase I.L., Wallace C., Baklien A., Gravningen K. 2004.** First description of *Vibrio ordalii* from Chile. *Bulletin of the European Association of Fish pathologists*. Vol. 24: 185-188.
- Dazarola G. 2019.** Historia de la Piscicultura Río Blanco. Escuela de Ciencias del Mar. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile. 203 pp.
- Godoy M.G., Aedo A., Kibenge M.J., Groman D.B., Yason C.V., Grothusen H., Lisperguer A., Calbucura M., Avendan~o F., Imilá'n M., Jarpa M., Kibenge F.S. 2008.** First detection, isolation and molecular characterization of infectious salmon anaemia virus associated with clinical disease in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Chile. *BMC. Vet Res*.4:28.
- Kibenge F.S.B., Gárate O., Johnson G., Arriagada R., Kibenge M., Wadoska D. 2001.** Isolation and identification of infectious anaemia virus (ISAV) from Coho salmon in Chile. *Diseases of aquatic organisms*. Vol. 45: 9-18.
- Reyes X., Bravo S. 1983a.** Salmón coho (*Onchorynchus kisutch*) cultivado en Puerto Montt, Chile, nuevo huésped para el copépodo *Caligus teres* (*Caligidae*). *Invest. Mar., Valparaíso*. 11: 51-54.
- Sernapesca. 2023.** Informe sobre uso de Antimicrobianos en la Salmonicultura Nacional. Año 2022.
- Sernapesca. 1982.** Anuario Estadístico de Pesca. Servicio Nacional de Pesca. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. 116 pp.
- Romalde J.L., Ravelo C., Valdes I., Magarinos B., De la Fuente E., Martin C.S., Avendano-Herrera R., Toranzo A.E. 2008.** *Streptococcus phocae*, an emerging pathogen for salmonid culture. *Veterinary Microbiology*.130: 198-207.
- Wood J. 1970.** Introducción del Salmón del Pacífico en Chile. Informe sobre investigaciones de Piscicultura. 9 pp.

# Estudio de la piel mucosa de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) como barrera contra la piscirickettsiosis: un escenario de transmisión por agua en ausencia de vectores



Héctor A. Levipan<sup>1\*</sup>, Hernán Wicki<sup>1</sup>, Fernanda Barrios-Henriquez<sup>2,3</sup>, Ruben Avendaño-Herrera<sup>2,3,4</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Ecopatología y Nanomateriales, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Chile

(\*correspondencia a: Héctor Levipan, hectorlevipan@upla.cl)

<sup>2</sup> Laboratorio de Patología de Organismos Acuáticos y Biotecnología Acuicola, Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad Andrés Bello, Viña del Mar, Chile.

<sup>3</sup> Interdisciplinary Center for Aquaculture Research (INCAR-Chile)

<sup>4</sup> Centro de Investigación Marina Quintay (CIMARQ), Universidad Andrés Bello, Quintay, Chile.

## INTRODUCCIÓN

La industria acuícola ha posicionado a Chile como el principal proveedor mundial de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Sin embargo, después del salmón del Atlántico (*Salmo salar*) este salmónido es la especie más afectada por la piscirickettsiosis, comúnmente llamada SRS. El agente etiológico de la enfermedad es la bacteria intracelular facultativa y Gram negativa *Piscirickettsia salmonis* (Rozas-Serri, 2022). De hecho, el 17.7% en la clasificación de mortalidad de la trucha arco iris durante el primer semestre de 2023 fue atribuido a la piscirickettsiosis (SERNAPESCA, 2024).

La piel de los peces y su mucosidad son parte de la primera línea de defensa contra las enfermedades infecciosas en el hábitat acuático, particularmente contra las infecciones transmitidas por el agua. Las células caliciformes epidérmicas de los peces secretan moco con diversos componentes antimicrobianos (Esteban & Cerezuela, 2015). Estos componentes biológicamente activos incluyen lisozimas, muramidasa, proteínas queratínicas, componentes del complemento, lectinas, peroxidasas, esterasas, interferones, enzimas proteolíticas, péptidos antimicrobianos, vitelogenina, citocinas e inmunoglobulinas, entre otros.



**Figura 1:** Sistema de flujo continuo y RAS para la mantención de truchas. El panel izquierdo superior muestra los tanques de ~600 L en continuo flujo de agua de mar. La imagen izquierda inferior muestra el sistema RAS. La imagen de la derecha muestra los tanques RAS conteniendo 8 truchas a una densidad promedio de ~13 kg m<sup>-3</sup> cada uno.

La variabilidad ambiental en el hábitat puede modular la robustez de la barrera piel mucosa. Por ejemplo, la esmoltificación (i.e., los cambios fisiológicos que acompañan a la transición de los peces desde el agua dulce al agua de mar) del salmón del Atlántico puede resultar en un menoscabo de la función de barrera inmune de la piel mucosa (Karlsen et al., 2018). Tal funcionalidad se recupera sólo gradualmente en el agua de mar, lo que aumenta el riesgo de contraer enfermedades durante el primer período tras la esmoltificación. Los estudios más recientes destacan la importancia de caracterizar la ruta de infección cuando se busca una mejor comprensión de las enfermedades causadas por los

patógenos que se transmiten a través del agua. Por ejemplo, un estudio en el patógeno dulceacuícola *Flavobacterium psychrophilum*, que también se sospecha puede tener una ruta de entrada vía mucosa cutánea en *O. mykiss*, ha señalado la participación de las anexinas y actinas en la potenciación de la respuesta inmune innata del moco. Esto dependiendo si las truchas son o no vacunadas por inmersión previo a que estas sean sometidas a un desafío experimental por inmersión o inyección con un patógeno (Hoare et al., 2022).

Actualmente, se desconocen las funciones defensivas de la piel mucosa de la trucha arco iris contra *P. salmonis*. Con la intención de avanzar en la comprensión de esta temática,

se ejecutó el proyecto FONDECYT de Iniciación folio 11200708 titulado “*Ecopathology of piscirickettsiosis: elucidating the role of the mucous skin of seawater-adapted rainbow trout in the defense against *Piscirickettsia salmonis**”. El objetivo general de esta iniciativa fue estudiar el microbioma asociado a la piel (previamente referido como microbiota cutánea) de truchas adaptadas al agua de mar y su relación con la respuesta inmune en el tejido de la piel y su moco después de baños con aislados representativos de dos genotipos de *P. salmonis* a aproximadamente 10°C y 15°C. La iniciativa representa un trabajo asociativo entre la Universidad de Playa Ancha (institución patrocinante ejecutora) y la Universidad Andrés Bello (institución patrocinante auspiciadora) a través de la Unidad Experimental del Centro INCAR localizado en el Centro de Investigación Marina de Quintay (CIMARQ) de la misma casa de estudios.

## MATERIALES Y MÉTODOS

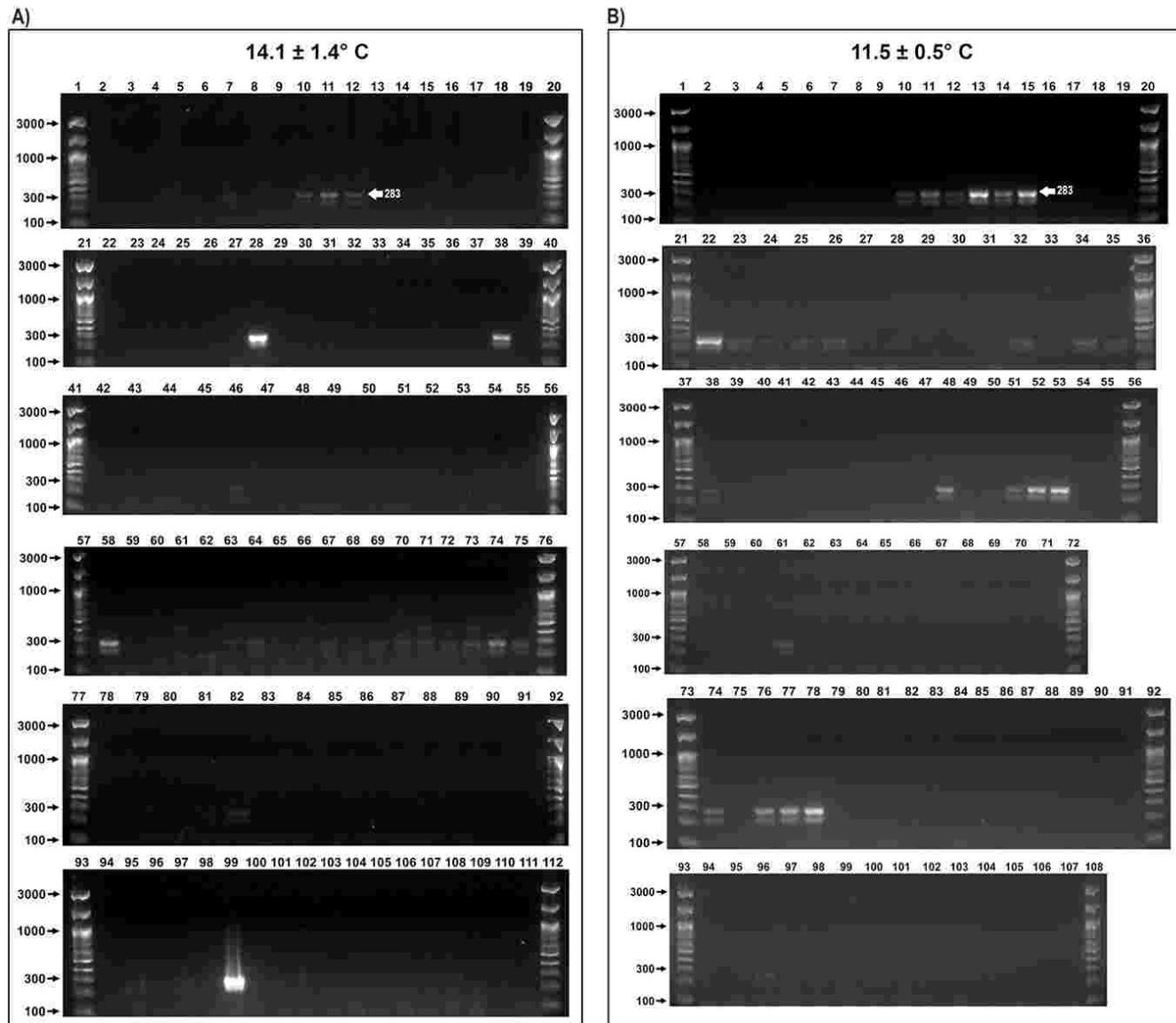
Se obtuvieron especímenes de *O. mykiss* con un peso promedio inicial entre 120-130 g desde la compañía MOWI Chile SA; las truchas fueron certificadas como libre de enfermedades y habían sido previamente adaptadas al agua de mar por la empresa de cultivo. Con el arribo de los peces al CIMARQ, las truchas se mantuvieron en tanques de flujo continuo de 600 litros para su adaptación por 1 mes a las condiciones fisicoquímicas del agua de mar (filtrada y tratada con UV) frente a la costa de Valparaíso

(Figura 1). Transcurrido este periodo, las truchas fueron desafiadas por inmersión con tres cepas diferentes de *P. salmonis*; específicamente, la cepa tipo LF-89<sup>T</sup> y dos aislados de terreno Psal-103 (genotipo tipo LF-89) y Psal-104 (genotipo tipo EM-90). Los baños infectantes se efectuaron con cada *P. salmonis* por separado con oxígeno a saturación en una sala de desafío por 2 h y a una concentración promedio infectante de  $1.9 \times 10^6$  bacterias mL<sup>-1</sup> para la cepa tipo y ambos aislados de terreno. Después de realizados los desafíos, los peces fueron vigilados durante 30 días en un sistema de recirculación acuícola (RAS) por duplicado en tanques de 80 L a una densidad inicial de  $\sim 13$  kg m<sup>-3</sup> (i.e., 8 peces por tanque) y a dos temperaturas promedio,  $14.1 \pm 1.4^\circ$  C y  $11.5 \pm 0.5^\circ$  C (Figura 1). Las truchas fueron alimentadas con una ración de pellet comercial al 1% del peso corporal promedio. Diariamente se registraron las mortalidades y se analizaron microbiológica y molecularmente para determinar la causa de muerte.

Además, se colectaron muestras de peces tomados al azar antes de los desafíos y de peces desde los tanques tratamientos y controles a diferentes tiempos durante los 30 días de vigilancia post desafíos. Los tiempos de muestreo fueron a las 2 horas post infecciones (hpi), a los 15 días post infecciones (dpi) y a los 30 dpi. Un total de 110 muestras fueron colectadas mediante hisopado de la piel para el análisis del microbioma asociado a la barrera piel mucosa. Además, se colectó un total de 46 muestras de moco de piel para los análisis proteómicos, así como muestras de hígado, riñón, bazo y piel para el análisis de la expresión de genes



**Figura 2:** Necropsias de mortalidades en días posteriores a las infecciones. Se muestran los signos clínicos más característicos de los peces tanto (A) externos como (B) internos.



**Figura 3:** Electroforesis en geles de agarosa (1.5%) de amplicones ITS de *P. salmonis*. El panel (A) izquierdo y (B) derecho muestran geles corridos con muestras de desafíos conducidos a  $14.1 \pm 1.4^\circ \text{C}$  y a  $11.5 \pm 0.5^\circ \text{C}$ , respectivamente. Los pocillos extremos de cada gel contienen un marcador de peso molecular AccuRuler (100 bp Plus DNA RTU Ladder). El tamaño del producto PCR esperado es de 283 pb. Los controles negativos de las PCR en el panel (A) fueron los carriles 2, 25 y 85. Los controles negativos PCR en el panel (B) fueron los carriles 5, 44 y 83.

de inmunidad en los peces. Los análisis del microbioma fueron realizados a partir de extractos de ARN total convertidos a ADN complementario, el cual fue posteriormente utilizado como templado para generar bibliotecas de amplicones de la región hipervariable V4 de los genes del ARNr 16S en Genoma Mayor SpA (<http://www.genomamayor.com/>). Los análisis proteómicos del moco de piel fueron realizados en el laboratorio MELISA Institute (<https://es.melisa-institute.org/>). Se emplearon muestras de diferentes tejidos (hígado, riñón, bazo y piel) para el análisis de la expresión de 15 genes (e.g., MHC, IFN gamma, IL-10, IgM, entre otros) de la inmunidad de la trucha mediante PCR cuantitativo.

## RESULTADOS Y PERSPECTIVAS

Esta iniciativa siguió la historia natural de la piscirickettsiosis para obtener una comprensión integral del rol de la barrera piel mucosa en los brotes infecciosos de la enfermedad. Esto mediante un enfoque de secuenciación masiva de las comunidades procariontas asociadas a esta barrera, la composición proteómica total del moco de piel y la respuesta inmune de los hospederos. Entre los signos clínicos de las mortalidades reveladas por necropsias destacan la distensión abdominal desde leve a aguda acompañada de úlceras evidentes y en formación (Figura 2A). Internamente

los ciegos pilóricos fueron pálidos o hemorrágicos e inflamados. Algunos peces mostraron el estómago recubierto de líquido color anaranjado inoloro y en su mayoría órganos inflamados, mayormente la condición del bazo e hígado (Figura 2B).

Las muestras secuenciadas para el análisis molecular del microbioma de la barrera piel mucosa fueron mayoritariamente (pero no exclusivamente) seleccionadas de acuerdo con el diagnóstico positivo de *P. salmonis* usando la reacción en cadena de la polimerasa descrito por Marshall et al. (1998) (Figura 3), incluyendo los correspondientes controles negativos y blancos.

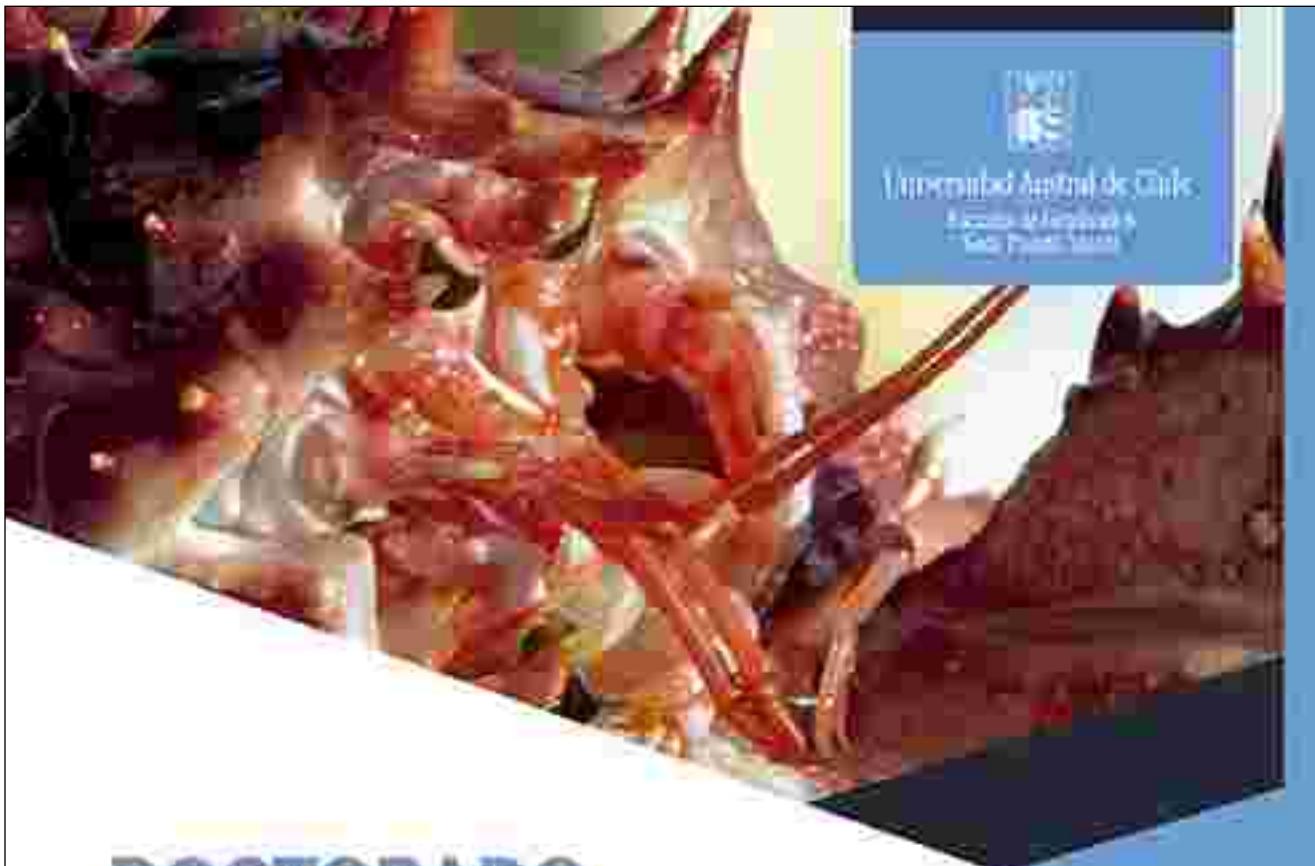
La iniciativa FONDECYT de Iniciación 11200708 es una extensión del FONDECYT Postdoctoral 3150505, donde se demostró que los aislados Psal-103 y Psal-104 de *P. salmonis* son capaces de formar biopelículas en agua de mar persistiendo a una alta concentración de moco de piel de salmón (Levipan et al., 2020). Al momento de la generación de este artículo, muchas de las muestras colectadas están aún en la etapa de análisis, pero se espera que el conocimiento adquirido aclare la importancia de las funciones de la piel de los peces y su mucosidad como barrera contra los patógenos transmitidos por el agua. Se espera que los resultados obtenidos entreguen nuevos antecedentes sobre el rol de la mucosidad de la piel de la trucha arco iris en su estado de salud bajo diferentes escenarios de infección por *P. salmonis*, generando conocimiento de frontera respecto a la interacción patógeno-hospedero. Particularmente, se generará información clave sobre los cambios inducidos por *P. salmonis*: (i) en el microbioma asociado a la piel mucosa de la trucha arco iris, (ii) en la composición general del moco de la piel de esta especie y en la inmunidad asociada a su piel, así como referente (iii) al efecto modulador de la temperatura sobre los factores antes mencionados.

## AGRADECIMIENTOS

FONDECYT de Iniciación en Investigación 11200708, FONDAP 1522A0004 y 1523A0007, todos de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID, Chile).

## REFERENCIAS

- Esteban, M.A. & Cerezuela, R. (2015). Fish mucosal immunity: skin. In: Beck, B.H. & Peatman, E. (eds.) Mucosal health in aquaculture 4, 67-92.
- Hoare, R., Shahin, K., McLean, K., Adams, A. & Thompson, K.D. (2022). Skin mucus proteins of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in response to mucosal vaccination and challenge with *Flavobacterium psychrophilum*. J Fish Dis. 45, 491-495.
- Karlsen, C., Ytteborg, E., Timmerhaus, G., Høst, V., Handeland, S., Jørgensen, S.M. & Krasnov, A. (2018). Atlantic salmon skin barrier functions gradually enhance after seawater transfer. Sci Rep 8, 9510.
- Levipan, H. A., Irgang, R., Yañez, A. & Avendaño-Herrera, R. (2020). Improved understanding of biofilm development by *Piscirickettsia salmonis* reveals potential risks for the persistence and dissemination of piscirickettsiosis. Sci. Rep. 10, 12224.
- Marshall, S., Heath, S., Henríquez, V. & Orrego, C. (1998). Minimally invasive detection of *Piscirickettsia salmonis* in cultivated salmonids via the PCR. Appl. Environ. Microbiol. 64, 3066-3069.
- Rozas-Serri, M. (2022). Why does *Piscirickettsia salmonis* break the immunological paradigm in farmed salmon? biological context to understand the relative control of piscirickettsiosis. Front. Immunol. 13:856896.
- SERNAPESCA (2024). Informe sanitario con información sanitaria de agua dulce y mar año 2022. Disponible en: <https://www.sernapesca.cl/noticias/sernapesca-publico-informe-sanitario-de-la-salmonicultura-del-primer-semestre-del-ano-2023/>



# DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA ACUICULTURA

Impartido en Sede Puerto Montt

### Contacto

egpm@uach.cl / smarin@uach.cl  
+56 65 227 7119



POSTULACIONES 2º SEMESTRE 2024

<http://doctoradoacuicultura.uach.cl/>

# Formación en Acuicultura

## Doctorado en Ciencias de la Acuicultura

### Universidad Austral de Chile – Sede Puerto Montt



MSc. Sandra Marín A.

Directora del Programa de Doctorado en Ciencias de la Acuicultura  
smarin@uach.cl

#### LA ACUICULTURA EN EL MUNDO Y EN CHILE

Actualmente distintas instituciones internacionales han relevado la acuicultura por distintos aspectos. En la Declaración de Shangai (2021) se reconoce en primer término el papel crucial que desempeña la acuicultura en la seguridad alimentaria mundial, su producción ha permitido cubrir en gran medida la brecha existente entre la oferta y la demanda de alimentos de origen acuático. En segundo lugar, se establece que esta actividad no solo aporta a la seguridad alimentaria, sino que proporciona medios de vida, empleos, e ingresos económicos. El Director General de la FAO en la Conferencia Mundial sobre la Acuicultura Milenio +20 indicó que la acuicultura es uno de los sectores agroalimentarios de mayor crecimiento y cuya expansión se prevé en Asia, África y América Latina y el Caribe. Por otra parte, la acuicultura es uno de los sectores seleccionados por la Economía Azul Sostenible (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2021).

A nivel nacional, la acuicultura es uno de los sectores económicos de mayor relevancia. Las cosechas acumuladas a febrero de 2023 fueron de 296,5 mil t, cifra 6,3% mayor a lo registrado a igual fecha del año 2022. Los peces aportaron con el 64,9% del total de la acuicultura; mientras que los aportes de los moluscos y algas fueron de 33,2% y 1,9%, respectivamente, los que suman el 94,8% del total cosechado (Subpesca, 2023).

Reconociendo la importancia de esta actividad a nivel mundial y nacional y las responsabilidades que le competen, es necesario además reconocer que enfrenta importantes desafíos que se enmarcan en los ámbitos sociales, ambientales y de gobernanza. Este contexto impone un gran desafío respecto de como enfrentar el rol de la acuicultura en el ámbito de la formación de capital humano.

#### LA FORMACIÓN EN ACUICULTURA

La formación en acuicultura en Chile partió con programas de formación técnica y profesional centrados en la definición más clásica y básica de la acuicultura: el cultivo de organismos acuáticos. En la formación técnica el enfoque es el trabajo en las instalaciones de acuicultura propiamente tal y específico en el ámbito de desempeño. En la formación profesional esta definición abordaba y aborda los aspectos biológicos de las especies de cultivo (respuestas a las condiciones de altas densidades, requerimientos nutricionales, modelos de crecimiento, etc.), la ingeniería como disciplina desde la cual se abordan los sistemas de cultivo, y como tercera disciplina la administración de empresas y gestión, considerando que esta actividad es un negocio, y por lo tanto con un foco en que el negocio sea rentable. Luego se incorporó el emprendimiento para darle un mayor impulso al ejercicio libre de la profesión, y como un eje que fue transversal a la mayoría de las carreras.

Actualmente la formación en Acuicultura en Chile, considerada en este documento como aquellos programas de formación de cualquier nivel que en su nombre incluye la palabra acuicultura, abarca desde nivel medio hasta programas de doctorado. Entre los pocos programas que existen, se observa que hay una mayor especialidad en temáticas particulares asociadas a la acuicultura en el nivel de técnico de nivel medio y en los programas de magíster. Esta formación se complementa con diversas capacitaciones, pero enfocadas también en temas más específicos. Actualmente existen solo 2 programas de pregrado enfocados en acuicultura, y 5 postgrados. Esta distribución de la formación entre los distintos niveles podría entregarnos información respecto de los espacios o niveles de formación en donde podemos abordar la formación en acuicultura.

<b>Doctorado en Ciencias de la Acuicultura</b> <b>Universidad Austral de Chile - Sede Puerto Montt</b>	
Sitio web:	<a href="http://doctoradoacuicultura.uach.cl">http://doctoradoacuicultura.uach.cl</a>
Contacto:	egpm@uach.cl - Teléfono: 652273825 smarin@uach.cl - Teléfono: 652277119
Modalidad:	Presencial
Jornada:	Diurna
Clases	Año 1: jueves y viernes Año 2: variable (dependiendo de los electivos y/o unidades de investigación) Año 3 y 4: Tesis
Duración:	4 años
Arancel (2024):	\$3,910,000
Síguenos en  	

científico pertinente y de excelencia en ciencias de la acuicultura. El objetivo general del DCA es formar capital humano altamente calificado para el desarrollo de investigación en Ciencias de la Acuicultura. Los objetivos específicos son i) Formar doctores capaces de generar nuevo conocimiento científico de alta calidad y pertinente a los desafíos de la acuicultura, con un enfoque en la sustentabilidad y diversificación de los recursos acuícolas, y ii) Fomentar un enfoque multidisciplinario y sistémico en la formación de nuevos doctores en Ciencias de la Acuicultura.

El perfil de egreso propone formar doctores capaces de desarrollar investigación científica en forma

**Tabla 1:** Antecedentes generales del Doctorado en Ciencias de la Acuicultura.

Al revisar los programas de formación de otros países se observa que existen programas en acuicultura en los niveles profesionales, magíster y doctorados, y con varios otros programas basados en otras disciplinas que aportan con tesis desarrolladas en base a problemas de la acuicultura. China destaca por el alto número de programas en acuicultura y Nueva Zelanda destaca por el bajo número de programas en acuicultura, pero el alto número de programas de otras disciplinas que están aportando al conocimiento en acuicultura. Es así que, si bien es cierto los programas de formación acuícola cumplen un rol importante en la industria, la acuicultura también se beneficia de la formación de profesionales de diversas disciplinas.

En este contexto, en la Universidad Austral de Chile se ha ido consolidando la formación de post-título y postgrado en acuicultura como un medio para dar continuidad a la formación profesional en ámbitos de mayor especificidad y que podrían ser atractivos para profesionales de distintas disciplinas (magíster y post-título), y también en formación doctoral.

### **DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA ACUICULTURA, UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE – SEDE PUERTO MONTT**

Antecedentes generales: El Doctorado en Ciencias de la Acuicultura (DCA) de la Universidad Austral de Chile (UACH) es un programa colegiado iniciado el año 2010 y de cuatro años de duración que se imparte en Puerto Montt, con algunas asignaturas impartidas en Valdivia (Tabla 1).

El programa tiene una fuerte orientación interdisciplinaria con énfasis en los aspectos biológicos de relevancia para la diversificación y sostenibilidad de la actividad acuícola. Situado en el epicentro geográfico de relevancia mundial para esta actividad, busca operar como un sensor de las necesidades de conocimiento

independiente, con competencias para integrar, analizar, sintetizar, comunicar el conocimiento científico y con ello incrementar el conocimiento en Ciencias de la Acuicultura a través de enfoques orientados a la producción sostenible y diversificada de esta actividad. Los graduados del programa tendrán las capacidades y competencias para detectar problemáticas y brechas de

<b>Doctorado en Ciencias de la Acuicultura</b> <b>Universidad Austral de Chile - Sede Puerto Montt</b>	
Semestre	Nombre/asignatura o actividad
I	Sustentabilidad de la acuicultura
I	Diversificación de la acuicultura
I	Electivo I
II	Electivo II
II	Diseño experimental y análisis estadísticos en investigación de acuicultura
II	Seminario de doctorado
II	Idioma (Inglés)*
III	Electivo III
III	Unidad de investigación
III	Proyecto de Tesis
III	Examen de Calificación
IV	Tesis
V	Tesis
V	Seminario de Avance de Tesis I
VI	Tesis
VII	Tesis
VII	Seminario de Avance de Tesis II
VIII	Tesis
VIII	Examen de Grado

**Tabla 2:** Plan de Estudios del Programa de Doctorado en Ciencias de la Acuicultura. \*Al finalizar el segundo año los estudiantes deben haber aprobado la suficiencia en idioma Inglés, ya sea por medio de un examen o del curso que ofrece la Universidad.



**Figura 1:** Líneas de investigación desarrolladas por los académicos del Programa de Doctorado en Ciencias de la Acuicultura disponibles para la realización de cursos electivos, unidades de investigación y tesis.

conocimiento en Ciencias de la Acuicultura y proponer soluciones que, desde un enfoque multidisciplinario y sistémico, contribuyan a la sustentabilidad y diversificación de los recursos acuícolas, tanto desde el sector público como del privado o en la academia.

Plan de Estudios (Tabla 2): Semiflexible, los estudiantes deben cursar 4 asignaturas obligatorias y 3 electivas, así como una unidad de investigación, pero pueden cursar mas electivos y/o unidades de investigación si lo desean. Existen dos actividades académicas, Avance de Tesis 1 y Avance de Tesis 2 que se han incorporado como un medio para facilitar el cumplimiento de los 4 años del programa y evitar, en lo posible una duración mayor a 4 años. El plan de estudios permite que los estudiantes puedan realizar estadias en el extranjero, o en el país para integrar equipos de investigación donde profundizar en los aspectos teóricos y metodológicos de sus investigaciones. Se promueve también la participación en congresos nacionales e internacionales.

Las clases durante el primer año se concentran los jueves y viernes, pero se espera que los estudiantes tengan flexibilidad para asistir a actividades académicas y de vinculación de tipo extraordinarias durante otros días de la semana. El segundo año el horario es más flexible porque los estudiantes realizan actividades específicas por lo que dependerá de los horarios que

acuerden con sus profesores. Tercer y cuarto año se destinan a la tesis, donde se espera que el estudiante participe activamente en su desarrollo y en las actividades con su profesor patrocinante e informantes (si se requiere).

Los electivos, unidades de investigación y las tesis se realizan teniendo como base las líneas de investigación focales que se muestran en la Figura 1. Tales líneas están respaldadas por académicos pertenecientes al Instituto de Acuicultura, Facultad de Ciencias y Facultad de Ciencias Veterinarias, así como de otras unidades que también colaboran en las asignaturas. Los académicos del claustro demuestran una alta productividad académica (3,5 WOS/ISI por académico por año), vinculados a proyectos Fondecyt, Fondef, Fondap, etc., y participantes de redes internacionales.

Perfil de los postulantes: Profesionales que cuenten con el grado de Licenciatura desde variadas disciplinas: Biología, Bioquímica, Química, Farmacia, Medicina Veterinaria, Ingeniería (en acuicultura, pesquerías u otras afines), Oceanografía. También aquellos que cuenten con el grado de Magíster. Durante el año 2024 el programa espera establecer acuerdos de vinculación con algunos programas de magíster impartidos en la UACH, para que ciertos conocimientos y destrezas adquiridas en el programa de magíster sean

reconocidas en el programa de Doctorado. Los estudiantes tanto graduados (pero durante su formación doctoral), como en curso, tienen una productividad como primeros autores de 28 publicaciones y 60 presentaciones a congreso a septiembre del 2023.

Quienes tengan una trayectoria en investigación pueden postular a las becas ANID. La Universidad ofrece becas centralizadas a través de la Dirección de Postgrado que ayudan a financiar el arancel, apoyar la finalización de tesis doctoral y para estadías internacionales y participación en congresos. La Vicerrectoría de Sede Puerto Montt ofrece la beca de manutención para estudiantes internacionales y la Escuela de Graduados apoya el pago de arancel a través de una beca a la cual también se postula.

Nuestros estudiantes: Proviene de diferente formación de pregrado y de distintas universidades nacionales y desde el extranjero (Colombia, México, Venezuela, Honduras, Argentina), así como con distintos niveles de experiencia y distintas experiencias (investigación, desarrollo profesional en el sector privado, público, etc.). Esto resulta muy beneficioso para su formación debido a que se complementan en sus enfoques y se enriquece la discusión de las actividades académicas. Es importante destacar que los estudiantes que provienen del sector público y privado tienen la posibilidad de usar su experiencia, así como los desafíos que se encuentran enfrentando en su entorno profesional durante sus actividades académicas, así como en sus tesis.

Nuestros graduados (Foto 1): Desde el año 2010 al 2023 se han graduado 15 estudiantes, todos actualmente posicionados como investigadores en distintos ámbitos: instituciones de investigación, universidades, empresa privada. Algunos de ellos se encuentran ocupando cargos directivos en sus instituciones/empresas y desde sus ocupaciones con varios de ellos se mantiene un contacto continuo con objetivos de vinculación en investigación.



**Foto 1:** Algunos de los estudiantes graduados en la Ceremonia de graduación 2018.

Vinculación con el Medio: El programa nació con una vinculación con el entorno a través de la incorporación de profesionales de la industria acuícola en una de las actividades académicas del programa (Seminario de Doctorado) permitiéndoles conocer tempranamente los desafíos y avances de la industria. Más adelante el programa comenzó a recibir postulantes de la misma industria que fueron seleccionados en el programa. El programa de doctorado inició una iniciativa llamada “Mas cerca de la Industria” que permite formalizar acciones de interés mutuo entre empresas y este programa, entre ellas la posibilidad de que empresas puedan apoyar actividades académicas como tesis, unidades de investigación, o bien incorporar personas al programa, a la vez que el programa puede hacer partícipe a las empresas de actividades que puedan ser de su interés, o solicitar apoyo para actividades de investigación y desarrollo, o facilitar que personas puedan cursar asignaturas a modo de perfeccionamiento.

Más recientemente la UACH es miembro asociado del Club de Innovación Acuícola lo cual nos ha permitido a mejorar nuestros vínculos con el sector proveedor de la industria y participar en distintas iniciativas donde la innovación es el pilar central, por ejemplo INNAQUA durante septiembre del 2023.

## CITAS

Declaración de Shanghái: La acuicultura, al servicio de la alimentación y el desarrollo sostenible, Septiembre 2021.

Dongyu, QU. Director General de la FAO, Conferencia Mundial sobre la Acuicultura Milenio +20, Shanghai, China, 2021.

Informe Sectorial de Pesca y Acuicultura 2023 - [www.subpesca.cl](http://www.subpesca.cl)

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2021. La gestión de los recursos costeros consecuencias para una economía azul sostenible.



ASOCIACIÓN DE  
**SALMONICULTORES**  
DE MAGALLANES A.G.



# SALMÓN MAGALLÁNICO

## Navegando hacia la sostenibilidad



En el último tiempo la industria salmonera de la Región de Magallanes ha dado fuertes pasos hacia la sustentabilidad. Su clasificación en el estudio Seafood Watch de una prestigiosa ONG norteamericana y otras certificaciones nacionales e internacionales que dan cuenta de un menor uso de antibióticos, entre otras variables, son parte de la evidencia científica que lo respalda. Avanzar en esa ruta junto con un mejor involucramiento en los desafíos de desarrollo regional ha sido parte de la estrategia de trabajo de la Asociación de Salmonicultores de Magallanes durante los últimos años.

Un fuerte compromiso regional y avanzar en garantías de sustentabilidad ha sido el sello de la Asociación de Salmonicultores de Magallanes en los últimos años. En el segundo semestre del 2019 el gremio delineó una estrategia que involucraba un intenso trabajo para aumentar los estándares de producción local en materia medioambiental y reforzar la vinculación con los actores locales, bajo el liderazgo de un comité directivo renovado y, por primera vez, con una presidencia independiente de sus empresas socias.

A fines del año pasado el gremio recibió una importante noticia en esa materia: el estudio Seafood Watch, de la ONG internacional Monterey Bay Aquarium, clasificó al salmón producido en la región como "buena alternativa para los consumidores". Con ello, el salmón magallánico se convertía en el único a nivel país en avanzar en este ranking mundial y en una de las ocho zonas de cultivo en mar de salmón atlántico en el mundo que logra dicho estándar.

Este interés por resguardar el estatus sanitario y ambiental de la industria responde al contexto local. La Región de Magallanes es la más extensa del país y el 52% de su territorio corresponde a áreas silvestres protegidas. Cruzada por fiordos, golfos y canales, los paisajes remotos y distantes destacan por sus postales naturales de marcados contrastes. Con cerca de 170.000 habitantes y una densidad de una persona por kilómetro, Magallanes es una región donde se estima que los pueblos originarios llegaron al territorio hace 10.000 años, cuando aún Tierra del Fuego estaba unida al continente. Milenios después, en el siglo XVI, los navegantes provenientes de Europa descubrieron el estrecho de Magallanes y lo convirtieron durante siglos en la principal ruta entre el llamado viejo continente y las costas del Océano Pacífico. En el siglo pasado su desarrollo económico y social fue lento; y entre la ganadería, la producción energética y el turismo, la salmonicultura ha ido abriéndose paso.

En la actualidad la industria salmonera es hoy una de las más relevantes en Magallanes, pero también enfrenta un enorme desafío de ordenamiento territorial, pues está presente precisamente en una zona de protección: la Reserva Nacional Kawésqar, donde actualmente las empresas salmoneras ocupan el 0,047% de dicha área y las proyecciones basadas en las solicitudes pendientes, muestran que se podría llegar a utilizar un máximo de un 0,07% de dicha área. "Estamos conscientes de que es una zona que requiere un trato acorde con su estatus de protección y es por eso que las empresas se han preocupado de avanzar para asegurar los mejores estándares de producción. Muestra de ello es que los datos científicos y de organizaciones independientes han demostrado que efectivamente el salmón magallánico puede ser considerado de un estándar de sustentabilidad superior", argumentó Carlos Odebret, Presidente del gremio, quien también hizo un llamado al ordenamiento territorial: "Entendiendo que convivimos en un territorio protegido, creemos que es importante abordar la necesidad de ordenar el borde costero y compatibilizar las distintas actividades", señaló.

Hoy, en ese escenario, la salmonicultura magallánica continúa trabajando por compatibilizar su potencial productivo con una operación sustentable, dada su responsabilidad con el desarrollo económico y social de la región. Hace 10 años la producción de salmónes en Magallanes representaba menos del 2% del total nacional, actualmente la cifra supera el 15%, convirtiendo al rubro en uno de los principales exportadores de Magallanes. De hecho, la industria se convirtió en un soporte clave para paliar la crisis económica que conllevó el Covid-19 en la zona: la actividad da trabajo a cerca de 6.400 personas de forma directa o indirecta y el 87% de ellos son residentes de la XII Región. "Somos conscientes de la responsabilidad que tenemos no sólo en dar trabajo, sino también del aporte que realizamos. Estamos muy orgullosos de generar empleo, pero nuestro compromiso de largo plazo no solo es económico, es social y medioambiental", aseguró Odebret.

Actualmente se encuentra en el Congreso un proyecto de ley que busca prohibir que se desarrollen actividades acuícolas en zonas protegidas. Dicha iniciativa impactaría no sólo a la salmonicultura, sino a otras actividades y para el gremio es un tema que debe ser abordado de manera mucho más integral. "Creemos que es necesario entender que la salmonicultura requiere de una institucionalidad de largo plazo. Las empresas ya no operan como hace 20 ó 30 años, el desarrollo científico tecnológico ha apoyado su crecimiento en materia de sustentabilidad y la misma regulación se ha fortalecido", aseguró Carlos Odebret.

### Asegurando el estándar ambiental y sanitario del salmón en Magallanes

Para la Asociación de Salmonicultores de Magallanes la calificación recibida por el estudio Seafood Watch, de la ONG internacional Monterey Bay Aquarium (MBA), y que clasificó al salmón producido en la región como "buena alternativa para los consumidores", es el resultado de un intenso trabajo que responde a una estrategia que ha buscado asegurar el estándar ambiental y sanitario de la actividad, con el objetivo estratégico de impulsar la construcción de un marco normativo para el desarrollo sustentable del salmón en Magallanes

Monterey Bay Aquarium, con sede en EEUU, promueve elevar los estándares de sustentabilidad ambiental de la pesca y acuicultura a nivel mundial, pues su objetivo es cambiar el mercado global para que los productos del mar sean más sostenibles. Así, en su reciente clasificación sólo ocho de 30 zonas de cultivo evaluadas fueron clasificadas como "buena alternativa"; tres áreas de Noruega, Maine en EEUU, Nueva Escocia en Canadá, Islas Faroe, una zona de Escocia y la Región de Magallanes, en Chile.

Luego de un exhaustivo análisis de información técnica y científica en la zona, el programa Seafood Watch del MBA le dio a Magallanes esta calificación que tiene una duración de cinco años. Su informe indica que la incidencia de enfermedades bacterianas y parásitos es más baja en comparación a otros lugares de cultivo, lo que permite un bajo uso de antimicrobianos y antiparasitarios.



"Sabemos que la Región de Magallanes es diferente en muchos sentidos, tiene condiciones ambientales que la hacen única en el mundo y, por ende, nuestro compromiso como gremio ha sido cuidar esas condiciones que la convierten en una región única", señaló Carlos Odebret, presidente de la Asociación de Salmonicultores de Magallanes, quien agregó que "los socios han hecho fuertes inversiones en materia de innovación para mejorar sus procesos, de la mano de la ciencia y la investigación".

Así, los principales avances de la producción en la región se dan en los ámbitos de alimentación de peces de cultivo; impacto ambiental de los antibióticos; reducción de enfermedades, patógenos y parásitos; impacto ambiental de las construcciones en hábitats naturales y el grado de independencia de los peces de cultivo con respecto a otras especies.

En esa línea y en términos concretos, para preservar las condiciones sanitarias y medioambientales de Magallanes la industria ha logrado un promedio de certificación ASC (Aquaculture Stewardship Council) que está por sobre el 80% de certificados aprobados. Además, Magallanes cuenta con el mayor porcentaje del país en instalaciones con certificación PROA (Programa para la optimización del uso de antimicrobianos), de Sernapesca.

La industria, además, ha estado avanzando en un próximo acuerdo de producción limpia y en un marco normativo para la gestión de residuos. "Hemos dado grandes pasos en sostenibilidad, pero sabemos que aún quedan desafíos pendientes. Uno de ellos es la gestión de los residuos", aseguró Odebret. En esa línea, el gremio fue uno de los activos promotores de la recientemente aprobada ley que busca evitar o reducir el depósito de desechos orgánicos e inorgánicos en el fondo marino. Esta nueva normativa no sólo obliga a las compañías a adoptar medidas para evitar el depósito de desechos en el océano y a hacerse cargo de ellos en caso de generarlos, sino también a presentar un plan de recuperación y un plan de investigación del fondo marino en el área de la concesión.

En este escenario, la industria tendrá seis meses desde que se publicó la ley para hacerse cargo de los desechos inorgánicos existente actualmente en el fondo del mar. Sin embargo, la preservación del fondo del océano ha sido una preocupación de la que ya vienen haciéndose cargo las empresas. Es así como desde hace un tiempo las compañías han implementado desarrollos tecnológicos de punta para prevenir y recuperar el impacto de la actividad salmonera en los ecosistemas oceánicos. Un ejemplo de esto es la técnica de las nanoburbujas, desarrollada en Chile por

La Asociación de Salmonicultores de Magallanes representa a cinco empresas que operan en la región: MultiX, AquaChile, Australis, Cermaq y Blumar, que están ubicadas en las comunas de Punta Arenas, Puerto Natales, Río Verde y Porvenir. La industria salmonera tiene un fuerte impacto en la economía de la zona austral de Chile; el sector reúne a más de 4.400 trabajadores directos y el 85% de ellos son residentes de Magallanes.

AQUACHILE

BLUMAR  
SEAFOODSaustralis  
SEAFOODS

CERMAQ

MULTI X

Alimentando el futuro

una startup local y que aceleran el proceso natural de intercambio de oxígeno en el fondo marino. "Gracias a esta tecnología las salmoneras logran acelerar el proceso natural de recuperación del fondo marino con un método 100% sustentable. Este es un avance muy superior incluso a los implementados en países como Noruega. Queremos que la tecnología usada en la salmonicultura en Magallanes sea un referente", señaló Carlos Odebret.

### Innovación y desarrollo local: fortaleciendo acciones para la colaboración

El trabajo estratégico de estos últimos años también ha estado fuertemente enfocado en gestionar y fortalecer acciones para el desarrollo local. A comienzos de este año, la Asociación de Salmonicultores de Magallanes, junto a otras 37 de instituciones del sector público y privado, academia, investigación e iniciativas internacionales, firmó la Declaración de Punta Arenas, un acuerdo liderado por el Ministerio de Ciencia y el Gobierno Regional de Magallanes, que promueve un polo de conocimiento para el desarrollo sostenible en la zona. Este documento formaliza el compromiso del gremio para mejorar la vida de los habitantes de la región, a través de la investigación y nuevas herramientas innovadoras para el ámbito laboral, ecológico y en la vinculación con el medio.

Esta ha sido uno de las alianzas en las que se ha involucrado el gremio luego de relevar el compromiso regional en la estrategia trazada hace algunos años. En esa línea ha dado otros pasos igual de claves, como un acuerdo con pescadores artesanales para el cuidado del litoral costero de la región. En el marco de ese compromiso, asumido a mediados del año pasado, el gremio está trabajando en conjunto con ellos para realizar una limpieza de los residuos y aceites que se mantienen en la zona.

La relevancia de la colaboración para alcanzar las metas regionales y abordar los desafíos sociales, es uno de los fuertes legados de la pandemia, crisis que no podría haber superado sus episodios más álgidos sin la extensa red de colaboración que se logró tejer en Magallanes.

Cuando estalló la pandemia mundial, el gremio reenfocó parte importante de sus esfuerzos en el resguardo de la salud de todos esos colaboradores y también de la comunidad. Según el Barómetro de la Salmonicultura, de la ONG Canales, la rápida adaptación de la industria se debió al aprendizaje con el virus ISA. Según el estudio, las compañías acuícolas implementaron exhaustivos protocolos para velar por las condiciones sanitarias de los y las trabajadoras del rubro, lo que ha considerado entre



sus acciones la modificación de la extensión de los sistemas de turno, el trabajo a distancia y estrategias comunicacionales, a través de la contratación de personal médico, focalizadas en educar en el autocuidado. Así, como actividad esencial, las empresas socias fueron de las pocas que continuaron funcionando, siempre bajo estrictos protocolos y en permanente coordinación no sólo con las autoridades, sino también con el mundo científico local y la sociedad civil.

Pero el desafío era mucho más que fortalecer los protocolos de prevención del virus: era necesario reforzar la respuesta regional ante la pandemia. Por ello, las salmoneras con presencia en la región decidieron financiar la importación de MagEx Starlet, un robot que detecta el virus SARS-COV-2 mediante la extracción de material genético, procesando hasta 96 muestras al mismo tiempo de manera automatizada. La máquina es, hasta el día de hoy, es administrada por la Universidad de Magallanes y permitió acelerar exponencialmente el testeo en la región. "La pandemia nos reafirmó que los grandes desafíos sociales sólo pueden ser enfrentados con la articulación de todos los sectores y con el compromiso sincero de colaboración tanto del mundo público como del privado y también de la sociedad civil", señaló el presidente de los Salmonicultores de Magallanes.

En este nuevo ciclo que comienza, con el arribo del nuevo gobierno y la reconfiguración del Congreso, el gremio magallánico buscará seguir avanzando en fortalecer el marco sanitario y medioambiental de la actividad, para avanzar hacia el desarrollo sostenible de la salmonicultura en Magallanes por los próximos 30 años, buscando compatibilizar los diversos intereses de la zona, su respectivo ordenamiento, y el desarrollo social de las comunidades.

***"Somos conscientes de la responsabilidad que tenemos no sólo en dar trabajo, sino también del aporte que realizamos. Estamos muy orgullosos de generar empleo, pero nuestro compromiso de largo plazo no solo es económico, es social y medioambiental".***

**Carlos Odebret**  
PRESIDENTE ASOCIACIÓN DE  
SALMONICULTORES DE MAGALLANES A.G.

# EL SOCIO LÍDER DE LA ACUICULTURA SOSTENIBLE, CON ORIGINALIDAD Y CONTINUIDAD POR MÁS DE 40 AÑOS DE EXPERIENCIA



UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS

## DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA Y RECURSOS AGROALIMENTARIOS

INVESTIGACIÓN I+D+I

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

DOCENCIA

INGENIERÍA EN ACUICULTURA  
SOSTENIBLE (2024)

- **DESARROLLO**
- **DIVERSIFICACIÓN**
- **INNOVACIÓN**
- **AJUSTES DE TECNOLOGÍAS**
- **OPTIMIZACIÓN**
- **ACUICULTURA Y AGRICULTURA**
- **ACUICULTURA DE PEQUEÑA ESCALA**
- **REPOBLAMIENTO PARA LA PESCA ARTESANAL**

**PECES - MOLUSCOS - ALGAS - PESCA RECREATIVA - AMBIENTE - ALIMENTOS**



**FONDEF**  
Fondo de Fomento al Desarrollo  
Científico y Tecnológico



Subsecretaría  
de pesca



Alberto Medina A. • e-mail: [amedina@ulagos.cl](mailto:amedina@ulagos.cl); [respinoza@ulagos.cl](mailto:respinoza@ulagos.cl); [jcuribe@ulagos.cl](mailto:jcuribe@ulagos.cl) • (56-64) 2333303 - 18 - 19  
Campus Chuyaca • Avda. Fuchslocher N°1305 • Pabellón Lago Riñihue • Osorno • Región de los Lagos



Expertos en  
Higiene y Bienestar



Líderes en  
Bebestibles



Expertos en  
Control de Plagas

**Rentokil**  
**Initial**

Protecting People.  
Enhancing Lives.  
Preserving Our Planet.



RENTOKIL-INITIAL.CL

☎ 800-387-100

Arica - Antofagasta - Iquique - Calama - La Serena y Coquimbo - Rancagua - Viña del Mar - Santiago  
Curicó - Los Angeles - Temuco - Concepción - Puerto Montt - Aysén - Punta Arenas

# CONSOLIDÁNDONOS EN EL SUR DE CHILE

**Rentokil**  
**Initial**

Iniciando este año y en nuestro afán de seguir creciendo en nuestra industria, invitamos a la empresa **7 Plagas**, líderes en control de plagas en el sur de nuestro país a unirse a Rentokil Initial Chile. Con esta incorporación nos ampliamos en servicios de cobertura, para consolidarnos aún más en la zona sur de nuestro país.

Rentokil Initial, tiene presencia en más de 90 países y más de 5 millones de clientes, somos líderes mundiales en Control de Plagas, Servicios de Higiene y Servicio de café para oficinas y canal Horeca.

En Chile contamos con más de 20 sucursales a nivel nacional, lo que significa un equipo de 510 técnicos, más de 40 prevenciónistas de riesgo y calidad, además de una flota de 340 vehículos.

## EXPERTOS EN LO ESENCIAL

Nos apasiona entregar el mejor servicio, Protegemos a las personas y a nuestros clientes de los peligros de las enfermedades transmitidas por plagas y de los riesgos de una mala higiene en todos los rubros del mercado; acuícola, industria de alimentos, retail, salud, bodegaje, logística, oficinas, etc. Nuestras tres líneas de negocio se relacionan con la Salud y el Bienestar de las personas, nuestra amplia experiencia y años de investigación en nuestro Centro de Innovación con sede en Inglaterra nos hacen sostenedores del título **Expertos en lo Esencial**, creando soluciones innovadoras y sostenibles para el cuidado de nuestro planeta manteniendo la eficacia que destacan nuestros propios clientes en Chile y el mundo.



" Rentokil Initial es una empresa que entrega confianza, profesionalismo y compromiso con cada uno de nuestros clientes.

Gracias a nuestro talentoso grupo de colaboradores, seguimos siendo referentes del mercado y avanzando donde la excelencia e innovación sean desafíos y pilares fundamental para nuestros clientes."

Marcelo Larrañaga  
Gerente General



# AquaBC

Experiencia a su servicio

Somos expertos en soluciones integrales en monitoreo ambiental y detección de floraciones algales nocivas (marea roja).



Venta, mantención y reparación de microscopios.



Ofrecemos equipamiento completo de alta calidad y durabilidad, para centros de cultivo y wellboats.



Consultoría en reducción de riesgos ambientales, monitoreo y manejo de floraciones algales en acuicultura.

<https://www.aquabc.cl>

# Detección rápida de toxinas para mariscos más seguros



David Cassis<sup>1</sup>, Sylvana Galaz<sup>2</sup>, Leonardo Soto<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Director Ejecutivo, PhD y MSc en oceanografía, davidcassis@aquabc.cl

<sup>2</sup> Productos y Control de Calidad, Bióloga marina, sylvanagalaz@aquabc.cl

<sup>3</sup> Especialista Técnico y Distribución, leonardosoto@aquabc.cl

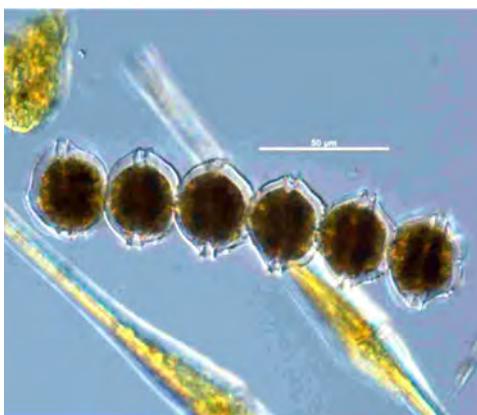
El consumo de mariscos tiene indudables beneficios para la salud humana al ser una fuente de proteína de alta calidad que posee ácidos grasos esenciales para el desarrollo del sistema nervioso y elementos traza difícilmente obtenibles en otros alimentos, principalmente de origen terrestre; sin embargo, el consumo de mariscos de manera segura siempre ha sido un gran desafío para la humanidad. En la actualidad los principales riesgos que se pueden presentar son consumir mariscos con valores potencialmente altos de metales pesados como cadmio y mercurio, la presencia de biotoxinas (PSP, ASP, DSP) y patógenos como virus o bacterias que pueden provocar problemas gastrointestinales.

Los métodos de detección de estas amenazas aplicados por cosechadores y consumidores de estos alimentos son variados y han cambiado mucho a lo largo de los años. Tradicionalmente se han utilizado bioensayos (gaviotas y otras aves, gatos, incluso seres humanos), experiencia, tradiciones y abstención de consumo, y métodos de supervivencia (testear con alguna parte del cuerpo antes de consumir), con resultados variados. Los servicios de seguridad alimentaria han utilizado por muchos años métodos basados en el bioensayo del ratón, con protocolos estandarizados para obtener una medida de la concentración de toxinas a través de la toxicidad que se producía. En años recientes, se han aplicado nuevas tecnologías basadas en la cromatografía analítica y la inmunoquímica de detección por anticuerpos.

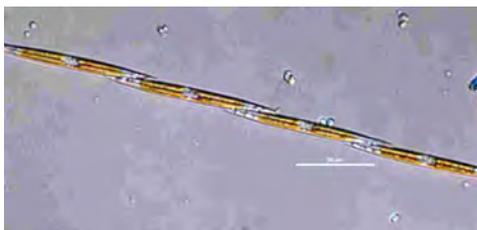
Existen dos tendencias a nivel mundial hacia el monitoreo y detección de estas toxinas en mariscos para salvaguardar la salud humana, las que tienen en común el retiro de los bioensayos en favor de técnicas químicas. En Europa se prefieren los métodos analíticos basados en cromatografía combinados con espectroscopía, los que entregan resultados muy detallados sobre

toxinas conocidas, pero su aplicación a un gran número de muestras anualmente que muchas veces resultan negativas provoca altos costos. En Norteamérica se prefiere un sistema de dos capas, con métodos simples como tests rápidos para discriminar entre muestras positivas y negativas, y luego métodos analíticos y de toxicidad para las positivas. Este último modelo conserva el nivel de seguridad alimentaria, pero reduce el costo del programa de monitoreo y permite una mayor flexibilidad en el momento de su aplicación en áreas lejanas a centros urbanos.

La gran mayoría de los programas de monitoreo son principalmente reactivos ya que detectan las toxinas cuando ya se encuentran en los mariscos cosechados, aunque algunos también monitorean el plancton para detectar presencia de microalgas tóxicas. La detección temprana de estas toxinas y su pronóstico son un ideal en el que se han vertido considerables recursos, habiéndose logrado modelos matemáticos limitados, microscopios automatizados y algunas aproximaciones a través de imágenes satelitales. Sin embargo, un sistema de detección de toxinas que sea simple y



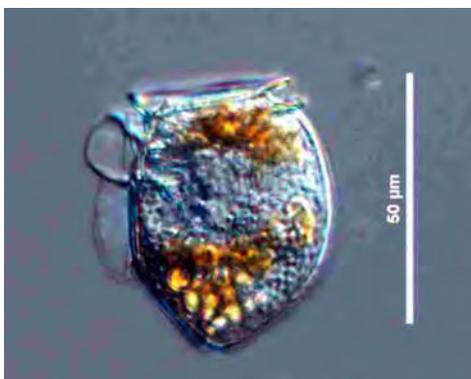
**Imagen 1:** Cadena del dinoflagelado *Alexandrium catenella* causante de Veneno Paralizante de Mariscos (VPM/PSP). Fuente: <https://phytoplankton.eoas.ubc.ca/>



**Imagen 2:** Diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* causantes de Veneno Amnésico de Mariscos (VAM/ASP). Fuente: <https://phytoplankton.eoas.ubc.ca/>

fiable, fácilmente desplegable en grandes números y que produzca información en tiempo cuasi-real sigue siendo elusivo.

En el año 2020 AquaBC adquirió los activos de Scotia Rapid Testing (ex Jellet Rapid Testing), compañía canadiense que desarrolló un sistema que fue revolucionario para la detección de biotoxinas en mariscos en la forma de tests rápidos basados en anticuerpos específicos, también llamados tests de antígenos de transferencia lateral (LFIA). Con esto, en el año 2021 se formó la división AquaBC Rapid Testing, y a finales del mismo año logramos producir tests para detección de Veneno Paralizante de Mariscos (VPM/PSP), producido por altas concentraciones de saxitoxina y toxinas análogas debido a floraciones del dinoflagelado *Alexandrium catenella*, también conocidas como la temida "marea roja" que produjo tantos problemas durante el año 2016, y que se encuentra presente en las tres regiones australes de Chile. Al año siguiente comenzamos a producir tests para detección de Veneno Amnésico de Mariscos (VAM/ASP), la que se ha detectado en varias regiones al norte y sur de Chile. El principio activo es el ácido domóico, el que es producido por diatomeas del género *Pseudo-nitzschia*, las que son muy comunes en comunidades del fitoplancton de aguas frías como las presentes en la costa de Chile-Perú y California en



**Imagen 3:** Dinoflagelado del género *Dinophysis* causante de Veneno Diarreico de Mariscos (VDM/DSP).

Fuente: <https://phytoplankton.eoas.ubc.ca/>

USA, especialmente en la primavera tardía y durante el otoño. Estas diatomeas, a diferencia de otras microalgas tóxicas, no producen esta toxina en forma continua, sino que la utilizan para aumentar la biodisponibilidad de ciertos nutrientes cuando se encuentran escasos en el agua. Esto produce grandes variaciones en muy cortos plazos en las concentraciones presentes en el plancton y los mariscos, pudiendo fácilmente sobrepasar los niveles legales (20ug/kg) desde niveles no detectables en tan sólo 48-76 horas.

En diciembre de 2023 logramos producir tests para detección de ácido okadáico y sus derivados. Estas toxinas se encuentran entre los Venenos Diarreicos de Mariscos (VDM/DSP), los cuales producen fuertes efectos gastrointestinales al ser consumidos. Este grupo de toxinas también tienen en común ser solubles en lípidos en vez de agua, por lo que sus métodos de extracción, preparación de muestras y análisis son diferentes a las causantes de VPM y VAM. El ácido okadáico es comúnmente producido en Chile por especies de dinoflagelados del género *Dinophysis*, presentes en todo el litoral, pero han sido observadas produciendo floraciones e intoxicaciones en las regiones de Los Lagos y Aysén principalmente. El carácter cosmopolita de las especies causantes de VDM provoca que este veneno se encuentre en todas las costas

## Distribución mundial de VDM/DSP



**Imagen 4:** Distribución mundial de eventos de Veneno Diarreico de Mariscos (VDM/DSP)





**Imagen 5:** Esquema de utilización de test rápido para detección de Veneno Paralizante de Mariscos (VPM/PSP) de AquaBC Rapid Testing con sus posibles resultados

en que se ha intentado su detección siendo el problema de biotoxinas marinas más extendido a nivel mundial.

Los tests rápidos de VDM/DSP junto a los de VPM/PSP y VAM/ASP completan nuestra tríada de productos para monitorear la seguridad alimentaria en mariscos en todas sus versiones: para laboratorio, para utilización directa en terreno y para detección en fitoplancton. Además de una rápida lectura visual, nuestros tests son semicuantificables mediante el uso de nuestro lector digital portátil.

En AquaBC disponemos de una amplia experiencia en eventos algales nocivos, su monitoreo, prevención y mitigación de sus efectos, lo que nos ha llevado a integrar nuevos roles incorporando sistemas de microscopía, aparatos de muestreo y otros insumos de

monitoreo a nuestro catálogo, y fortaleciendo nuestra oferta de capacitaciones y consultoría. Nuestra misión es ser un punto de encuentro entre el ámbito científico y la industria, y colaborar en el monitoreo de la seguridad alimenticia de los productos del mar en Chile y a nivel mundial mediante nuevas y mejores herramientas.

Esta labor es constante y ya nos encontramos buscando soluciones para llevar el monitoreo de biotoxinas un paso más allá, con la creación del primer prototipo de boya inteligente para monitoreo automatizado de biotoxinas en el plancton, la que será capaz de utilizar nuestros tests para hacer detecciones tempranas. El objetivo principal es que puedan dar un aviso de hasta 2 semanas antes de que las concentraciones de las toxinas alcancen los niveles regulatorios, sin necesidad de obtener y analizar muestras de mariscos.



**Imagen 6:** Tests rápidos para detección de Veneno Paralizante de Mariscos (VPM/PSP), Veneno Amnésico de Mariscos (VAM/ASP) y Veneno Diarreico de Mariscos (VDM/DSP), y lector portátil de AquaBC Rapid Testing

## NUTRIMAR: Creando una cultura algal para la Región de Biobío y Chile



Universidad de Concepción

Cristian Agurto Muñoz<sup>1,2</sup> & Andrea Donoso Youlton<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo Interdisciplinario de Biotecnología Marina GIBMAR del Centro de Biotecnología, Universidad de Concepción, Concepción, Región de Biobío, Chile

<sup>2</sup> Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Farmacia, Universidad de Concepción, Concepción, Región de Biobío, Chile

### PROGRAMA DE CONTINUIDAD Y FORTALECIMIENTO

El proyecto "Nutrimar: creando una cultura algal para el biobío" se plantea como una propuesta de continuidad al proyecto FIC-R BIP 40026757-0 "Nutrimar Biobío: Innovación en alimentos algales" (<https://nutrimarbiobio.cl>), liderado por el Grupo Interdisciplinario de Biotecnología Marina GIBMAR (<https://gibmar.com>) del Centro de Biotecnología y del Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Concepción, cuyo objetivo principal fue implementar una plataforma de innovación para la diversificación, valorización y comercialización de recursos algales de la Región del Biobío integrados en alimentos saludables y productos nutracéuticos.

La primera versión del proyecto Nutrimar Biobío (Fig. 1.-) financiado por el Gobierno Regional del Biobío, a través del Fondo de Innovación para la Competitividad de Asignación Regional (FIC) permitió implementar una plataforma de innovación, fomentando la creación de nuevos productos, negocios y mercados a nivel regional, nacional e internacional, para reducir el riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles, asociadas al sobrepeso y obesidad.

Los exitosos resultados obtenidos durante la ejecución de la

## NUTRIMAR: Creating an algal culture for the Biobío Region and Chile

### CONTINUITY AND STRENGTHENING PROGRAMME

The project "Nutrimar: creating an algal culture for the Biobío Region" is proposed as a continuity of the FIC-R BIP project 40026757-0 "Nutrimar Biobío: Innovation in algae based foods" (<https://nutrimarbiobio.cl>), led by the Interdisciplinary Group of Marine Biotechnology GIBMAR (<https://gibmar.com>) of the Biotechnology Centre and the Department of Food Science and

Technology at the Pharmacy School at the University of Concepción, whose main goal was to implement an innovation platform for the diversification, valorization and commercialization of algal resources from the Biobío Region, integrating algal resources into healthy food and nutraceutical products.

The first version of the Nutrimar Biobío project (Fig. 1.-) financed by the Regional Government of Biobío, through the Innovation Fund for Competitiveness (FIC),

allowed the implementation of an innovation platform, promoting the creation of new products, businesses and markets at regional, national and international level, in order to reduce the risk of chronic non-communicable diseases associated with overweight and obesity.

The successful results obtained during the execution of the first version of Nutrimar made it possible to generate a series of



**Figura 1:** Diversas actividades y despliegue territorial de la primera versión del proyecto Nutrimar Biobío.

**Figure 1:** Various activities and territorial deployment of the first version of the Nutrimar Biobío project.

primera versión de Nutrimar permitieron generar una serie de instancias de 1.- vinculación entre la academia y la industria alguera regional, destacándose la realización de una serie de catastros para identificar brechas en la cadena de valor de los recursos algales del Biobío, 2.- la generación de material de difusión para la sensibilización del público general en torno a la innovación en alimentos algales y sus beneficios para la salud, 3.- la realización de talleres y capacitaciones para dar valor agregado a recursos algales de la región, 4.- la

creación de prototipos alimentarios y nutraceuticos en base a algas (Fig.2.-) y, finalmente, 5.- la implementación de capacidades habilitantes a través de dos plantas pilotos para el desarrollo de prototipos de alimentos y nutraceuticos algales, respectivamente (Fig. 3 y 4). Sin embargo, nuestro equipo interdisciplinario de investigadores y profesionales de diversas áreas ha identificado una serie de brechas en los distintos eslabones de la cadena productiva (recolectores y recolectoras de orilla, empresas transformadoras, empresas comercializadoras de alimentos y nutraceuticos algales; y los consumidores finales), que siguen precisando ser abordadas en mayor profundidad con tal de acortarlas y fortalecer la competitividad del sector.

En esta oportunidad y para los próximos dos años, se propone ejecutar un proyecto que permita

**consolidar esta plataforma de Innovación, como un ente articulador entre la comunidad científica, el público general y todos los actores de la cadena productiva alimentaria y nutraceutica, basada en recursos algales, a través de la prestación de servicios de prototipaje de alimentos y nutraceuticos, formación de capital humano y sensibilización de público general, con tal de fortalecer la competitividad del rubro alguero regional y nacional.**



**Figura 2:** Alimento saludable basado en macroalgas chilenas desarrollado en Nutrimar Biobío.

**Figure 2:** Healthy food based on Chilean seaweeds developed at Nutrimar Biobío.

instances of 1.- linkage between the academy and the regional algae industry, highlighting the implementation of a series of cadasters to identify gaps in the value chain of algae resources in Biobío, 2.- the generation of dissemination material about innovation in algae food and its health benefits, to raise awareness among the general public, 3.- the holding of workshops and training to add value to the region's algal resources, 4. - The creation of food and nutraceutical prototypes based on algae (Fig.2.-) and, finally, 5.- The implementation of enabling

capacities through two pilot plants for the development of food and algal nutraceutical prototypes, respectively (Fig. 3 and 4) . However, our interdisciplinary team of researchers and professionals from different areas has identified a series of gaps in the different links of the production chain (shore-based harvesters, processing companies, algal food and nutraceutical marketing companies, and final consumers), which still need to be addressed in greater depth in order to narrow them and strengthen the competitiveness of the sector.



**Figura 3:** Planta piloto de prototipado de alimentos algales. Lab kitchen Las Nutrimar Biobío.

**Figure 3:** Algae food prototyping pilot plant. Kitchen Lab Nutrimar Biobío.

On this opportunity and for the next two years, we proposed to implement a project that will allow the consolidation of this innovation platform as an articulating entity between the scientific community, the general public and all the actors in the food and nutraceutical production chain, based on algal resources, through the provision of food and nutraceutical prototyping services, training instances and awareness-raising among the general public, in order to strengthen the competitiveness of the regional and national algae industry.

## PROGRAMA DE CONTINUIDAD Y FORTALECIMIENTO

La principal problemática, se basa en que el consumo de algas posee numerosos y demostrados beneficios para la salud. Si bien el mercado de alimentos y nutracéuticos algales presenta gran potencial, este ha sido pobremente explotado en Chile y la mayoría de nuestros recursos algales son exportados como materia prima, existiendo escasas iniciativas de innovación para la diversificación y agregación de valor.

La Región del Biobío presenta una gran actividad comercial, además de los actores necesarios para transformar y comercializar productos alimenticios y nutracéuticos de origen algal con mayor valor agregado. Sin embargo, no existen plataformas como la que plantea consolidar esta iniciativa, que integre el conocimiento, el desarrollo tecnológico y las capacidades de pilotaje con el sector productivo regional, y que actúe como un

ente articulador transversal a toda la cadena productiva, incluyendo consumidores **con el fin de crear una "cultura algal" que actualmente no se presenta en la región del Biobío.**

La presente iniciativa tiene como finalidad acortar una serie de brechas que actualmente deben ser abordadas en mayor profundidad y detalle para lograr el posicionamiento, diversificación, valorización y comercialización de recursos algales de la región del Biobío, mediante su incorporación en alimentos saludables y productos nutracéuticos. Los grupos objetivo identificados fueron seleccionados en base a la cadena productiva y actores del mercado que deben ser involucrados para lograr este objetivo, desde pequeños **recolectores de algas**, quienes son los principales abastecedores de materia prima para las **empresas procesadoras y comercializadoras de algas** (quienes eventualmente podrían actuar como transformadoras de las mismas), hasta las **empresas dedicadas a la comercialización directa de productos saludables**, tanto ingredientes, alimentos y suplementos alimentarios en la línea de productos nutracéuticos, llegando finalmente a los **consumidores finales** que se ven beneficiados por el consumo de estos productos (Fig. 5.-).

Tal como se menciona anteriormente, **"prácticamente la totalidad del abastecimiento de plantas procesadoras de algas de la**

## THE CHALLENGES, RELEVANCE AND TARGET GROUPS

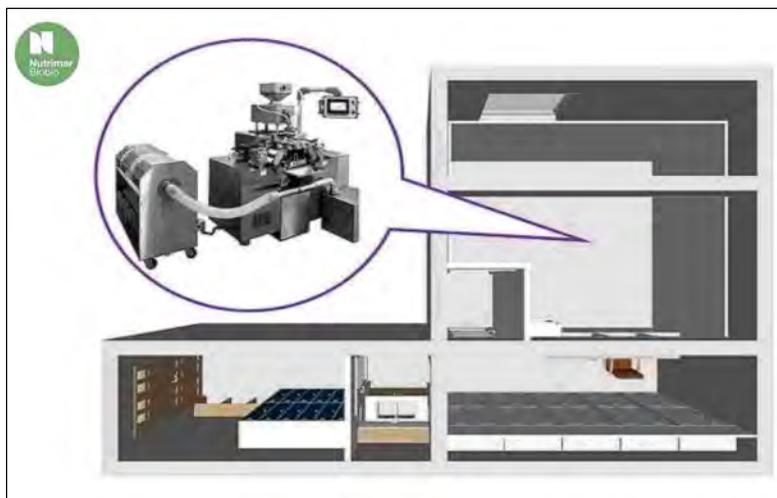
The main problem is based on the fact that the consumption of algae has numerous and proven health benefits. Although the algae food and nutraceutical market has great potential, it has been poorly exploited in Chile and most of our algae resources are exported as raw material, with few innovation initiatives for diversification and value addition. The Biobío Region has a large

commercial activity, as well as the necessary actors to transform and market food and nutraceutical products of algal origin with higher added value. However, there are no platforms such as the one proposed to consolidate this initiative, which integrates knowledge, technological development and pilot capacities with the regional productive sector, and which acts as a transversal articulating entity for the entire productive chain, including consumers, in order to

create a " seaweed culture" that is not currently present in the Biobío region.

The aim of this initiative is to close a series of gaps that currently need to be addressed in greater depth and detail in order to achieve the positioning, diversification, valorization and commercialization of seaweed resources from the Biobío region, through their incorporation into health foods and nutraceutical products. The target groups identified were selected based on the production chain and market actors that should be involved to achieve this objective, from small seaweed harvesters, who are the main suppliers of raw material for seaweed processing and marketing companies (who could eventually act as processors of the same), to companies engaged in the direct marketing of healthy products, both ingredients, food and food supplements in the line of nutraceutical products, finally reaching the final consumers who benefit from the consumption of these products (Fig. 5.-).

As mentioned above, "practically the entire supply of seaweed processing plants in the Biobío Region comes from natural meadows", most of them carried out by harvesting groups or seaweed farmers, so this target group is highly relevant in the context of the proposal. One of the main gaps detected in the group of collectors are the quality problems of the raw material



**Figura 4:** Planta piloto para la elaboración de productos nutracéuticos basados en macro y microalgas, específicamente una máquina encapsuladora softgel.

**Figure 4:** Pilot plant for the production of nutraceutical products based on macro and microalgae, specifically a softgel encapsulation machine.

Región del Biobío proviene de praderas naturales”, la mayoría realizadas por grupos recolectores o algueros, por lo que este grupo objetivo presenta una alta pertinencia en el contexto de la propuesta. Una de las principales brechas detectadas en el grupo de recolectores son los problemas de calidad de la materia prima que venden a empresas comercializadoras, entre los que destacan altos niveles de humedad, daño por herbívoros, presencia de epífitos y arena residual, todos factores que afectan negativamente el precio de venta. La ejecución de la presente iniciativa permitirá capacitar en mayor profundidad a las recolectoras en el manejo correcto de praderas naturales, además de prestar el apoyo técnico necesario que permita mejorar la calidad de su materia prima, favoreciendo además la conservación de las propiedades bioactivas que estos presentan.

Se considera también la capacitación en materia de **formulación de proyectos para la postulación a fondos públicos que permitan concretar iniciativas de emprendimiento en materia de cultivo y procesamiento** de algas comestibles, de la mano con capacitaciones **en el marco de las normativas legales asociadas a la comercialización** de las mismas. De esta manera, se valorizan los recursos algales desde las primeras etapas de la cadena productiva.

Respecto a las **empresas procesadoras y comercializadoras de algas**, estas han presentado un crecimiento sustancial en los últimos 10 años, tanto en número como en volúmenes de materia

they sell to trading companies, among which are high levels of humidity, damage by herbivores, presence of epiphytes and residual sand, all factors that negatively affect the selling price. The implementation of this initiative will allow for more in-depth training of collectors in the correct management of natural grasslands, as well as providing the necessary technical support to improve the quality of their raw material, while also favouring the conservation of its bioactive properties.

Training is also considered in the formulation of projects to apply for public funds that will enable the realization of entrepreneurial initiatives in the cultivation and processing of edible algae, together with training in the framework of the legal regulations associated with their commercialization. In this way, the value of algae resources is enhanced from the first stages of the production chain.

Regarding seaweed processing and marketing companies, these have shown substantial growth in the last 10 years, both in number and in volumes of raw material and production, mainly in the Biobío Region, where there is evidence of a consolidation of the seaweed processing industry. However, there is also evidence of a low quality of the raw algal material, lack of continuity of harvests during the year (seasonality), low productive diversification and a reduced number of destination markets.

The relevance of the group of companies dedicated to the development and commercialisation of health food and



## Resultados esperados



**Figura 5:** Principales resultados esperados tras la continuidad de Nutrimar Biobío

**Figure 5:** Main expected results after the continuity of Nutrimar Biobío



## Beneficiarios e impactos para la Región del Biobío



**Figura 6:** Principales beneficios e impactos esperados tras la continuidad de Nutrimar Biobío.

**Figure 6:** Main beneficiaries, scope and impacts expected after the continuity of Nutrimar Biobío.

prima y producción, principalmente en la Región del Biobío, en la cual se evidencia una consolidación de la industria de transformación de algas. Sin embargo, también se evidencia una **baja calidad de la materia prima algal, falta de continuidad de cosechas durante el año (estacionalidad), una baja diversificación productiva y un reducido número de mercados de destino.**

La pertinencia del grupo de **empresas dedicadas al desarrollo y comercialización de alimentos saludables y productos nutraceuticos** de la Región del Biobío, radica en que serán los principales usuarios de las instalaciones montadas tras la ejecución de la primera versión de Nutrimar Biobío (BIP 40026757-0), incluyendo una planta piloto kitchen lab para el prototipado de alimentos saludables en base a algas (Fig. 3.-) y una planta piloto para la elaboración de productos nutraceuticos basados en macro y microalgas, específicamente una máquina encapsuladora softgel (Fig. 4.-) **única en nuestro país.**

La estrategia de transferencia tecnológica considerada en la propuesta permitirá dar apoyo a empresas interesadas en elaborar nuevos prototipos en base a algas, apoyándolos directamente en el etiquetado nutricional, formulación, pruebas de estabilidad y evaluaciones sensoriales, entre otros, con tal de que sus prototipos lleguen al mercado cumpliendo con los estándares necesarios. Finalmente, la pertinencia del grupo de comunidades escolares,

nutraceutical products in the Biobío Region lies in the fact that they will be the main users of the facilities set up after the execution of the first version of Nutrimar Biobío (BIP 40026757-0), including a kitchen lab pilot plant for the prototyping of health food based on algae (Fig.3.-) and a pilot plant for the production of nutraceutical products based on macro and microalgae (Fig.4.-), specifically a softgel encapsulation machine unique in our country.

The technology transfer strategy considered in the proposal will provide support to companies interested in developing new algae-based prototypes, supporting them directly in nutritional labelling, formulation, stability tests and sensory evaluations, among others, so that their prototypes reach the market in compliance with the necessary standards.

Finally, the relevance of the school community group, including both students and parents, lies in the fact that they are the ones who will dictate the direction of the seaweed food and nutraceutical market in order to satisfy user demand. It is known that many Chileans do not consume algae due to undesirable sensory properties (e.g. unpleasant smell and taste), however, technological innovation applied to algae foods that currently exist have allowed this paradigm to change. It is important to educate consumers from an early age, raising awareness of the health benefits of algae consumption.

incluyendo tanto a alumnos como apoderados, radica en que son quienes dictarán la dirección que debe tener el mercado de alimentos y nutraceuticos algales, con tal de satisfacer la demanda de los usuarios. Es conocido que muchos chilenos no consumen algas debido a propiedades sensoriales indeseadas (Ej. Olor y sabor desagradable), sin embargo, la innovación tecnológica aplicada a los alimentos algales que existen actualmente han permitido cambiar este paradigma. Es importante educar desde los primeros años a los consumidores, sensibilizando a la población sobre los beneficios del consumo de algas para la salud.

## EL ALCANCE Y LOS OBJETIVOS

El objetivo general es Consolidar la plataforma de Innovación Nutrimar Biobío como un ente articulador entre la comunidad científica, el público general y todos los actores de la cadena productiva alimentaria y nutraceutica basada en recursos algales, a través de la prestación de servicios de prototipaje, formación de capital humano y sensibilización de público general, para el fortalecimiento de la competitividad del rubro alguero regional.

Los objetivos específicos son 1.- Incrementar la calidad y valor agregado de la materia prima algal; 2.- Fomentar el desarrollo de una industria regional en torno a la elaboración de alimentos funcionales y productos nutraceuticos con inclusión de algas; 3.- Fortalecer el posicionamiento de las algas (macro y microalgas) como superfoods a través de la educación en escolares y consumidores adultos y estrategias de marketing; y 4.- Fortalecer la articulación entre los actores involucrados en el sector productivo algal regional con el sector científico dedicado a la I+D+i (Fig. 5.-)

La ejecución de este nuevo proyecto, la plataforma de innovación Nutrimar Biobío se consolidará como un ente articulador de espacios de encuentro y vinculación, oportunidades de difusión, sensibilización, capacitación y prototipado de productos que impactarán directamente a todos los actores de la cadena productiva de alimentos y nutraceuticos algales, desde pequeños recolectores hasta empresas transformadoras y comercializadoras. Estos actores tendrán la oportunidad de agregar valor y crear innovadores productos gracias a nuestras plantas de prototipado, dándoles también visibilidad a través de una vitrina online activa. Adicionalmente, el trabajo de sensibilización con comunidades escolares del Biobío permitirá crear una cultura algal desde las generaciones más pequeñas y consumidores del mañana potenciando una industria alguera regional competitiva, innovadora y sustentable (Fig 6.-).

## THE SCOPE AND GOALS

The main problem is based on the fact that the consumption of algae has numerous and proven health benefits. Although the algae food and nutraceutical market has great potential, it has been poorly exploited in Chile and most of our algae resources are exported as raw material, with few innovation initiatives for diversification and value addition. The Biobío Region has a large commercial activity, as well as the necessary actors to transform and market food and nutraceutical products of algal origin with

The main goal is to consolidate the innovation platform Nutrimar Biobío as an articulating entity between the scientific community, the general public and all stakeholders in the food and nutraceutical production chain based on algal resources, through the provision of prototyping services, human capital training and awareness of the general public, to strengthen the competitiveness of the regional algae industry.

The specific goals are: 1.- To increase the quality and added value of the algal raw material; 2.- To promote the development of a regional industry around the elaboration of functional foods and nutraceutical products with the inclusion of algae; 3.- To strengthen the positioning of algae (macro and microalgae) as superfoods through the education of school children and adult consumers and marketing strategies; and 4.- To strengthen the articulation between the actors involved in the regional algal production sector with the scientific sector dedicated to R+D+I (Fig. 5.-).

The implementation of this new project, the Nutrimar Biobío innovation platform will be consolidated as an articulating entity of meeting and linking spaces, dissemination opportunities, awareness, training and products prototyping that will directly impact all actors in the production chain of algal food and algal nutraceuticals, from small harvesters to processing and marketing companies. These actors will have the opportunity to add value and create innovative products thanks to our prototyping plants, giving them visibility through an active online showcase. In addition, the awareness-raising work with school communities in Biobío will create a social algal culture from the youngest generations and consumers of tomorrow, promoting a competitive, innovative and sustainable regional algae industry (Fig. 6.-).

# INCLUYENDO EL AMBIENTE EN MODELOS DE PRODUCCIÓN DE LA PESQUERÍA DE JUREL EN EL PACÍFICO SURORIENTAL (1973-2023)

Eleuterio Yáñez<sup>1</sup>, Pierre Fréon<sup>2</sup> & Antonio Aranís<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Profesor Titular Pontificia Universidad Católica Valparaíso (eleuterio.yanez@pucv.cl)

<sup>2</sup> Científico Pesquero (pierre.freon@free.fr)

<sup>3</sup> Investigador en Pesquerías (antonio.aranis.r@gmail.com)

El jurel (*Trachurus murphyi* Nichols 1920) se distribuye desde el sur del Ecuador hasta el sur de Chile (1°38' S - 55° S) y desde las costas del Pacífico Sur Oriental (PSO) hasta Nueva Zelanda (Serra, 1991; Poulin et al., 2014). La Organización Regional del Pacífico Sur (OROP-PS) registra capturas desde 1970 para los 16 países (incluida la Unión Europea) que explotan el jurel en el PSO (SPRFMO SC11-Report, 2023). Estas presentan un máximo de 4.955.186 t en 1995, disminuyen drásticamente a 353.120 t en el 2013 y aumentarían a 1.134.612 t en el 2023. Los desembarques de Chile representan el 73% de las capturas registradas para el PSO entre 1970 y 2022. En Chile el jurel es capturado por embarcaciones artesanales e industriales de cerco, representando éstas últimas cerca del 87% de los desembarques del recurso en el país entre 2018 y 2022 (SERNAPESCA, 2018 - 2022).

En este trabajo se analiza la pesquería de jurel realizada en el PSO entre 1973 y 2023. Para tal efecto se considera la hipótesis de una sola unidad de stock (Parada et al., 2013) y se toman en cuenta: 1) la captura (C) de todos los países que explotan el recurso en el PSO; 2) el índice de abundancia captura por unidad de esfuerzo de pesca estándar (CPUE), deducido de los registros del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile; 3) el esfuerzo total de pesca estándar (estimado por  $E = C/CPUE$ ); y 4) la temperatura superficial del mar (TSM) registrada por la NOAA entre los 32° S - 42° S y 71° W - 80° W. (Tabla 1).

En el análisis se ajustan modelos globales de producción que

consideran la variabilidad ambiental (Fréon et al., 1993; Fréon & Yáñez, 1995), usando la versión del programa CLIMPROD 5.2 (2021). Además se consideran correcciones de las capturas chilenas de jurel que implicarían aumentos en la zona centro-sur de Chile de 79% en 1998, 95% en 1999, 63% en 2000 y 115% en 2001 (Yáñez et al., 2016). Estas diferencias, que se deben confirmar, se deberían a dificultades para identificar el jurel en presencia de otros recursos abundantes como la sardina común (*Strangomera bentincki*) y la anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona centro-sur, y la caballa (*Scomber japonicus*) en la zona norte. Por otra parte, la CPUE ocupada en la evaluación del stock parece estar sobre estimada en más del doble en el 2020, 2021 y 2022 en la zona centro-sur de Chile, debido a una fuerte concentración del recurso cerca de la costa (Payá, 2022).

Así, para la pesquería del período 1973-2023 se ajusta el siguiente modelo que considera el efecto del ambiente (TSM) y del esfuerzo de pesca (E):

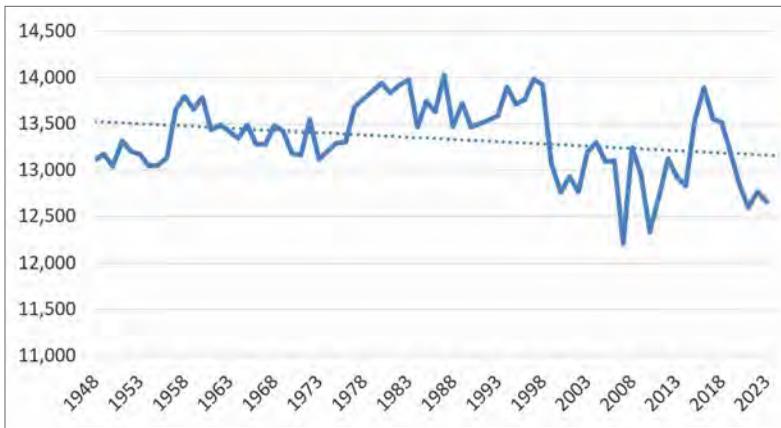
Así, para la pesquería del período 1973-2023 se ajusta el siguiente modelo que considera el efecto del ambiente (TSM) y del esfuerzo de pesca (E):

$$CPUE = ((a TSM^b) + d E) (1/c-1)$$

Este modelo, considerado previamente por Yáñez et al. (2022), incorpora una relación no lineal entre CPUE y TSM, dentro del modelo de producción generalizado de Pella y Tomlinson (1969). El modelo considera  $k = 5$  (clases de edad significativas en las capturas), un reclutamiento ( $R$ ) = 2 años y el ambiente afectando la abundancia principalmente entre 0 y 2 años (Espíndola et al., 2016). Para estimar los rendimientos máximos sostenidos (RMSs) extremos se consideran como constantes las

**Tabla 1:** Capturas, CPUE, esfuerzo de pesca y TSM-NOAA en el PSO.

	CAPTURAS (t)	CPUE (t/CBD*DFPP)	ESFUERZO PESCA (CBD*DFPP/1000)	TSM-NOAA (°C)
1973	164.376	0,0512	3210	13,117
1974	322.723	0,0376	8583	13,208
1975	299.104	0,0763	3920	13,294
1976	396.458	0,1131	3505	13,297
1977	848.071	0,1512	5609	13,678
1978	1.024.764	0,2237	4581	13,774
1079	1.301.611	0,2579	5047	13,856
1980	1.316.363	0,2673	4925	13,939
1981	1.944.670	0,4253	4572	13,831
1982	2.371.611	0,4546	5217	13,916
1983	1.870.262	0,6129	3051	13,979
1984	2.686.902	0,5368	5005	13,466
1985	2.370.934	0,5043	4701	13,742
1986	2.072.848	0,4100	5056	13,629
1987	2.679.764	0,4998	5362	14,022
1988	3.245.699	0,4452	7290	13,467
1989	3.547.077	0,4069	8717	13,723
1990	3.714.757	0,3550	10464	13,463
1991	3.777.618	0,3654	10338	13,502
1992	3.361.674	0,3236	10388	13,540
1993	3.369.598	0,2753	12240	13,588
1994	4.274.793	0,2707	15792	13,898
1995	4.955.186	0,2719	18224	13,711
1996	4.378.844	0,2417	18117	13,761
1997	3.597.117	0,1724	20865	13,981
1998	2.025.758	0,1425	14216	13,924
1999	1.423.447	0,1502	9477	13,068
2000	1.540.318	0,1591	9681	12,757
2001	2.527.725	0,1743	14502	12,929
2002	1.750.077	0,1438	12170	12,765
2003	1.797.229	0,1329	13523	13,193
2004	1.934.411	0,1534	12610	13,297
2005	1.754.673	0,1449	12110	13,088
2006	2.020.136	0,1499	13477	13,099
2007	1.996.975	0,1106	18056	12,213
2008	1.472.631	0,0642	22938	13,242
2009	1.283.473	0,0667	19242	12,953
2010	726.573	0,0460	15795	12,337
2011	634.125	0,0279	22728	12,721
2012	454.746	0,0495	9187	13,120
2013	355.539	0,0399	8911	12,927
2014	415.366	0,0378	10989	12,827
2015	395.210	0,0369	10710	13,527
2016	389.101	0,0513	7585	13,889
2017	406.126	0,0785	5174	13,556
2018	527.539	0,0832	6341	13,514
2019	635.569	0,1196	5314	13,188
2020	725.945	0,2135	3400	12,843
2021	802.048	0,2097	3825	12,592
2022	961.428	0,2170	4431	12,764
2023	1.134.612	0,2170	5229	12,656



**Figura 1:** TSM-NOAA promedio anual de 1948 al 2023, en la zona comprendida entre los 32° S - 42° S y los 71° W - 80° W).

TSM promedios anuales de los períodos 2016-2023 (más cálida, dado que considera efectos de El Niño) y 2020-2023 (más fría) (Fig. 1). Además se toman en cuenta las C anuales no corregidas y corregidas de 1998-2001, y las CPUE promedios anuales no corregidas y corregidas de 2020-2022; por el momento, para el 2023 se replica la CPUE de 2022.

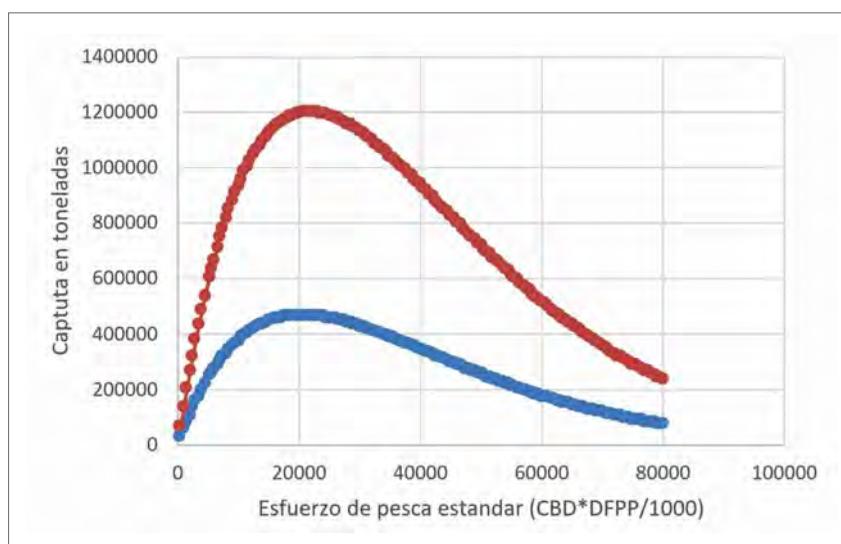
De este modo se estiman, respectivamente con las TSM más fría y más cálida:

- RMS de 572.732 t y 1.223.075 t, sin considerar correcciones de C y CPUE, y con un ajuste de  $R^2 = 0,87$  ( $p < 0,01$ ),  $R^2$  Jackknife = 0,84, Test Jackknife = good, sobre los 4 parámetros del modelo ( $p < 0,01$ ), y
- **RMS de 469.704 y 1.200.201 t, con correcciones de C y de CPUE, y un ajuste de  $R^2 = 0,88$ ,  $R^2$  Jackknife = 0,87 ( $p < 0,01$ ), test Jackknife = good, sobre los 4 parámetros del modelo ( $p < 0,01$ )** (Fig. 2).

Cabe señalar que durante el 2015-2018 se desarrolla un período más bien cálido asociado a sucesivos fenómenos El Niño, eventos que podrían aumentar la disponibilidad y por ende la CPUE, y no necesariamente la abundancia del recurso. Por otra parte, la Comisión de la OROP-PS adoptó para el 2024 una captura total permisible de o por debajo de 1.242.000 t (SPRFMO SC11-Report, 2023). Por otra parte, se constata que el presente análisis muestra ciertas diferencias al usar los datos de C y CPUE corregidos y sin corregir. También que el período 1983-1998 es más bien cálido con un promedio anual de 13,712 °C y capturas bastante más altas (3.318.098 t de promedio anual) que las de los ocho años más recientes (entre 389.000 y 1.134.612 t) con un promedio anual de 13,125 °C.

En tanto que el promedio del período 1999-2014 es más frío (12,909°C) y aún más la TSM promedio anual del período 2020-2023 (12,714 °C). Por otra parte, un posible aumento de la disponibilidad se podría dar por una migración del jurel hacia el sur debido a los efectos del cambio climático, tal como sucedería con el pez espada (Silva et al., 2015).

Este recurso implicó en el PSO capturas cercanas a 5 millones de t en 1995, las que caen a 400.000 t de promedio anual en el período 2012-2017, aumentando a 725.924 t anuales en el período 2018-2022. Cabe señalar que para los primeros años de los 90 se estimó una captura máxima total permisible de 2,2 millones de t y que la flota de cerco industrial capturó en la zona de Talcahuano alrededor de 2,3 millones de t en 1991 (Caballero et al., 1992). El recurso jurel podría estar recuperándose de una gran sobre explotación, cuyo costo para el ecosistema aún no ha sido evaluado, toda vez que junto a este recurso se capturan otras 42 especies. Pero quedan por dilucidar los efectos del ambiente



**Figura 2:** RMS (máximos de las curvas) del jurel en el PSO para dos ambientes (más cálida arriba; más fría abajo).

sobre la capturabilidad. Además, en el presente trabajo se consideran las fluctuaciones interanuales de las variables analizadas; sería recomendable incluir la variaciones intraanuales haciendo uso de información mensual de éstas y otras variables que podrían incluirse en los análisis (Naranjo et al., 2015).

## REFERENCIAS

- Caballero, L., L. Santilán & G. Rosson. 1992.** Investigación del esfuerzo pesquero en las pesquerías chilenas. Pesquerías pelágicas: sardina española (Zona Norte) y jurel (Talcahuano). Corporación de Fomento de la Producción & Instituto de Fomento Pesquero, SGI-IFOP 92/16, 38 págs. + Anexos,
- Espíndola, F., J.C. Quiroz, R. Wiff & E. Yáñez. 2016.** Incorporating sea surface temperature into stock-recruitment relationship: Application to jack mackerel (*Trachurus murphyi*) off Chile. *Revista de Biología Marina & Oceanografía*. Vol. 51 (1): 137-145.
- Fréon, P., G. Pichon & C. Mullon. 1993.** CLIMPROD: experimental interactive software for choosing and fitting surplus production models including environmental variables. *FAO, Computerized Information Series Fisheries* 5, 76 pp.
- Fréon, P. & E. Yáñez. 1995.** Influencia del medio ambiente en evaluación de stock: una aproximación con modelos globales de producción. *Invest. Mar., Valparaíso*, 23: 25-47.
- Naranjo, L., F. Plaza, E. Yáñez, M. Á. Barbieri & F. Sánchez. 2015.** Forecasting of jack mackerel landings in central-southern Chile through neural networks. *Fisheries Oceanography*, Vol. 24 (3): 219-228.
- Parada, C., B. Yannicelli, S. Hormazábal, S. Vásquez, J. Porobic, B. Ernst, C. Gatica, M. Arteaga, A. Montecinos, S. Núñez & A. Gretchina. 2013.** Environmental variability and fisheries in the southeastern Pacific: research status and challenges for fisheries management. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 41(1): 1-28.
- Payá, I. 2022.** High fish concentrations close to the coast in recent years could affect the Jack Mackerel CPUE abundance index in south-central Chile: proposal of a correction procedure. 10th SPRFMO SC Meeting, SC10-JM05: 1-14.
- Pella, J.J. & P.K. Tomlinson. 1969.** A generalized stock production model. *IATTC Bull.*, 13 (3): 419-496.
- Poulin, E., L. Cárdenas, C.E. Hernández, I. Kornfield & F.P. Ojeda. 2004.** Resolution of the taxonomic status of Chilean and Californian jack mackerel using mitochondrial DNA sequence. *Journal of Fish Biology* 65: 1160-1164.
- SERNAPESCA. 1982-2022.** Anuarios estadísticos de desembarque. Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, Chile.
- Serra, R. 1991.** Important life history aspects of the Chilean jack mackerel *Trachurus symmetricus murphyi*. *Invest. Pesq. (Chile)*, 36: 67-83.
- Silva, C., E. Yáñez, M. A. Barbieri, C. Bernal & A. Aranís. 2015.** Forecasts of swordfish (*Xiphias gladius*) and common sardine (*Strangomera bentincki*) off Chile under the A2 IPCC climate change scenario. *Progress in Oceanography*, 134: 343-355.
- SPRFMO SC11-Report. 2023.** Annex 7. Jack Mackerel Technical Annex. Scientific Committee, South Pacific Regional Fisheries Management Organisation (SPRFMO), 114 pp.
- Yáñez, E., F. Plaza, P. Fréon & A. Aranís. 2022.** La pesquería del jurel en el Pacífico Sur Oriental (1973-2022): estimaciones del rendimiento máximo sostenido. The jack mackerel fishery from the southeastern Pacific (1973-2021): maximum sustainable yield estimations. *Revista Versión Diferente*, Año 19, N°35: 64-67.

# EL PROGRAMA TECNOLÓGICO PTEC-INVA Y LOS DESAFÍOS MÁS GRANDES DE LA SALMONICULTURA CHILENA



Daniel Nieto Díaz-Muñoz PhD, Gerente Programa Tecnológico PTEC-INVA.  
Adam Mumtaz Troncoso, Encargado de Comunicaciones y Difusión PTEC-INVA.

[www.inva.cl](http://www.inva.cl)  
Salmones Antártica - Corfo

Casi 40 años han pasado desde que comenzamos a cultivar salmones y truchas en Chile y, al mirar hacia atrás, lo que hemos vivido parece vertiginoso: desde el uso de jaulas de madera de 10 por 10 metros a una domotización casi total de los centros de cultivo. Esta ruta no sólo ha implicado un fuerte desarrollo tecnológico pero también un cada vez mayor compromiso con la sostenibilidad, el respeto al medio ambiente y una sana y fructífera relación con las comunidades aledañas a los centros de cultivo.

La Corporación de Fomento de la Producción (Corfo) ciertamente ha puesto sus fichas en este desarrollo. Actualmente dos potentes programas tecnológicos (PTEC) están operando: el de acuicultura oceánica (PTECAO) en sus etapas finales, habiendo logrado el prodigio de balsas-jaula de 80 por 80 m y una ingeniería de fondeos para zonas de alta exposición a las corrientes y el oleaje (Walbusch), domotización (AST) y robótica submarina (Aquarov), y todo esto ha probado, en ciclos productivos industriales, su gran performance. El otro es el Programa Tecnológico para la Producción Local de Insumos Nutricionales para la Acuicultura (PTEC-INVA) actualmente en curso, cumpliendo dos de sus cinco años. A este nos vamos a referir más profundamente, por su también incuestionable importancia estratégica.

Desde el punto de vista del desarrollo en el ámbito sanitario, uno de los aspectos sobresalientes en la actualidad es la clara tendencia que se observa en los últimos años en orden a disminuir el consumo de antibióticos. Este es uno de los objetivos más importantes de la industria a la hora de salir al mercado, la salud, la opinión pública, entre otros aspectos, y es por todos sabido que el patógeno *Piscirickettsia salmonis* (agente causal de la piscirickettsiosis) no da tregua pero, por medio de mil artes de manejo, mejora genética, una buena nutrición, entre una serie de factores que se concatenan, hemos logrado incluso terminar ciclos productivos sin haber usado terapias.

Para quienes llevamos años en esto, sabemos que el esfuerzo para lograr este resultado es inmenso y ciertamente la nutrición es parte vital de la cadena de factores que permiten mejorar los resultados.

Pero la nutrición también enfrenta desafíos gigantescos. El antiguo paradigma de alimentar salmónidos con harina y aceite de pescado hoy es parte del recuerdo: ya no es así, y probablemente nunca más lo será.

Aquí es donde un grupo visionario y con el ímpetu de los investigadores se asociaron para crear el PTEC-INVA, junto con la Corfo. Salmones Antártica es la empresa que lidera este Programa a través de su gerente técnico, Paulo Palacios; el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA); la Universidad de Chile; la Universidad Católica de Temuco; el Centro Tecnológico para la Innovación Alimentaria (CeTA); el laboratorio VEHICE; Saprosem (Empresas Agrotop); y la asociada Alianza Team, expertos en aceites.

El objetivo: definir las especies vegetales más idóneas y costo-efectivas entre La Araucanía y Magallanes, para fomentar su cultivo, generar trabajo y, muy especialmente, lograr una tendencia hacia la producción en Chile de aquello que hoy se importa como materia prima, y que alcanza cifras del orden del 80 al 90%.

Una dependencia demasiado alta, y que eventos como la pandemia del Covid-19 y luego la guerra de Rusia a Ucrania han revelado el impacto que estas situaciones producen sobre los costos, sobre la oportunidad de los fletes, la seguridad de conseguir los pedidos, los seguros, etc. Todo lo anterior genera una mayor competencia por los insumos (Figura 1) y mayores precios.

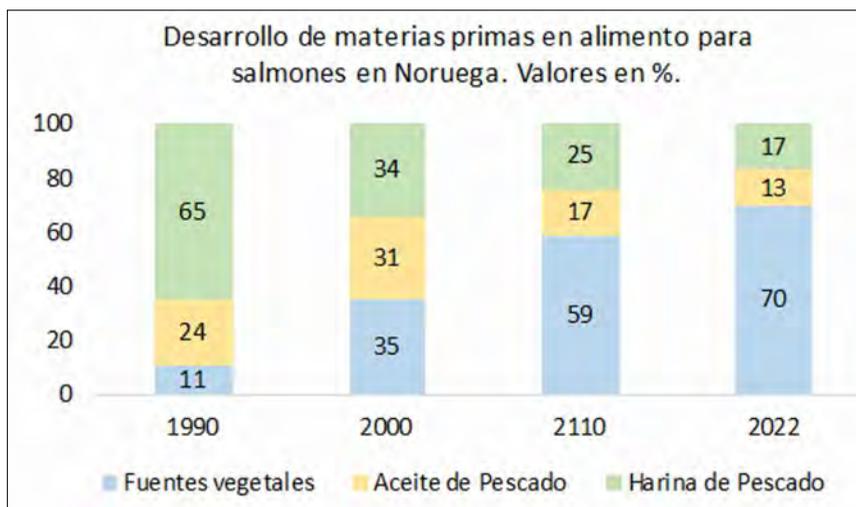
Pues bien, se trata de reemplazar la harina de pescado como fuente de proteína y el aceite de pescado, fuente de los ácidos grasos indispensables para el salmón, en particular los insaturados de cadena larga DHA y EPA, comúnmente llamados omega-3.

El reemplazo de la proteína con insumos vegetales, suplementando con algunos aminoácidos esenciales para el salmón (metionina, lisina), se ha logrado al punto de poder prescindir completamente de la harina de pescado (Figura 2) en algunas dietas.

En el caso del aceite, sin embargo, hay un pequeño problema: el



**Figura 1:** Evolución de las cantidades de alimento (miles de toneladas) de salmón en Noruega, Chile y Otros, 2017 – 2022. Fuente: Mowi Farming Handbook, 2023.



**Figura 2:** Evolución de los insumos del alimento para salmónes en Noruega, muy similar al caso chileno, 1990 – 2022. Valores en %. Fuente: Mowi Farming Handbook, 2023.

reino vegetal no es precisamente pródigo en los omega-3 tan necesarios para la vida y salud del salmón. Esta circunstancia ha derivado en la necesidad de establecer un límite para el reemplazo con fuentes tradicionales de aceites vegetales, como soya, raps (canola) y algunos otros, donde pasado este límite se manifiesta la respuesta a la acción preponderantemente proinflamatoria de los omega-6 presentes en el mundo vegetal, esto es la melanosis, que puede ir desde algunos puntos negros (melanina) hasta un músculo completamente negro. Y esto debe ser evitado a toda costa.

Aquí se hacen evidentes al menos dos importantes desafíos: primero, asegurarse de los aportes mínimos de aceite de pescado, que actualmente fluctúan entre un 5 y hasta un 20% del aporte de aceite en la dieta, siempre teniendo presente que la industria de la acuicultura busca dentro de sus objetivos generales alejarse

de la pesca extractiva como base para su alimentación, y al mismo tiempo, seguir investigando cómo aportar estos omega-3 desde los vegetales. Y el mundo científico no se ha quedado atrás en este esfuerzo. En la prestigiosa revista *Aquaculture*, el año 2022 se publicó un interesante trabajo: “Improved fillet quality in harvest-size Atlantic salmon fed high n-3 canola oil as a DHA-source” (“Mejora de la calidad del filete de salmón del Atlántico de tamaño de cosecha alimentado con canola rica en n-3”).

Debido a la limitada disponibilidad de aceites marinos ricos en EPA y DHA, el estudio se centra en encontrar nuevas fuentes de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga n-3 (n-3 LC-PUFA) para el cultivo sostenible de salmónes. Se investigó el aceite de canola con alto contenido de n-3 LC-PUFA como fuente segura y efectiva de ácido docosahexaenoico (DHA) y otros n-3 PUFA en salmón Atlántico (*Salmo salar*). Para estos efectos se llevó a cabo un experimento de alimentación de doce meses con peces que crecieron hasta alcanzar el peso de cosecha (4,7 kg) en balsas-jaulas en el mar. A estos peces se los alimentó con tres dietas que contenían niveles crecientes de aceite de canola con alto contenido de n-3, lo que resultó en diferentes niveles de DHA dietético. La dieta estándar (control) representaba la práctica comercial actual.

Dentro de los resultados, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos dietéticos en cuanto al crecimiento general

de los peces y su peso al momento de la cosecha, ni en la tasa de conversión alimenticia.

Los perfiles de ácidos grasos en los tejidos reflejaron las dietas, mostrando un aumento en el contenido de DHA, EPA y ALA con niveles crecientes de inclusión de aceite de canola con alto contenido de n-3 LC-PUFA. La inclusión de aceite de canola con alto contenido de n-3 no tuvo efecto en la concentración de astaxantina muscular, pero se observó un aumento en los valores instrumentales de rojo, lo que sugiere un efecto positivo en el color a través de los efectos en la estructura o composición muscular.

La prevalencia y gravedad de las manchas oscuras de melanina en el filete se redujeron significativamente con un mayor nivel de inclusión de aceite de canola con alto contenido de n-3. La

prevalencia de manchas graves, el puntaje promedio y el número de segmentos musculares afectados fueron todos más bajos en las dietas con mayor inclusión de aceite de canola con alto contenido de n-3.

En conclusión, el aceite de canola con alto contenido de n-3 demostró ser una fuente eficiente de DHA y otros ácidos grasos n-3 para salmones Atlántico en etapa de cosecha. El suministro dietético aumentado de DHA y otros PUFA n-3 mejoró la pigmentación del filete y redujo las manchas de melanina, sin comprometer el crecimiento de los peces.

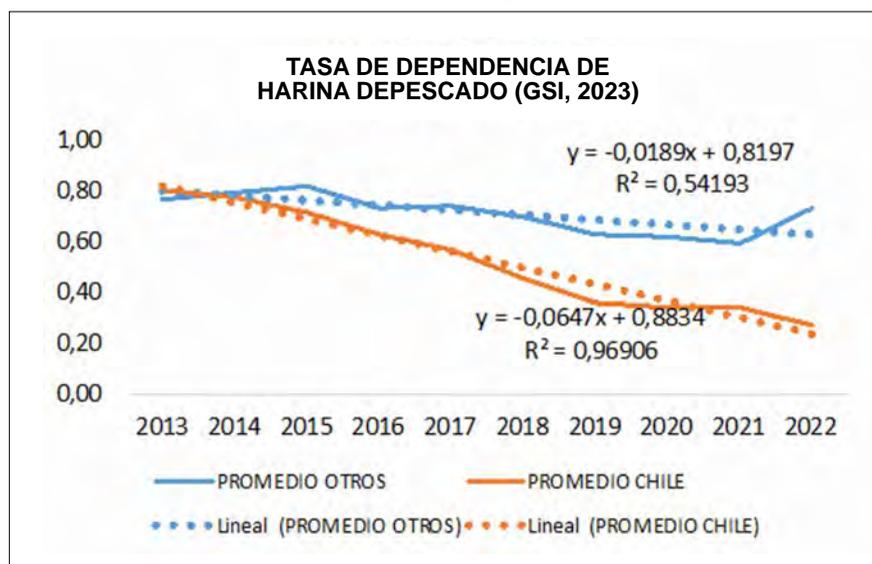
A propósito de estos resultados, recientemente (enero de 2024) el Instituto Noruego de Investigación en Alimentos, Pesca y Acuicultura (Nofima) ha expresado públicamente su postura en cuanto a que el aceite de canola genéticamente modificado (GMO), que no contiene ADN ni ninguna molécula que pudiera representar un riesgo genético de ningún tipo, es una excelente alternativa para reemplazar el aceite de pescado.

Los investigadores de Nofima, que llevan estudiando nuevas formas de alimentar a los salmónidos de acuicultura con ingredientes alternativos a los tradicionales desde hace varias décadas, concluyen que los alimentos producidos con aceite de canola ricos en omega-3 DHA son tan válidos como aquellos en los que se usa el aceite de pescado tradicional.

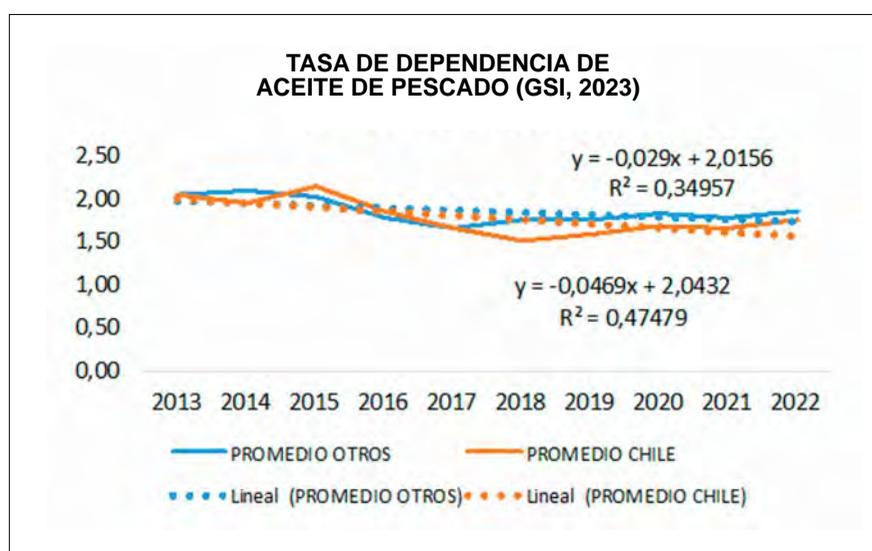
Este estudio llega en un momento importante para la acuicultura en Noruega y también la chilena, que se encuentran activamente en la búsqueda de nuevos ingredientes que les permita seguir creciendo sin que se produzca un aumento de la demanda por pesca, los costos y en la sustentabilidad ambiental por las limitaciones actuales y futuras de la harina y aceite de pescado.

En conclusión, disponer de fuentes alternativas al aceite omega-3 de origen marino no sólo es importante para garantizar la producción de salmones y truchas, también es indispensable para garantizar la salud y el bienestar de los peces. En este sentido, el aceite de canola omega-3 GMO es una fuente eficiente de DHA y otros ácidos grasos poliinsaturados para el cultivo de salmónidos hasta la talla comercial. Esta estrategia de alimentación

permitirá en un futuro aumentar las tasas de omega-3 en las dietas y reducir la relación con los omega-6 en los filetes. Lo anterior implica que los desafíos también pasan por las leyes que regulan el gran tema de los alimentos genéticamente modificados, lo que debe analizarse al margen de ideologías y juicios basados en paradigmas. Al menos en nuestro PTEC-INVA hemos obtenido del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) un permiso para procesar semilla de canola GMO y el aceite resultante probarlo experimentalmente. Lo interesante en este caso es que la legislación chilena permite importar semilla de canola GMO desde Canadá o Uruguay, sembrarla, cultivarla y luego cosecharla, pero si se trata de elaborar aceite hay que enviar la semilla fuera del país, por ejemplo a Argentina, y traer de vuelta el aceite. Curioso procedimiento. Desde luego, además de lo que cada uno pueda



**Figura 3:** Índice de Dependencia de Harina de Pescado promedio para Chile y para los otros países salmicultores, de acuerdo con GSI, 2023.



**Figura 4:** Índice de Dependencia de Aceite de Pescado promedio para Chile y para los otros países salmicultores, de acuerdo con GSI, 2023.

SUPERFICIE CULTIVADA TOTAL EN CHILE Y RENDIMIENTOS				
Especies	USO	Hectáreas cultivadas	Rendimiento en kilos por hectárea	Ton. totales
Trigo	Aglomerante	226.000	6.000	1.356.000
Raps	Aceite	50.000	5.000	250.000
Camelina	Aceite	1	3.000	3
Alfalfa	Proteína	65.000	13.000	845.000
Trébol rosado	Proteína	60.000	11.000	660.000
Lupino dulce	Proteína	8.900	3.300	29.370
Arveja	Proteína	2.500	4.500	11.250

**Tabla 1:** Superficie sembrada en Chile para las especies de estudio en el PTEC-INVA, 2023 (Fuente: INIA; Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Odepa).

inferir de esta situación, todo este trámite aumenta los costos, incrementa la huella de carbono y no va en el sentido de generar fuentes de trabajo a nivel local.

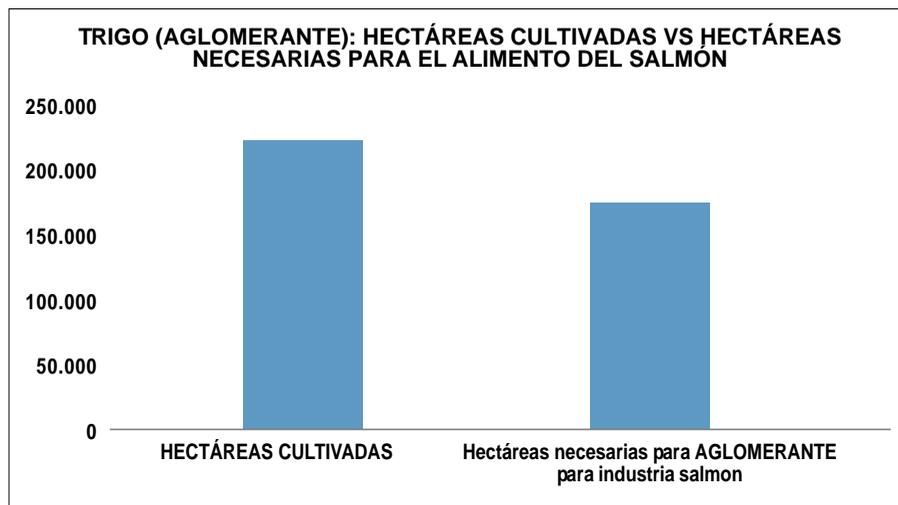
Pero para la acuicultura chilena no solo es tecnológico, científico y legal el desafío sino que también abarca el terreno de la agricultura y por añadidura al mundo campesino: pequeños, medianos y grandes agricultores están frente a una posibilidad inmensa de trabajo y de negocios. Como mencionamos, se importa la mayor parte de las materias primas que se consumen y estamos creando el conocimiento y las condiciones para promover los cultivos internos, es decir, en Chile. Los candidatos que se están estudiando entre La Araucanía y Magallanes son lupino, arveja, alfalfa, torta de camelina, torta de raps, como fuentes proteicas y camelina y canola (raps) como fuente de aceite. En particular, estamos viendo en los cultivos de camelina (*Camelina sativa*) en Magallanes un gran potencial de producción de aceite.

Complementariamente, es conveniente también incorporar al análisis la cantidad de instituciones que “observan”, publican y/o certifican los avances que realiza la acuicultura mundial en términos de sostenibilidad. Una de ellas es GSI (Global Salmon

fabricar una unidad de salmón de cultivo.

El razonamiento se basa en que la industria acuícola del salmón ha reducido significativamente las tasas de inclusión de harina y aceite de pescado procedente de peces pelágicos en los alimentos durante las últimas dos décadas. Los índices de dependencia (FFDR, Forage Fish Dependency Ratios) contenidos en estos requisitos tienen como objetivo respaldar la tendencia hacia menores tasas de inclusión y un uso cada vez más eficiente de los recursos marinos y vegetales, que se espera que continúe. La harina y el aceite de pescado son recursos finitos que se comparten entre una variedad de usuarios con un nivel cada vez mayor de demanda, desde el consumo humano directo hasta la acuicultura y la producción porcina y avícola.

Si comparamos el promedio de Índice de Dependencia de las empresas chilenas respecto del promedio de las compañías que operan en otros países salmonicultores, en cuanto a la harina de pescado Chile lleva una clara ventaja (Figura 3), y en el aceite, dado todo lo explicado más arriba, las tendencias son similares en todos los países (Figura 4) y precisamente en este ámbito es donde se deben producir mejoras y ventajas competitivas.



**Figura 5:** Trigo, hectáreas cultivadas actualmente, destinadas a pan y a candeal, y hectáreas necesarias para la industria del salmón.

Como ha sido dicho, el PTEC-INVA busca fomentar el cultivo de los insumos vegetales aptos para la acuicultura, y más allá de todos los desafíos que se nos presentan y que le dan una vitalidad inmensa a esta industria, lo que vemos como la realidad de nuestro sector agricultor nos revela que estamos frente a una tarea enorme: promover, transferir tecnología, crear una tercera industria que hermane a la acuicultura con la agricultura. La Tabla 1 muestra las hectáreas cultivadas actualmente en Chile:

Excepto por alguna cantidad de lupino, todo lo que vemos en esta Tabla 1 se

dedica a otros usos diferentes del alimento para salmónidos. Las siguientes tres figuras (5, 6 y 7) muestran en gráficos de barra lo que hay sembrado, y lo que tendría que haber si toda la especie en particular referida en cada barra se destinara al alimento de salmones y truchas. Las barras permiten apreciar la distancia a la que nos encontramos y lo estimulante del desafío al que nos enfrentamos.

Es necesario tener presente que, dado el conocido y demostrado mejoramiento de la salud y calidad de vida lograda al incorporar pescados a la alimentación humana, se ha producido un aumento constante en la demanda por estos que sólo podrá satisfacerse produciéndolos mediante cultivos marinos, ya que la pesca extractiva ha llegado a su tope biológico.

Al igual que en otras formas de producción animal intensiva, la alimentación constituye el más importante de los costos. La mayor complejidad de los alimentos requeridos en acuicultura provoca que este rubro normalmente represente un valor del orden del 60% del costo de producción, justificando plenamente los esfuerzos por cada vez entender mejor los principios de la alimentación y nutrición de los peces.

## REFERENCIAS

ASC: [https://www.asc-aqua.org/wp-content/uploads/2019/04/ASC-SalmonStandard\\_v1.2.pdf](https://www.asc-aqua.org/wp-content/uploads/2019/04/ASC-SalmonStandard_v1.2.pdf)

Bjarne Hatlen, Thomas Larsson, Tone-Kari Østbye, Odd Helge Romarheim, Laura Martinez Rubio, Bente Ruyter. Improved fillet quality in harvest-size Atlantic salmon fed high n-3 canola oil as a DHA-source. *Aquaculture*, Volume 560, 2022, 738555, ISSN 0044-8486.

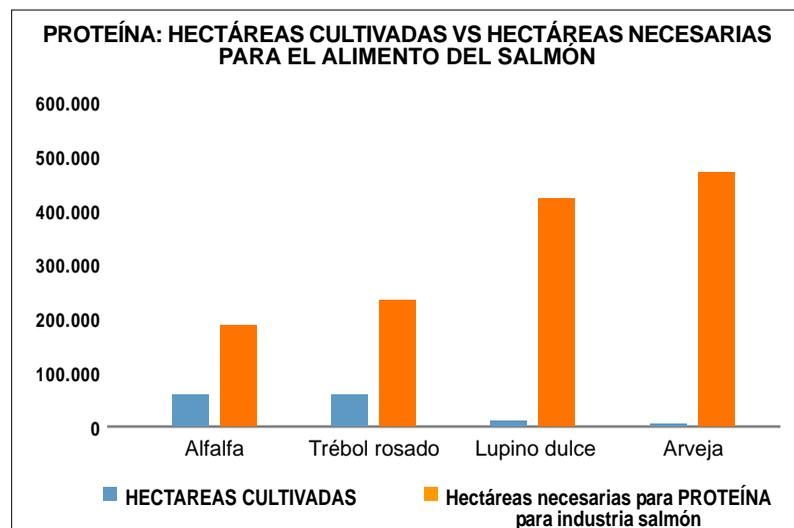
GSI: <https://globalsalmoninitiative.org/es/>

GSI: <https://globalsalmoninitiative.org/es/informe-de-sostenibilidad/indicadores-de-sostenibilidad/>

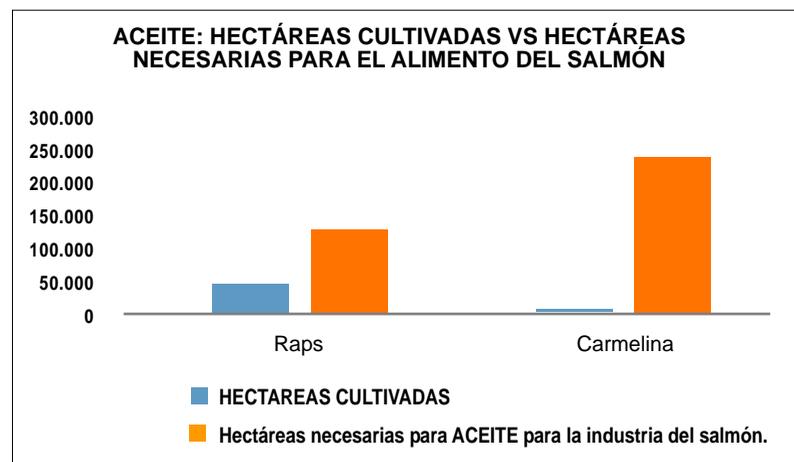
INIA Carillanca.

Odepa.

Salmon Farming Industry Handbook, 2023 (MOWI): <https://mowi.com/wp-content/uploads/2023/06/2023-Salmon-Farming-Industry-Handbook-2023.pdf>



**Figura 6:** Proteína, hectáreas cultivadas actualmente y hectáreas necesarias para la industria del salmón (cada especie por separado).



**Figura 7:** Aceite, hectáreas cultivadas actualmente y hectáreas necesarias para la industria del salmón (cada especie por separado).

# EL PROBLEMA DE LOS TRÁMITES EN LA ACUICULTURA NACIONAL



Juan Francisco Toro Garrido<sup>1</sup>, Augusto Guidi Cabrera<sup>2</sup>, Marcela Benelli Cuevas<sup>1</sup>, Daniel Lissard Sepúlveda<sup>1</sup> y Marcelo Campos Larraín<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Acuasesorías Ltda., <sup>2</sup>Acuadesia Ltda.

1 Norte 1431, Viña del Mar. Teléfonos: 32 2881211, +56 9 66767657  
O'Higgins 595, Depto. 202, Puerto Montt. Teléfonos: 65 2260626, +56 9 66767410

acuasesorias@acuasesorias.cl; www.acuasesorias.cl  
acuadesia@acuadesia.cl; www.acuadesia.cl

Dejando de lado expresiones como “Tramitomanía” (empleo exagerado de trámites) y “Tramitología” (el arte o ciencia de resolver, perfeccionar o facilitar los trámites), muchas han sido las voces críticas referida a la naturaleza de una multiplicidad de trámites y la extensión de los plazos que significan su desarrollo administrativo, situación que se presenta en diversas actividades que se despliegan en nuestro país, no siendo ajena dicha situación a la actividad de acuicultura. En el último tiempo, se ha criticado fuertemente los largos espacios de tiempos de espera para procesos que tienden a burocratizarse en demasía, tornándose al final del día en una excesiva demora que muchas veces termina por desincentivar actividades o proyectos con gran potencial, lo que contribuye a generar un escenario de baja inversión y destrucción de valor para el sector.

El Poder Ejecutivo generando acciones concretas, intenta hacerse cargo del problema de la llamada “tramitología” mediante la presentación del Proyecto de Ley que modifica diversos cuerpos legales, con el objeto de fortalecer la institucionalidad ambiental y mejorar su eficiencia. Lo anterior, mediante el Boletín N° 16.552-12, de fecha 10 de enero de 2024, actualmente en análisis por parte del Congreso Nacional.

Dicho Proyecto de Ley relata los aspectos tenidos en vista y que buscan avanzar en una normativa más eficiente sobre la materia, detectando los siguientes componentes e inconvenientes a solucionar:

1. **Componente político del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).**
2. Sistema recursivo complejo (vías de impugnación que incluyen un recurso administrativo).
3. Dificultades para la participación en el marco del SEIA.
4. **Ineficiencia en la aplicación de la Evaluación Ambiental Estratégica.**
5. **Limitaciones del sistema de responsabilidad por daño ambiental.**
6. **Rigidez del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático.**

Desde el punto de vista de las modificaciones que plantea concretar, resultan interesantes aspectos relativos al ajuste de las normas de ingreso al SEIA, proponiendo adecuaciones a los artículos 8°, 9°, 9° bis y 9° ter de la Ley N° 19.300 (Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente); esto, para aclarar el alcance de algunas reglas generales de ingreso, descripción y calificación de proyectos y actividades que se sometan al SEIA. También, considera ajustes a ciertas tipologías de ingreso del artículo 10, considerando su actualización donde ya pasaron más de 30 años del listado original de la Ley N° 19.300. En cuanto a evaluación de impactos ambientales, sugiere ajustes con el fin de establecer de manera más precisa la calificación ambiental de un proyecto o actividad, recogiendo aspectos recientes desde el plano judicial, como lo son la consideración de la sinergia y acumulación de impactos en el área de influencia.

Se incluye la figura de las declaraciones juradas para realizar modificaciones al mismo, siempre y cuando éstas no consistan en cambios de consideración, la que deberá ser suscrita por un profesional inscrito en un Registro de Consultores que pretende crear este Proyecto de Ley (Título II de la Ley N° 19.300 un nuevo Párrafo 2° bis, relativo al registro de consultores del SEIA).

Se manifiesta una política concreta de buenas intenciones, donde entendemos que el verbo rector que prima es el de incentivar la actividad productiva con resguardo en la institucionalidad ambiental, con el impulso que todos conocemos sin necesidad de explicación al respecto.

Pues bien, con especial interés y quizás “envidia sana” vemos que dicho esfuerzo de modificación normativa escasea en materia de tramitación de concesiones marítimas y algunas acciones en materia de acuicultura, donde por la actividad que se realiza y la trascendencia de éstas, se esperaría un mayor grado de dinamismo y avance para concretar el otorgamiento o renovación de las concesiones. De especial relevancia es considerar cómo se realizarán las renovaciones de las concesiones de acuicultura que se han otorgado por un plazo de 25 años. En lo específico, a priori se entiende que dicho trámite se realizará en función del

historial de los resultados de la Información Ambiental (INFA) de la concesión de acuicultura en particular, pero importante es saber si dicha renovación también estará sujeta al proceso de los Espacios Costeros Marinos de los Pueblos Originarios (ECMPO).

Sin duda que la tramitación de las concesiones marítimas requiere de un impulso en su tramitación, que se intentó evidentemente con la dictación del Reglamento sobre Concesiones Marítimas en el año 2018 y el proceso de adecuación desde el Sistema Integrado de Administración del Borde Costero (SIABC) hacia la nueva plataforma digital disponible en Subsecretaría para las Fuerzas Armadas (SSFFAA). Lamentablemente quienes son usuarios y especialistas en este tipo de trámites, se encontraron con falencias de implementación, pasando por un deficiente servicio del proveedor de la plataforma inicial, y los importantes atrasos que ya sufría SSFFAA en estas tramitaciones, sumado a un gran número de ingresos de solicitudes de todo tipo, lo que en definitiva no permite avanzar en los plazos y con la celeridad recogida por el Reglamento.

Para sumar retrasos en los tiempos de tramitación, encontramos la situación largamente comentada de los Espacios Costeros Marinos de los Pueblos Originarios (ECMPO) que se han transformado en un obstáculo innegable en tramitaciones de concesiones (de acuicultura y marítimas) por la aplicación del efecto suspensivo del artículo 10 de la Ley N° 20.249 o Ley Lafkenche (cuerpo legal que crea la figura jurídica del espacio costero marino de los pueblos originarios, cuyo objetivo es preservar el uso consuetudinario de dichos espacios, a fin de mantener las tradiciones y el uso de los recursos naturales por parte de las comunidades indígenas vinculadas al borde costero).

Se constata con los datos que se expresarán más adelante, la gran superficie territorial requerida por estos actores del borde costero, que -en estricto rigor- comprenden extensas superficies de hectáreas (ha), sin tener la capacidad efectiva de utilizarlos de

acuerdo con los objetivos perseguidos por la Ley Lafkenche. Es precisamente por esta razón que se han manifestado diversos actores territoriales y de distintas actividades económicas exigiendo una pronta modificación a la normativa que las rige.

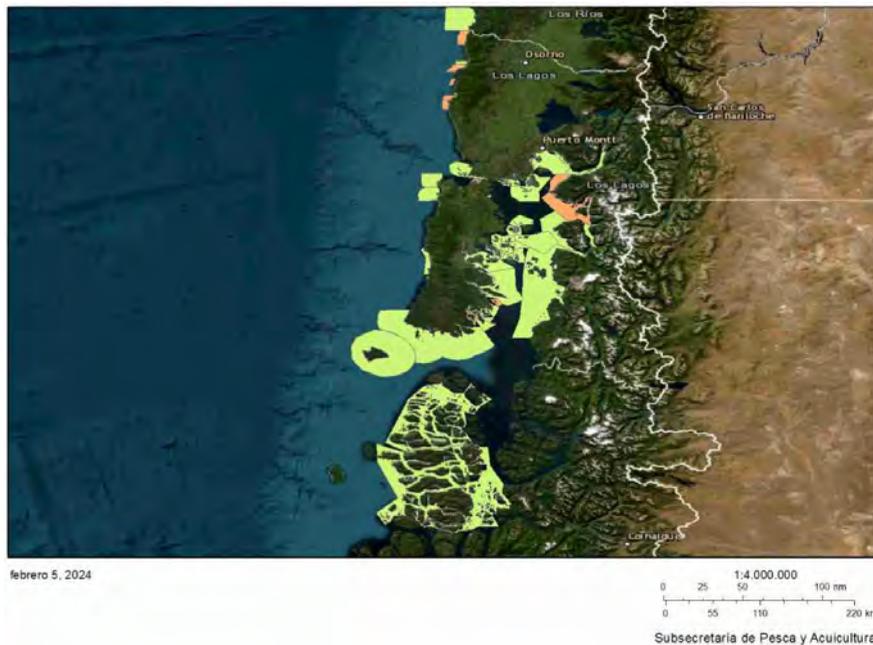
Según la información disponible en el visualizador de mapas de Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), al 30 de enero de 2024 existe un total de más de 4,5 millones de hectáreas requeridas por los ECMPO en un total de 145 trámites, siendo las regiones de Los Lagos y de Magallanes las más impactadas, con más de 1,6 millones de hectáreas cada una. Ante esto surge una situación de por sí compleja; toda concesión marítima o de acuicultura que alguna persona natural o jurídica, o destinación que el Estado desee tramitar para desarrollar actividades legítimas de cualquier índole (educacional, conectividad, turística, productiva, artesanal, industrial, de culto, etc.), se ve suspendida hasta que se resuelva la solicitud de ECMPO. A su vez, si se resuelve continuar el trámite, las solicitudes de concesiones o de destinaciones deben ser denegadas por sobreposición, perdiéndose con ello inversiones que muchas veces van en directo beneficio de la comunidad, especialmente trabajadores y sus familias, quienes como lugareños tienen grandes expectativas de desarrollo y bienestar.

En su mayoría, los ECMPO solicitan todas las naturalezas permitidas, esto es terreno de playa, playa de mar, porción de agua y fondo de mar, disminuyendo la disponibilidad de sectores que pudiesen utilizar terceros.

Si bien los ECMPO se concentran desde la región del Biobío hasta el extremo sur de Chile, también existen en la región de Atacama. De esta manera, del total de 145 trámites identificados en el visualizador de mapas de SUBPESCA, 34 corresponden a espacios ya decretados, los que abarcan una superficie de 222.404,14 hectáreas, equivalentes a la superficie de la provincia de Santiago. No obstante, existen otros 10 espacios que abarcan una superficie

REGIÓN	DECRETADAS		EN PROCESO DESTINACIÓN		SOLICITUDES EN TRÁMITE		TOTAL
	TOTAL	SUPERFICIE (ha)	TOTAL	SUPERFICIE (ha)	TOTAL	SUPERFICIE (ha)	HECTÁREAS
Atacama					4	6.738,88	6.738,88
Biobío	3	54.376,74			9	328.527,49	382.904,23
Araucanía	1	26.369,44	2	1.495,02	6	147.477,38	175.341,84
Los Ríos			1	21,06	4	179.578,18	179.599,24
Los Lagos	30	141.657,96	6	17.239,51	68	1.453.479,48	1.612.376,95
Aysén			1	271,09	2	621.217,05	621.488,14
Magallanes					8	1.688.932,09	1.688.932,09
<b>TOTAL</b>	<b>34</b>	<b>222.404,14</b>	<b>10</b>	<b>19.026,68</b>	<b>101</b>	<b>4.425.950,55</b>	<b>4.667.381,37</b>

**Tabla 1:** Se detallan los totales parciales, tanto por Región como por estado de trámite, de los 145 trámites de ECMPO vigentes en el visualizador de mapas de SUBPESCA al 30 de enero de 2024. Fuente: [www.subpesca.cl](http://www.subpesca.cl).



**Figura 1:** Se visualiza parte del espacio marítimo de las regiones de Los Lagos y de Aysén, como asimismo los ECMP presentes en éstas. En amarillo las solicitudes de ECMP y en naranja los ECMP decretados.

de 19.026,68 hectáreas que se encuentran en proceso de obtener la destinación. El resto, 102 trámites que abarcan más de 4,4 millones de hectáreas -superficie equivalente a la de la región de Tarapacá o a la de Dinamarca- corresponden a solicitudes que se encuentran en distintos estados de tramitación (Tabla 1).

En consecuencia, se ve con especial atención el proceso que comienza y que eventualmente generará grandes modificaciones en la "tramitología" de la institucionalidad ambiental, todo lo cual busca mejorar su efectividad, siendo un momento propicio para que la mirada de eficiencia y eficacia en la tramitación sea también recogida por el rubro y la actividad de acuicultura con la especial relación existente con las concesiones marítimas en su desarrollo.

Debemos ser capaces de conciliar armónicamente la utilización del borde costero, bien escaso por estos días, y evitar favorecer a un número menor de la población con altos componentes de discriminación positiva en su beneficio, en desmedro del desarrollo no sólo de la actividad de acuicultura, sino que de muchas otras actividades destinadas a favorecer a la población en general, pero que se ven perjudicadas por estas enormes diferencias propiciadas por la legislación actual.

Por último, a la fecha de cierre del presente artículo, fines de enero de 2024, las solicitudes de ECMP, en orden decreciente de mayor extensión son las siguientes:

- i) "Islas Huichas" de 393.945,1 hectáreas;
- ii) "Waywen" de 276.990,44 hectáreas; y,
- iii) "Kawésqar-Última Esperanza" de 275.421,72 hectáreas.

Importante es también mencionar que, a la misma fecha, el ECMP decretado de mayor superficie es Mañihueico-Huinay, con una superficie de 83.833,49 hectáreas.

Por lo tanto, el principio de la libertad de acceso y uso de todos los chilenos al borde costero se ve limitado por las organizaciones detrás de los 145 ECMP que abarcan las más de 4,6 millones de hectáreas de terreno de playa, playa, porción de agua y fondo de mar.

Así las cosas, una nueva Ley General de Acuicultura, entre muchas otras problemáticas sectoriales, necesariamente debe hacerse cargo de todo lo antes planteado.

# ACUASESORÍAS LTDA. y ACUADESIA LTDA.

SOLUCIONES TÉCNICAS

Y JURÍDICAS, EFICIENTES

Y OPORTUNAS, PARA

EL ADECUADO USO DE

LA ZONA COSTERA.

- Levantamientos geodésicos y elaboración de planos.
- Obtención, transferencia, arriendo y operación tanto de concesiones de acuicultura como marítimas.
- Estudios y tramitación de derechos de aprovechamiento de aguas.
- Solicitudes de operación, modificación y relocalización de concesiones de acuicultura
- Determinación de áreas y coordenadas geográficas para solicitar concesiones marítimas o de acuicultura.
- Defensa en juicios por infracciones a la Ley General de Pesca y Acuicultura.
- Cursos de capacitación.

[www.acuadesia.cl](http://www.acuadesia.cl)  
acuadesia@acuadesia.cl

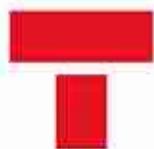
[www.acuasesorias.cl](http://www.acuasesorias.cl)  
acuasesorias@acuasesorias.cl



**Puerto Montt** O'Higgins 595, Dpto. 202 +56 6 5226 0626 / +56 9 6676 7410

**Viña del Mar** Avda. 1 Norte 1431 +56 32 288 1211 / +56 9 5199 7054

## FABRICA DE PANELES FRIGORIFICOS / SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS TERMOAISLANTES



**TermoIndustrial**<sup>®</sup>  
Soluciones Termoaislantes



## PRODUCTOS

### FrigoPol

PANEL POLIESTIRENO  
EXPANDIDO (EPS)

### FrigoPur - Pir - Lock

PANEL POLIURETANO O  
POLIISOCIANURATO INYECTADO  
CONTINUO

### TechoPol

PANEL CUBIERTA POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

### TermoRoof Pur - Pir

TERMOROOF POL DZ-4

### Puertas Frigoríficos

PUERTAS FRIGORIFICOS

+56 9 6236 9684

termoindustrial

+56 2 6469 1890

www.termoindustrial.cl

# DOMICILIOS TRIBUTARIOS Y PATENTES



Cuando queremos emprender nos enfrentamos a distintos desafíos siendo uno de ellos, el inicio de actividades, para lo cual se debe contar con un domicilio, para poder cumplir con este requisito dentro del proceso de apertura hoy en día se cuenta con una alternativa que facilita los procesos y disminuye los costos dependiendo de la actividad que se quiera realizar, se trata de la oficina virtual como dirección tributaria.

La dirección tributaria o fiscal es la dirección que el contribuyente declara ante el servicio de impuestos internos. Esta dirección es fundamental ya que es el lugar donde se enviarán las notificaciones oficiales y se realizarán las posibles inspecciones. Por otro lado se tiene la dirección comercial que es en donde se realizan las actividades de negocio y atiende a sus clientes, en algunos casos la dirección tributaria y la dirección comercial es la misma.

Los beneficios de tener un domicilio tributario virtual es que es muy rápido de contratar, no se necesita invertir en adecuar los espacios físicos y su valor de arriendo es muy económico.

## GIROS QUE SI PUEDEN TENER UNA OFICINA VIRTUAL

Los giros que pueden tener este servicio generalmente incluyen aquellos que no requieren un espacio físico para la explotación y realización de su actividad. Entre estos encontramos:

- Asesorías: Ya sean legales, financieras, o de negocios.
- **Venta de Productos a Distancia o por Internet: No requiere** almacenamiento físico en la dirección de la Oficina.
- **Construcción: La empresa puede operar desde una Oficina Virtual mientras realiza sus actividades en terreno.\***  
Actualización Enero 2024: Las Empresas de Construcción y/o Obras Menores ya no pueden tener oficina Virtual. Pregúntanos y contáctanos para más detalles.
- **Informática y Tecnología: Desarrollo de software, soporte técnico,** y otros servicios relacionados.
- **Servicios a Distancia o en Terreno: Como consultoría,** capacitación, y más.
- **Publicidad y Marketing: Diseño, estrategias de marketing,** y otros servicios que se pueden realizar a distancia.

## GIROS QUE NO

Por otro lado, hay giros que involucran el uso de un espacio físico para la explotación y realización de la actividad, y por lo tanto, no pueden tener una Oficina Virtual. Estos incluyen:

- **Fabricación: La producción y manufactura requieren** instalaciones físicas.
- **Almacenaje: Los giros que requieren almacenamiento de** mercancía a gran escala.
- Agricultura: La explotación agrícola necesita terrenos y espacios abiertos.

En Osorno tienen la alternativa de tomar domicilio con dirección de oficina virtual con la empresa AYS OFICINA VIRTUAL SPA, empresa asociada a nuestra oficina de asesorías contables, tributarias y laborales, esto permite facilitar los procesos de apertura de giro para las empresas que se están iniciando.

Por otro lado cuando se inicia un negocio o emprendimiento siempre se mira al servicio de impuestos internos como el máximo ente regulador al cual debemos prestar nuestra mayor atención, si bien es cierto que este ente junto con la inspección del trabajo y el servicio de salud juegan papeles muy importante, se deja de lado muchas veces a la municipalidad, a quien debemos solicitar nuestra patente para poder operar con todos nuestros trámites completos, pero de que se trata esto? Pues bien demos una mirada general:

La Patente Municipal es un tributo cuyo hecho generador es el uso o aprovechamiento de bienes de dominio público, así como la obtención de autorización o permiso anual o eventual, para la realización de toda actividad económica.

El ejercicio de toda profesión, oficio, industria, comercio, arte o cualquier otra actividad lucrativa secundaria o terciaria, sea cual fuere su naturaleza o denominación, está sujeta a una contribución de patente municipal. Es obligatorio tener patente para todo negocio que realice una actividad comercial, inclusive aunque las ventas se realicen a través de Internet.

## LAS PATENTES SE DIVIDEN EN LAS SIGUIENTES

Patente Profesional.  
 Patente Industrial.  
 Patente de Microempresa Familiar (MEF)  
 Patente de Turismo.  
 Patente Limitada.

El plazo para solicitar la patente comercial provisoria de la empresa o sociedad de la cual eres representante legal es de 30 días contados desde la fecha de constitución de tu empresa o sociedad, una vez que tienes esta patente se deberá tramitar la patente definitiva.

Sólo están exentas del pago de la contribución de patente municipal las personas jurídicas sin fines de lucro que realicen acciones de beneficencia, de culto religioso, culturales, de ayuda mutua de sus asociados, artísticas o deportivas no profesionales y de promoción de intereses comunitarios.

La solicitud de patente comercial provisoria se hará directamente a la municipalidad donde está ubicado el local comercial de tu empresa o sociedad, en consecuencia, la municipalidad puede solicitarte más documentos y el plazo de entrega de la patente va a depender de los tiempos de cada municipio. Por lo general las documentos que se solicitaran para pedir la patente son:

### DOCUMENTOS DE CONTRIBUYENTE.

- Fotocopia Cédula de Identidad por ambos lados (Persona Natural)

### CONSTITUCIÓN POR ESCRITURA PÚBLICA.

- **Escritura Pública de Constitución de la Sociedad y sus modificaciones**, si las hubiere.

### CONSTITUCIÓN EMPRESA EN UN DÍA.

### DOCUMENTOS DE INMUEBLE.

### REQUERIMIENTOS SANITARIOS.

El contribuyente que se niegue o entregue antecedentes falsos con el fin de no pagar o pagar menos de lo que deberían por concepto de Patente Comercial o Municipal, está expuesto a multas y eventualmente, a la clausura del establecimiento o negocio infractor.



### EQUIPO AYS CONTADORES AUDITORES LIMITADA

Nueva Dirección : O'Higgins 485 of 602 Osorno  
 Edificio Horizonte, O'Higgins esquina Los Carrera  
[asesoriaygestionspa@gmail.com](mailto:asesoriaygestionspa@gmail.com)  
 Contacto Oficina: +56 9 6761 7949  
 WhatsApp: +56 9 6627 2569

Asesorías Laborales, contables y tributarios  
 Arriendo Domicilio Tributario  
 AyS Oficina Virtual SpA



*! Seguimos avanzando !*

COMPROMETIDOS CON LA INDUSTRIA SALMÓN-ACUÍCOLA

**CUADERNOS CORPORATIVOS**  
**AGENDAS TÉCNICAS CORPORATIVAS**  
**CALENDARIOS DE ESCRITORIO**  
**REVISTA TÉCNICA SEMESTRAL**



PRÓXIMA EDICIÓN JULIO 2024



CONTACTO: +569 9443 3504    RICHARDARAYA@OPCIONARAYA.CL

[WWW.OPCIONCOMUNICACIONES.CL](http://WWW.OPCIONCOMUNICACIONES.CL)

Estaremos presentes en Feria Aquasur | Puerto Montt | Marzo 2024

**LotaProtein**   
Part of TripleNine

Aseguramos un  
enfoque sostenible en  
todo lo que hacemos.

**HARINA PREMIUM**

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

