

Distribución Gratuita  
Consérvela Año 14 N°27 2017

# versión<sup>®</sup> diferente

revista

## Salmón-Acuícola

### ACTUALIDAD INFORMATIVA

- Control del Piojo de Mar
- Intoxicación Crónica de Aluminio en peces
- Smolt Vision
- Piscine Ortho ReoVirus (PRV)
- Cultivo de Bacalao
- Nichos Artificiales en Arrecifes
- Innovación Tecnológica en Acuicultura
- Algas en Ecotoxicología

*Investigaciones de Universidades Chilenas*



# HIGIENE TÉCNICA CON VAPOR



**LagoAustral**  
SERVICIOS INTEGRALES

**Sustentable:** Usamos volumen de agua reducido, minimizamos el uso de productos químicos, reducimos emisiones e impacto al medio ambiente, tecnología 100% eléctrica, libre de emisiones.

**Productividad:** Nuestra intervención permite que los clientes se concentren en su negocio y aumente la productividad al trabajar en áreas limpias.

**Tecnología:** Maquinaria industrial especializada, personal capacitado y asesoría de la gerencia.

**Inocuidad:** Nuestros procesos de higiene sumados al control microbiológico respalda nuestro trabajo.



*Una solución de higiene especializada mediante la aplicación de vapor en áreas de manipulación de alimentos.*

*Velamos por la higiene de sus instalaciones de forma de asegurar la inocuidad de sus procesos, productos y salud de sus clientes.*



Contacto: Patricio Contreras | Ingeniero en Alimentos | Gerente Lago Austral SpA  
Celular +56 9 6756 8932 | [pcontreras@sil.cl](mailto:pcontreras@sil.cl) - [www.sil.cl](http://www.sil.cl)



Año 14 - Nº 27  
2º Semestre 2017

Distribución Gratuita a nivel Nacional  
Semestral - 3.000 unidades

### EDITORES

Opción Comunicaciones

Cel: +56 9 9443 3504 +56 9 9443 3076

publicidad@opcionaraya.cl

### DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Verónica Etcheverry Riquelme  
verdisgraf@gmail.com

### FOTOGRAFÍAS PORTADA

Gentileza de:

- René Espinoza, ULAGOS
- Margarita Pérez, ULAGOS
- Isabel Toledo, PUCV
- Luis Vargas, UACH
- Sandra Bravo, UACH

*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:

**opcion**<sup>®</sup>  
comunicaciones

**SU MEJOR OPCION EN PUBLICIDAD**

**Porque somos diferentes,  
publique con nosotros**

Celulares: +56 9 9443 3504 +56 9 9443 3076  
publicidad@opcionaraya.cl

## Avisadores

7 Plagas	41
Abastible	11
Aquaservice	04-05
Aufiser	61
Fish Store	31
Hotel AngelMontt	31
Hotel Cabañas del Lago	17
Lago Austral	T2
Opción Comunicaciones	73
Plásticos Austral	32
Roble Alto	T3
VeHiCe	21

## Contenidos

Indice de Universidades	02
Editorial	03
Ferías Internacionales	04
Fases Lunares	05
Feridos Internacionales	06
Mareas Puerto Montt	07
Mareas Puerto Chacabuco	09
Intoxicación Crónica y Aguda por aluminio (Al)	18
SMOLTVISION Un nuevo indicador de bienestar	22
¿Quién elude? ¿Quién evade? ¿Sabe usted si lo está haciendo? ¿Sabe usted cuál es el costo de hacerlo?	81

# Índice de Universidades

## SUS ESTUDIOS E INVESTIGACIONES

### UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

Alternativas de Control para el Piojo de Mar ..... 12

Piscine Orthoreovirus (PRV) y su asociación a factores demográficos y ambientales en salmones del Atlántico (*Salmo salar*) en fase de agua dulce y descripción de HSMI ..... 26

Desarrollo Integral del cultivo de bacalao de profundidad para el escalamiento sustentable y el fortalecimiento de la competitividad del clúster acuícola chileno ..... 34

Algas en Ecotoxicología: Hacia el desarrollo de Microbioensayos ..... 42

Doctorado en Ciencias de la Acuicultura ..... 38

### UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE

Fenotipo de mutantes *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*  $\Delta$ crp, virulencia e inmunogenicidad en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) ..... 46

### UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Nichos Artificiales-Arrecifes: Una tecnología desarrollada para la recuperación del congrio colorado y promover la productividad en las áreas de manejo AMERBS ..... 51

Otolitometría: Reconstrucción de la Historia de Vida de Peces a través de un Cronómetro de Carbonato de Calcio ..... 55

### UNIVERSIDAD DE ATACAMA

Diseño e implementación de un Programa de Acuicultura a pequeña escala (APE) a través de cultivos de Ostra Japonesa, *Crassostrea gigas* y Ostión del Norte *Argopecten purpuratus* para Organizaciones de Pescadores Artesanales de la región de Atacama ..... 58

### UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

Desarrollo de un Producto Inductor que aumente la Captación de Semillas de Mitílidos ..... 64

### UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO

Evaluación de los efectos de temperatura, salinidad y saturación de oxígeno, en la sobrevivencia y tiempo de metamorfosis de larvas de *Caligus rogercresseyi* ..... 66

### UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA

Postgrado y Especialidades 2017 ..... 33

### UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS

Departamento de Acuicultura y Recursos Agroalimentarios ..... 45

Innovación Tecnológica En Acuicultura: El caso del erizo rojo (*Loxechinus albus*) ..... 70

Producción de almejas (*Venus antiqua*) de pequeño calibre en sistemas de cultivo suspendidos: Alternativa Productiva para Empresas Cultivadoras de Bivalvos ..... 74

Desarrollo e Innovación en nuevos productos del mar ..... 77

El segundo semestre 2017, seguimos enfocados en temas de relevancia en áreas de veterinaria enfermedades virales y bacteriales de salmones en especial del salmón del atlántico y temas de acuicultura sustentable en áreas de cultivos de bivalvos, algas y peces entre otros.

Seguimos manteniendo el cambio de la fecha de publicación con la edición anterior, para poder dar más tiempo a nuestros panelistas estables, proveedores e investigadores que publiquen sus más recientes productos y servicios, además de nuevos proyectos de investigación en materia de acuicultura. Lo que nos permite entregarles un material actualizado y relevante para la industria salmón-acuícola chilena. Desde ya agradecemos su comprensión y los invitamos a que nos sigan apoyando para las próximas ediciones futuras.

Esperamos al igual que en ediciones anteriores podamos aportar artículos que sean de interés para usted. Como siempre queremos agradecer la variedad de artículos técnicos de extensión académicos y de empresas proveedoras de la industria salmonera, que hacen un importante aporte para esta edición en especial, consolidando la revista "Versión Diferente" como el medio escrito científico de extensión más leído y esperado en cada edición semestral.

En esta edición, traemos artículos relacionados con investigación a nivel de salmonicultura, mitilicultura, algas macro, tecnología y biodiversidad.

Continuamos en la búsqueda de información técnica relevante en materia de investigación para la industria salmón-acuícola y para el desarrollo de una acuicultura sustentable y viable en el tiempo de las zonas: norte-central-sur-austral de Chile donde se distribuye la revista Versión Diferente. Para lo cual hemos incluido los siguientes temas de interés: "Control Piojo de Mar"; "Intoxicación Crónica por Aluminio en Peces"; "Piscine OrthoReovirus ( PRV )"; "SMOLTVISION"; "Cultivo del Bacalao"; "Nichos Artificiales en Arrecifes"; "Innovación Tecnológica en Acuicultura en Cultivo Erizo Rojo"; "Algas en Ecotoxicología"; "Producción de Almejas y Ostiones".

Al igual que en ediciones anteriores, usted podrá encontrar materias de consulta diaria como son: fases lunares, tablas de mareas, ferias salmón- acuícolas mundiales y novedades en servicios y productos de los principales proveedores de la industria.

Los invitamos a participar en nuestra próxima edición  
Primer Semestre 2018



# Ferias Internacionales 2017 2018

## OCTUBRE 2017

### Danfish International

11 al 13 Octubre 2017  
Aalborg kongres & Kultur Centre  
Aalborg - Denmark

### Aquaculture Europe 17

17 al 20 Octubre  
Valamar Resort  
Dubrovnic - Croacia

### International Conference on Aquaculture & Fisheries

19 al 20 Octubre  
Roma - Italia

### International Conference of Aquaculture Indonesia

26 al 28 Octubre  
Indonesia

## NOVIEMBRE 2017

### China Fisheries & Seafood Expo

1 al 3 Noviembre  
Beijing - China

### Expo Pesca & Acuiperú

8 al 16 Noviembre  
Centro de Exposiciones Jockey  
Perú

### Taiwan Fisheries and Seafood Show

9 al 11 Noviembre  
Taiwan

## DICIEMBRE 2017

### Alga Europe

5 al 6 Diciembre  
Berlín - Germania

## ENERO 2018

### India international Seafood Show

27 al 29 Enero  
India

## FREBRERO 2018

### Salmon Show How

7 Febrero  
Copenhagen - Denmark

### Acuicultura América 2018

19 al 22 Febrero  
Paris Hotel  
Las Vegas - USA

### China Fish

26 al 28 Febrero  
New China International Exhibition Center  
Beijing - China

### Fish International

25 al 27 Febrero  
Messe - Bremen

## MARZO 2018

### NASF North Atlantic Seafood Forum AS

6 al 8 Marzo  
Radisson Blue Royal Hotel  
Bergen - Norway

### Seafood Expo North America Boston

11 al 13 Marzo  
Convention and Exhibition Center  
Boston - USA



## Arriendo de maquinaria y equipos para la acuicultura

La mayor variedad de equipos e implementos para la producción acuícola, con el mejor servicio de respaldo.

**1 COMPRESORES DE TORNILLO**  
*Atlas Copco - Mod: Xas 185*

**2 GENERADORES**  
*Desde 3kva hasta 750kva*

**3 NUEVA FISH PUMP AQUA 1080**  
*Bomba eléctrica para todo tipo de peces*

**4 BOMBAS PARA PECES**  
*Bombas hidráulicas y eléctricas para peces desde 1gr hasta 3kg*

**5 SELECCIONADORAS**  
*Para peces desde 1gr hasta 10kg*

**6 WINCHES**








Consulte por otros equipos

Instalación y puesta en marcha

Mantenimiento incluido

Por semanas o meses

OFICINA CENTRAL: Ruta 5 Sur a Pargua Km 1029 • Casilla 1117 Puerto Montt, Chile • FONDO: 56-65-2220033 • EMAIL: info@aquaservice.cl

# Fases Lunares

Gentileza del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile

2017	 NUEVA	 CRECIENTE	 LLENA	 MENGUANTE
	En hora Oficial de Chile Continental, Z + 4			
<b>OCTUBRE</b>	19 15:12 hrs	27 18:22 hrs	05 14:40 hrs	12 08:25 hrs
<b>NOVIEMBRE</b>	18 07:42 hrs	26 13:03 hrs	04 01:23 hrs	10 16:36 hrs
<b>DICIEMBRE</b>	18 02:30 hrs	26 05:20 hrs	03 11:47 hrs	10 03:51 hrs
2018				
<b>ENERO</b>	16 22:17 hrs	24 18:20 hrs	01/31 22:24/09:27 hrs	08 18:25 hrs
<b>FEBRERO</b>	15 17:05 hrs	23 04:09 hrs		07 11:54 hrs
<b>MARZO</b>	17 09:12 hrs	24 11:35 hrs	01/31 20:51/08:37 hrs	09 07:20

## Bombas para Peces

AQUA 2020 · 4040 · 6060 · 1080 · 1210



Uso en agua dulce o salada sin sufrir daños



Construido en acero inoxidable y aleación de aluminio



Diseño ergonómico y amigable a los peces






**NUEVA FISH PUMP AQUA 1080**  
Bombas para todo tipo de peces

- Transferencia de peces vivos a camiones.
- Para cargar seleccionadoras y maquinas contadoras.
- Fish Friendly.
- Facil uso en transferencia de smolt y alevines.
- Disminuye la mortalidad y tiempos usados en trasvasije.

MODELOS	AQUA 2020-E	AQUA 4040-E	AQUA 6060-E	AQUA 1080	AQUA 1210
Diametro salida	2"	4"	6"	8"	10"
Diametro entrada	2"	4"	6"	10"	12"
Tamaño Pez	1-35 grs	1-185 grs	1-300 grs	1-500 grs	1-1.800 grs
Flujo de descarga	650 l/min	1800 l/min	1800 l/min	4500 l/min	5200 l/min
Peces por hora*	3,9 ton/hour	7,5 ton/hour	9,8 ton/hour	16 ton/hour	20 ton /hr
Altura de transferencia Max	6 mts	6 mts	6 mts	6 mts	6mts
Distancia de transferencia Max	200 mts	250 mts	250 mts	250 mts	250 mts
Motor Eléctrico	2 hp / 1,5 kw	3 hp / 2,2 kw	5 hp / 3,7 kw	20 hp / 15 kw	30 hp / 22kw
Suministro eléctrico	220 v 380 v ac	220 v 380 V AC	220 v 380 V AC	380 V AC	380 V AC
Bomba autocebante	0.75 hp / 1"	1 hp / 1,5"	1 hp / 1,5"	1 hp / 1,5"	1 hp / 1,5"
Peso Bomba	125 kg	135 kg	230 kg	560 kg	550kg

\*La cantidad de peces transferida dependerá de las condiciones y altura de las instalaciones. La información entregada es acorde al uso optimo de las bombas.

www.aquaservice.cl · www.fishpump.cl

# Feriados Internacionales 2017

Fuente: [www.guiamundialdeviajes.com](http://www.guiamundialdeviajes.com)  
[www.qpstudio.net](http://www.qpstudio.net)  
[www.web-calendar.org](http://www.web-calendar.org)



CHILE



CANADÁ



EEUU



NORUEGA



JAPÓN



ESCOCIA

Fecha	Evento	CHILE	CANADÁ	EEUU	NORUEGA	JAPÓN	ESCOCIA
Domingo 1 Enero	Día de Año Nuevo	●	●	●	●	●	●
Lunes 2 Enero	2 de Enero						●
Lunes 9 Enero	Día de la Entrada a la Edad Adulta					●	
Lunes 16 Enero	Día de Martín Luther King			●			
Sábado 11 Febrero	Día Nacional de la Fundación					●	
Domingo 12 Febrero	Día de la Madre				●		
Martes 14 Febrero	Día de San Valentín						●
Lunes 20 de Febrero	Día del Presidente			●			
Lunes 20 Marzo	Equinocio Vernal				●	●	
Domingo 26 Marzo	Día de la Madre						●
Lunes 3 Abril	Vacaciones de Primavera		●				
Domingo 9 Abril	Domingo de Ramos				●		
Jueves 13 Abril	Jueves Santo				●		
Viernes 14 Abril	Viernes Santo	●	●		●		
Sábado 15 Abril	Sábado Santo	●			●		
Domingo 16 Abril	Pascua de Resurrección	●			●		●
Lunes 17 Abril	Lunes de Pascua				●		●
Sábado 29 Abril	Día de Showa						
Lunes 1 Mayo	Día Internacional de los trabajadores	●			●		●
Miércoles 3 Mayo	Día del Memorial de la Consituación					●	
Jueves 4 Mayo	Día de la Vegetación					●	
Viernes 5 Mayo	Día de la Infancia					●	
Miércoles 17 Mayo	Fiesta Nacional de Noruega				●	●	
Domingo 21 de Mayo	Día de las Glorias Navales	●					
Lunes 22 Mayo	Fiesta de la Reina		●				
Jueves 25 Mayo	Ascensión de Jesucristo				●		
Lunes 29 de Mayo	Día de los Caídos			●			●
Lunes 29 Mayo	Spring Bank Holiday						●
Domingo 4 Junio	Pentecostés				●		
Lunes 5 Junio	Lunes de Pentecostés				●		
Domingo 18 Junio	Día del Padre						●
Jueves 29 de Junio	Día de San Pedro y San Pablo	●					
Sábado 1 de Julio	Día de Cánada		●				
Martes 4 de Julio	Día de la Independencia			●			
Domingo 16 de Julio	Día de la Virgen del Carmen	●					
Lunes 17 Julio	Día de la Marina					●	
Lunes 7 Agosto	Summer Bank Holiday						●
Martes 15 de Agosto	Asunción de la Virgen	●					
Lunes 4 de Septiembre	Día del Trabajo		●	●			
Lunes 18 Septiembre	Día del Respeto a los Mayores					●	
Lunes 18 de Septiembre	Día de la Independencia de Chile						
Martes 19 de Septiembre	Día de las Glorias del Ejército						
Sábado 23 Septiembre	Equinocio de Otoño	●					
Lunes 9 de Octubre	Día de Acción de Gracias		●				
Lunes 9 de Octubre	Día de Colón			●			
Lunes 9 Octubre	Día de la Salud y los Deportes					●	
Jueves 12 de Octubre	Día del Encuentro de Dos Mundos	●					
Viernes 27 de Octubre	Día de las Iglesias Protestantes y Evangélicas	●					
Miércoles 1 de Noviembre	Día de Todos los Santos	●					
Viernes 3 Noviembre	Día de la Cultura					●	
Viernes 10 de Noviembre	Día de los Veteranos			●			
Sábado 11 de Noviembre	Día del Recuerdo		●				
Domingo 12 Noviembre	Día del Padre				●		
Jueves 23 de Noviembre	Día de Acción de Gracias			●		●	
Jueves 30 Noviembre	Día de San Andrés						●
Viernes 8 de Diciembre	Inmaculada Concepción	●					
Sábado 23 Diciembre	Cumpleaños del Emperador					●	
Lunes 25 Diciembre	Navidad	●	●	●	●	●	●
Martes 26 Diciembre	San Esteban				●		●
Domingo 31 Diciembre	Nochevieja				●		

# MAREAS Puerto Montt 2017

OCTUBRE						NOVIEMBRE						DICIEMBRE					
DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS
01	0432	2.51	16	0514	1.34	01	0512	1.60	16	0005	6.27	01	0523	1.28	16	0021	6.17
D	1039	5.32	L	1123	6.29	MI	1119	5.95	J	0618	0.92	V	1131	6.10	S	0641	1.21
	1706	1.90		1743	0.89		1736	1.20		1223	6.29		1745	1.10		1243	5.87
	2311	5.24		2352	6.21		2341	6.05		1834	0.92		2352	6.42		1847	1.38
02	0511	2.07	17	0559	0.94	02	0552	1.08	17	0041	6.39	02	0611	0.85	17	0056	6.28
L	1117	5.72	M	1206	6.58	J	1159	6.36	V	0655	0.85	S	1219	6.41	D	0716	1.17
	1739	1.48		1823	0.65		1815	0.80		1258	6.30		1831	0.81		1317	5.89
	2345	5.64								1907	0.96					1919	1.41
03	0547	1.60	18	0030	6.48	03	0020	6.47	18	0114	6.41	03	0039	6.77	18	0129	6.31
M	1153	6.12	MI	0639	0.70	V	0633	0.65	S	0729	0.91	D	0700	0.54	L	0749	1.21
	1813	1.07		1244	6.71		1240	6.66		1331	6.22		1307	6.57		1351	5.84
				1859	0.57		1854	0.53		1938	1.10		1917	0.67		1950	1.50
04	0017	6.04	19	0104	6.59	04	0100	6.79	19	0145	6.33	04	0126	6.96	19	0200	6.25
MI	0622	1.14	J	0715	0.64	S	0715	0.37	D	0801	1.05	L	0748	0.41	M	0821	1.32
	1229	6.47		1318	6.68		1322	6.06		1403	6.06		1356	6.57		1423	5.73
	1846	0.73		1931	0.64		1935	0.43		2008	1.31		2004	0.69		2020	1.64
05	0051	6.39	20	0136	6.55	05	0141	6.94	20	0215	6.17	05	0214	6.98	20	0230	6.12
J	0659	0.76	V	0748	0.73	D	0759	0.28	L	0832	1.27	M	0838	0.47	MI	0853	1.49
	1305	6.71		1351	6.53		1406	6.71		1435	5.84		1445	6.41		1455	5.56
	1921	0.50		2002	0.84		2016	0.51		2037	1.56		2052	0.85		2051	1.83
06	0126	6.64	21	0206	6.41	06	0224	6.91	21	0245	5.96	06	0302	6.81	21	0301	5.93
V	0737	0.51	S	0819	0.93	L	0844	0.40	M	0903	1.53	MI	0928	0.68	J	0924	1.70
	1343	6.80		1422	6.28		1451	6.46		1507	5.57		1535	6.13		1527	5.35
	1958	0.42		2030	1.13		2100	0.77		2107	1.85		2141	1.12		2123	2.04
07	0203	6.77	22	0235	6.18	07	0309	6.69	22	0315	5.70	07	0353	6.51	22	0333	5.69
S	0817	0.43	D	0850	1.22	M	0932	0.69	MI	0936	1.83	J	1020	1.01	V	0957	1.93
	1422	6.71		1452	5.96		1540	6.07		1541	5.27		1628	5.79		1601	5.13
	2035	0.51		2058	1.48		2147	1.16		2139	2.16		2234	1.46		2157	2.26
08	0241	6.74	23	0304	5.89	08	0359	6.33	23	0349	5.40	08	0448	6.11	23	0406	5.44
D	0858	0.53	L	0921	1.55	MI	1025	1.11	J	1012	2.15	V	1116	1.38	S	1033	2.14
	1503	6.45		1524	5.59		1635	5.61		1619	4.95		1727	5.45		1638	4.94
	2115	0.78		2128	1.85		2241	1.60		2216	2.47		2334	1.81		2235	2.46
09	0322	6.56	24	0335	5.57	09	0457	5.90	24	0427	5.10	09	0549	5.70	24	0443	5.21
L	0942	0.81	M	0954	1.92	J	1127	1.55	V	1054	2.44	S	1219	1.71	D	1112	2.32
	1548	6.04		1559	5.20		1741	5.20		1704	4.68		1834	5.20		1721	4.79
	2157	1.18		2200	2.25		2347	2.01		2301	2.73					2320	2.62
10	0408	6.23	25	0410	5.23	10	0608	5.51	25	0516	4.83	10	0043	2.08	25	0529	5.02
M	1032	1.22	MI	1033	2.29	V	1243	1.87	S	1148	2.65	D	0659	5.38	L	1200	2.44
	1639	5.55		1642	4.81		1902	4.97		1804	4.48		1330	1.93		1814	4.74
	2247	1.67		2240	2.62								1949	5.10			
11	0503	5.81	26	0455	4.89	11	0111	2.23	26	0001	2.91	11	0202	2.17	26	0016	2.70
MI	1133	1.68	J	1125	2.63	S	0733	5.32	D	0620	4.67	L	0816	5.22	M	0628	4.91
	1745	5.07		1741	4.47		1410	1.94		1258	2.73		1444	1.97		1259	2.47
	2351	2.15		2336	2.95		2030	5.02		1918	4.46		2103	5.21		1919	4.80
12	0615	5.43	27	0601	4.61	12	0241	2.13	27	0118	2.91	12	0319	2.06	27	0126	2.67
J	1254	2.04	V	1242	2.85	D	0857	5.39	L	0738	4.68	M	0929	5.26	MI	0740	4.91
	1916	4.78		1908	4.30		1528	1.76		1412	2.61		1550	1.86		1408	2.39
							2143	5.32		2030	4.65		2206	5.45		2029	5.02
13	0122	2.43	28	0100	3.11	13	0354	1.81	28	0235	2.69	13	0424	1.82	28	0243	2.48
V	0749	5.27	S	0732	4.53	L	1005	5.65	M	0850	4.90	MI	1031	5.42	J	0856	5.06
	1435	2.05		1420	2.80		1628	1.46		1516	2.32		1646	1.69		1518	2.19
	2057	4.90		2040	4.40		2239	5.69		2129	5.01		2259	5.73		2135	5.37
14	0304	2.29	29	0238	2.98	14	0451	1.43	29	0339	2.28	14	0517	1.55	29	0357	2.13
S	0921	5.47	D	0855	4.71	M	1059	5.94	MI	0949	5.27	J	1121	5.61	V	1006	5.35
	1558	1.71		1531	2.52		1716	1.18		1610	1.92		1732	1.52		1623	1.89
	2213	5.32		2142	4.70		2325	6.02		2219	5.47		2343	5.99		2237	5.81
15	0420	1.84	30	0344	2.61	15	0537	1.11	30	0433	1.79	15	0602	1.34	30	0502	1.69
D	1031	5.88	L	0953	5.06	MI	1143	6.16	J	1042	5.70	V	1204	5.77	S	1110	5.69
	1657	1.27		1618	2.11		1757	0.99		1658	1.49		1811	1.41		1722	1.54
	2308	5.80		2226	5.11					2306	5.96					2335	6.28
			31	0431	2.12										31	0601	1.23
			M	1038	5.49										D	1208	6.03
				1658	1.65											1817	1.22
				2304	5.57												

MAREAS DALCAHUE Hacer sgtes. correcciones: Sumar 27 minutos a la hora pleamar / Sumar 27 minutos a la hora bajamar

Hacer ajuste de horario en los meses correspondientes - EL TIEMPO EMPLEADO CORRESPONDE AL MERIDIANO 60 W. ZONA + 4 HORAS  
 Gentileza del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile

# MAREAS Puerto Montt 2018

ENERO						FEBRERO						MARZO					
DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS
01	0029	6.69	16	0115	6.32	01	0205	7.21	16	0158	6.43	01	0111	7.03	16	0101	6.25
L	0655	0.85	M	0740	1.29	J	0830	0.45	V	0821	1.11	J	0735	0.50	V	0721	1.08
	1302	6.28		1340	5.69		1435	6.53		1423	5.83		1341	6.57		1324	5.96
	1909	0.98		1935	1.64		2038	0.78		2020	1.46		1944	0.70		1926	1.28
02	0121	6.97	17	0146	6.36	02	0248	7.17	17	0228	6.39	02	0153	7.20	17	0132	6.40
M	0747	0.60	MI	0811	1.28	V	0911	0.50	S	0849	1.13	V	0814	0.36	S	0750	0.93
	1353	6.42		1412	5.68		1516	6.46		1452	5.84		1419	6.68		1354	6.13
	1958	0.85		2006	1.65		2120	0.89		2052	1.46		2024	0.62		1958	1.09
03	0210	7.09	18	0217	6.32	03	0328	6.91	18	0258	6.27	03	0231	7.13	18	0203	6.45
MI	0836	0.52	J	0841	1.34	S	0950	0.73	D	0918	1.22	S	0850	0.45	D	0819	0.86
	1442	6.41		1442	5.63		1555	6.23		1521	5.80		1455	6.60		1423	6.24
	2046	0.87		2037	1.72		2201	1.17		2124	1.53		2101	0.75		2031	1.00
04	0257	7.01	19	0247	6.20	04	0407	6.49	19	0328	6.09	04	0306	6.86	19	0236	6.41
J	0923	0.62	V	0911	1.45	D	1028	1.10	L	0948	1.36	D	0924	0.72	L	0850	0.90
	1529	6.27		1513	5.53		1635	5.91		1552	5.73		1529	6.37		1454	6.26
	2133	1.03		2108	1.83		2242	1.56		2157	1.66		2137	1.05		2105	1.01
05	0344	6.75	20	0317	6.02	05	0446	5.97	20	0400	5.86	05	0341	6.43	20	0309	6.25
V	1009	0.86	S	0941	1.60	L	1107	1.54	M	1019	1.55	L	0957	1.12	M	0922	1.05
	1616	6.02		1543	5.40		1718	5.54		1625	5.63		1603	6.03		1527	6.20
	2221	1.31		2141	1.97		2326	2.01		2234	1.85		2213	1.45		2141	1.15
06	0430	6.36	21	0347	5.81	06	0530	5.42	21	0436	5.59	06	0415	5.92	21	0344	6.00
S	1056	1.20	D	1012	1.76	M	1150	2.01	MI	1054	1.80	M	1029	1.59	MI	0956	1.31
	1704	5.71		1615	5.29		1809	5.18		1704	5.49		1638	5.64		1602	6.05
	2310	1.67		2215	2.12					2317	2.09		2250	1.91		2220	1.39
07	0519	5.89	22	0419	5.59	07	0022	2.45	22	0519	5.26	07	0453	5.38	22	0423	5.65
D	1145	1.59	L	1044	1.92	MI	0626	4.90	J	1137	2.11	MI	1104	2.08	J	1033	1.65
	1757	5.39		1650	5.19		1245	2.44		1755	5.31		1719	5.24		1644	5.80
				2253	2.27		1918	4.92					2336	2.37		2306	1.74
08	0005	2.04	23	0456	5.38	08	0143	2.75	23	0014	2.38	08	0541	4.86	23	0511	5.23
L	0615	5.41	M	1122	2.08	J	0749	4.53	V	0620	4.89	J	1148	2.56	V	1119	2.07
	1240	1.96		1733	5.11		1405	2.73		1237	2.44		1816	4.88		1737	5.48
	1901	5.15		2338	2.42		2045	4.88		1907	5.15						
09	0113	2.34	24	0543	5.16	09	0326	2.73	24	0139	2.61	09	0044	2.76	24	0007	2.12
M	0723	5.03	MI	1209	2.25	V	0929	4.48	S	0753	4.63	V	0655	4.43	S	0619	4.80
	1348	2.24		1828	5.07		1538	2.75		1409	2.67		1258	2.96		1226	2.51
	2015	5.06					2205	5.09		2044	5.16		1942	4.67		1854	5.18
10	0236	2.46	25	0039	2.56	10	0445	2.43	25	0332	2.50	10	0234	2.89	25	0138	2.39
MI	0843	4.84	J	0646	4.96	S	1047	4.71	D	0947	4.74	S	0848	4.30	D	0802	4.59
	1504	2.33		1312	2.40		1647	2.55		1557	2.53		1453	3.09		1409	2.73
	2130	5.16		1939	5.09		2304	5.41		2219	5.52		2122	4.75		2038	5.14
11	0357	2.33	26	0200	2.61	11	0537	2.07	26	0502	2.01	11	0412	2.65	26	0331	2.26
J	1001	4.88	V	0811	4.84	D	1139	5.00	L	1112	5.21	D	1022	4.52	L	0952	4.84
	1613	2.25		1433	2.45		1735	2.29		1716	2.04		1621	2.87		1558	2.45
	2233	5.41		2101	5.27		2348	5.75		2331	6.08		2233	5.06		2213	5.50
12	0501	2.06	27	0334	2.44	12	0617	1.74	27	0603	1.39	12	0509	2.27	27	0452	1.76
V	1103	5.08	S	0944	4.96	L	1219	5.28	M	1211	5.77	L	1116	4.85	M	1106	5.38
	1708	2.08		1600	2.29		1813	2.04		1813	1.48		1713	2.54		1710	1.88
	2324	5.71		2221	5.64								2321	5.41		2320	6.04
13	0550	1.77	28	0458	2.01	13	0025	6.03	28	0025	6.63	13	0549	1.90	28	0547	1.20
S	1151	5.30	D	1105	5.30	M	0652	1.48	MI	0652	0.86	M	1154	5.18	MI	1158	5.94
	1752	1.91		1714	1.93		1253	5.50		1259	6.25		1751	2.19		1802	1.30
				2330	6.14		1847	1.82		1901	1.00		2358	5.74			
14	0006	5.98	29	0603	1.47	14	0057	6.25	29	0011	6.53	14	0622	1.58	29	0011	6.53
D	0631	1.53	L	1210	5.75	MI	0723	1.28	J	0632	0.76	MI	1226	5.48	J	0632	0.76
	1232	5.49		1814	1.50		1324	5.67		1241	6.39		1824	1.85		1241	6.39
	1830	1.77					1918	1.64		1847	0.84					1847	0.84
15	0042	6.19	30	0028	6.64	15	0128	6.38	30	0054	6.85	15	0031	6.02	30	0054	6.85
L	0707	1.37	M	0657	0.97	J	0752	1.16	V	0712	0.49	J	0652	1.30	V	0712	0.49
	1307	5.62		1304	6.15		1354	5.78		1319	6.67		1256	5.74		1319	6.67
	1903	1.68		1907	1.11		1949	1.52		1855	1.54		1855	1.54		1927	0.59
			31	0119	7.03				31	0133	6.96				S	0749	0.43
			MI	0746	0.61											1355	6.75
				1351	6.43											2004	0.55
				1954	0.85												

MAREAS DALCAHUE Hacer sgtes. correcciones: Sumar 27 minutos a la hora pleamar / Sumar 27 minutos a la hora bajamar

Hacer ajuste de horario en los meses correspondientes - EL TIEMPO EMPLEADO CORRESPONDE AL MERIDIANO 60 W. ZONA + 4 HORAS  
Gentileza del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile

# MAREAS Puerto Chacabuco 2017

OCTUBRE						NOVIEMBRE						DICIEMBRE					
DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS
01	0401	1.21	16	0433	0.78	01	0507	0.88	16	0008	2.62	01	0534	0.59	16	0025	2.74
D	1021	2.29	L	1058	2.71	MI	1121	2.39	J	0608	0.59	V	1147	2.38	S	0638	0.54
	1700	0.76		1720	0.39		1733	0.52		1224	2.56		1742	0.44		1251	2.37
	2325	2.00		2346	2.44					1821	0.48					1834	0.65
02	0447	1.07	17	0528	0.64	02	0000	2.36	17	0049	2.74	02	0011	2.66	17	0101	2.80
L	1105	2.39	M	1150	2.77	J	0551	0.67	V	0653	0.51	S	0619	0.39	D	0717	0.50
	1731	0.63		1803	0.33		1205	2.48		1306	2.53		1233	2.44		1327	2.34
	2357	2.14					1809	0.39		1900	0.50		1824	0.35		1910	0.66
03	0530	0.90	18	0029	2.59	03	0036	2.55	18	0127	2.80	03	0052	2.83	18	0134	2.80
M	1146	2.48	MI	0618	0.53	V	0634	0.47	S	0735	0.48	D	0704	0.23	L	0752	0.49
	1803	0.49		1237	2.77		1247	2.54		1345	2.46		1317	2.47		1359	2.28
				1844	0.32		1848	0.30		1936	0.55		1907	0.29		1942	0.70
04	0028	2.29	19	0109	2.70	04	0114	2.71	19	0203	2.80	04	0134	2.95	19	0205	2.76
MI	0610	0.73	J	0705	0.47	S	0717	0.33	D	0815	0.50	L	0749	0.15	M	0825	0.53
	1226	2.57		1321	2.71		1329	2.54		1421	2.35		1402	2.45		1430	2.20
	1837	0.38		1924	0.35		1928	0.25		2010	0.63		1950	0.30		2011	0.75
05	0100	2.43	20	0150	2.75	05	0154	2.82	20	0237	2.75	05	0219	2.99	20	0235	2.70
J	0650	0.56	V	0750	0.47	D	0802	0.25	L	0852	0.57	M	0836	0.14	MI	0856	0.59
	1305	2.61		1402	2.60		1413	2.48		1455	2.22		1450	2.38		1459	2.11
	1913	0.30		2002	0.44		2009	0.27		2041	0.73		2035	0.36		2038	0.82
06	0136	2.55	21	0229	2.75	06	0237	2.87	21	0308	2.67	06	0305	2.96	21	0303	2.61
V	0732	0.44	S	0833	0.52	L	0849	0.25	M	0928	0.66	MI	0925	0.21	J	0928	0.66
	1345	2.61		1441	2.44		1500	2.38		1529	2.08		1542	2.29		1531	2.03
	1951	0.26		2038	0.56		2051	0.36		2108	0.84		2121	0.48		2106	0.89
07	0214	2.65	22	0307	2.70	07	0323	2.85	22	0338	2.58	07	0353	2.87	22	0333	2.52
S	0815	0.38	D	0915	0.62	M	0938	0.32	MI	1003	0.77	J	1016	0.34	V	1000	0.75
	1426	2.54		1520	2.26		1552	2.24		1602	1.95		1639	2.18		1607	1.96
	2030	0.28		2112	0.71		2136	0.50		2135	0.95		2210	0.65		2138	0.96
08	0257	2.69	23	0343	2.61	08	0412	2.79	23	0409	2.47	08	0445	2.74	23	0408	2.40
D	0901	0.39	L	0957	0.74	MI	1033	0.44	J	1039	0.88	V	1112	0.51	S	1038	0.83
	1511	2.41		1559	2.08		1652	2.11		1641	1.85		1741	2.10		1653	1.91
	2111	0.37		2142	0.87		2225	0.68		2204	1.06		2306	0.82		2218	1.05
09	0342	2.69	24	0418	2.51	09	0505	2.69	24	0443	2.36	09	0543	2.59	24	0451	2.28
L	0951	0.45	M	1040	0.87	J	1134	0.57	V	1121	0.97	S	1217	0.66	D	1124	0.91
	1602	2.25		1640	1.92		1800	2.01		1729	1.77		1846	2.05		1748	1.88
	2154	0.51		2211	1.02		2324	0.86		2241	1.17					2313	1.14
10	0431	2.65	25	0452	2.40	10	0606	2.58	25	0526	2.24	10	0015	0.98	25	0546	2.15
M	1047	0.56	MI	1126	0.99	V	1247	0.68	S	1217	1.04	D	0650	2.45	L	1226	0.97
	1703	2.08		1726	1.79		1911	1.97		1830	1.74		1331	0.77		1852	1.90
	2244	0.70		2242	1.15					2339	1.26		1955	2.06			
11	0526	2.59	26	0530	2.30	11	0037	0.99	26	0623	2.14	11	0136	1.05	26	0035	1.19
MI	1153	0.66	J	1223	1.08	S	0715	2.50	D	1334	1.05	L	0803	2.35	M	0658	2.06
	1815	1.96		1823	1.70		1407	0.71		1944	1.76		1443	0.80		1342	0.97
	2344	0.87		2323	1.27		2025	2.00					2106	2.15		2004	1.97
12	0628	2.53	27	0617	2.21	12	0158	1.02	27	0112	1.30	12	0259	1.02	27	0209	1.14
J	1313	0.72	V	1337	1.11	D	0828	2.48	L	0738	2.09	M	0917	2.31	MI	0816	2.03
	1932	1.91		1933	1.67		1516	0.68		1445	0.98		1542	0.78		1449	0.89
							2137	2.11		2102	1.86		2210	2.30		2115	2.11
13	0101	0.99	28	0035	1.35	13	0314	0.97	28	0244	1.22	13	0410	0.91	28	0327	0.98
V	0740	2.51	S	0719	2.14	L	0938	2.49	M	0854	2.10	MI	1027	2.32	J	0931	2.07
	1435	0.69		1450	1.06		1610	0.61		1537	0.86		1631	0.74		1543	0.78
	2052	1.96		2055	1.71		2237	2.28		2203	2.03		2302	2.48		2213	2.31
14	0221	0.99	29	0208	1.34	14	0420	0.85	29	0352	1.05	14	0508	0.76	29	0428	0.76
S	0853	2.54	D	0831	2.13	M	1041	2.53	MI	1001	2.18	J	1124	2.35	V	1037	2.16
	1542	0.59		1541	0.95		1657	0.55		1621	0.72		1715	0.69		1631	0.65
	2203	2.09		2202	1.83		2325	2.46		2250	2.23		2346	2.63		2302	2.53
15	0332	0.91	30	0322	1.25	15	0518	0.71	30	0447	0.82	15	0556	0.63	30	0518	0.52
D	0959	2.63	L	0937	2.19	MI	1136	2.56	J	1057	2.28	V	1211	2.37	S	1132	2.27
	1635	0.48		1621	0.82		1740	0.50		1701	0.57		1756	0.66		1717	0.53
	2259	2.26		2248	1.99					2331	2.45					2347	2.74
			31	0419	1.08										31	0605	0.31
			M	1033	2.28										D	1221	2.36
				1657	0.67											1803	0.42
				2325	2.17												

Hacer ajuste de horario en los meses correspondientes - EL TIEMPO EMPLEADO CORRESPONDE AL MERIDIANO 60 W. ZONA + 4 HORAS  
 Gentileza del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile

# MAREAS Puerto Chacabuco 2018

ENERO						FEBRERO						MARZO					
DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS
01	0032	2.91	16	0105	2.74	01	0146	3.08	16	0136	2.65	01	0044	3.02	16	0038	2.57
L	0650	0.16	M	0725	0.50	J	0805	0.05	V	0755	0.46	J	0703	0.08	V	0654	0.48
	1307	2.43		1335	2.24		1424	2.51		1408	2.25		1324	2.56		1314	2.29
	1849	0.35		1913	0.77		2006	0.36		1951	0.72		1907	0.37		1856	0.73
02	0117	3.03	17	0134	2.73	02	0231	3.02	17	0208	2.62	02	0130	3.03	17	0112	2.59
M	0736	0.07	MI	0755	0.50	V	0850	0.14	S	0826	0.46	V	0746	0.09	S	0725	0.42
	1352	2.45		1404	2.20		1511	2.48		1441	2.27		1407	2.61		1344	2.37
	1935	0.33		1943	0.77		2052	0.44		2027	0.69		1953	0.37		1933	0.63
03	0202	3.06	18	0203	2.69	03	0317	2.88	18	0243	2.55	03	0214	2.95	18	0147	2.59
MI	0822	0.07	J	0825	0.52	S	0935	0.29	D	0900	0.49	S	0829	0.17	D	0758	0.39
	1438	2.43		1433	2.17		1601	2.42		1518	2.29		1452	2.61		1418	2.44
	2020	0.36		2012	0.78		2140	0.59		2106	0.71		2039	0.44		2011	0.57
04	0248	3.02	19	0233	2.63	04	0404	2.67	19	0322	2.44	04	0258	2.78	19	0224	2.53
J	0909	0.15	V	0855	0.56	D	1021	0.48	L	0936	0.55	D	0911	0.32	L	0833	0.39
	1528	2.37		1504	2.13		1653	2.35		1601	2.29		1539	2.57		1456	2.49
	2106	0.46		2044	0.80		2234	0.77		2151	0.76		2128	0.57		2053	0.55
05	0335	2.91	20	0305	2.54	05	0457	2.44	20	0406	2.30	05	0344	2.56	20	0304	2.43
V	0957	0.29	S	0928	0.61	L	1110	0.71	M	1017	0.64	L	0953	0.52	M	0911	0.44
	1621	2.29		1541	2.10		1747	2.29		1649	2.29		1626	2.50		1538	2.51
	2155	0.61		2120	0.85		2337	0.94		2244	0.83		2220	0.74		2139	0.59
06	0425	2.74	21	0342	2.43	06	0559	2.20	21	0459	2.14	06	0434	2.31	21	0349	2.28
S	1048	0.48	D	1004	0.68	M	1207	0.91	MI	1104	0.75	M	1036	0.74	MI	0951	0.54
	1718	2.21		1625	2.08		1846	2.25		1743	2.28		1715	2.42		1624	2.50
	2249	0.79		2203	0.91					2351	0.90		2319	0.90		2231	0.67
07	0520	2.54	22	0426	2.30	07	0057	1.06	22	0605	1.99	07	0534	2.08	22	0443	2.12
D	1144	0.68	L	1047	0.77	MI	0713	2.03	J	1203	0.87	MI	1123	0.96	J	1036	0.68
	1817	2.16		1716	2.07		1317	1.06		1844	2.29		1807	2.35		1716	2.47
	2355	0.96		2258	1.00		1951	2.26								2334	0.75
08	0624	2.34	23	0520	2.16	08	0226	1.06	23	0114	0.92	08	0031	1.02	23	0549	1.96
L	1251	0.84	M	1139	0.86	J	0834	1.94	V	0724	1.90	J	0644	1.91	V	1131	0.84
	1922	2.15		1814	2.08		1428	1.12		1318	0.95		1222	1.13		1815	2.44
							2059	2.31		1953	2.34		1905	2.30			
09	0117	1.06	24	0010	1.06	09	0342	0.98	24	0242	0.82	09	0155	1.07	24	0052	0.80
M	0738	2.19	MI	0628	2.03	V	0953	1.94	S	0848	1.90	V	0800	1.81	S	0707	1.88
	1404	0.94		1246	0.92		1527	1.11		1433	0.94		1335	1.24		1243	0.97
	2032	2.20		1919	2.12		2158	2.40		2105	2.46		2009	2.28		1924	2.43
10	0244	1.05	25	0139	1.04	10	0437	0.86	25	0352	0.64	10	0313	1.02	25	0219	0.75
MI	0858	2.11	J	0746	1.97	S	1054	2.00	D	1007	2.00	S	0921	1.81	D	0831	1.88
	1509	0.96		1401	0.92		1617	1.06		1538	0.85		1443	1.25		1404	0.99
	2139	2.32		2031	2.23		2247	2.49		2209	2.62		2112	2.31		2038	2.49
11	0359	0.94	26	0304	0.90	11	0519	0.75	26	0447	0.44	11	0410	0.94	26	0332	0.62
J	1013	2.11	V	0907	1.97	D	1138	2.07	L	1108	2.15	D	1028	1.86	L	0950	1.99
	1602	0.93		1506	0.86		1700	1.00		1636	0.72		1539	1.22		1517	0.92
	2234	2.46		2137	2.39		2327	2.57		2306	2.79		2206	2.36		2147	2.61
12	0456	0.81	27	0410	0.69	12	0555	0.65	27	0534	0.26	12	0451	0.84	27	0429	0.46
V	1112	2.16	S	1021	2.06	L	1212	2.13	M	1157	2.32	L	1113	1.95	M	1052	2.16
	1648	0.88		1603	0.76		1738	0.94		1729	0.57		1627	1.15		1619	0.78
	2319	2.59		2234	2.59					2357	2.94		2251	2.41		2247	2.75
13	0541	0.68	28	0503	0.47	13	0002	2.62	28	0619	0.14	13	0525	0.74	28	0516	0.31
S	1157	2.21	D	1120	2.19	M	0626	0.58	MI	1241	2.46	M	1148	2.04	MI	1141	2.34
	1729	0.83		1655	0.63		1243	2.18		1819	0.44		1709	1.06		1715	0.62
	2358	2.68		2325	2.79		1813	0.88					2329	2.47		2340	2.86
14	0619	0.59	29	0550	0.27	14	0034	2.65	29	0600	0.14	14	0556	0.65	29	0600	0.21
D	1233	2.24	L	1210	2.32	MI	0656	0.52				MI	1218	2.13	J	1224	2.50
	1807	0.79		1745	0.51		1311	2.21					1746	0.96		1806	0.49
							1846	0.82									
15	0033	2.73	30	0014	2.95	15	0105	2.66	30	0004	2.53	15	0004	2.53	30	0028	2.92
L	0653	0.53	M	0636	0.12	J	0725	0.48	V	0625	0.56	J	0625	0.56	V	0643	0.16
	1306	2.25		1255	2.43		1339	2.23		1246	2.21		1246	2.21		1307	2.63
	1842	0.77		1833	0.40		1918	0.77		1822	0.85		1822	0.85		1854	0.40
			31	0100	3.05									31	0114	2.90	
			MI	0720	0.05									S	0725	0.18	
				1339	2.50										1349	2.71	
				1920	0.34										1941	0.39	

Hacer ajuste de horario en los meses correspondientes - EL TIEMPO EMPLEADO CORRESPONDE AL MERIDIANO 60 W. ZONA + 4 HORAS  
 Gentileza del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile



Maximiza  
los ahorros de  
tu negocio  
**y cuida el  
medio  
ambiente.**



Nuestras  
**soluciones:**

- Cogeneración
- Central Térmica Ultra Eficiente
- Gestión Energética
- Soluciones de Climatización
- Solar Térmico



Esríbenos a:  
**innovacion@abastible.cl**



Llámanos al:  
**+56 22 693 90 70**



Visítanos en:  
**www.abastible.cl**

# ALTERNATIVAS DE CONTROL PARA EL PIOJO DE MAR



Dr. Sandra Bravo<sup>1</sup>, Dr. Øystein Evensen<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Acuicultura, Universidad Austral de Chile

<sup>2</sup>Norwegian University of Life Sciences, Faculty of Veterinary Medicine

<sup>3</sup>Sea Lice Research Center, Oslo, Norway

El piojo de mar es uno de problemas sanitarios más importante y de mayor impacto económico que enfrenta la industria en todos los países en los que se cultiva salmón, y Chile no ha estado ajeno a esta problemática.

Al igual que para *Lepeophtheirus salmonis*, las medidas de control para el piojo de mar en Chile han estado basadas desde principios de los años 1980s, en el uso de pesticidas, los que fueron inicialmente desarrollados para el control de parásitos en la ganadería. Todos con efectos adversos para el ambiente acuático si no son usados apropiadamente.

Los primeros productos usados para el control de piojo de mar en Chile fueron aplicados por baño, hasta que en los años 1980s hicieron su aparición los tratamientos suministrados oralmente a través del alimento. La ivermectina fue aplicada por un período de 10 años hasta que fue reemplazada por el Benzoato de Emamectina (Slice®) a fines de los años 1990s. En el período 2000-2007 solamente el benzoato de emamectina fue autorizado para el tratamiento de *Caligus*, pero frente a la evidencia de resistencia desarrollada por *C. rogercresseyi* al benzoato de emamectina (Bravo et al., 2008), el piretroide Deltametrina (AlphaMax®) fue autorizado en 2007; en 2009 fue autorizado el inhibidor de quitina Diflubenzuron, en 2010 el piretroide Cipermetrina (Betamax®), en 2013 el organofosfato Azametifos y en 2016 el Lufenuron (Imvixa®) (Tabla 1).

Las primeras experiencias de tratamientos con peróxido de hidrógeno en Chile fueron realizados en 1994, pero debido a los altos volúmenes de producto a usar no fue adoptado este tratamiento. Sin embargo, entre Febrero y Septiembre de 2007, el peróxido de hidrógeno fue el único producto alternativo al benzoato de emamectina en Chile, pero los resultados de eficacia realizados en condiciones de laboratorio demostraron que el producto no mata a los ejemplares adultos de *C. rogercresseyi*, a la concentración recomendada (1.500 ppm/20 min). El piojo sólo se paraliza temporalmente, provocando que se desprenda del pez, recuperándose a los 10 minutos post-tratamiento, quedando en condiciones de parasitar a nuevos peces (Bravo et al., 2010). Similar situación fue registrada en Escocia y Noruega, por lo que el método de tratamiento actualmente incluye la colecta de los parásitos inconscientes antes de eliminar el agua al mar. Pero además, estudios de resistencia realizados en Noruega han

demostrado que el piojo de mar también se hace resistente a este producto (Helgesen et al., 2015).

Tabla 1. Productos utilizados para el control de *Caligus rogercresseyi* en Chile, período de resguardo y dosis de tratamiento recomendada.

Producto	Fecha	Período resguardo	Administración	Dosis ingrediente activo
Neguvon®	1981- 1985	*	baño	0,25 ppm/ 1h
Nuvan®	1985- 2001	*	baño	1 ppm/1 h
Ivermectina	1989-2003	*	oral	0,07 mg/kg pez/ 1 seman/3 semanas
Benzoato de Emamectina	1999 a la fecha	300-600°D	oral	50 mg/kg pez/ día/ 7 días
Peróxido de Hidrógeno	2007 a la fecha	0°D	baño	1.500 ppm/ 20 min.
Deltametrina	2007 a la fecha	10°D	baño	2 ppb/ 30 min.
Diflubenzuron	2009 a la fecha	300°D	oral	6 mg/kg pez/ día/ 14 días
Cipermetrina	2010 a la fecha	30°D	baño	15 ppb/ 30 min.
Azametifos	2013 a la fecha	10°D	baño	0,1 ppm/ 30 min
Lufenuron (Imvixa®)	2016 a la fecha	2.050°D	oral	5mg /kg pez/día/ 7 días

Fuente: Sernapesca; °D= grados-días

## Efectividad de los tratamientos farmacológicos en el control de *Caligus rogercresseyi*

Actualmente, para la mayoría de los compuestos autorizados para el tratamiento del piojo de mar en Noruega se ha reportado resistencia y reducción de la eficacia (Aen et al., 2015), a pesar de las estrategias de manejo integrado implementadas. Lo mismo se ha registrado en Chile para *Caligus rogercresseyi* (Bravo et al., 2008; Helgesen et al., 2014; Agusti et al., 2016; Marín et al., 2016).

El piojo de mar se caracteriza por tener ciclos de vida cortos, con abundante descendencia y rasgos esenciales para el desarrollo de resistencia. El más importante promotor de desarrollo de resistencia es la repetición de tratamientos utilizando el mismo principio activo, los parásitos susceptibles mueren y los sobrevivientes transmiten los genes de resistencia a las sucesivas generaciones (Denholm et al., 2002).

Tabla 2. Volúmenes de ingrediente activo de los antiparasitarios usados para el control de Caligus en Chile en el período 2000-2015.

I.A. (kg)	2000	2001	2002	2003	2004*	2005*	2006*	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Benzoato de emamectina	52	77	121	127	149	212	326	906	285	65	47	49	219	164	194	173
Ivermectina	20	10	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diflubenzuron	-	-	-	-	-	-	-	-	162	3.878	3.639	2.815	2.167	3.504	587	356
Cipermetrina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.7	341.6	677	585	170	173
Deltametrina	-	-	-	-	-	-	-	5.2	105.2	31.7	34.3	39.9	197	152	36	30
Nuvan	1.6	3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Azametifos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.207	5.183	6.079
Lufenuron	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22
Total I.A.	73.6	90.4	124	136	149	212	326	911.2	552.2	3.974,7	3.750	3.245,5	3.260	7.612	6.170	6.833
Salmón (ton)	342.407	504.422	482.392	488.256	569.146	614.139	647.263	600.835	630.647	473.579	423.121	613.219	804.000	793.400	955.179	834.168

Fuente: Sernapesca; I.A.: ingrediente activo

### Alternativas No-Farmacológicas para el Control del Piojo

Debido al desarrollo de resistencia mostrado por el piojo de mar hacia los antiparasitarios disponibles hasta ahora, y debido a los altos volúmenes de antiparasitarios liberados por la industria del salmón al mar, se han dirigido los esfuerzos de investigación hacia alternativas de control no-farmacológicas, lo que incluye el control biológico y métodos preventivos.

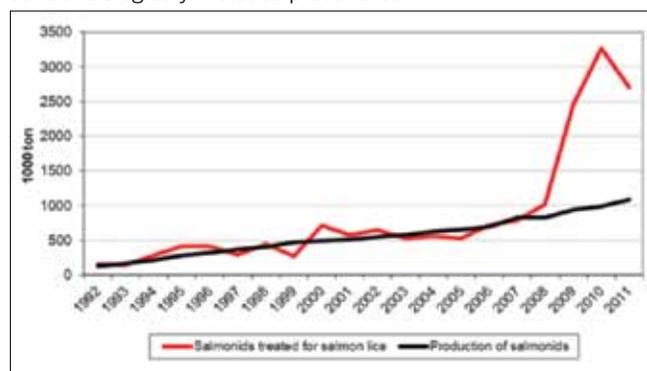


Figura 1. Biomasa tratada con antiparasitarios en Noruega versus biomasa total producida por año (Fuente: Tor E. Horsberg).

**Control Biológico:** A partir de fines de 1980s una serie de estudios fueron realizados con peces limpiadores (Fig. 2) en Noruega y Escocia, método que a partir del 2010 fue adoptado masivamente en Noruega debido a la resistencia desarrollada por *L. salmonis*, y al incremento de los volúmenes de antiparasitario registrados a partir del 2008 (Fig.1). Inicialmente se utilizaron peces silvestres de la familia *Labridae* (wrasse) captu-



Figura 2. a: Goldsinny wrasse; b: Lumpfish

rados por pescadores (Bjordal, 1988). Actualmente estos peces limpiadores son producidos en cautiverio y recientemente se ha incluido la especie *Cyclopterus lumpus* (Lumpfish) (Imsland et al., 2014). Sin embargo, el uso de antiparasitarios no disminuyó, lo que motivó la búsqueda de otros métodos de control para cumplir con la regulación establecida por Noruega (0,5 hembras adultas/pez).

**Métodos de Control no Farmacológicos:** A la fecha se han desarrollado una variedad de métodos no farmacológicos para destruir al piojo de mar, algunos con efectos adversos para el bienestar de los peces por el daño mecánico impartido y por el estrés que generan, propiciando el desarrollo de enfermedades secundarias. Entre los sistemas patentados y actualmente en uso se destacan:

**Desparasitación con laser óptico:** Los piojos adheridos a la superficie del pez son identificados por una cámara, activando el rayo láser que destruye instantáneamente al parásito sin causar



Figura 3. Esquema de funcionamiento del equipo laser instalado en el interior de la jaula.

le daño al pez. Este método es comercializado por la empresa Noruega Stingray Ltd, y hasta ahora no ha sido usado masivamente, reportándose variada eficacia en el control del piojo de mar entre los usuarios.

**Baño térmico (Thermolicer):** Este método se basa en la aplicación de temperatura entre 32 y 34°C por 25 a 30 segundos de exposición. La alta temperatura provoca que se suelten los parásitos, los que son colectados a través de un filtro y posteriormente son eliminados. Este método requiere que los peces sean extraídos de la jaula, bombeados al sistema con agua caliente y retornados nuevamente a la jaula (Fig. 4). El principal problema identificado, es el manejo mecánico y el estrés impartido durante el tratamiento.

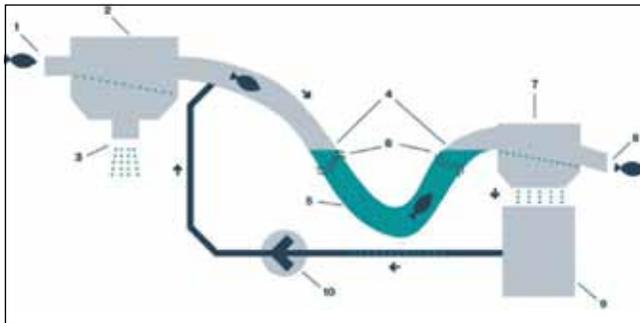


Figura 4. Esquema del tratamiento con Thermolicer (Fuente: Steinsvik). 1.- ingreso peces al sistema; 2.- eliminación agua; 3.- filtrado de agua y drenaje; 4-6: tratamiento con agua caliente; 7: eliminación agua; 8: retorno peces a la jaula; 9: recuperación agua caliente; 10: recirculación agua.

**Skamik:** Los peces son extraídos de la jaula y se hacen pasar individualmente a través de un rodillo con escobillas suaves y flujo de agua a presión para remover los piojos del pez (Fig. 5), retornándolos posteriormente a la jaula. Un filtro colecta los piojos que posteriormente se eliminan. Este método genera severo estrés por el manejo impartido.

**Hydrolicer:** Esta metodología se basa en el bombeo de los peces desde la jaula, pasando individualmente a través de un tubo en el cual reciben agua a presión para desprender los piojos adheridos al pez. Los peces desparasitados son retornados a la jaula y los parásitos colectados y eliminados (Fig. 6). Al igual que con el thermolicer y skamik, este método le genera severo estrés a los peces tratados.



Figura 5. Skamik



Figura 6. Esquema de funcionamiento del hydrolicer.

**Baños con agua dulce:** Basado en que el piojo de mar no tolera salinidad bajo los 15 ppt, en Noruega se han implementado tratamientos con agua dulce por periodos de hasta 8 horas, pero los resultados han sido relativos debido al estrés que se le genera a los peces por el shock fisiológico impartido. De acuerdo a estudios desarrollados en Chile, *C. rogercresseyi* no se desprende al someter a los peces parasitados a baños con agua dulce por 1 hora de tratamiento. Esto debido a los mecanismos de defensa que exhiben estos parásitos que tienen una membrana adoral que les permite mantener el cefalotorax adherido a la superficie corporal del pez, protegiéndolos de condiciones ambientales adversas, como el contacto con agua dulce (Bravo et al., 2015).

**Métodos no farmacológicos preventivos:** Estos métodos se han desarrollados para evitar el contacto físico de los peces con los estadios de vida libre del piojo de mar, y se destacan por no ser agresivos para el pez, respetando el bienestar de los peces y por ser amigables con el medio ambiente. Entre los sistemas desarrollados y que se encuentran en etapa de prueba, se destacan:

- **Uso de faldón:** Este método consiste en el uso permanente de un faldón de 10 m de profundidad, rodeando la parte superior de la jaula para evitar el ingreso de los estadios de natación libre al interior de éstas y evitar así el contacto con los peces, considerando que los copepoditos se encuentran distribuidos en los primeros metros de la superficie del mar (Fig. 7). Sin embargo, el modelo piloto demostró que se pueden generar serios problemas de reducción de oxígeno para los peces, debido a que el faldón actúa como barrera impidiendo el flujo de agua (Stien et al., 2012).

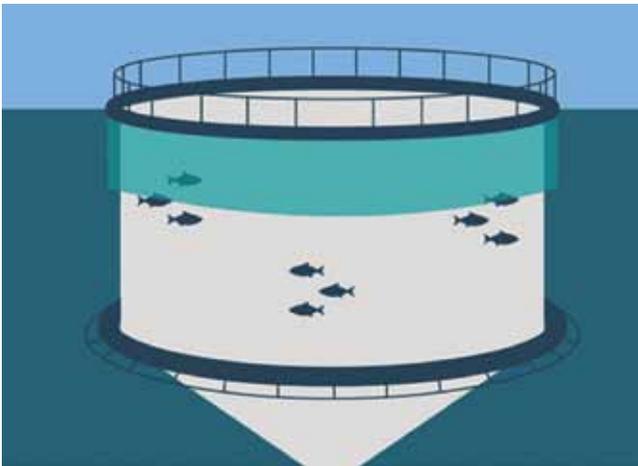


Figura 7. Jaula con faldón .



Figura 8. Snorkel cage (Fuente: Dempster)

- **Snorkel-cage:** Estas jaulas están construidas con un techo fabricado con red que mantiene a los peces en profundidad, provistas de un sistema de tubo “snorkel” que le permite a los peces subir a la superficie para tomar aire y así llenar su vejiga natatoria (Fig. 8). El tubo snorkel ubicado en el centro de la jaula está confeccionado con una lona para evitar el ingreso de los estadios de vida libre del piojo de mar y prevenir así el contacto con los peces. Los resultados reportados en jaulas piloto arrojan una disminución en la carga de parásitos (Stien et al., 2016).
- **Closed bag:** Este sistema consiste en el uso de jaulas construidas con lona (Gore-Tex), totalmente impermeables (Fig. 9), a las cuales se le bombea agua a 20 m de profundidad y se le adiciona oxígeno. El agua de salida es filtrada para retener la materia orgánica y peces muertos, sin registrarse efectos adversos en los peces en términos de sobrevivencia y crecimiento (Nilsen et al., 2017).
- **El Huevo:** Este sistema desarrollado por Hauge Aqua consiste en una estructura totalmente cerrada, en la cual todos los parámetros están bajo control. El 90% de la jaula está siempre sumergida y el 10% restante está sobre el agua y llena con aire. El agua es bombeada a 20 m de profundidad para impedir el ingreso de estadios de vida libre del piojo de mar.



Figura 9. Closed bag (Fuente : Akva-Design)

### Desarrollo de vacunas

Mientras en el hemisferio norte se sigue investigando para el desarrollo de vacunas efectivas contra el piojo de mar, a la fecha en Chile se han desarrollado dos vacunas contra *Caligus rogercresseyi*, la primera desarrollada por Centrovvet en el 2010 y que fue sacada del mercado por su baja efectividad, y la segunda Providean Aquatec Sealice®, desarrollada por Tecnovax, la cual genera un incremento en la producción de mucus, pero que no otorga la protección esperada.

### Alimentos funcionales contra el piojo de mar

Se han realizado una serie de estudios para generar dietas que estimulen la respuesta inmunológica para reforzar la salud de los peces y fortalecer las barreras de defensa externas (piel y mucus). A su vez, se han estudiado sustancias con efecto repelente, basadas en extractos naturales extraídos de plantas, de tal forma generar una reducción en el número de parásitos y protección contra la infección por piojos de mar (Holm et al., 2016). Actualmente, la mayoría de las empresas proveedoras de alimento, ofrecen alternativas de dietas para reforzar a los peces y minimizar la infestación por el piojo de mar.

### Selección genética de salmones resistentes a Caligus

La producción de ovas generadas de reproductores que muestren mayor resistencia a la parasitación por *Caligus* es una de las alternativas hoy exploradas como parte de las estrategias de manejo integrado implementadas para el control del piojo de mar. Las empresas productoras de ovas incluyen actualmente selección por resistencia al piojo de mar en los programas de selección genética, identificando los QTLs para alta susceptibilidad, eliminando a los ejemplares más susceptibles de los reproductores núcleos.



Figura 10. El huevo (Fuente: Hauge Aqua)

## Conclusiones

- Sin dudas que el control del piojo de mar basado solo en el uso de productos antiparasitarios no es la solución, por lo que la búsqueda de nuevas alternativas para evitar el contacto de estos parásitos con los salmones sometidos a cultivo, es una prioridad. Los métodos no farmacológicos para el control del piojo de mar deben tener en consideración el bienestar de los peces, para así evitar mortalidad y enfermedades secundarias. En tanto que los métodos preventivos hasta ahora diseñados deben asegurar un 100% de efectividad y un costo que permita su implementación.
- Esta claro que al no contar con un método de control que sea amigable con el medioambiente, que no genere estrés en los peces y que entregue un 100% de efectividad, la implementación de estrategias tendientes a un manejo integrado para el control del piojo de mar es la mejor alternativa.
- Importante es tener en consideración la celebre frase de Darwin “Las especies que sobreviven no son las más fuertes, ni las más rápidas, ni las más inteligentes, son aquellas que se adaptan mejor al cambio”. Esto sin dudas refleja la complejidad del piojo de mar, el cual ha mostrado adaptarse rápidamente a condiciones adversas.

## Referencias Bibliográficas

- Aaen, S.M., Helgesen K.O., Bakke M.J., Kaur K., Horsberg T.E., 2015. Drug resistance in sea lice: a threat to salmonid aquaculture. Trends Parasitol. 31 (2), 72-81.
- Agusti C., Bravo S, Contreras G., Bakke M. J., Helgesen K.O., Winkler C., Silva M.T., Mendoza J., Horsberg T.E. 2016. Sensitivity assessment of *Caligus rogercresseyi* to anti-lice chemicals in relation to treatment efficacy in Chilean salmonid farms. Aquaculture 458:195-205.
- Bjorndal Å. 1988. Cleaning symbiosis between wrasses (*labridae*) and lice infested salmon (*salmo salar*) in mariculture. International Council for the Exploration of the Sea.
- Bravo S., Pozo V., Silva M.T. 2015. Evaluación de la efectividad del tratamiento con agua dulce para el control de *Caligus rogercresseyi* Boxshall & Bravo, 2000. Lat. Am.J.Aquat. Res. 43(2) 322-328.
- Bravo S, Treasurer J, Sepulveda M, Lagos C. 2010. Effectiveness of hydrogen peroxide in the control of *Caligus rogercresseyi* in Chile and implications for sea louse management. Aquaculture 303:22-27.
- Bravo S., Sevattal S., Horsberg T. 2008. Sensitivity assessment of *Caligus rogercresseyi* to emamectin benzoate in Chile. Aquaculture 282: 7-12.
- Denholm, I., Devine, G.J., Horsberg, T.E., Sevattal, S., Fallang, A., Nolan, D.V., Powell, R. 2002. Analysis and management of resistance to chemotherapeutants in salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) (Copepoda: Caligidae). Pest Manag. Sci. 58, 528–536.
- Helgesen K.O., Romstad H., Aaen S.M., Horsberg T.E., 2015. First report of reduced sensitivity towards hydrogen peroxide found in the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* in Norway. Aquaculture Reports 1, 37-42.
- Helgesen K.O., Bravo S., Sevattal S., Mendoza J., Horsberg T.E., 2014. Deltamethrin resistance in the sea louse *Caligus rogercresseyi* (Boxshall and Bravo) in Chile: bioassay results and usage data for antiparasitic agents with references to Norwegian conditions. J. Fish Dis. 37 (10): 877-890.
- Holm, H.J., Wadsworth S., Bjelland A.K., Krasnov A., Evensen Ø., Skugor S. 2016. Dietary phytochemicals modulate skin gene expression profiles and result in reduced lice counts after experimental infection in Atlantic salmon. Parasites & Vectors. 9:271
- Imsland A.K., Reynolds P, Eliassen G., Hangstad T.A., Foss A., Vikings-tad E. Elvegård T.A. 2014. The use of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) to control sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) infestations in intensively farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture. 425-426: 18-23.
- Marín S.L., Ibarra R., Medina M.H., Jansen P.A., 2015. Sensitivity of *Caligus rogercresseyi* (Boxshall and Bravo 2000) to pyrethroids and azamethiphos measured using bioassay tests-A large scale spatial study. Prev. Vet. Med., 8.
- Nilsen A., Nielsen K.V., Biering E., Bergheim A. 2017. Effective protection against sea lice during the production of Atlantic salmon in floating enclosures. Aquaculture 466:41-50.
- Stien L.H., Dempster T, Bui S., Glaropoulos A., Fosseidengen J.E., Wright D., Oppedal F. 2016. ‘Snorkel’ sea lice barrier technology reduces sea lice loads on harvest-sized Atlantic salmon with minimal welfare impacts. Aquaculture 458:29-37.
- Stien L.H., Nilsson J., Hevrøy E. M., Oppedal F., Kristiansen T.S., Lien A.M., Folked O. 2012. Skirt around a salmon sea cage to reduce infestation of salmon lice resulted in low oxygen levels. Aquacultural Engineering 51: 21–25.



**HOTEL  
CABAÑA DEL LAGO**  
PUERTO VARAS • CHILE



# Eventos frente al Lago Llanquihue



Privilegiándose a tan solo algunos pasos del centro de la ciudad e increíbles vistas panorámicas del Lago Llanquihue y los volcanes, Hotel Cabaña del Lago se posiciona como uno de los lugares más emblemáticos y atractivos en el Sur de Chile para destacar sus Eventos de manera notable e inolvidable en Puerto Varas.

VER MÁS PROGRAMAS



FREE WIFI / PARKING



## Somos Puerto Varas...

CONSULTA POR VALORES DE APERTURA EN EVENTOS Y PROGRAMAS  
RESERVAS AL 65 2200 100 · RESERVAS@HCDL.CL · WWW.HOTELCABANADELLAGO.CL

# Intoxicación Crónica y Aguda por aluminio (Al)



Carlos Sandoval Hurtado<sup>1</sup>, Enrique Paredes Herbach<sup>2</sup>, J. Manuel Mejía Estrada<sup>1</sup>, Manuel Ulloa<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Investigación & Desarrollo Laboratorio Vehice. Ltda.

<sup>2</sup>M.V., Dr. Med. Vet. Instituto de patología animal, Universidad Austral de Chile.

El aluminio (Al) es un metal al que no se le atribuye participación como cofactor o elemento funcional en procesos celulares. Es un metal que se presenta con frecuencia en agua dulce y su efecto se traduce en mortalidad cuando se presenta en altas concentraciones, sin embargo, al igual que para otros metales concentraciones subletales podrían alterar los ciclos productivos (NIVA, 2011).

## INTOXICACIÓN CRÓNICA POR Al

La intoxicación crónica por aluminio en peces de agua dulce, se manifiesta por la alteración en la función respiratoria, asociada a daños histopatológicos en filamentos branquiales como adelgazamiento del epitelio lamelar, hiperplasia del epitelio branquial, lo cual afecta al intercambio de gases. (Youson and Neville, 1987; Evans et al., 1988; Tietge et al., 1988; Mueller et al., 1991; Audet and Wood, 1993), sin embargo, se pueden observar cambios morfométricos en niveles subletales de Al con pH ácidos. También se produce un alteración en el nado y en el proceso de contracciones musculares (Brett, 1964). La alteración en las contracciones musculares es debido al desbalance iónico que sucede durante los periodos agudos de exposición en un medio ácido con presencia de aluminio. Cuando las agua son ácidas (pH 5.2) puede causar alteraciones en el apetito y en el crecimiento (Wilson et al., 1994).

### Efectos en la reproducción

Las alteraciones observadas por la exposición al Al en medios ácidos en la etapa de reproducción incluyen un metabolismo anormal durante la vitelogénesis en hembras maduras y afectan indirectamente la regulación de iones, retrasando la maduración de los ovocitos y el desove, han existido casos que incluso se puede inhibir por completo la ovulación (Mount et al., 1988).

### Efectos en la eclosión

Concentraciones elevadas de aluminio produce una eclosión temprana y por ende se refleja en una mortalidad elevada, derivado de la eclosión temprana. El mecanismo de acción no está establecido, pero es posible que se asocie a una disfunción de la estructura del corión, lo que conlleva a una inmadurez de los órganos vitales y consecuentemente una mala adaptación al medio. (Pressot & Kristiansen. 2011).

### Efectos tóxicos del Al en medios alcalinos

Los efectos tóxicos en medios alcalinos son menores que en aguas ácidas, esto debido a que en medios alcalinos la carga mayormente presente de aluminio es en forma de anión  $[Al(OH)^{-4}]$ , lo que aminora los daños e incluso no se observan daños considerables a nivel de branquias (Heming and Blumhagen, 1988).

### Efectos del Al en agua salada

Existen pocos estudios de la toxicidad de Al en esteros o mar, sin embargo, se han reportado mortalidades agudas durante tormentas, en las cuales grandes cantidades de Al han sido arrasadas de ríos acidificados con concentraciones altas de aluminio (Bjerkens et al., 2000).

### Efectos en la etapa de esmoltificación

Si bien no se tienen muchos estudios en agua salada, se han reportado efectos negativos en los organismos en esmoltificación cuando estos son expuestos al aluminio en medios ácidos, afectando su osmorregulación y por ende su habilidad para adaptarse al agua de mar. Estas alteraciones son derivadas por el efecto del Al a las branquias, alterando la actividad de la  $Na^+/K^+-ATPasa$  (Saunders et al., 1983; Staurnes et al., 1993; Poleo and Muniz, 1993; Monette et al., 2008), sin embargo, este no es el único proceso involucrado en la regulación iónica durante la esmoltificación. Se estudia la posibilidad de que existe un decremento en la expresión del mRNA de otros transportadores de iones como es el caso del CFTR-1 ( $Cl^-$  canal apical de la secreción de  $Cl^-$ ) al igual las mitocondrias de las células de las branquias reducen en tamaño e intensidad de tinción.

## INTOXICACIÓN AGUDA POR ALUMINIO (Al)

Los peces que han estado expuestos de manera aguda a aluminio se caracterizan típicamente por daño macroscópico y / o microscópico al tejido branquial. Los síntomas pueden incluir una disfunción respiratoria caracterizada por una acidosis plasmática, hipoxia e hipercapnia con pérdida de la osmorregulación. Otras observaciones relacionadas con la toxicidad aguda del aluminio incluyen la producción excesiva de células mucoides (Muniz & Leivestad, 1980), inhibición de las actividades de

las enzimas anhidrasa carbónica y de la Na-K-ATPasa (Staurnes et al., 1984) y la acumulación apical e intracelular de aluminio en epitelio branquial (Youson y Neville, 1987, Exley, 1989). Otros hallazgos incluyen necrosis y desprendimiento de células epiteliales (Exley, 1989). Las alteraciones observadas dependen de la química del agua. La toxicidad aguda de aluminio en los peces es claramente el resultado de la descomposición de las propiedades del epitelio branquial.

Existen dos teorías de cómo la intoxicación aguda por aluminio afecta a los peces, la primera describe la alteración de las células epiteliales branquiales causada por la precipitación de hidróxido de aluminio en la superficie branquial. Esta condición se ve exacerbada por la producción excesiva de células mucoides en la superficie branquial. La segunda teoría es sobre la unión superficial. El aluminio presente en la superficie branquial se une a grupos funcionales en el epitelio branquial. Inicialmente se postuló que los productos de hidrólisis de aluminio, principalmente  $Al(H_2O)_3^+$ ,  $Al(H_2O)_5(OH)^{2+}$ ,  $Al(H_2O)_4(OH)Al(H_2O)_2(OH)$  competían por unirse a grupos integrantes de la estructura y función de la membrana (Sadler & Lynam, 1987). Se observó que la toxicidad era más aguda cuando se calculó que  $Al(H_2O)_5(OH)^{2+}$  era la especie dominante en solución y posteriormente esta especie era la molécula tóxica sugerida.

En la toxicidad aguda de aluminio, este metal está unido a grupos situados apicalmente en el epitelio laminar branquial. Sitios de unión específicos, por ejemplo, el complejo aluminio-fosfolípido fosfatidilserina (Shi & Haug, 1988) neutraliza la carga de uno o más carboxilatos y / o fosfato, reduciendo posteriormente la fluidez de la membrana (Viersta & Haug, 1978). De forma similar, se espera que la sustitución del aluminio por los cofactores metálicos de las proteínas de transporte altere la permeabilidad

de la membrana. Se sabe que el aluminio inhibe la absorción activa de NaCl (Dalziel et al., 1987) y el mecanismo inhibitor puede implicar la sustitución de aluminio, ya sea por un cofactor metálico en el dominio funcional de una proteína de transporte activa o por la especie de transporte en sí.

La conclusión es que el aluminio no es meramente irritante para los peces en aguas ácidas, sino que ejerce un efecto principal. Induce un aumento en la permeabilidad del epitelio branquial con alteraciones consecuentes en los flujos de iones transmembranales. Esto permite que el aluminio se acumule intracelularmente en las células epiteliales y llegar a un umbral tóxico alterando la homeostasis, acelerando la muerte celular, exacerbando la descomposición de la de barrera de las branquias y resultando en la muerte de los peces.

### Impactos del aluminio en el éxito de la migración a agua salobre y mar

De particular preocupación y relevancia ambiental es la observación de la osmorregulación, ya que puede ser interrumpida por exposición de Al en agua dulce en concentraciones muy bajas (por ejemplo,  $6 \mu g / L$  a pH 5.8) (Kroglund et al., 2003) por corto plazo (h) (Staurnes et al., 1996) y que en realidad no puede causar un deterioro significativo de la capacidad osmorreguladora en agua dulce de estos peces.

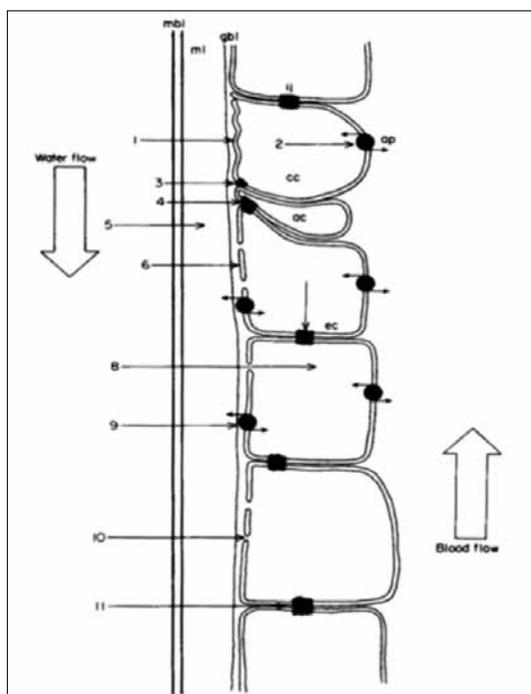
El objetivo más obvio del efecto del Al es la actividad de la  $Na + K + -ATPasa$  en las branquias, que se sabe aumenta durante la smoltificación en preparación para la migración a mar (Staurnes et al., 1993, 1995, 1996, Magee et al., 2003).

Monette et al. (2010) también encontraron una disminución en la expresión de mRNA de otros transportadores en agua de mar causada por la exposición a Al, como el CFTR-1 (el canal Cl-apical

involucrado en la secreción de Cl), así como la disminución en el tamaño y la intensidad de la mitocondria en las células branquiales.

### Acumulación de aluminio en el organismo

La acumulación del Al está asociada al mucus, pero también se puede observar en depósitos intracelulares. Se ha reportado acumulación en órganos como cerebro, riñón, hígado, gónadas, corazón, músculo blanco y escamas en exposiciones crónicas. Sandoval et al., (2016) han observado en intoxicaciones experimentales por aluminio (estudio no publicado) una acumulación del metal en tejido óseo/cartilaginoso de los peces, como también un acumulación en estos tejidos en intoxicaciones en campo, evidenciándolo por técnicas histoquímicas especiales para aluminio. Esto se correlaciona a lo observado por



Representación esquemática de los sitios potenciales de interacción del aluminio en el epitelio lamelar de la branquia. mbl (capa límite mucosa); ml (capa mucosa); gbl (capa límite de branquias); ij (unión intercelular); ap (Bomba ATPasa); cc (célula de cloruro); ac (célula accesoria); ce (célula epitelial). Los números indican sitios de interacción. (1) Superficie apical de la célula de cloruro. (2) Sistema de transporte activo situado básicamente. (3) Unión apical estrecha que une células cloruro y accesorias. (4) Unión apical ancha que une células accesorias y epiteliales. (5) capa polianiónica mucoidal que incluye la enzima anhidrasa carbónica. (6) Superficie apical de la célula epitelial. (7) Efectos intracelulares sobre las uniones intercelulares. (8) Acumulación intracelular de aluminio. (9) Sistema de transporte activo apicalmente localizado. (10) Canales de membrana apical. (11) Efecto extracelular sobre las uniones intercelulares.

Malcolm, et al (1981), quienes evidenciaron por técnicas histoquímicas acumulación de aluminio en tejido óseo en personas intoxicadas con aluminio.

### Potencial de bioconcentración y / o biomagnificación del aluminio

La adsorción en la superficie branquial ante la exposición a Al en el agua es rápida, mientras que la captación celular del agua es lenta, pero puede ocurrir acumulación gradual en los órganos internos (músculo, hígado, riñón) a través de la dieta. (10 g Al / kg de masa seca de la dieta) (Handy, 1993).

### Caracterización de rutas de captación

**Branquia** El mucus acumula Al muy rápidamente (minutos a horas) (Goossenaerts et al., 1988). Las acumulaciones celulares a través de las branquias son lentas, pero la acumulación gradual en los órganos internos ocurre durante el tiempo. La toxicidad de Al surge de las acciones de Al unido y precipitado o un polimerizado en la superficie branquial (Exley et al., 1991). Casi todo el Al de branquias se encuentra en la superficie branquial (Goossenaerts et al., 1988) y en particular, en áreas ricas en mucus entre las laminitas branquiales (Norrgrén et al., 1991), sin embargo, después de la exposición prolongada (de 1 semana a 1 año), el depósito de Al se puede encontrar dentro de las células de las branquias mismas.

### Otras Rutas

No ha sido documentado

### Caracterización de las vías de excreción

La depuración es inicialmente rápida de las branquias después de regresar al agua libre de Al después de una exposición aguda en el agua. Esta rápida depuración está probablemente relacionada con el desprendimiento de la mucosa en gran medida unida a Al (Playle y Wood, 1991), sin embargo, la depuración de Al que se ha acumulado en las branquias de la trucha marrón llevó más tiempo (40 días) en volver a los niveles encontrados en los peces control que fue cerca de 15 días.

La información sobre la tasa de eliminación de Al de los órganos internos parece ser más lenta que para las branquias (> 15 días para la cabeza, los riñones y el hígado), o puede no ocurrir en absoluto como es el caso del músculo blanco (25 días). Una dieta enriquecida en aluminio puede hacer que se detecte Al en el mucus de la trucha arco iris, y las concentraciones de Al fueron relativamente mayores en las branquias que en el hígado o el riñón después de 42 días de ingesta dietética de Al, lo que sugiere que la excreción se da a través de las branquias (mucus) y sea la vía de desintoxicación de los almacenes internos (Handy, 1996).

### Interacción del Al con otros metales

Si bien se sabe que el Al causa alteraciones en la biota del agua, no se está completamente seguro de la interacción que pueda tener con otros metales. Algunos estudios revelan la interacción del Al con Zinc (Zn), Cobre (Cu) e Hidrógeno (H<sup>+</sup>), observándose mecanismos similares de inhibición de la regulación iónica en branquias (Hutchinson and Sprague, 1986).

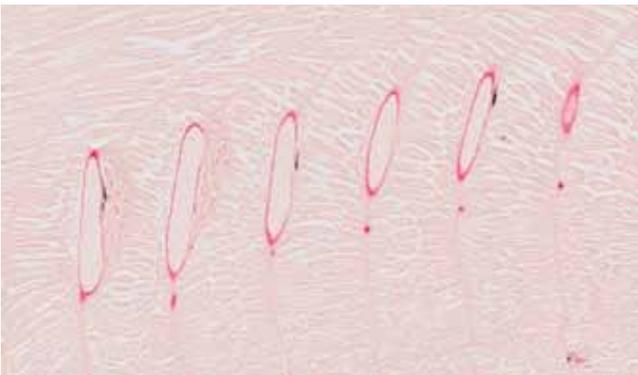


Figura 1. Cartílago/hueso. Aluminol. Moderada reacción positiva a aluminio (color rojo) en cartílago/hueso.

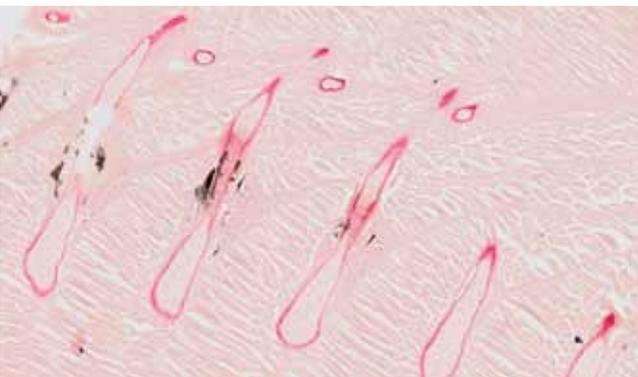


Figura 3. Cartílago/hueso. Aluminol. Moderada reacción positiva a aluminio (color rojo) en cartílago/hueso.



Figura 2. Cartílago/hueso. Aluminol. Moderada reacción positiva a aluminio (color rojo) en cartílago/hueso.

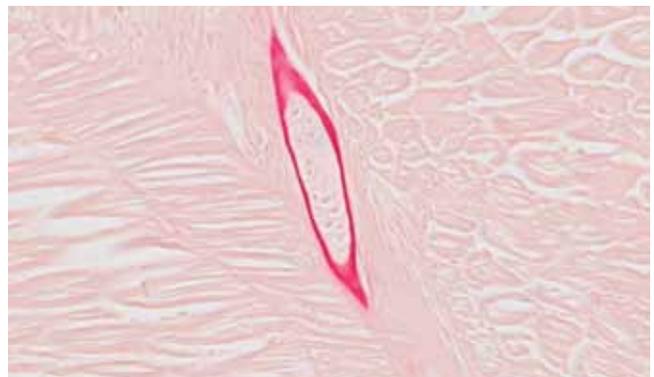
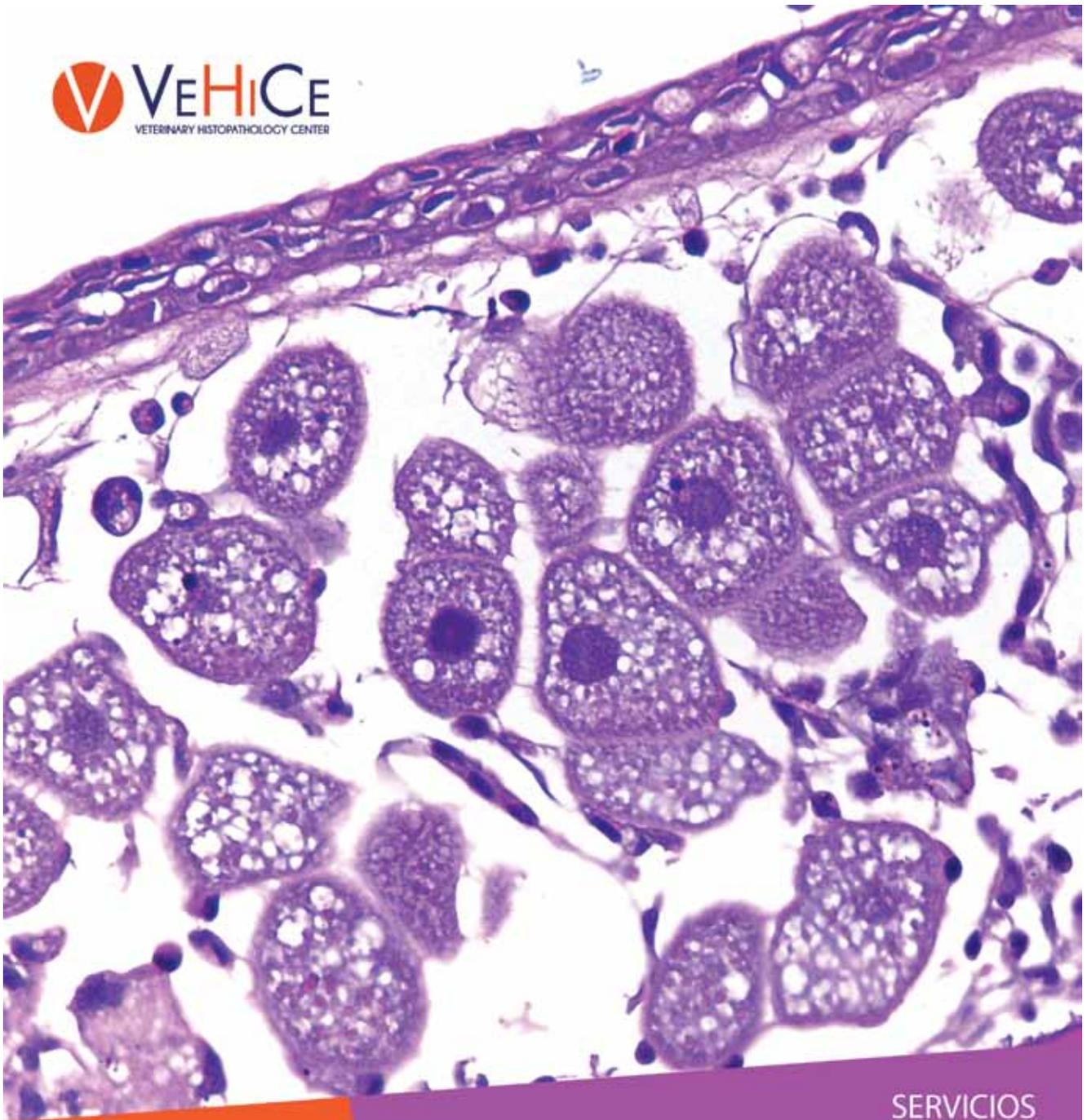


Figura 4. Cartílago/hueso. Aluminol. Moderada reacción positiva a aluminio (color rojo) en cartílago/hueso.



## SERVICIOS

Determinación de toxicidad de productos acuícolas.  
Evaluación de desarrollo gonadal.  
Detección de parásitos y hongos.  
Detección de metales pesados.  
Detección de virus y bacterias.  
Evaluación de status sanitario.  
Detección de FAN.

Diagnóstico de enfermedades.  
Enfermedades metabólicas.  
Estado de smoltificación.  
Enfermedades exóticas.  
Evaluación de dietas.  
Toxicología acuática.  
Score histológico.



 PATOLOGÍA VETERINARIA  
PATOLOGIA-VETERINARIA.COM

Libertad 590, Puerto Montt X Región de Los Lagos, Chile  
Teléfono: +56 9 7575 4923 / +56 9 8414 0421, E-mail: info@vehice.cl

PATOLOGÍA DÍGITAL

WWW.VEHICE.CL

# SMOLTVISION

## Un nuevo indicador de bienestar



Michael Ness<sup>\*1</sup>, Siri Vike<sup>2</sup>, Asbjørn Dyrkorn Løland<sup>2</sup>, Elise Hjellev<sup>2</sup>, Stian Nylund<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pharmaq AS, Harbitzalléen 2A, N-0275 Oslo, Noruega

<sup>2</sup>Pharmaq Analytiq AS, Thormøhlensgate 55, N-5008 Bergen, Noruega



### RESUMEN

SmoltVision es la primera prueba disponible comercialmente capaz de diferenciar entre isoformas de ATPasa de agua salada y dulce vía RT-PCR en tiempo real. Este análisis fue probado en terreno en Noruega entre 2015-2016 previo a su comercialización a inicios del 2017. Adicionalmente, se realizaron ensayos de terreno en Canadá a inicios de 2017. El ensayo de terreno noruego incluye la comparación entre SmoltVision y ATPasa, en la cual una población de salmón Atlántico fue sometida a tratamientos con formalina para infección por *Costia*. SmoltVision fue capaz de identificar “falsa” esmoltificación y sirvió como una mejor herramienta para la predicción de la tolerancia al agua de mar. En Canadá, SmoltVision se probó junto con ATPasa y cloruros sanguíneos en dos poblaciones similares de salmón Atlántico S1 mantenidas en diferentes pisciculturas de flujo continuo a diferentes temperaturas del agua. A diferencia de los cloruros y la ATPasa, SmoltVision fue capaz de ofrecer seguridad en la progresión a lo largo del proceso de esmoltificación y sirvió como un indicador de bienestar, reconociendo la tasa más lenta de esmoltificación en el grupo de peces sujeto a temperaturas subóptimas del agua.

### INTRODUCCIÓN

La actividad Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> ATPasa (NKA total) ha sido utilizada por largo tiempo como indicador de preparación para el agua de mar en salmónidos juveniles. Durante algún tiempo se ha sabido que la inadecuada esmoltificación afecta negativamente la supervivencia en mar, el crecimiento y susceptibilidad a enfermedades (McCormick 2013). Las investigaciones han relacionado la progresión normal a lo largo del proceso de esmoltificación con el aumento de la actividad total de NKA (Zaugg & McClain, 1970; McCormick et al. 2009a). Como un resultado, NKA total ha sido ampliamente aceptada globalmente como el “modelo de referencia” de la metodología para la evaluación de esmoltificación dentro del cultivo comercial del salmón (McCormick 2013). PHARMAQ Analytiq, un laboratorio de diagnóstico de peces acreditado ISO en Bergen, desde entonces ha realizado este ensayo en varios cientos de miles peces en Noruega. Durante este mismo período de tiempo, también se ha observado una tendencia de aumento de tamaño al momento de la transferencia al agua de mar dentro de la industria salmonera Noruega. Pese a este foco en la tolerancia al agua de mar, sin embargo, la industria salmonera Noruega aún está experimentando una mortalidad considerable

post transferencia al agua salada y pérdidas de productividad en stocks, algunas de las cuales han sido relacionadas con tiempo subóptimo de transferencia al mar (Bleie & Skrudland, 2014).

Se han identificado y caracterizado distintas isoformas de la subunidad catalítica  $\alpha$  de la enzima NKA dentro de las células de cloruro de salmónidos (Richards et al. 2003; McCormick et al. 2009b). Se ha visto que la expresión de esas isoformas de ATPasa cambia en una manera predecible a lo largo del proceso de esmoltificación (McCormick et al. 2013). Además, se han asociado diferentes roles de osmoregulación a esas diferentes isoformas. La isoforma  $\alpha$ -1a NKA (FW NKA) se ha asociado con la expresión en el ambiente de agua dulce y a un rol de captación de soluto. En cambio, la isoforma  $\alpha$ -1b NKA (SW NKA) expresada predominantemente en el ambiente de agua salada, ha sido asociada con la secreción de soluto a través de las branquias (McCormick et al. 2009b). La mayor expresión de SW NKA ha sido asociada con el aumento de la tolerancia al agua salada en salmónidos (Nilsen et al. 2008; Steffanson et al. 2009).

El monitoreo convencional de ATPasa entrega una suma de ATPasa total de todas las isoformas activas en las branquias al momento de la evaluación. SmoltVision, un análisis basado en RT PCR en tiempo real ofrecido por PHARMAQ Analytiq, es el único ensayo comercialmente disponible que puede diferenciar entre expresiones de isoformas. Este ensayo fue desarrollado por Uni Research AS (Bergen, Noruega) en la Universidad de Bergen y en 2015 PHARMAQ Analytiq adquirió los derechos del ensayo y lo denominó “SmoltVision”.

En SmoltVision se miden los niveles relativos de mRNA en tres marcadores de esmoltificación diferentes; FW NKA, SW NKA y un cofactor. Basado en los datos reunidos durante el 2015 y 2016, PHARMAQ Analytiq desarrolló un algoritmo que es usado para comparar e interpretar datos de nuevos muestreos. Una combinación de características visuales, comportamiento, temperatura, régimen de luz y niveles relativos de mRNA revelan en cuál fase de la esmoltificación se encuentra el pez. Los ensayos comerciales de terreno han demostrado la novedosa habilidad del ensayo SmoltVision de diferenciar entre la expresión de isoforma de ATPasa de agua salada y agua dulce como una herramienta beneficiosa para entender y predecir la tolerancia al agua salada.



## MÉTODOS

Se realizaron dos ensayos de terreno distintos donde SmoltVision fue comparado con otras metodologías de evaluación de esmoltificación disponibles; uno en Noruega y el otro en Canadá. El RT-PCR en tiempo real para el ensayo de SmoltVision fue realizado de acuerdo con Handeland et al. (2014); la actividad Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> ATPasa (NKA total) fue medida de acuerdo con McCormick (1993); y el análisis de cloruro sanguíneo fue realizado vía titulación coulométrica de cloruro de plata (Cotlove et al. 1958) después de que los peces fueron sujetos a un desafío de 24 horas en 34ppt de agua salada. Los peces fueron eutanasiados previo al muestreo con un golpe fuerte en la cabeza. Se muestrearon porciones de 5mm x 5mm de filamentos de tejido branquial para los ensayos de ATPasa y SmoltVision, provenientes del pliegue en el segundo arco branquial.

### Ensayo de terreno en Noruega

Se realizaron 11 mediciones de NKA total y 9 mediciones de SmoltVision en una población de salmón Atlántico S0 de 119 gramos en una piscicultura de flujo continuo entre Julio-Septiembre, 2016. La salinidad se mantuvo a 0 ppt, mientras que la temperatura del agua se mantuvo en el rango de 12-16°C. Se utilizó un fotoperíodo de 5-semanas 12L:12D (invierno) justo antes del primer muestreo, luego del cual se mantuvo 24L:0D (verano). Se esperaba trasladar a la población a comienzos de Agosto, pero fue retrasada debido a esmoltificación subóptima y una infección por *Costia*. Posteriormente, se realizó un tratamiento con formalina a la población a comienzos de Agosto, luego del cual la población fue cuidadosamente monitoreada hasta la transferencia al agua de mar a fines de Septiembre.

### Ensayo de terreno en Canadá

Se tomaron 3 mediciones simultáneas de NKA total, SmoltVision

y cloruro sanguíneo en dos poblaciones de salmón Atlántico S1 de 80 gramos en pisciculturas de flujo continuo con agua superficial. Los grupos de peces fueron mantenidos en pisciculturas geográficamente separadas, pero provenían del mismo grupo de reproductores y habían sido sujetos de condiciones ambientales y productivas similares hasta la evaluación de la esmoltificación. Se mantuvieron intervalos de muestreos de dos semanas en las dos pisciculturas durante un período de 4 semanas desde Diciembre ('16) a Enero ('17). La temperatura del agua durante el período de muestreo en la piscicultura 1 se mantuvo entre 4,5-6°C, mientras que en la piscicultura 2 se mantuvo entre 1,5-3,0°C. Se utilizó un fotoperíodo de 6-semanas 12L:12D (invierno) en ambas pisciculturas, el cual finalizó a comienzos de Diciembre, y luego se mantuvo 24L:0D (verano) hasta la transferencia a mediados de Enero. Las primeras evaluaciones se realizaron aproximadamente 2 semanas después del inicio del fotoperíodo de verano y las últimas evaluaciones se realizaron 3 días previo a la transferencia al agua de mar.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La población Noruega S0 se mantuvo en la piscicultura por cerca de 2 meses más de lo esperado debido a temas de esmoltificación asociados con infecciones por *Costia* y tratamientos con formalina. Desde fines de Agosto hasta comienzos de Septiembre, se observó una tendencia de aumento en la esmoltificación en los valores de NKA totales (Fig. 1a). Si solo la NKA total fuera utilizada como el indicador de la esmoltificación, uno podría inclinarse a pensar que los peces estaban listos para ser transferidos al agua de mar a comienzos de Septiembre. Sin embargo, al observar los resultados de SmoltVision (Fig. 1b) durante este mismo período de tiempo, es evidente que el aumento de NKA total está relacionado con un aumento en el componente de agua dulce (FW NKA). La infección por *Costia* puede haber afectado

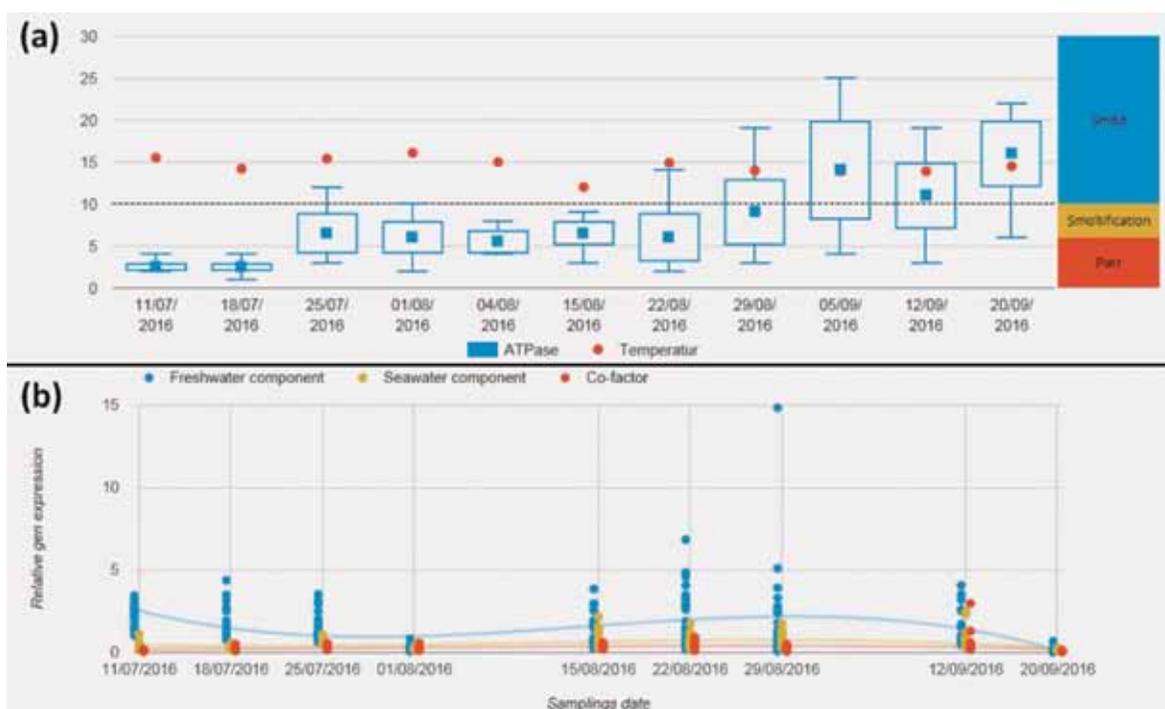


Figura 1. Datos de esmoltificación del ensayo de terreno en Noruega desde Julio a Septiembre, 2016. (a) Resultados de NKA total. (b) Resultados de SmoltVision.



la habilidad de los peces para esmoltificar, produciendo así este período transicional prolongado. Este fenómeno ha sido observado con gill-borne poxvirus y se piensa que es posible que ocurra con otras enfermedades y parásitos que afectan las branquias de salmónidos (Gjessing et al. 2017). Aunque se piensa que los tratamientos con formalina en baja dosis administrados durante la esmoltificación son seguros para el desarrollo normal del smolt (Powell et al. 1996), esos mismos tratamientos se han asociado con pequeños cambios en la estructura de la branquia de los salmónidos (Speare et al. 1997). Luego, se puede deducir que la función iónica de la branquia puede ser afectada por los tratamientos de formalina administrados a altas dosis o a peces con compromiso previo de las branquias. Ya sea por Costia o el tratamiento con formalina, se puede haber afectado negativamente la esmoltificación en esta población de peces.

Desde inicios de Septiembre hasta la transferencia, la NKA total siguió distorsionando el status de smolt de los peces. Durante este mismo período, sin embargo, ocurrieron cambios en la expresión mRNA de los peces. Se puede observar que FW NKA comienza a descender pero que SW NKA y cofactor, aún no han comenzado a aumentar. Esos resultados indican que los peces están aún en la transición y no están listos para la transferencia al agua de mar. La posterior transferencia de esos peces al mar resultó en alta mortalidad y no aptos. De este modo, SmoltVision demostró ser una herramienta más útil para predecir la tolerancia al agua de mar en este grupo de peces.

En el caso de estudio en Canadá, la piscicultura 1, con el agua de superficie más tibia que la de la piscicultura 2, progresó normalmente durante la esmoltificación. Esto se observó en ambos, aumento del NKA total y disminución de los valores de cloruro (Fig. 2a). Se pasaron los valores umbral en ambas pruebas. Los resultados de SmoltVision para la piscicultura 1 (Fig. 2b) mostraron una tendencia de esmoltificación similar durante las

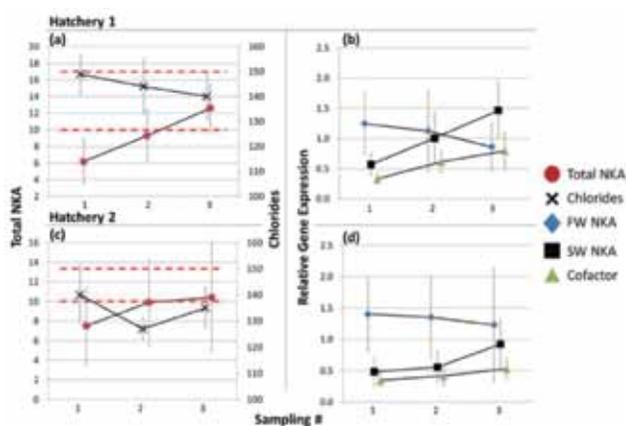
series de tiempo con una disminución en FW NKA y un aumento en SW NKA y cofactor. El último punto de muestreo muestra SW NKA alto en relación con FW NKA, indicando un smolt tolerante al agua de mar. Donde las cosas progresaron normalmente en la piscicultura 1, los valores de NKA total y cloruro confirmaron SmoltVision y fueron indicadores útiles de esmoltificación para ellos mismos.

Durante todo el período de muestreo, la piscicultura 2 (en promedio) experimentó 2,5°C de agua fría. Aunque NKA total y cloruros indicaron valores promedios de aprobación en el último punto de muestreo (Fig. 2c), la tendencia durante las series de tiempo es difícil de descifrar. Durante los dos últimos muestreos, los cloruros indican una tendencia de estancamiento o desmoltificación, mientras que NKA total permaneció sin cambios. Con cloruros o ATPasa usados por sí solos, uno puede inclinarse a acelerar la transferencia a agua de mar de esos peces dado que los cloruros y NKA total están aprobados, pero indicando posible desmoltificación. Los resultados de SmoltVision (Fig. 2d) muestran un panorama muy diferente. Es evidente que FW NKA disminuye durante las series de tiempo y que ambos SW NKA y cofactor aumentan. De esta manera, SmoltVision entrega la seguridad del progreso de la esmoltificación. El último muestreo indica una FW NKA que aún es alta relativa a SW NKA, entregando una clara señal de retener los peces y esperar la esmoltificación hasta el traslado al agua de mar. Al comparar la Fig. 1b con la Fig. 1d, se observa que la piscicultura 2 está aproximadamente dos semanas atrás de la piscicultura 1 en términos de desarrollo de smolt. Esto se debe probablemente al agua más fría, que reduce la suma termal durante el período del ensayo. El agua fría ha mostrado retardar la esmoltificación en otra investigación (McCormick et al. 2002; Handeland et al. 2013).

Ambos grupos de peces (piscicultura 1 y piscicultura 2) fueron transferidos al mar 3 días después del muestreo final al mismo sitio de mar. La mortalidad post-traslado fue insignificante (60-día, <0.5%) para ambos grupos. Se cree que esto es debido al agua superficial salobre (0-5m, 25ppt) que es normal en este sitio particular durante los meses de invierno. Si la salinidad fuera alta al momento del ingreso, es probable que los peces de la piscicultura 2 hubieran experimentado mayor mortalidad y no aptos.

En suma, la novedosa habilidad de SmoltVision de diferenciar entre isoformas FW NKA y SW NKA entrega las siguientes ventajas sobre las metodologías convencionales de evaluación de esmoltificación, dentro de los ensayos de terreno:

- Identificación correcta de "falsa" esmoltificación.
- Mejor predicción del momento de transferencia al agua de mar.
- Proporciona seguridad de la progresión durante la esmoltificación.
- Sirve como un indicador de bienestar ayudando a identificar otros factores presentes (tratamientos con formalina, infecciones por Costia y temperaturas del agua subóptimas) que afectan la esmoltificación.



**Figura 2.** Resultados de esmoltificación del ensayo de terreno en Canadá. Toda el área de los datos significa  $\pm$  D.E (n=15). (a-b) Resultados piscicultura 1; piscicultura con agua "más cálida". (c-d) Resultados piscicultura 2; piscicultura con agua "más fría". (a) Resultados de NKA total y cloruro en piscicultura 1. (b) Resultados de SmoltVision en piscicultura 1. (c) Resultados de NKA total y cloruro en piscicultura 2. (d) Resultados de SmoltVision en piscicultura 1. (a-c) El umbral de NKA total se fija en 10 y se indica con la línea punteada roja, el umbral de cloruro se fija en 150 y se indica con la línea punteada roja.



## REFERENCIAS

- Bleie, H. and Skrudland, A. (2014). Tap av Laksefisk i Sjø. Report from Mattilsynet (Norwegian Food Authorities), August 2014. Mattilsynet: Brumunddal, Norway. [http://www.mattilsynet.no/fisk\\_og\\_akvakultur/is-kevelferd/tap\\_av\\_laksefisk\\_i\\_sjo\\_rapport.15430/binary/Tap%20av%20laksefisk%20i%20sj%C3%B8%20rapport](http://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/is-kevelferd/tap_av_laksefisk_i_sjo_rapport.15430/binary/Tap%20av%20laksefisk%20i%20sj%C3%B8%20rapport). [Title translation: Mortality of salmonids in sea farms].
- Cotlove, E., Trantham, H. V., & Bowman, R. L. (1958). An instrument and method for automatic, rapid, accurate, and sensitive titration of chloride in biologic samples. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 51: 461-468.
- Gjessing, M. C., Thoen, E., Tengs, T., Skotheim, S. A., & Dale, O. B. (2017). Salmon gill poxvirus, a recently characterized infectious agent of multifactorial gill disease in freshwater and seawater reared Atlantic salmon. *Journal of Fish Diseases*. doi: 10.1111/jfd.12608
- Handeland, S. O., Imsland, A. K., Ebbesson, L. O. E., Nilsen, T. O., Hosfeld, C. D., Teien, H. C., and Steffansson, S. O. (2013). Osmoregulation and growth in offspring of wild Atlantic salmon at different temperatures. *Environmental Biology of Fishes*, 97(3): 285-296.
- Handeland, S. O., Imsland, A. K., Nilsen, T. O., Ebbesson, L. O. E., Hosfeld, C. D., Pedrosa, C., Toften, H. and Steffansson, S. O. (2014). Osmoregulation in Atlantic salmon *Salmo salar* smolts transferred to seawater at different temperatures. *Journal of Fish Biology*, 85(4): 1163-1176.
- McCormick, S. D., Lerner, D. T., Monette, M. Y., Nieves-Puigdoller, K., Kelly, J. T. and Björnsson, B. Th. (2009a). Taking it with you when you go: How perturbations to the freshwater environment, including temperature, dams, and contaminants, affect marine survival of salmon. American Fisheries Society Symposium, 69: 195-214.
- McCormick, S. D., Regish, A. M., Christensen, A. K., and Björnsson, B. Th. (2013). Differential regulation of sodium-potassium pump isoforms during smolt development and seawater exposure of Atlantic salmon. *Journal of Experimental Biology*, 216: 1142-1151.
- McCormick, S. D. (1993). Methods for nonlethal gill biopsy and measurement of Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-ATPase activity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50(3): 656-658.
- McCormick, S. D., Regish, A. M. and Christensen, A. K. (2009b). Distinct freshwater and seawater isoforms of Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase in gill chloride cells of Atlantic salmon. *Journal of Experimental Biology*, 212: 3994-4001.
- McCormick, S. D., Shrimpton, J. M., Moriyama, S., Björnsson, B. T. (2002) Effects of an advanced temperature cycle on smolt development and endocrinology indicate that temperature is not a zeitgeber for smolting in Atlantic salmon. *Journal of Experimental Biology*, 205: 553-560.
- Nilsen, T. O., Ebbesson, L. O. E., Kiilerich, P., Björnsson, B. T., Madsen, S. S., McCormick, S., Steffansson, S. O. (2008) Endocrine system in juvenile anadromous and landlocked Atlantic salmon (*Salmo salar*): seasonal development and seawater acclimation. *General and Comparative Endocrinology*, 155(3): 762-772.
- Powell, M. D., Speare, D. J., Fulton, A. E., & Friars, G. W. (1996). Effects of intermittent formalin treatment of Atlantic salmon juveniles on growth, condition factor, plasma electrolytes, and hematocrit in freshwater and after transfer to seawater. *Journal of Aquatic Animal Health*, 8(1): 64-69.
- Richards, J. G., Semple, J. W., Bystriansky, J. S. and Schulte, P. M. (2003). Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase isoform switching in gills of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during salinity transfer. *Journal of Experimental Biology*, 206: 4475-4486.
- Speare, D. J., Arsenaault, G., MacNair, N., & Powell, M. D. (1997). Branchial lesions associated with intermittent formalin bath treatment of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Fish Diseases*, 20(1): 27-33.
- Steffansson, S. O., Björnsson, B. T., Ebbesson, L. O. E., McCormick, S. D. (2008) Smoltification. In: Finn RN, Kapoor BG (eds) Fish larval physiology. Science Publishers, Enfield, pp 639-681.
- Zaugg, W. S. and McLain, L. R. (1970). Adenosine triphosphatase activity in gills of salmonids: seasonal variations and salt water influences in coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 35(3): 587-596.



# Piscine Orthoreovirus (PRV) y su asociación a factores demográficos y ambientales en salmones del Atlántico (*Salmo salar*) en fase de agua dulce y descripción de HSMI



\*Rosenfeld, C., J. Bidart\*, P. Peña, M.J. Navarrete, M. Monrás, V. Quinteros, A. Vargas, I. Aguirre, A. Romero, R. Enríquez.

\*Instituto de Medicina Preventiva Veterinaria, Instituto de Patología Animal. Universidad Austral de Chile. renrique@uach.cl

## Introducción

La Inflamación del Músculo Cardíaco y Esquelético (HSMI) es una enfermedad de salmón del Atlántico en fase marina de cultivo y se ha identificado en Noruega y Chile, entre otros países. HSMI tiene una etiología viral producida por un Piscine orthoreovirus (PRV), que afecta principalmente el músculo cardíaco y esquelético. Por lo general es una enfermedad de mortalidad moderada (hasta 20 %) pero con una alta morbilidad (100 %), y se presenta en Noruega entre 5 a 9 meses después del traslado al mar. De dos estudios realizados en Chile en centros de mar, se determinó que PRV se encuentra presente en la especie *Salmo salar* en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes, así de los 28 centros seleccionados, 20 presentaron resultados positivos a PRV mediante RT-PCR, lo que corresponde al 72% de los centros muestreados. En los peces que se detectó PRV, no se determinó la presencia de lesiones ni mortalidad asociada a HSMI. En función de los antecedentes de los estudios anteriores, se evidencia la necesidad de ampliar el estudio a los centros en la fase de producción en agua dulce, para verificar o descartar la presencia de Piscine Reovirus (PRV) en esta etapa del ciclo de producción. El Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura de la SUBPESCA licitó el proyecto FIP N° 2014 – 61: Estudio en epidemiología y técnicas de diagnóstico para enfermedades exóticas o emergentes con énfasis en Piscine Reovirus (PRV) y *Renibacterium salmoninarum* (BKD), que fue adjudicado por Lab de Biotecnología y Patología Acuática-UACH.

## Antecedentes de Piscine Orthoreovirus (PRV)

Piscine orthoreovirus (PRV) es un virus recientemente descrito (Palacios et al 2010) asociado a la enfermedad inflamación del músculo cardíaco y esquelético (HSMI). Pertenece a la familia *Reoviridae*, nombre que deriva de *respiratory enteric orphan*, siendo considerados como “huérfanos” por encontrarse en tractos respiratorios y gastrointestinales, pero no asociados a enfermedades (Sabin 1959).

La familia *Reoviridae* está compuesta por 15 géneros y dividida en dos subfamilias. La subfamilia *Spinareovirinae* (contiene espinas en cada uno de los doce vértices del virus o núcleo)

y *Sedoreovirinae* (no contiene proyecciones en superficie, con apariencia esférica o suavizada) (Attoui et al 2011).

Piscine orthoreovirus se encuentra altamente distribuido en salmón del Atlántico, presente en trucha y salmón coho y en distintas especies marinas (Palacios et al 2010, Garseth et al 2013a, b, Godoy et al 2016), detectado en distintos países productores de salmónidos como Noruega, Canadá, Irlanda, Dinamarca, USA y Chile (Kibenge et al 2013, Rodger et al 2014, Kibenge and Godoy 2016, Garver et al 2016).

### 1. Etiología

Los reovirus son icosaédricos pero tienen apariencia esférica, son de tamaño entre 60 a 85 nm de diámetro, sin envoltura y poseen entre una a tres capas concéntricas de proteínas de cápside que rodean los segmentos dsRNA lineales de genoma viral (Attoui et al 2011).

Piscine orthoreovirus posee 10 segmentos de RNA doble hebra, tres segmentos L, tres segmentos M y cuatro segmentos S. Todos los segmentos génicos contienen los nucleótidos terminales 3' (UCAUC-3', comunes para orthoreovirus y aquareovirus) pero los nucleótidos terminales 5' son únicos (5'-GAUAAA/U) (Palacios et al 2010, Attoui et al 2011, Kibenge and Godoy 2016).

Kibenge et al (2013) usando análisis filogenético agrupó los aislados noruegos de PRV en el genotipo I, los aislados canadienses de PRV fueron agrupados en el subgenotipo Ia y los aislados chilenos en el subgenotipo Ib. Las cepas de PRV de salmón coho son más diversificadas genéticamente, clasificando algunas de ellas en el genotipo Ia y otras Ib, así como en el genotipo II junto con el virus PRV-like asociado a trucha arcoíris en Noruega (Olssen et al 2015, Godoy et al 2016).

### 2. Patogenia

Los reovirus replican en el citoplasma celular y al igual que los virus de genoma con sentido negativo y cadena simple de RNA, transportan sus propias enzimas para replicación, debido a que

la célula huésped carece de enzimas para realizar mRNA de estos genomas (Kibenge and Godoy 2016). La replicación de los reovirus produce la generación de cuerpos de inclusión intracitoplasmáticos (viroplasma), siendo estos sitios de replicación y de ensamblaje viral (Shao et al 2013). El virus se libera por medio de lisis celular o por gemación (budding). Los géneros *Orthoreovirus* y *Aquareovirus* son los únicos ejemplos conocidos de virus no envueltos que inducen la formación de sincicios en las células infectadas, para el caso de PRV aun perteneciendo al género *Orthoreovirus*, corresponde a un virus no fusogénico (no produce sincicios) (Kibenge and Godoy 2016).

PRV se asocia a HSMI (Palacios et al 2010), demostrándose la presencia del virus en el curso de la enfermedad mediante inmunohistoquímica (Finstad et al 2012). Recientemente se demostró que los eritrocitos son las principales células blanco en la infección por PRV (Finstad et al 2014), generando cuerpos de inclusión similares a los cuerpos de inclusión descritos en el síndrome de cuerpos de inclusión eritrocitarios (EIBS). Últimamente se ha descrito la presencia de otros virus simultáneamente con PRV en salmón del Atlántico que manifiestan HSMI (Mikalsen et al 2014). Además del hallazgo de PRV en focos de melanina en músculo esquelético blanco de salmón del Atlántico (Bjørngen et al 2015).

Piscine orthoreovirus (PRV) se transmite de forma horizontal, la cual se ha confirmado por estudios experimentales de cohabitación (Kongtorp et al 2004b, Kongtorp and Taksdal 2009). La transmisión vertical aun cuando esta poco estudiada, no es la principal ruta de transmisión (Wiik-Nielsen et al 2012).

La manifestación clínica de la enfermedad se presenta entre 5 a 9 meses posterior al ingreso de los peces a fase marina. En Chile se presentó un caso de HSMI durante 2015, considerado el caso oficial, donde se asoció la presencia de PRV mediante qPCR, además de las alteraciones histológicas de la enfermedad, que fueron descritas por Kongtorp and Taksdal (2009). Los signos externos e internos (figura 1) pueden incluir palidez cardiaca con pérdida de textura, hemorragia pericárdica, hemopericardio, hepatomegalia, hígado pálido amarillento, hígado en nuez moscada, hemorragias petequiales en hígado, exudado fibrinoso que cubre la superficie hepática, esplenomegalia, ascitis, hemorragias petequiales en grasa perivisceral y branquias pálidas, escamas erizadas, exoftalmia, hemorragias petequiales en vejiga natatoria y ocasionalmente ictericia (Kongtorp et al 2004a, 2006, Ferguson et al 2005, Watanabe et al 2006, Kibenge and Godoy 2016, Godoy et al 2016).



Figura 1. Salmón del Atlántico postsmolt con mortalidad por HSMI. (A) Dilatación de aurícula, hígado pálido con pseudomembrana. (B) Ruptura auricular, hepatomegalia, palidez hepática, ascitis sero-sanguinolenta, branquias pálidas.

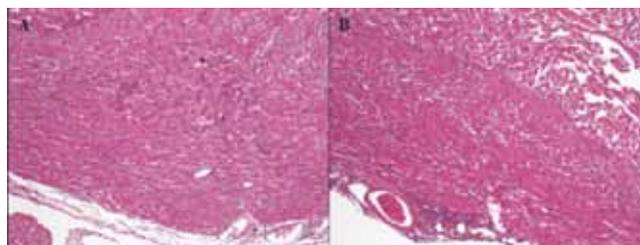


Figura 2. Salmón del Atlántico postsmolt con mortalidad por HSMI. (A) Epicarditis mononuclear difusa leve y miocarditis difusa moderada, afectando tanto la capa compacta como la esponjosa. 10X, HE. (B) Epicarditis mononuclear difusa severa y miocarditis difusa severa, afectando tanto la capa compacta como la esponjosa. 10X, HE.

### 3. Descripción histopatológica

Se deben analizar secciones de corazón y músculo esquelético. Si se requiere realizar diagnóstico diferencial con otras enfermedades cardíacas se debe incluir páncreas. De manera complementaria se puede observar riñón, bazo, branquias e hígado. Para confirmar la enfermedad y definir un caso se deben confirmar los siguientes hallazgos:

**Corazón:** Epicarditis mononuclear difusa, en diversos grados de severidad. Además, en el miocardio debe estar presente un infiltrado mononuclear difuso, que puede abarcar desde la capa compacta hasta la capa esponjosa. En algunos casos, se pueden observar también focos de fibras miocárdicas degeneradas en la capa esponjosa (figura 2).

**Músculo esquelético:** Se debe presentar un infiltrado mononuclear leve a severo en el músculo rojo. Además, es posible encontrar hallazgos tales como el reemplazo de las fibras musculares por fibroblastos (figura 3). En HSMI no se observan cambios en el músculo blanco.

#### Diagnósticos morfológicos:

- Miositis mononuclear difusa, moderada a severa.
- Epicarditis mononuclear difusa, moderada a severa.
- Panmiocarditis mononuclear difusa, moderada a severa.

Los hallazgos observados tanto en corazón como en músculo esquelético rojo deben coincidir con lesiones inflamatorias mononucleares, acompañados de degeneración de las fibras musculares y/o miocárdicas. Los cambios relacionados al reemplazo de las fibras musculares del músculo rojo por fibroblastos sugieren que los procesos inflamatorios han evolucionado a un proceso de reparación, siendo éste un signo de cronicidad.

El tipo de lesiones observadas, su magnitud y distribución deben cumplir con las descripciones anteriormente señaladas para ser diagnosticados como concordantes con los hallazgos observados en la enfermedad inflamación del músculo cardíaco y esquelético (HSMI).

### 4. Análisis de factores de riesgo asociados a la infección por PRV.

En los centros con diagnóstico de infección por PRV, se presentan los resultados obtenidos en cada región, por su valor absoluto

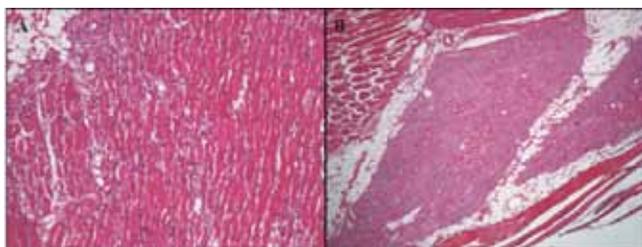


Figura 3. Salmón del Atlántico postsmolt con mortalidad por HSMI. (A) Miositis mononuclear difusa moderada, con moderada degeneración difusa de las fibras musculares. 40X, HE (B) Miositis mononuclear difusa severa, con severa degeneración difusa de las fibras musculares y reemplazo del tejido muscular por fibroblastos. 10X, HE.

y porcentaje. Para las variables que tengan distribución continua, se utilizó un análisis de varianza para comparar los valores. En el caso de no presentarse una distribución normal, se utilizó una prueba no paramétrica. Para las variables de tipo discretas, se utilizó un análisis Linear Mixed Model GLIMMIX de medidas repetidas y como factor aleatorio el centro dentro de región. Se consideró un nivel de significancia del 5%.

Para los factores de conocimiento de la enfermedad, relativos a los centros y manejos de los peces, se comparó las proporciones con prueba de Chi-cuadrado. Se seleccionó la información que permitió analizar las variables independientes o explicativas y la variable respuesta infección PRV, que está dada por la presencia o ausencia (sí o no) de por lo menos un pez con diagnóstico de la infección por la técnica de RT PCR.

Para la interpretación del modelo, las variables incluidas, se analizó la OR para cada variable, también se evaluaron las interacciones entre las variables y la posible existencia de variables de tipo confuso, el criterio de interpretación de las odds ratio se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Valor de interpretación de las Odd Ratio del modelo.

Valor OR	Interpretación
OR<1	Factor de protección
OR=1	No hay factor de riesgo
OR>1	Factor de riesgo

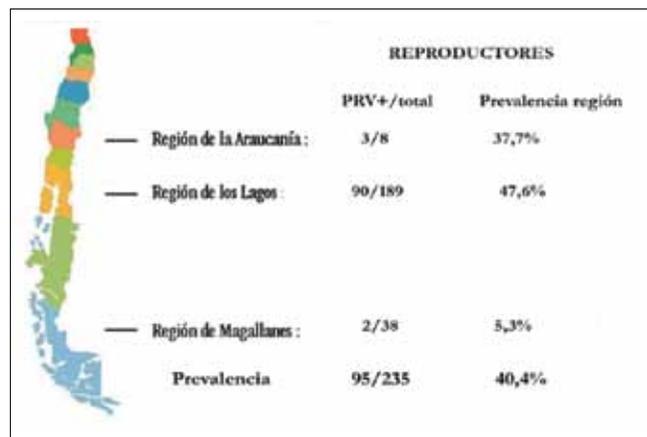


Figura 4. Distribución espacial de los centros del estudio y la detección de PRV en reproductores.

## Resultados

### Estudio epidemiológico de Piscine Reovirus (HSMI), en el territorio nacional

#### 1. Prevalencia de PRV en reproductores

Para la determinación de la prevalencia a nivel de reproductores se evaluaron un total de 235 individuos de 8 centros. La prevalencia del muestreo fue de un 40,4% y a nivel poblacional se estima con un 95% de confianza que se encuentra entre un 34% a un 45%, lo que indica una alta infección a nivel de reproductores (Figura 4). La infección fue detectada tanto en centros de las regiones de La Araucanía, Los Lagos y Magallanes.

#### 2. Prevalencia de PRV en alevines, pre-smolts y smolts de salmón del Atlántico.

De 31 centros estudiados con *S. salar* en etapa de presmolt y smolt se determinó que el 74,19% (n=23) presentó peces con *Piscine Reovirus* (PRV). A nivel de peces muestreados sin manifestaciones clínicas, de un total de 372 se diagnosticó la presencia del virus en 176 especímenes lo que corresponde al 47,3%. Adicionalmente, de los 12 peces muestreados en cada centro, se estableció que, en 13 centros sobre el 50% de los especímenes presentaron infección por PRV (figura 5).

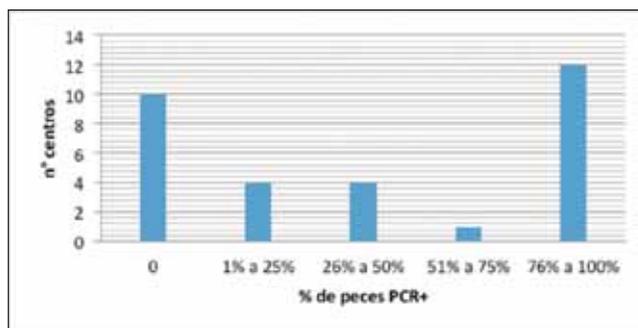


Figura 5. Porcentaje de infección de PRV en salmón del Atlántico (*Salmo salar*) de muestreo al azar por centro.

Del estudio de los peces con manifestaciones clínicas de enfermedad (orillados o moribundos) se determinó la detección del virus en el 62% del total de pools, y sólo en 8 centros no se detectó el virus PRV.

Al comparar los pesos de los salmones del Atlántico analizados, se observó que en los centros negativos los peces tenían un peso promedio inferior (media 57,4 g. DS 21,8) a los peces de los centros con infección, aunque, como se observa en la tabla 2, ambos grupos presentaron una mediana de 52,9.

#### 3. Distribución geográfica

Las muestras provenían de centros de agua dulce ubicados desde la región del Maule hasta Aysén, en 5 de las 6 regiones se detectó la infección. En los centros de las regiones con especímenes en la etapa de presmolts y smolts al momento del estudio solo en Aysén no se detectó el virus, esto no significa que no esté presente, la no detección puede ser debido a que solo se muestreo un centro, que se encontraba activo al momento del muestreo (Tabla 3).

**Tabla 2.** Caracterización del nivel de infección de los centros de agua dulce estudiados según porcentaje de infección y pesos medidos.

Nivel de PRV + o -		
Variable	PRV -	PRV +
N° centros	8	23
% PCR+ min-máx.	0	1,0%-100%
Pesos		
Media ± Ds.	57,4±21,8	68,0±33,5
Min.-máx.	44-89	38-108,9
Mediana	52,9	52,9

Se confirmó la detección de PRV en salmones del Atlántico, salmón coho y trucha arcoíris silvestres sanos mediante RT PCR-PRV, y en salmón coho asociado a lesiones histopatológicas concordantes con HSMI (resultados no incluidos).

**Tabla 3.** Distribución geográfica de los centros muestreados de salmón del Atlántico y su condición de infección por PRV.

Región	PRV+		PRV-		Total
	n°	%	n°	%	
Maule	2	8,7	0	0	2
Bío-Bío	2	8,7	0	0	2
Araucanía	7	30,4	1	12,5	8
Los Ríos	1	4,3	1	12,5	2
Los Lagos	11	43,8	5	62,5	16
Aysén	0	0	1	12,5	1
Total	23	100	8	100	31

#### 4. Flujo y origen del afluente

Al analizar el tipo de flujo se estableció la presencia del virus PRV tanto en pisciculturas de flujo abierto como en recirculación. Se observó en flujo abierto una mayor prevalencia por centro 69,5% (16), pero al compararlas con la prevalencia de los centros de recirculación estas diferencias no fueron significativas (tabla 4).

**Tabla 4.** Frecuencia de infección de PRV en salmón del Atlántico según tipo de flujo de los centros de agua dulce.

Flujo	RT PCR +	%	RT PCR -	%	Total
Abierto	16	69,5	5	62,5	34
Recirculación	7	30,5	3	37,5	16
Total	23	100,0	18	100	50

Chi<sup>2</sup> p=0,8

**Tabla 5.** Frecuencia de infección de PRV según tipo de afluente de los centros de agua dulce de salmón del Atlántico.

Afluente	PRV+	%	PRV-	%	Total
Superficial	13	56,5	5	62,5	18
Profundo	10	43,5	3	37,5	13
Total	23	100	8	100	31

Chi<sup>2</sup> p=0,4

En relación al origen del afluente, se detectó el virus PRV tanto en centros que se abastecen de aguas profundas como superficiales, si bien existe una mayor frecuencia en centros de aguas superficiales estas diferencias no fueron significativas (tabla 5).

#### 5. Factores de riesgo asociados a la infección por PRV en alevines, presmolts y smolts.

Para la determinación de factores de riesgo y de protección, se evaluaron 11 variables que se presentan en la tabla 6, estas variables están referidas a las características de los peces, condiciones ambientales en relación a la fuente de agua y área geográfica, y se incluyó la presentación de otras enfermedades.

De acuerdo al análisis de los factores de riesgo y protección (Tabla 7), frente a la infección por PRV en alevines y smolts, se determinó que los centros con mayor población de alevines y juveniles, así como aquellos que utilizan flujo abierto frente a los de recirculación, fueron identificados como factores de protección. Se identificaron que los peces con pesos superiores a 56 g, presentaron 2 veces más posibilidades de tener infección por PRV, así como también aquellos centros que se abastecen de agua de río y presentan infecciones concomitantes por BKD.

Finalmente se determinó que los peces provenientes de la región de La Araucanía, poseen 3 veces más posibilidades de presentar la infección que los de origen de la región de Los Lagos.

#### Conclusiones del estudio epidemiológico de PRV

Existe una alta diseminación del virus Piscine Reovirus (PRV) a nivel de centros y especímenes de salmón del Atlántico en centros de cultivo en agua dulce, especialmente en las etapas de pre smolts y smolts.

- Existe una diseminación geográfica de PRV, que se concentra principalmente en las zonas de mayor producción de smolts.
- Se detectó el virus PRV en sistemas de flujo abierto y cerrado, así como en pisciculturas que se abastecen de fuentes de aguas profundas como superficiales.
- Se detectan salmones del Atlántico con HSMI oficialmente por primera vez en el país, asociados a mortalidad durante la fase marina de cultivo.

#### Referencias

- Attoui H, Mertens PPC, Becnel J, et al (2011) Virus Taxonomy: The Classification and Nomenclature of Viruses The 9th Report of the ICTV (2011) - Reoviridae.
- Björger H, Wessel Ø, Fjellidal PG, et al (2015) Piscine orthoreovirus (PRV) in red and melanised foci in white muscle of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Vet Res* 46:89. doi: 10.1186/s13567-015-0244-6
- Ferguson HW, Kongtorp RT, Taksdal T, et al (2005) Short communication An outbreak of disease resembling heart and skeletal muscle inflammation in Scottish farmed salmon, *Salmo salar* L., with observations on myocardial regeneration. 119-123.
- Finstad ØW, Dahle MK, Lindholm TH, et al (2014) Piscine orthoreovirus (PRV) infects Atlantic salmon erythrocytes. *Vet Res* 45:35. doi: 10.1186/1297-9716-45-35
- Finstad OW, Falk K, Løvoll M, et al (2012) Immunohistochemical detection of piscine reovirus (PRV) in hearts of Atlantic salmon coincide with the course of heart and skeletal muscle inflammation (HSMI). *Vet Res* 43:27. doi: 10.1186/1297-9716-43-27

Tabla 6. Frecuencias de variables independientes del modelo de GLIMMIX

Factores categóricos	Categoría	n°	%
<b>1. Características de los peces</b>			
Población Inicial en Riesgo	≥ 1.548.515	406	58
	<1.548.515	294	42
Etapa de Incubación	Ejecución	322	46
	Sin Ejecución	378	54
Etapa de Desarrollo	Alevín-juvenil	266	38
	Pre smolt-smolt	434	62
Estado Nutricional	Regular	196	28
	Bueno	504	72
<b>2.-Condiciones de la fuente de agua</b>			
Fuente de Afluente	Ríos	350	50
	Otros	350	50
Sistema de Flujo	Abierto	476	68
	Recirculación	224	32
<b>3. Área geográfica</b>			
Zona Geográfica	Sur	406	58
	Centro Sur	294	42
<b>4. Otras enfermedades</b>			
Micosis	Con inf. centro	560	80
	Sin inf. centro	140	20
Enfermedad Bacteriana del Riñón (BKD)	Con inf. centro	70	10
	Sin inf. centro	630	90
Flavobacteriosis	Con inf. centro	420	60
	Sin inf. centro	280	40
Necrosis Pancreática Infecciosa (IPN)	Con inf. centro	210	30
	Sin inf. centro	490	70

Tabla 7. Factores de riesgo y de protección del Modelo final de GLIMMIX

Factores	Categoría	Frecuencia	OR	IC 95%		Valor-p
				Inferior	Superior	
Población inicial	≥ 1.548.515	406	0,58	0,38	0,91	0,01
	< 1.548.515	294				
Peso gr	≥56 gr	342	2.04	1,3	3,0	0,0004
	<56 gr	358				
Fuente de afluente	Ríos	350	1,78	1,13	2,81	0,0117
	Otros	350				
Sistema de flujo	Abierto	476	0,28	0,16	0,47	<0,0001
	Recirculación	224				
Zona geográfica	Araucanía	224	3,08	2,36	6,13	<0,0001
	Los Lagos	322				
Enf. bacteriana del riñón (BKD)	Positivo	70	16,1	5,8	44,4	<0,0001
	Negativo	630				

Garseth ÅH, Ekrem T, Biering E (2013a) Phylogenetic Evidence of Long Distance Dispersal and Transmission of Piscine Reovirus (PRV) between Farmed and Wild Atlantic Salmon. *PLoS One* 8:1–12. doi: 10.1371/journal.pone.0082202

Garseth ÅH, Fritsvold C, Opheim M, et al (2013b) Piscine reovirus (PRV) in wild Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and sea-trout, *Salmo trutta* L., in Norway. *J Fish Dis* 36:483–493. doi: 10.1111/j.1365-2761.2012.01450.x

Garver KA, Marty GD, Cockburn SN, et al (2016) Piscine reovirus, but not Jaundice Syndrome, was transmissible to Chinook Salmon, *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum), Sockeye Salmon, *Oncorhynchus nerka* (Walbaum), and Atlantic Salmon, *Salmo salar* L. *J Fish Dis* 39:117–128. doi: 10.1111/jfd.12329

Godoy MG, Kibenge MJT, Wang Y, et al (2016) First description of clinical presentation of piscine orthoreovirus (PRV) infections in salmonid aquaculture in Chile and identification of a second genotype (Genotype II) of PRV. *Virol J* 13:98. doi: 10.1186/s12985-016-0554-y

Kibenge FSB, Godoy MG (2016) Aquaculture virology. American Press, London, UK

Kibenge MJT, Iwamoto T, Wang Y, et al (2013) Whole-genome analysis of piscine reovirus (PRV) shows PRV represents a new genus in family Reoviridae and its genome segment S1 sequences group it into two separate sub-genotypes. *Virol J* 10:230. doi: 10.1186/1743-422X-10-230

Kongtorp RT, Halse M, Taksdal T, Falk K (2006) Longitudinal study of a natural outbreak of heart and skeletal muscle inflammation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *J Fish Dis* 29:233–44. doi: 10.1111/j.1365-2761.2006.00710.x

Kongtorp RT, Kjerstad a, Taksdal T, et al (2004a) Heart and skeletal muscle inflammation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L.: a new infectious disease. *J Fish Dis* 27:351–8. doi: 10.1111/j.1365-2761.2004.00549.x

Kongtorp RT, Taksdal T (2009) Studies with experimental transmission of heart and skeletal muscle inflammation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *J Fish Dis* 32:253–62. doi: 10.1111/j.1365-2761.2008.00983.x

Kongtorp RT, Taksdal T, Lyngøy a (2004b) Pathology of heart and skeletal muscle inflammation (HSMI) in farmed Atlantic salmon *Salmo salar*. *Dis Aqua Org* 59:217–24. doi: 10.3354/dao059217

Mikalsen AB, Nilsen P, Frøystad-Saugen M, et al (2014) Characterization of a Novel Calicivirus Causing Systemic Infection in Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.): Proposal for a New Genus of Caliciviridae. doi: 10.1371/journal.pone.0107132

Olsen AB, Hjortaa M, Tengs T, et al (2015) First Description of a New Disease in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)) Similar to Heart and Skeletal Muscle Inflammation (HSMI) and Detection of a Gene Sequence Related to Piscine Orthoreovirus (PRV). *PLoS One* 10:1–14. doi: 10.1371/journal.pone.0131638

Palacios G, Lovoll M, Tengs T, et al (2010) Heart and skeletal muscle inflammation of farmed salmon is associated with infection with a novel reovirus. *PLoS One* 5:e11487. doi: 10.1371/journal.pone.0011487

Rodger HD, McCleary SJ, Ruane NM (2014) Clinical cardiomyopathy syndrome in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *J Fish Dis* 37:935–939. doi: 10.1111/jfd.12186

Sabin AB (1959) Reoviruses. A new group of respiratory and enteric viruses formerly classified as ECHO type 10 is described. *Science* 130:1387–1389.

Shao L, Guo H, Yan L-M, et al (2013) Aquareovirus NS80 Recruits Viral Proteins to Its Inclusions, and Its C-Terminal Domain Is the Primary Driving Force for Viral Inclusion Formation. *PLoS One* 8:1–17. doi: 10.1371/journal.pone.0055334

Watanabe K, Karlsen M, Devold M, et al (2006) Virus-like particles associated with heart and skeletal muscle inflammation (HSMI). *Dis Aqua Org* 70:183–92. doi: 10.3354/dao070183

Wiik-Nielsen CCR, Løvoll M, Sandlund N, et al (2012) First detection of piscine reovirus (PRV) in marine fish species. *Dis Aqua Org* 97:255–258. doi: 10.3354/dao02425.



*Un nuevo hotel...*

*con encanto y elegancia sureña*

En la costanera del puerto, una casa renovada y refaccionada acorde a la ciudad y su clima. Cada habitación pensada en calidez y comodidad, con calefacción central, TV LED, baño en suite, excelente aislación con ventanas termopanel y un exquisito desayuno Buffet.



📍 Av. Diego Portales 1570, Puerto Montt, Chile 📞 Fono +56 65 247 0256 @ hotelangelmontt@gmail.com

# FISH Store

*La tienda del mar*

## NUESTRAS SUCURSALES:

**CASA MATRIZ:** Fono 65 223 6400

Egaña 1151, Local 7, Arena Puerto Montt.

**SUCURSAL PUERTO MONTT** Fono 65 227 2841

Av Diego Portales 1570 (al llegar a Miraflores).

**SUCURSAL SANTIAGO:** Fono 22847 0681

La Capitanía 1008, Local 19, Las Condes.

ventas@allandpurefish.cl  
www.allandpurefish.cl



Filete y Porciones

SALMON  
TRUCHA

MERLUZA

CONGRIO

ATÚN ROJO

ALBACORA

REINETA

CENTOLLA

PULPO

JAIBA

OSTIONES

CAMARONES

CHORITOS

AHUMADO EN FRÍO

AHUMADO EN CALIENTE

VERDURAS CONGELADAS

PLATOS PREPARADOS

CONGELADOS

OFERTAS SEMANALES

PRECIOS AL POR MAYOR Y AL DETALLE / DESPACHO A TODO CHILE



Bolsas Bins | Bolsas Basura |  
Insumos Selladores | Mallas  
Raschel | Pecheras Desechables |  
Bolsas Individuales | Etiquetas  
Carro | Nets Bag | Fundas  
Exteriores e Interiores



FonoFax (+56-65) 2286 416 - 2286 420 - Celular +56 9 8473857  
Parcela 22 Alto la Paloma - Puerto Montt - Chile - pcotapos@plasticosastral.cl - www.plasticosastral.cl



**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA**

Vicerrectoría de Investigación y Postgrado  
Dirección Académica de Postgrado



# Postgrado & ESPECIALIDADES 2017

Tradición y Liderazgo en la Formación de Capital Humano Avanzado

**8** DOCTORADOS **28** MAGÍSTER **35** ESPECIALIDADES



# Desarrollo Integral del cultivo de bacalao de profundidad para el escalamiento sustentable y el fortalecimiento de la competitividad del clúster acuícola chileno

## Programa Tecnológico Corfo 15PTEC-47685



Universidad Austral de Chile  
Conocimiento y Naturaleza



\* La iniciativa es ejecutada por la Universidad Austral de Chile junto a instituciones asociadas y tendrá un costo total de \$8.900 millones y una duración de 10 años.

Luis Vargas-Chacoff<sup>1</sup>, Rodolfo Amthauer<sup>1</sup>, Rodrigo Vidal<sup>2</sup>, Patricio Dartagnan<sup>3</sup>, Ariel Valenzuela<sup>4</sup>, Alberto Reyes<sup>5</sup> y Pablo Gallardo<sup>6</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Austral de Chile, <sup>2</sup>Universidad de Santiago, <sup>3</sup>Universidad Católica de Temuco,

<sup>4</sup>Universidad de Concepción, <sup>5</sup>Seabass Chile, <sup>6</sup>Universidad de Magallanes

luis.vargas@uach.cl - bacalao.uach.cl



Seabass Chile.

La puesta en marcha de los programas tecnológicos estratégicos en acuicultura por parte de Corfo, representan un avance concreto en las políticas públicas destinadas a consolidar la diversificación de la acuicultura chilena y son consistentes con los lineamientos y resultados que emanaron previamente del Programa de Diversificación de la Acuicultura Chilena (PDACH), que fue una iniciativa conjunta impulsada por CORFO y FONDEF entre el 2010 y 2015. De tal forma se puso foco y concentraron esfuerzos para el desarrollo de cultivo de especies con los mejores atributos biológicos, tecnológicos y de mercado, que las posicionan entre las especies más atractivas como candidatas para la diversificación de esta industria. Entre estas especies sin duda el bacalao de profundidad es una que cumple con estos requisitos.

La Universidad Austral de Chile (UACH) y sus instituciones asociadas ejecutarán el Programa Tecnológico Corfo “Desarrollo Integral del cultivo de bacalao de profundidad para el escalamiento sustentable y el fortalecimiento de la competitividad del clúster acuícola chileno”, por un total de \$8.900 millones.

Para este programa la UACH ha logrado aglutinar capacidades altamente especializadas. Son socios fundamentales las universidades de: Santiago de Chile, donde el investigador responsable es el Dr. Rodrigo Vidal; Católica de Temuco, en donde el investigador responsable de proyecto es el Dr. Patricio Dartagnan; y de Concepción, donde el proyecto estará a cargo del Dr. Ariel Valenzuela.



Además, de estas instituciones hay 2 empresas asociadas: FISH VET GROUP SPA y AGROINDUSTRIAL CMA SPA. Junto a ellas, este Programa cuenta con aliados estratégicos, la empresa Seabass Chile, quienes han aportado con su experiencia en la captura de reproductores y su estabilización. De igual forma, la Universidad de Magallanes firmó un convenio de colaboración con la UACH, donde académicos, liderados por el Dr. Pablo Gallardo, aportarán con sus conocimientos en diferentes temas relacionados al proyecto. Además, es un proyecto concurrente con el Centro FONDAP IDEAL.

### Cultivo de Bacalao de Profundidad

El Director del Programa y académico del Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas de la Facultad de Ciencias, Dr. Luis Vargas Chacoff, comentó que uno de los impactos que tendrá el cultivo de esta especie es que se abren nuevas opciones de negocio, con todos los beneficios que esto trae para Chile. Generando puestos de trabajos, creando redes de servicios, tal y como ocurre con otras actividades. “También existe la posibilidad que dentro del rubro acuícola se generen empresas que sólo trabajen para suplir una necesidad, me refiero a que algunas empresas potencialmente podrían sólo producir alevines y otras encargarse de la engorda, como ocurre con otros modelos. Además de potenciar a nuestro país como un país acuícola, con especies nativas y por lo mismo amigable con el ambiente”.

Para el Director Alterno del Programa y académico del Instituto de Bioquímica y Microbiología de la Facultad de Ciencias, Dr. Rodolfo Amthauer, este proyecto presenta un desafío extraordinariamente interesante, ya que el objetivo central es lograr el cultivo sustentable de una especie que vive habitualmente a 1000 metros de profundidad y de la cual su biología está muy poco estudiada. “Por ello el programa desarrollará una serie de proyectos que aportarán conocimiento nuevo respecto a aspectos de la fisiología reproductiva, patologías y sistema inmune del pez, nutrición en los distintos estados de desarrollo, entre otros. Todos estos proyectos tienen un enfoque biotecnológico para generar conocimiento aplicable directamente a la reproducción y cultivo del bacalao de profundidad”.

### Seabass Chile : los avances y desafíos del cultivo de bacalao de profundidad

Alberto Reyes Gerente de Seabass Chile, aliado estratégico del Programa señaló que el equipo de trabajo de Seabass Chile, ha impulsado el cultivo de esta especie desde sus inicios en el año 2008, posicionándose como pionero al conformar un plantel de reproductores silvestres mantenido en estanques en tierra, desde el cual se lograron las primeras producciones de juveniles nacidos en cautiverio. Este equipo continúa persistiendo en este desafío, hoy en día convertido en empresa privada Seabass Chile, que además del plantel de reproductores, cuenta con instalaciones, “know how” y experiencia lograda en casi 8 años de trabajo en el desarrollo del cultivo de esta especie.

Actualmente el equipo de Seabass Chile avanza en la producción de un nuevo pulso de juveniles durante el segundo semestre 2017. Este consorcio representa la consolidación de una red de trabajo colaborativo que apunta a cerrar brechas de conocimiento para generar una nueva actividad productiva para el país.

Seabass Chile se proyecta al futuro en un escenario productivo con fines comerciales, basado en el escalamiento del cultivo de esta especie, que incluye producción de juveniles, engorda hasta talla comercial, hasta colocar los productos en los principales mercados de destino.

### Entendiendo la biología reproductiva del Bacalao: Obtención de ovas y semen

El Dr. Rodolfo Amthauer indicó que “la obtención de ovas maduras de calidad y de semen de alta capacidad fertilizante constituyen un eje central para poder enfrentar con éxito el cultivo del bacalao de profundidad, más aún cuando el objetivo final del programa es lograr un escalamiento productivo. Lograr este objetivo es un gran desafío toda vez que el conocimiento que se tiene en esta especie es muy limitado y restringido a lo que ocurre en estado salvaje con muestreos realizados en excursiones de pesca”.

Si bien, en hembras acondicionadas en cultivo en un régimen de recirculación ya existen experiencias exitosas de lograr desoves, no ocurre lo mismo con la maduración sexual de los machos en que no se logra la producción de semen. Entonces resulta esencial conocer aspectos básicos de la biología general y fisiología reproductiva del bacalao de profundidad. Para ello se plantea





dentro del Programa un proyecto que aborda, a través de distintos objetivos específicos, alcanzar un conocimiento que permita contar con herramientas para predecir y monitorear el desarrollo gonadal y maduración de gametos.

En las hembras se plantea determinar el período estacional de vitelogenénesis y la intensidad del proceso. Para ello se está trabajando en desarrollar un ensayo de ELISA específico que permita cuantificar vitelogenina tanto en plasma como en mucus. Por otra parte, complementariamente se determinará el ciclo hormonal y factores de maduración que controlan el proceso de maduración del ovocito, analizando la concentración de estos en plasma. Adicionalmente se pretende establecer parámetros de calidad de ovas cuantificando niveles de proteínas y cantidad y calidad de lípidos presentes.

Los estudios en machos contemplan caracterizar histológicamente las etapas de la madurez testicular, así como determinar parámetros de calidad seminal y ultraestructura espermática. Además, se contempla establecer línea base de variaciones estacionales de niveles de hormonas involucradas en espermiogénesis como testosterona y 11-Keto-testosterona e inductores de maduración.

Con el fin de conocer el desarrollo gonadal en ambos sexos se propone establecer una tabla de desarrollo temprano y avanzado del bacalao de profundidad realizando un estudio detallado del desarrollo embrionario-ontogénico de alevines y juveniles.

### Estrés y Sanidad en el cultivo del Bacalao

El Dr. Luis Vargas-Chacoff señaló que “la obtención de marcadores de estrés y determinar el funcionamiento del sistema inmune constituyen una arista importante para poder enfrentar con éxito el cultivo del bacalao de profundidad, más aún cuando el objetivo final del programa es lograr un escalamiento productivo. Lograr este objetivo es un gran desafío ya que el conocimiento que se tiene en esta especie es muy limitado e incluso con especies emparentadas filogenéticamente es aún muy limitado, salvo los trabajos realizados por el Laboratorio de Fisiología de Peces de la UACH, el cual dirijo, que ha avanzado en estudios con robalo, especie emparentada con el bacalao y la cual nos ayudará como línea de base. Sabemos que los patógenos, deficientes condiciones de cultivos, malos manejos entre otros pueden inducir una activación del sistema de respuesta al estrés en peces cultivados y que esta ac-

tivación del sistema de estrés induce una variedad de respuestas fisiológicas definidas como primarias (liberación de catecolaminas y cortisol, secundarias (cambios en el metabolismo, tasas de respiración, el equilibrio mineral, la función inmune y las respuestas celulares, y terciario (alteraciones en la reproducción y el crecimiento, la inhibición de la resistencia a la enfermedad y, en última instancia, la supervivencia. En este sentido, el estrés puede resultar en el alto consumo de reservas de energía, esta reasignación de la energía metabólica interfiere negativamente con otros procesos fisiológicos, tales como la capacidad inmunológica, influyendo así en la capacidad de resistir la infección a través de la modulación de varios componentes del sistema inmune. Por lo mismo varias preguntas claves surgen cuando se consideran los posibles efectos en el bacalao de profundidad en sistema de cultivo tales como ¿Cómo se presentan los patógenos relacionados con la acuicultura del bacalao? ¿Cómo afectan específicamente estos patógenos a esta especie?, ¿Cómo altas densidades de cultivo pueden afectar el crecimiento, el sistema inmune etc?, todas estas interrogantes son las que tenemos que abordar en este proyecto que se enmarca dentro del Programa.

### Dietas para las distintas fases del cultivo del bacalao

El Dr. Patricio Dantagnan, Director del Laboratorio de Nutrición y Fisiología de la Facultad de Recursos Naturales de la Universidad Católica de Temuco entregó sus impresiones sobre el impacto que tendrá este programa indicando que “indudablemente es una gran apuesta y desafío para la diversificación de la Acuicultura chilena, creo que el impacto no solo podrá ser económico, si la tecnología se desarrolla exitosamente, sino que tendrá un gran impacto en el modo de hacer investigación para la acuicultura en Chile. Nunca antes un equipo de científicos multidisciplinarios (genetistas, nutricionistas, fisiólogos, patólogos, bioquímicos) había abordado un proyecto de esta envergadura en nuestro país, para el cultivo de una nueva especie, donde esperamos obtener mucha información que nos permita generar una tecnología replicable, eficiente, con menos incertidumbres y menos posibilidad de fracaso. Por cierto, basado en un importante componente de ciencia básica, y desde una tecnología base que se ha venido desarrollando ya hace varios años, principalmente por Alberto Reyes y su equipo, del centro de estudio la Araucana, y actualmente gerente de la empresa Seabass Chile”.

Su proyecto específico “Evaluación de dietas balanceadas para Bacalao de Profundidad (*Dissostichus eleginoides*)”, abordará el desarrollo de dietas en las distintas fases del cultivo (larvas, juveniles y reproductores). De igual forma se evaluarán diferentes dietas con distintos balances nutricionales y/o aditivos específicos sobre rendimientos productivos, fisiológicos, inmunológicos, reproductivos, calidad de productos, etc., todo esto en conjunto con investigadores de otras universidades. “Esperamos con nuestra contribución, definir o proponer al menos una dieta para larvas, una para juveniles y otra para reproductores que cumplan con los requerimientos nutricionales mínimos para esta especie en cautiverio”, señaló el Dr. Dantagnan.

## Población de Bacalao de Profundidad genotipada

El Dr. Vidal junto a su equipo son parte del grupo multidisciplinario que trabaja en el Programa Tecnológico CORFO de Cultivo de Bacalao de Profundidad, liderado por la Universidad Austral de Chile, donde también participan las universidades de Concepción y Católica de Temuco.

El Bacalao de Profundidad representa actualmente uno de los peces más valorados a nivel mundial. El programa tiene como objetivo fundamental generar de una forma sostenible el cultivo de esta especie y posicionar a Chile como uno de los países pioneros en el desarrollo del cultivo del bacalao de profundidad, con un importante modelo de negocios tanto a nivel comercial como social.

El proyecto “Desarrollo y aplicaciones genéticas para la sustentabilidad del cultivo de bacalao de profundidad”, liderado por el académico de la USACH, tiene tres objetivos principales: desarrollar y optimizar la creación de una población/núcleo genético de bacalao de profundidad utilizando herramientas genómicas y fenotípicas; desarrollar fotoquímicos funcionales y caracterizar el transcriptoma para mejorar la eficiencia de la producción de alevines y rasgos productivos de poblaciones de bacalao de profundidad; establecer el rol de la microbiota del estómago/intestino y su relación con parámetros de salud en poblaciones comerciales de bacalao de profundidad.

El Dr. Vidal comentó que “al final del proyecto se deberá contar una población base de bacalao de profundidad genotipada y registrada de acuerdo a su pedigrí. Además, se contará con el desarrollo de una plataforma biotecnológica-genómica para evaluar la respuesta y características de respuestas inmunes y fenotípicas asociadas a rasgos productivos”.

## Ciencia Básica del bacalao desde la UdeC

Especializados en la parte clínica del proyecto con un interesante juego entre Fisiología y Patología, la Universidad de Concepción se suma a este mega proyecto a través de siete investigadores, todos asociados al Laboratorio de Piscicultura y Patología Acuática del Departamento de Oceanografía (DOCE) de la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas (FCNO) UdeC. El staff científico en Concepción será el encargado de establecer los parámetros de ciencia básica que servirán como referente en los análisis y diversas etapas de cultivo del proyecto.

En el caso del bacalao de profundidad no existen hasta la fecha ciertos parámetros de ciencia básica que son fundamentales para trabajar con la especie, como una caracterización hematológica ni parámetros de química sanguínea. Tampoco existe una caracterización del desarrollo embrionario ni histológico completo del animal. La ausencia de estos aspectos científicos limitan el desarrollo futuro del proyecto, por ejemplo, en el área de manejo sanitario, ya que al presentarse alguna alteración o anomalía como consecuencia de alguna infección o del desarrollo de alguna enfermedad, no es posible verificar si los parámetros existentes son normales o no, porque no existe un rango de referencia. Por ello la

labor del grupo UdeC en el proyecto es justamente describir estos parámetros biológico-básicos para el bacalao de profundidad.

En este contexto el equipo de investigación UdeC tendrá como misión la caracterización microbiológica, parasitaria, además del estudio micro y macro anatómico del bacalao. También se evaluará características hematológicas y de química sanguínea, sumando también tasas metabólicas de esta especie

## Aporte de la UMAG al cultivo de bacalao de profundidad

A través de un convenio de colaboración, la Universidad de Magallanes buscará aportar con la conformación de un plantel de reproductores en el Centro de Cultivos Marinos Bahía Laredo (52° 58' S; 70°49' O), ubicado a 24 kilómetros al norte de la ciudad de Punta Arenas. La conformación de un stock de reproductores acondicionados a la vida de cautiverio no solo logrará obtener una producción sustentable de juveniles, sino que también aportará a diversificar la matriz productora nacional de bacalao que ya tiene la Universidad Austral de Chile con sus centros en Valdivia y Puerto Montt.

El Dr. Pablo Gallardo indicó que “la Universidad de Magallanes ha participado en el desarrollo de la tecnología de cultivo de este Nototénido desde el año 2011 y ha identificado la oportunidad que tiene la región de Magallanes para diversificar la acuicultura, gracias a la experiencia adquirida con el desarrollo tecnológico del cultivo del Halibut del Atlántico, especie bentónica de similitudes biológicas con el bacalao de profundidad”.

Además, se identifica la oportunidad para el desarrollo reproductivo en cautiverio de esta especie en Magallanes, debido a que sabe que el hábitat natural para su desove se encuentra al sur del paralelo 47°, es así, que la ubicación y experiencia de la UMAG se convierten en estratégicas para la realización de esta nueva iniciativa.

*El 31 de agosto se realizó el lanzamiento del Programa de Cultivo de Bacalao de Profundidad, actividad en la cual se dio a conocer las implicancias de esta iniciativa, las instituciones participantes y a los investigadores que participarán en este proyecto multidisciplinario. En este evento se contó con la presencia de autoridades de Corfo, de las universidades involucradas, regionales y representantes del sector privado.*





Universidad Austral de Chile

Escuela de Graduados - Sede Puerto Montt

Doctorado en Ciencias  
de la Acuicultura

Programa  
**ACREDITADO**



**2 años**

Hasta 25/07/2017

*Ve más allá*

**DOCTORADO**

en Ciencias de la Acuicultura



CONTACTO

+ 56 65 2277142

marcelaastorga@uach.cl

www.doctoradoacuicultura.uach.cl



**Dr. Rene Manríquez**  
rene.manriquez@postgrado.uach.cl



*“El programa de doctorado me entregó formación integral sobre el estado del arte de la acuicultura tanto nacional como internacional, permitiendo para esto, poder complementar mi desarrollo científico en laboratorios internacionales. Además, el programa me entregó herramientas para conducir la investigación básica que desarrollo, hacia la resolución de problemas de interés nacional.”*

[www.doctoradoacuicultura.uach.cl](http://www.doctoradoacuicultura.uach.cl)

## ESTUDIO DE MARCADORES EPIGENÉTICOS MODULADOS POR EL VIRUS DE LA NECROSIS PANCREÁTICA INFECCIOSA (IPNV) PARA EVADIR LA RESPUESTA ANTIVIRAL DE CÉLULAS INFECTADAS

El virus de la Necrosis Pancreática Infecciosa (IPNV) ha sido el segundo agente causal de mortalidades secundarias en *Salmo salar* y *Oncorhynchus mykiss*. Durante las primeras 4 horas de replicación viral, es posible observar mRNA y proteínas virales en células infectadas. Esta rápida replicación ha sido asociada a la capacidad del virus de evadir la respuesta antiviral. Se ha descrito que las proteínas virales VP4 y VP5 estarían involucradas en la evasión a la respuesta a interferón, disminuyendo así la expresión de Mx. Este fino control celular por parte de IPNV le da amplias ventajas sobre su hospedero.

El presente trabajo propuso esclarecer si la modulación de la respuesta antiviral ejercida por IPNV es a través de mecanismos epigenéticos. Para ello, se analizaron distintos genes de respuesta antiviral entre ellos IFN- $\gamma$ , gen que presenta dos islas CpG susceptibles de ser epigenéticamente moduladas. La infección con IPNV tiene efectos directos sobre el patrón

de metilación del promotor de IFN- $\gamma$ , y para el caso de la citosina en posición +38 se observa una metilación completa a las 6 horas post infección (hpi), por otra parte la citosina en posición -392 disminuye su metilación a las 24 hpi. Estos patrones no solo se condicionan con el nivel de expresión de IFN- $\gamma$  sino que además se relaciona con el aumento en la expresión transcripcional de la enzima DNA metiltransferasa la cual es clave en el mantenimiento del patrón de metilación en las células.

Se piensa que la metilación en el promotor de IFN- $\gamma$  participa de manera directa en la regulación de la expresión de esta citoquina evitando una respuesta antiviral temprana por parte del hospedero a las 6 hpi. Según análisis *in silico*, se hipotetiza que el efecto final de la metilación del promotor es evitar la unión de factores de transcripción tales como CREB y NF- $\kappa$ B.



**Dra. Margarita González**  
margaritapgg@hotmail.com



*“Realizar el doctorado fue muy relevante para mí, ya que permitió que madurara el pensamiento crítico, como también, reforzó mis habilidades como investigador. Gracias a esto actualmente me encuentro iniciando una línea de investigación en mi lugar de trabajo.”*

[www.doctoradoacuicultura.uach.cl](http://www.doctoradoacuicultura.uach.cl)

## EFFECTO DE LA CALIGIDOSIS EN EL BIENESTAR DEL SALMÓN DEL ATLÁNTICO (*Salmo salar*, Linnaeus 1758)

En Chile, el Servicio Nacional de Pesca implementó un programa oficial de vigilancia y control de *Caligus rogercresseyi*, estableciendo un umbral de carga parasitaria que obliga la toma de medidas de control, el cual no considera el bienestar del pez. La presente tesis doctoral evaluó la hipótesis sobre la existencia un umbral de infestación del parásito *C. rogercresseyi* por sobre el cual se gatilla una respuesta de es-

trés diferencial con perjuicio en el bienestar del hospedero, que dependerá del historial de infestación del hospedero. El objetivo general fue evaluar los niveles de infestación de los estados fijos y móviles de *C. rogercresseyi* que desencadenan una alteración de los indicadores fisiológicos (cortisol, glucosa, proteínas, aminoácidos, lactato, triglicéridos y osmolalidad), anatómicos (células mucosas en la piel y daño

de la aleta) como indicadores de bienestar del hospedero. Este objetivo se abordó mediante cuatro capítulos relacionados a las historias de infestación. En el **Primer capítulo** evaluó los efectos de la infestación de *C. rogercresseyi* en la respuesta fisiológica de *S. salar* infestado por primera vez. En el **Segundo capítulo** se estudió la respuesta al estrés de *S. salar* enfrentado a una infestación alta y abrupta del estadio infestante de *C. rogercresseyi*. El **Tercer capítulo** describe la respuesta de estrés de *S. salar* enfrentado a una infestación prolongada con bajas abundancias de *C. rogercresseyi*, a un objeto nuevo dentro del estanque, y manejo. Por último, el **Cuarto capítulo** evaluó la erosión de las aletas de *S. salar* infestado con *C. rogercresseyi*. Los resultados sugieren que infestaciones de *C. rogercresseyi* alteran significativamente la fisiología de *S. salar*, siendo posible la determinación de umbrales de carga parasitaria. Sobre los umbrales estimados

se observaron detrimentos en la fisiología del pez, caracterizados como una alta respuesta primaria y secundaria, con deterioro de aleta, indicando efectos negativos en el bienestar de *S. salar*. Por otra parte, el valor de los umbrales dependió de la historia de infestación y de la etapa de desarrollo del parásito. Infestaciones de etapas tempranas del parásito inducen valores umbrales altos, mientras que infestaciones de adultos, tanto cortas como prolongadas, inducen umbrales bajos. Derivado de este trabajo, se logró la publicación del primer, segundo y tercer capítulos en las revistas *Aquaculture*, *Fish Physiology and Biochemistry* y *Journal of Fish Diseases*, respectivamente. Así mismo, el primer capítulo fue presentado en el Congreso Sea Lice 2014 en Portland, Maine, USA. Posteriormente, se realizó una charla a niños de enseñanza media en el II Workshop Salmociencia 2016 organizado por Explora Conicyt Los Lagos.



**Dr. Hugo Silva**  
hugosilva.oliva@gmail.com



**DOCTORADO**  
en Ciencias de la Acuicultura

*“El programa ha sido una gran oportunidad para mejorar y enfrentar mis debilidades. En conjunto con sus académicos nos han impulsado a nuevos niveles de interacción que han permitido ser parte de la responsabilidad de las mejoras que nuestro país y comunidad científica necesitan hoy, sin perder un enfoque sustentable y de diversificación. Esto último, debería aplicarse a cada área de desarrollo que uno debe enfrentar y que en mi caso está asociada a biotecnología.”*

[www.doctoradoacuicultura.uach.cl](http://www.doctoradoacuicultura.uach.cl)

ESTUDIOS DE PROTECCIÓN EN *Salmo salar* CONTRA *Piscirickettsia salmonis* POR IgY anti-P. SALMONIS ADMINISTRADA ORALMENTE

*Piscirickettsia salmonis* (*P. salmonis*) es una bacteria descrita como la causante del “síndrome rickettsial salmónido” (SRS). La incidencia de SRS, actualmente no ha disminuido, lo que representa grandes pérdidas económicas, US \$ 500 millones y US \$ 700 millones, para la industria del salmón (AQUA, agosto de 2015). SRS, generó 79% de todas las mortalidades en *Salmo salar* (Sernapesca, octubre de 2016). Para reducir impacto de SRS, la industria chilena ha incorporado mejor gestión, vacunación y uso de antibióticos. Este proyecto realizó un tratamiento alternativo con inmunidad pasiva, la cual, usa la inclusión de anticuerpos preformados (IgY, generados en gallina) contra SRS, en lugar de intentar inducir anticuerpos en peces (IgM) mediante la estimulación con antígenos del patógeno. Esta estrategia, se aplica en etapas de producción animal donde no es posible usar antibióticos, por razones de seguridad alimentaria. La terapia de inmunidad pasiva se ha utilizado con éxito en la terapia biomédica, diag-

nóstica y profiláctica de enfermedades (Michael et al., 2010), así como contra patógenos acuáticos (Lee et al., 2000). El proyecto generó las siguientes innovaciones: (i) La producción de un antígeno de *P. salmonis* y un IgY anti-*P. salmonis* para conferir inmunidad pasiva contra el patógeno, el cual, es estable y seguro en los ecosistemas acuáticos y en la salud pública. (ii) Optimización de administración oral usando diversas tecnologías, mediante el desarrollo y la mejora de la tecnología de microencapsulación de anticuerpos. (iii) Inclusión de micropartículas cargadas con IgY anti-*P. Salmonis*, en alimento de salmónidos, lo que permite una alternativa de tratamiento (inmunidad pasiva) de los peces contra SRS, y así mismo, la administración oral, reduce los problemas asociados con la manipulación de peces y sus riesgos asociados. (iv) Esta biotecnología es homologable para el tratamiento y/o profilaxis de otros patógenos.



**CONTACTO**  
+ 56 65 2277142  
marcelaastorga@uach.cl  
[www.doctoradoacuicultura.uach.cl](http://www.doctoradoacuicultura.uach.cl)



**Universidad Austral de Chile**  
Escuela de Graduados - Sede Puerto Montt



# 7 PLAGAS

Pest Control



*Matamos por Encargo...*

## SERVICIOS

- DESRATIZACION • DESINSECTACION • SANITIZACION
- CONTROL DE AVES • CONTROL DE MURCIELAGOS



Empresa certificada ISO 9001:2008  
 Empresa acreditada SAG  
 Contamos con Seguro de Responsabilidad Civil

Fono Fax (65) 2 253203 / 2 480625 Cel. 6830 1662 / 6830 1647  
 Av. Presidente Ibáñez 352 - Puerto Montt  
 Info@7plagas.cl - www.7plagas.cl

Temuco Valdivia Osorno Puerto Montt  
 Chiloé Coyhaique Puerto Aysén

# ALGAS EN ECOTOXICOLOGÍA: Hacia el desarrollo de microbioensayos



Pirjo Huovinen<sup>1,2</sup> & Iván Gómez<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia

<sup>2</sup>Centro Fonmap de Investigación en Dinámica de Altas Latitudes (IDEAL)

pirjo.huovinen@uach.cl

## Ecotoxicología – avances y nuevos desafíos

La publicación del libro *“Primavera silenciosa”* de Rachel Carson en 1962 atrajo la atención del público acerca del impacto catastrófico que el uso indiscriminado de pesticidas (ej. el insecticida DDT; clasificado ahora dentro del grupo de Polutantes Orgánicos Persistentes, POPs) generó en los ecosistemas naturales. Este libro fue uno de los impulsores del desarrollo de la ecotoxicología como disciplina (ver revisión de Werner y Hitzfeld 2012). El término “ecotoxicología” propuesto por Truhaut (1977) integró la ecología y toxicología, reflejando la creciente preocupación por los efectos dañinos de la contaminación del medio ambiente, que afecta no solo a los seres humanos, sino al resto de los organismos vivos y ecosistemas. La ecotoxicología por lo tanto se puede describir como una ciencia multidisciplinaria que estudia el destino y los efectos de los agentes contaminantes sobre organismos, poblaciones, comunidades y ecosistemas, aunque la definición del término ha ido cambiando con el tiempo (ver Newman y Unger 2003, Walker et al. 2006).

Durante las cinco décadas que han transcurrido desde la publicación del libro *“Primavera silenciosa”*, la ecotoxicología ha emergido como una importante disciplina científica, aportando fuertemente al desarrollo de nuevos conceptos y herramientas para la detección y predicción de riesgo (Werner y Hitzfeld 2012). Pese a los importantes avances, existen nuevos desafíos como es la evaluación ecotoxicológica de contaminantes emergentes, tales como nanomateriales, microplásticos, productos de cuidado personal y farmacéuticos (de uso veterinario y humano), estrógenos ambientales, etc. A pesar de la regulación global de la producción y uso de POPs impuesta en la Convención de Estocolmo de 2004, estas sustancias siguen presentes e implican un riesgo, principalmente por sus propiedades tales como persistencia, biomagnificación en la cadena trófica y transporte a largas distancias, incluso en ambientes considerados prístinos como el Ártico y Antártica. En los últimos años, el potencial impacto modificador causado por el cambio global (calentamiento, acidificación, aumento de la radiación UV solar, etc.) sobre la acción de los POPs y otros contaminantes

ha generado preocupación e interés de la comunidad científica (revisado por Werner y Hitzfeld 2012).

## Herramientas metodológicas en ecotoxicología - Bioensayos de toxicidad

Según Paracelso (1493-1541) *“la dosis hace el veneno”* o sea ninguna sustancia química es tóxica si la dosis es demasiado baja, y por otro lado todas las sustancias químicas son tóxicas si la dosis es suficientemente alta. Efectivamente la relación entre la cantidad del contaminante a la cual un organismo está expuesta y el grado de los efectos tóxicos producidos es uno de los conceptos básicos de ecotoxicología y es la base de la evaluación de riesgo.

Los bioensayos de toxicidad son una de las herramientas más utilizadas en ecotoxicología para evaluar la toxicidad y relacionar la concentración del contaminante con la respuesta biológica (la relación **concentración-respuesta**). Principalmente se trata de tests monoespecíficos llevados a cabo en el laboratorio bajo condiciones controladas permitiendo establecer la relación entre el contaminante y su efecto biológico (**causa-efecto**). En estudios de terreno esto es mucho más difícil de determinar debido a la complejidad de los ecosistemas naturales. En los bioensayos se utilizan una amplia gama de organismos, entre ellos bacterias bioluminiscentes, algas, crustáceos y peces etc. La duración de los bioensayos depende del organismo a utilizar y su ciclo de vida, y de los parámetros a medir. La toxicidad **aguda** se produce dentro de un periodo corto (en general segundos-días), mientras la toxicidad **crónica** se desarrolla durante una exposición prolongada (días-años). Las respuestas biológicas que se miden pueden ser **letales** (mortalidad) o **subletales** (ej. crecimiento). Bioensayos de toxicidad proveen estimaciones sobre la concentración (CL<sub>50</sub> o concentración letal media) o dosis (DL<sub>50</sub> o dosis letal media) que es letal para el 50 % de los organismos (CE<sub>50</sub> en el caso de respuestas subletales). Además la información sobre las concentraciones más altas que no generan toxicidad (NOEC) y las más bajas que causan efecto (LOEC) son de utilidad para estimar niveles de exposición que no implican riesgo (ver revisión)

siones por Newman y Unger 2003, Walker et al. 2006, Taylor y Scroggins 2013).

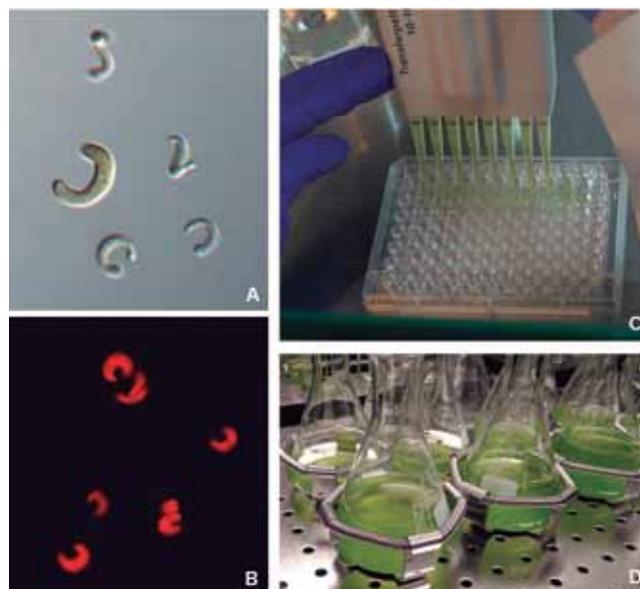
Los protocolos estandarizados de los métodos para bioensayos de toxicidad han sido desarrollados por diferentes organizaciones (ej. ISO, OECD, US EPA, EC, ASTM) durante las últimas cuatro décadas para asegurar la obtención de información confiable y reproducible (revisado por Taylor y Scroggins 2013). Estos protocolos tienen utilidad en la clasificación de toxicidad de sustancias químicas, en monitoreos ambientales, en la evaluación de riesgo y toma de decisión, etc.

La interpretación de los resultados de bioensayos de toxicidad requiere considerar ciertas restricciones, tales como la dificultad de extrapolar los resultados obtenidos en laboratorio con organismos de cultivo a las condiciones naturales. Con un bioensayo realizado en una especie individual no es posible generalizar los efectos de un contaminante ya que las especies responden de manera diferente. La corta duración de un bioensayo agudo presenta una desventaja ya que no permite observar la posible adaptación del organismo en el tiempo y de este modo se podría sobreestimar el riesgo. Además, para observar efectos adversos a corto plazo (especialmente mortalidad), se requiere usar concentraciones bastante altas que pueden superar las concentraciones encontradas en los sistemas acuáticos naturales donde el nivel de contaminación se puede atenuar a niveles bajo la línea de toxicidad aguda. Es por ello que la evaluación de los efectos subletales de una exposición prolongada a bajas concentraciones de contaminante (bioensayo crónico), si bien entrega resultados de mayor relevancia ecológica, implican claramente mayores desafíos metodológicos (ej. ensayos de mas larga duración que consideren parte considerable de la vida del organismo, o que las respuestas a medir incluyan procesos complejos, tales como la reproducción).

### Uso de microalgas en bioensayos de toxicidad

El uso de bioensayos con microalgas en estudios de contaminación acuática comenzó con las evaluaciones de eutroficación por nutrientes. La implementación del "algal assay bottle test" usando la microalga verde *Selenastrum capricornutum* en la década de 1960 sentó las bases para el desarrollo posterior de las técnicas de bioensayos de toxicidad en microalgas (revisado por Nyholm y Peterson 1997). El bioensayo de toxicidad con microalgas mas utilizado es la determinación de la inhibición de crecimiento bajo exposición a algún contaminante en un cultivo estático durante 72-96 horas. Esta técnica se lleva a cabo bajo iluminación continua y en general, manteniendo el cultivo en movimiento (agitación o aireación) para el equilibrio de CO<sub>2</sub>. Para la estimación de crecimiento o biomasa, se mide diferentes variables, como son la densidad de células (con microscopio o contador de partículas), la cantidad de clorofila (con métodos de extracción), la densidad óptica (usando espectrofotómetros), la fluorescencia in vivo (mediante fluorímetros), y también la fotosíntesis (basada en la asimilación de <sup>14</sup>C). Es importante considerar que las diferentes respuestas de las microalgas dependen de su sensibilidad a los contaminantes, y además de

la condición fisiológica del cultivo que puede afectar el tamaño celular o la cantidad de clorofila por célula (Nyholm y Peterson 1997). Un aspecto importante es que las especies utilizadas en bioensayos deben ser de fácil cultivo en laboratorio, y se han usado especies de un amplio rango taxonómico tanto de agua dulce como marinas. Entre las especies mas utilizadas se puede mencionar al alga verde de agua dulce *Raphidocelis subcapitata* (anteriormente *Selenastrum capricornutum*) (Fig. 1A-B), y que esta incluida dentro de las especies recomendadas en los protocolos definidos por varias instituciones de estandarización (ej. ISO, OECD, INN Chile).



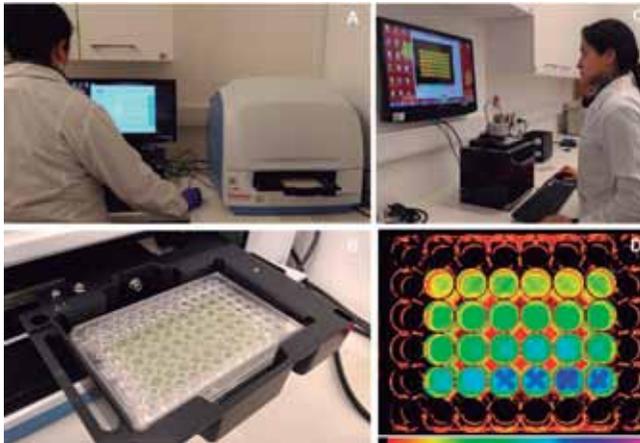
**Figura 1.** Microalga verde *Raphidocelis subcapitata* (con microscopio óptico (A) y epifluorescente (B)) utilizado en bioensayos de toxicidad. Preparación de bioensayo en microescala utilizando placas de multipocillo (C) en comparación con bioensayo tradicional en matraces Erlenmeyer de mayor volumen (D). (Fotografía: D. Osman, R. Fuentes).

Dentro de las ventajas del uso de microalgas en bioensayos de toxicidad se encuentra la sensibilidad relativa de estos organismos a contaminantes, se consideran costo-efectivos, son en general más fáciles de mantener en condiciones experimentales de laboratorio comparado a animales, lo que evita también conflictos bioéticos por el uso animales en bioensayos. Debido a su rápido ciclo de división celular, las respuestas de toxicidad aguda pueden ocurrir dentro de pocas horas de exposición, y las respuestas subletales de toxicidad crónica se puede medir también dentro de un periodo bastante corto (días). Las respuestas de las microalgas representan a una población y no sólo a células individuales, lo que permite inferir las respuestas de diferentes generaciones. Como desafíos prácticos se puede mencionar la selección de medio de cultivo idóneo para cada especie y contaminante, el agotamiento de los nutrientes y el aumento del pH durante el bioensayo en el cultivo a medida que aumenta la biomasa, etc. Las características de medio de cultivo, por ejemplo, el pH o la concentración de sustancias quelantes, pueden afectar la toxicidad de ciertas sustancias químicas, tales como los metales pesados (ver revisión por Nyholm y Peterson 1997).

## Hacia el desarrollo de los bioensayos en microescala

Los avances en la instrumentación y técnicas de medición de alta resolución, tales como la estimación de biomasa mediante la detección de clorofila in vivo, han permitido desarrollar bioensayos en microescala (revisado por Blaise 2013). El uso de placas de multipocillo y la reducción de volumen (hasta a 200  $\mu$ l por pocillo; Fig. 1C) permite examinar un gran número de muestras y réplicas reduciendo considerablemente el uso de reactivos y materiales con la consiguiente disminución de residuos, y costos asociados con los bioensayos. Pese a estos avances, persisten desafíos como es el control de pH y crecimiento exponencial del cultivo en condiciones estáticas en las placas ya que en los ensayos en microescala usando placas de multipocillos ej. la aireación es técnicamente difícil de implementar. En los bioensayos tradicionales (comúnmente llevado a cabo en un matraz Erlenmeyer de mayor volumen; Fig. 1D) se utiliza aireación o agitación constante para evitar cambios de pH, y para conseguir un crecimiento exponencial y una constante tasa de crecimiento específico. En general se trabaja con una baja concentración inicial de células, de esta forma manteniendo una biomasa suficientemente baja para evitar los cambios de pH en el cultivo durante el ensayo. Sin embargo, bajo estas condiciones con baja biomasa de algas se requiere métodos altamente sensitivos para una medición precisa de las respuestas.

Existen algunas propuestas y recomendaciones para la implementación de los métodos de bioensayos en microescala (Blaise y Vasseur 2005, Blaise 2013). Nuestros laboratorios en la Universidad Austral de Chile (Ecotoxicología Acuática y Ecofisiología y Fotobiología de Algas) están aplicando nuevas técnicas de alta resolución utilizando fluorescencia in vivo de Pulso Amplitud Modulada (PAM) asociada a clorofila del fotosistema II como respuestas fisiológicas de microalgas (Fig. 2C-D), en combinación con otros métodos de fluorescencia in vivo para estimar el crecimiento (Fig. 2A-B), y de este modo detectar y cuantificar estrés de contaminación y cambio global



**Figura 2.** Técnicas de fluorescencia in vivo de clorofila aplicados en bioensayos de microescala con microalgas permitiendo una medición rápida de tasa de crecimiento (como fluorescencia in vivo (RFU) con fluorímetro VarioscanFlash; A-B) y respuestas fisiológicas (fluorímetro IMAGING-PAM; C-D). (Fotografía: D. Osman, R. Fuentes).

(temperatura, radiación UV). Además se está probando las condiciones de cultivo y densidades de células en placas de multipocillo para optimizar el crecimiento del cultivo durante un ensayo sin mayores alteraciones de pH y por otro lado la detección precisa y sensitiva de las respuestas tanto fisiológicas como de crecimiento.

## Desafíos y direcciones futuras

Con estos nuevos avances se tiene como objetivo mejorar la sensibilidad de los microbioensayos de toxicidad con microalgas y profundizar los conocimientos científicos y herramientas prácticas para ampliar la aplicación de estas técnicas en el futuro. Los nuevos desafíos de la ecotoxicología implican la necesidad del constante desarrollo y mejoramiento de las técnicas para detectar y evaluar el impacto de los contaminantes, por lo tanto en esta línea el desarrollo de microbioensayos sensibles es altamente relevante. Además se ha identificado como uno de los desafíos pendientes la evaluación de los efectos subletales de la exposición crónica que provocan sustancias en concentraciones reales en el medio ambiente (revisiones por Werner y Hitzfeld 2012, Taylor y Scroggins 2013).

Finalmente, en los últimos años la ecotoxicología ha comenzado a transitar hacia nuevas aproximaciones tales como la toxicogenómica, la bioinformática y toxicología computacional, que influenciará la ecotoxicología en el futuro (Taylor y Scroggins 2013).

### Financiamiento:

Proyecto FONDECYT 1161129, Centro Fondap-IDEAL (Grant 15150003) CONICYT.

## Referencias

- Blaise C, Vasseur P (2005)** Algal microplate toxicity test. En: Blaise C, Féraud JF (eds) Small-scale freshwater toxicity investigations. Vol 1. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 137-179.
- Blaise C (2013)** Microbiotests in ecotoxicology. En: J.-F. Féraud JF, Blaise C (Eds.), Encyclopedia of Aquatic Ecotoxicology. pp. 721-728. Springer Science+Business Media Dordrecht.
- Carson R (1962)** Silent spring. Houghton-Mifflin Co., Boston.
- Newman MC, Unger MA (2003)** Fundamentals of ecotoxicology. Lewis Publishers. 2. Ed.
- Nyholm N, Peterson HG (1997)** Laboratory bioassays with microalgae. En: Wang W, Gorsuch JW, Hughes JS (Eds), Plants for Environmental Studies. CRC Press. pp. 225-276. ISBN: 978-1-56670-028-3.
- Taylor LN, Scroggins RP (2013)** Biological test methods in ecotoxicology. En: J.-F. Féraud JF, Blaise C (Eds.), Encyclopedia of Aquatic Ecotoxicology. pp. 197-204. Springer Science+Business Media Dordrecht.
- Truhaut R (1977)** Ecotoxicology: objectives, principles and perspectives. Ecotoxicol. Environ. Saf. 1: 151-173.
- Walker CH, Hopkin SP, Sibly RM, Peakall DB (2006)** Principles of ecotoxicology. CRC Press. Taylor & Francis Group.
- Werner I, Hitzfeld B (2012)** 50 years of ecotoxicology since Silent Spring – A review. GAIA 21/3:217-224.

# DEPARTAMENTO DE ACUICULTURA Y RECURSOS AGROALIMENTARIOS



UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS



EL SOCIO LIDER DE LA INDUSTRIA ACUÍCOLA, CON MÁS DE 40 AÑOS DE EXPERIENCIA

INVESTIGACION I+D+i · DOCENCIA · TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

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

## ID15I10518

Seguimiento de peces marcados como base de información científica para la formulación de planes de ranching en Chile. aplicación: el caso de robalo (*eleginops maclovinus*) en el estuario.

## ID16I10344

Desarrollo de nuevos alimentos basados en el uso de microalgas ricas en DHA y EPA, para la producción sustentable de trucha arco iris enriquecida con omega-3 destinada a mercados de calidad premium



Director: Juan Carlos Uribe Barichivich | e-mail: [jcuribe@ulagos.cl](mailto:jcuribe@ulagos.cl) | (56 - 64) 2333318 - 2333303 - 2333304 - 2333319  
Campus Chuyaca | Avenida Fuchslocher N° 1305 | Pabellón Lago Riñihue | Osorno

# Fenotipo de mutantes *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* $\Delta$ crp, virulencia e inmunogenicidad en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)



UNIVERSIDAD  
DE CHILE



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
VALPARAÍSO

Katherinne Valderrama<sup>1,2,3</sup> y Javier Santander<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doctorado en Acuicultura. Programa Cooperativo Universidad de Chile, Universidad Católica del Norte, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

<sup>2</sup> Marine Microbial Pathogenesis and Vaccinology Laboratory, Department of Ocean Sciences, Memorial University of Newfoundland, Canadá.

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Larrondo 1281, Coquimbo, Chile

## Introducción

*Aeromonas salmonicida* (Aeromonadaceae, Gammaproteobacteria) es el agente etiológico de la furunculosis, una enfermedad mortal de los peces, principalmente salmónidos, alrededor del mundo<sup>1</sup>. Siendo un patógeno intracelular facultativo y debido a su capacidad para colonizar tejidos linfoides profundos, esta bacteria es un excelente candidato para desarrollar vacunas vivas atenuadas para peces salmónidos.

La familia de la proteína receptora del AMP cíclico (Crp), es un grupo de factores de transcripción globales. La unión del AMP cíclico induce un cambio conformacional que incrementa la unión de la proteína Crp al ADN, activando entre otros, a genes relacionados con la virulencia en bacterias patógenas.

La atenuación de las bacterias por la delección del gen *crp* se ha demostrado en diversos patógenos tales como *Salmonella enterica* Typhimurium<sup>2,3</sup>, *Salmonella enterica* Gallinarum<sup>4</sup>, *Salmonella choleraesuis*<sup>5</sup>, y en el patógeno de peces *Edwardsiella ictaluri*<sup>6</sup>. Además, se ha demostrado que estos mutantes  $\Delta$ crp poseen poder inmunogénico, pudiendo ser candidatos para vacunas vivas atenuadas.

El objetivo de este estudio fue analizar los efectos de la mutación del gen *crp* de *A. salmonicida* en la fisiología y virulencia bacterianas y en la capacidad para conferir protección inmune a la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).

## Materiales y métodos

*A. salmonicida* J223 se incubó rutinariamente en medio líquido TSB a 15°C y condiciones aeróbicas (180 RPM). El crecimiento bacteriano se monitoreó por espectrofotometría y/o por cultivo en placas.

La construcción de los mutantes se realizó mediante la técnica de vectores suicida, con la cual se obtuvo una delección precisa del gen *crp* de *A. salmonicida*, desde el codón de inicio hasta

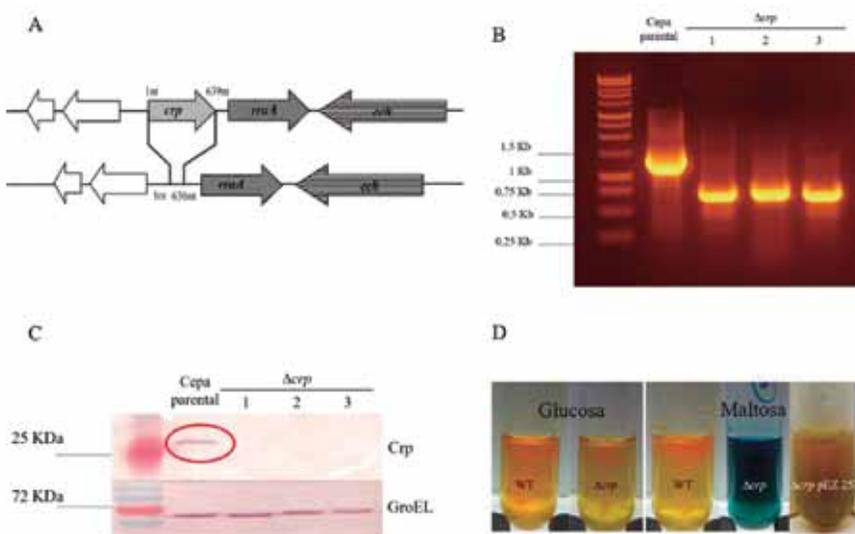
un codón antes del término. La primera selección fue realizada mediante cultivo en placas suplementadas con cloranfenicol y la contra-selección se realizó mediante cultivo en placas suplementadas con sacarosa (10%).

El fenotipo de los mutantes fue evaluado mediante curva de crecimiento, perfil de lipopolisacáridos (LPS), perfil de proteínas de membrana externa, síntesis de melanina y presencia de capa A. La expresión de Crp se evaluó mediante Western Blot y el cultivo de la bacteria en medio OF suplementado con glucosa o maltosa, para la determinación de la utilización de los carbohidratos.

Para observar el comportamiento *in vitro* de las bacterias, se realizó un ensayo de exclusión por gentamicina<sup>7</sup> en células CHSE-214. Básicamente, este experimento consistió en dos fases: primero, para determinar la adhesión de las bacterias a las células, estas últimas se infectaron durante 1 h y posteriormente se lavaron y se realizó un recuento bacteriano; segundo, para determinar la invasión o infección intracelular, luego de una hora de infección las células se lavaron y se les agregó gentamicina durante 2 y 4 horas, posteriormente, las células fueron tratadas con un agente detergente para romper la membrana celular y recuperar las bacterias que lograron invadir.

Para los experimentos *in vivo* los peces se aclimataron durante 2 semanas y al momento de la inoculación fueron anestesiados en un baño con 40 mg L<sup>-1</sup> de triclaína (MS-222).

La virulencia de la cepa parental y de la mutante se evaluó en alevines de trucha arco iris (30-50 g). Los peces fueron infectados mediante inyección intracelómica (ic) con 3,6-36 UFC de *A. salmonicida* parental J223 o con 33-330 UFC del mutante *A. salmonicida*  $\Delta$ crp J250. Como control se utilizaron peces inyectados con PBS. La dosis letal media (DL<sub>50</sub>) se calculó por el método de Reed & Muench (1938).



**Figura 1.** Delección del gen *crp*, fenotipo y complementación de *Aeromonas salmonicida*  $\Delta crp$ . A. Mapa de delección del gen. B. Verificación mediante PCR de la delección del gen. C. Western Blot de Crp. D. Utilización de maltosa en medio OF por la cepa parental, la mutante  $\Delta crp$  y la mutante  $\Delta crp$  complementada con el gen *crp*; el color amarillo indica utilización del carbohidrato, el color verde azulado indica la no utilización del carbohidrato.

Para la inmunización y desafío de las truchas se utilizaron 25 peces juveniles (100-150 g) que fueron inmunizados mediante inyección intracelómica con  $1,2 \times 10^2$  UFC de *A. salmonicida*  $\Delta crp$  (Fig 4A), y 20 peces similares que fueron inmunizados oralmente con  $1,2 \times 10^6$  UFC de *A. salmonicida*  $\Delta crp$  (Fig 4B). Seis semanas después de la inmunización, los peces fueron desafiados mediante inyección i.c. con  $5,7 \times 10^2$  UFC de la cepa silvestre de *A. salmonicida*, equivalentes a  $\sim 50$  DL<sub>50</sub>. Como control se utilizaron peces no inmunizados. Para obtener las fracciones de supervivencia luego de los desafíos se usó el estimador de Kaplan-Meier, para determinar las diferencias entre tratamientos se usó el test de Log-rank. Un  $P < 0,05$  se consideró estadísticamente significativo.

En los peces muertos se realizó una necropsia para evaluar los signos internos de la infección.

## Resultados

El genotipo se verificó mediante PCR (Figura 1A y B) y la expresión de la proteína se evaluó mediante Western Blot (Figura 1C). El perfil bioquímico, evaluado por API20NE, mostró diferencias entre la cepa parental y el mutante  $\Delta crp$ , el cual no fue capaz de utilizar la maltosa. Este fenotipo maltosa-negativo (Mal<sup>-</sup>) fue confirmado mediante la prueba OF (Figura 1D).

Por otra parte, no hubo diferencias entre la curva de crecimiento, el perfil de LPS, el perfil de proteínas de membrana externa, la síntesis de melanina y la presencia de capa A entre ambas cepas de bacterias (Fig 5).

Los datos de adhesión mostraron que la cepa mutante se une a las células CHSE-214 (células no fagocíticas) de una manera similar que la cepa parental. El experimento de invasión, donde sólo se cuentan las bacterias que han ingresado a las células, demostró que la cepa mutante tiene una tasa significativamente mayor de supervivencia intracelular ( $p < 0,0012$ ) que la cepa parental (Fig. 2A y B). Además, la viabilidad celular no presentó diferencias significativas a lo largo del experimento (Fig. 2C). En los experimentos *in vivo*, se determinó que la cepa parental tiene

una DL<sub>50</sub> de  $\sim 11$  células. La cepa mutante  $\Delta crp$  administrada de esta forma tiene una atenuación de  $\sim 6$  veces, con una DL<sub>50</sub> de  $\sim 60$  células (Fig. 3A). En peces juveniles (100-150 g) se realizó una prueba preliminar a la inmunización y se demostró que la DL<sub>50</sub> de *A. salmonicida*  $\Delta crp$  incrementaba en  $\sim 240$  células y la DL<sub>50</sub> de la cepa parental incrementaba a  $\sim 38$  células.

Por otra parte, los peces inoculados oralmente con  $\sim 10^5$  UFC de la cepa parental o la cepa mutante sobrevivieron sin signos de la enfermedad.

En cuanto a la protección inmune, los peces inmunizados i.c. tuvieron una supervivencia de 74%. Además, un grupo de peces inmunizados en forma oral con  $1,2 \times 10^6$  UFC de la cepa mutante, tuvieron una supervivencia de 23% (Fig. 3B). La prueba log-rank aplicada a los datos demostró que las curvas de supervivencia son estadísticamente distintas, con un  $p = 0,0007$ .

## Discusión

El desarrollo de vacunas vivas atenuadas para la acuicultura deriva de la necesidad de inmunizaciones masivas asequibles que minimicen el estrés en los peces. El uso de estas vacunas permitiría la vacunación de larvas y juveniles, además de inmunizaciones de refuerzo. *A. salmonicida* es un excelente candidato para desarrollar vacunas atenuadas vivas que además podrían ser una plataforma para la liberación de antígenos recombinantes. Previamente, el uso de mutantes *A. salmonicida*  $\Delta rroA$  fueron utilizados exitosamente como vacuna viva atenuada en *Salmo salar*<sup>8</sup>; pero, a altas dosis, este mutante es capaz de multiplicarse en el pez, representando un problema de bioseguridad<sup>9</sup>. Con respecto a esto, el mutante auxotrófico  $\Delta rroA$  puede causar bacteremia oculta (infección sistémica sin signos clínicos), debido a que las mutaciones auxotróficas disminuyen el crecimiento bacteriano sin afectar la infección sistémica<sup>10</sup>. En este estudio, nosotros aplicamos un método rutinario para modificar genéticamente a *A. salmonicida* y eliminar el gene *crp* en ausencia de genes de resistencia a los antibióticos en la cepa final (Fig.1).

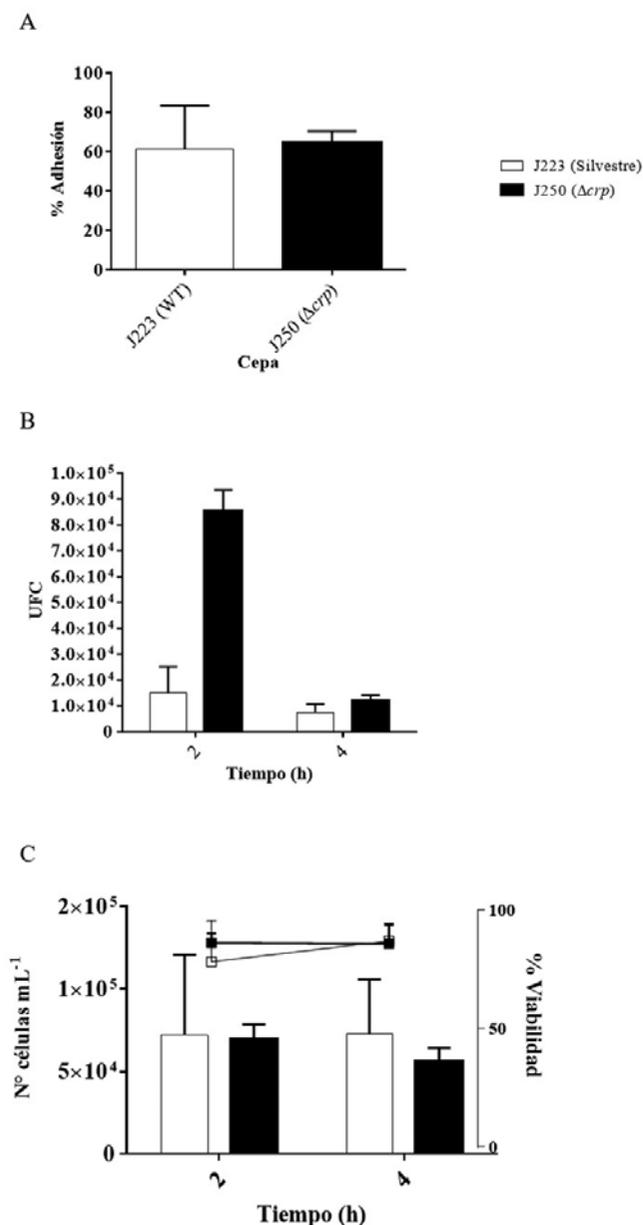


Figura 2. Ensayo de exclusión por gentamicina en células CHSE-214. A. Porcentaje de adhesión de *Aeromonas salmonicida* cepa parental y cepa mutante  $\Delta crp$ . B. Supervivencia intracelular de ambas cepas. C. Recuento y viabilidad de las células CHSE-214 durante el experimento.

Las pruebas fenotípicas generales que se realizaron en los mutantes, no demostraron diferencias entre estos y la cepa parental, lo que indica que, en condiciones normales, la proteína Crp no participarían en el control del crecimiento, en la síntesis del LPS, de proteínas externa de membrana, ni de melanina.

El medio OF para determinar la utilización de carbohidratos demostró que en *A. salmonicida* J223, Crp participa regulando el uso de carbohidratos, si la bacteria se encuentra en un ambiente carente de glucosa (Fig. 1D). La preferencia por la glucosa por sobre otras fuentes de carbono se denomina represión por gluco-

sa o represión catabólica por carbono<sup>11</sup>. Debido a que Crp es el eje central de esta regulación se puede inferir que es una proteína altamente conservada a través de la evolución bacteriana, lo cual, en *A. salmonicida* ha sido demostrado con el hecho de que la complementación de bacterias entéricas mutantes  $\Delta crp$ , tales como *Edwardsiella ictaluri* y *Salmonella enterica* Typhimurium con el gen *crp* de *A. salmonicida* revierte el fenotipo mutante hacia el fenotipo silvestre<sup>12</sup>.

En este estudio hemos determinado que *A. salmonicida*  $\Delta crp$  es atenuada y le otorga protección inmune a la trucha arcoíris mediante inyección intracelómica. Sin embargo, la delección de *crp* en *A. salmonicida* tiene un efecto modesto en la virulencia en el pez (Fig. 3A); esto sugiere que, en contraste con otros patógenos, los genes de virulencia de *A. salmonicida* no están totalmente regulados por Crp.

En bacterias patógenas Crp regula negativa y positivamente genes relacionados con factores de virulencia. Por ejemplo, Crp regula negativamente la expresión de la toxina colérica y el pilus en *Vibrio cholera*<sup>13</sup>, el operón de virulencia *spv* de *Salmonella* Typhimurium<sup>14</sup>, y la enterotoxina termolábil en *E. coli* enterotoxigénica (ETEC)<sup>15</sup>M. En contraste, ejemplos de regulación positiva son el activador de plasminógeno codificado por el gen *pla* en *Yersinia pestis*<sup>16, 17</sup>, la expresión de la enterotoxina termoestable en ETEC<sup>15</sup>M., y la expresión del gen *cqsA*, que codifica la sintetasa CAI-1, una molécula de *quorum sensing* en *Vibrio cholerae*<sup>18</sup>.

Como se señaló anteriormente, se observó que *A. salmonicida*

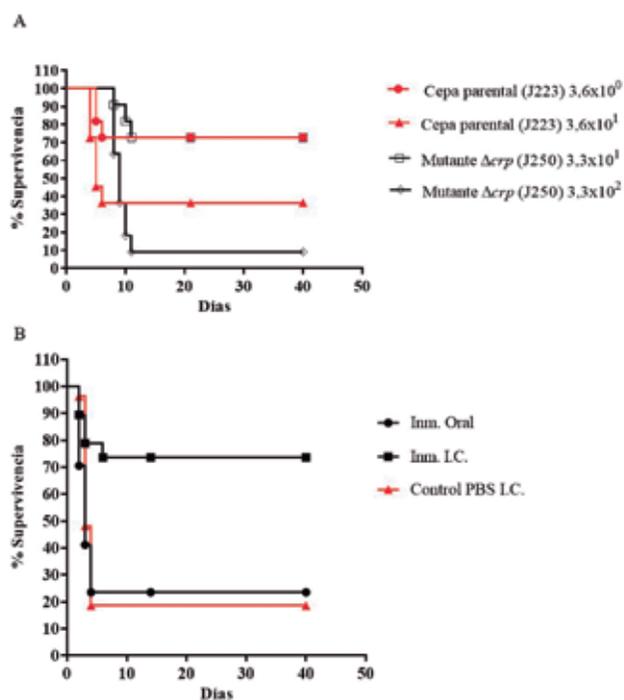


Figura 3. Virulencia e inmunogenicidad de *Aeromonas salmonicida*  $\Delta crp$  en trucha arcoíris (*O. mykiss*). A. Virulencia de *A. salmonicida*  $\Delta crp$  en alevines. B. Protección inmune de *A. salmonicida*  $\Delta crp$  en juveniles.

$\Delta crp$  tiene un nivel superior de invasión en células no fagocitarias, al contrario que la cepa parental (Fig. 2B), lo que permite hipotetizar que Crp de *A. salmonicida* controla en forma negativa genes relacionados con la infección intracelular en este tipo de células.

Vanden Bergh y Frey<sup>19</sup> señalaron que el T3SS de *A. salmonicida* estaría regulado de manera similar al de *P. aeruginosa*, donde el factor de transcripción Vfr, junto con el AMPc, regulan positivamente al gen *exsA*, que codifica la proteína reguladora de la síntesis de la exoenzima S (ExsA), la cual es un activador positivo de la transcripción del T3SS<sup>20</sup>. El hecho de que nuestra cepa mutante  $\Delta crp$  sea atenuada *in vivo*, podría explicarse por un efecto en el T3SS.

Por otra parte, la cepa *A. salmonicida*  $\Delta crp$  inoculada oralmente otorgó una protección baja frente al desafío i.c. (Fig. 3B). Y ello es probablemente debido a la naturaleza invasiva de este tipo de desafío. Sin embargo, ni la cepa parental, ni la mutante, oralmente administradas causaron mortalidades, aún con dosis tan altas como  $10^8$  UFC. Se han demostrado resultados similares en trucha arcoíris, trucha de arroyo (*Salvelinus fontinalis*) y el turbot (*Scophthalmus maximus*), donde la inoculación intra-gástrica de *A. salmonicida* viva, no causó infección sistémica ni mortalidades<sup>21-23</sup>. En contraste, Jutfelt et al.<sup>24</sup> y Jutfelt et al.<sup>25</sup>, determinaron que *A. salmonicida* si puede colonizar el epitelio intestinal de truchas inoculadas oralmente. Quizás, debido a esta interacción con la mucosa intestinal, *A. salmonicida*  $\Delta crp$  pudo gatillar una respuesta inmune protectora modesta (Fig. 3B).

Hay estudios que concluyen que las principales rutas de entrada de *A. salmonicida* al pez son las branquias, piel y heridas<sup>22, 26, 27</sup>, por lo tanto, es probable que las vacunas vivas atenuadas en base a esta bacteria, administradas por baño otorguen una respuesta inmune protectora adecuada frente al desafío natural.

En vista de la atenuación observada en el mutante J223, la delección del gen *crp* en *A. salmonicida* no es suficiente para desarrollar una vacuna viva atenuada y se requieren mutaciones adicionales. No obstante, la delección de *crp* puede considerarse como parte de un plan genético para construir una vacuna viva atenuada basada en *A. salmonicida*.

### Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por FONDECYT Regular 1140330 y Beca para estudios de doctorado en Chile CONICYT N° 21130155.

Agradecemos a Rodrigo Torrijo (Troutlodge, Chile) por su amable colaboración y al Dr. Rocco Cipriano por las cepas utilizadas en este estudio.



Figura 4. Vacunación de trucha arcoíris (*O. mykiss*) con la cepa atenuada de *Aeromonas salmonicida*  $\Delta crp$ . A. Inoculación oral. B. Inoculación intracelómica (i.c.).

### Autores

#### Katherinne Valderrama

Doctor en Acuicultura, realizó sus estudios en el Programa Cooperativo de Doctorado en Acuicultura de la Universidad Católica del Norte, Universidad de Chile y Universidad Católica de Valparaíso. Bióloga Marina de la Universidad de Valparaíso además de una pasantía de investigación en el Ocean Sciences Center, Memorial University of Newfoundland Canadá.



#### Javier Santander

Biólogo Marino, de la Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile. Realizó sus estudios de Magíster en Microbiología en la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Posteriormente realizó sus estudios Doctorales en Arizona State University, Center for Infectious Diseases and Vaccinology, The Bidesign Institute. Actualmente, posee una posición de Profesor Asistente en la Memorial University of Newfoundland, Department of Ocean Sciences, Canadá.



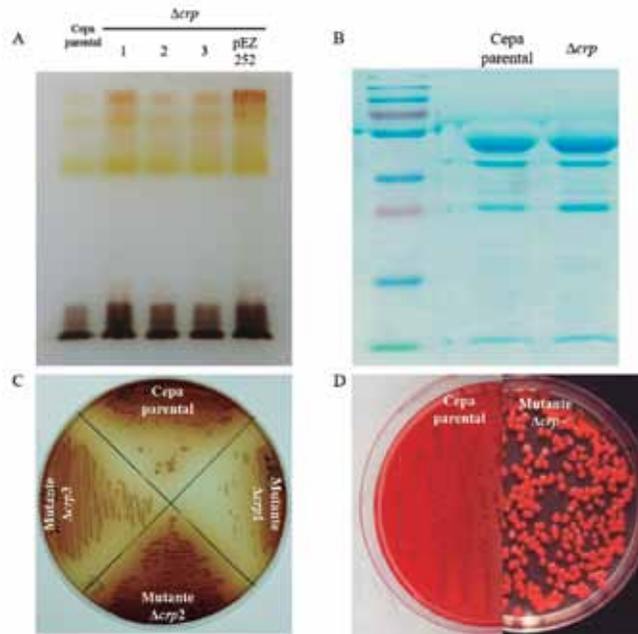


Figura 5. Pruebas fenotípicas en *Aeromonas salmonicida* cepas parental y mutante  $\Delta crp$ . A. Perfil de lipopolisacáridos (LPS). B. Perfil de proteínas de membrana externa. C. Síntesis de melanina. D. Presencia de capa A (coloración roja).

## Bibliografía

- Austin, B. & Austin, D. *Bacterial Fish Pathogens. Disease of Farmed and Wild Fish*, Edn. 5. (Springer, 2012).
- Curtiss III, R. & Kelly, S. *Salmonella typhimurium* deletion mutants lacking adenylate cyclase and cyclic AMP receptor protein are avirulent and immunogenic. *Infect. Immun.* 55, 3035-3043 (1987).
- Sheoran, A., Timoney, J., Tinge, S., Sundaram, P. & Curtiss III, R. Intranasal immunogenicity of a  $\Delta cya \Delta crp-pabA$  mutant of *Salmonella enterica* serotype Typhimurium for the horse. *Vaccine* 19, 3787-3795 (2001).
- Rosu, V. et al. Effects of *crp* deletion in *Salmonella enterica* serotype Gallinarum. *Acta Vet. Scan.* 49, 14 (2007).
- Kennedy, M. et al. Attenuation and immunogenicity of  $\Delta cya \Delta crp$  derivatives of *Salmonella choleraesuis* in pigs. *Infect. Immun.* 67, 4628-4636 (1999).
- Santander, J., Mitra, A. & Curtiss, R., 3rd Phenotype, virulence and immunogenicity of *Edwardsiella ictaluri* cyclic adenosine 3',5'-monophosphate receptor protein (Crp) mutants in catfish host. *Fish Shellfish Immunol.* 31, 1142-1153 (2011).
- Garduño, R. et al. Host cell invasion and intracellular residence by *Aeromonas salmonicida*: Role of the S-layer. *Can. J. Microbiol.* 46, 660-668 (2000).
- Marsden, M.J., Devoy, A., Vaughan, L.M., Foster, T.J. & Secombes, C.J. Use of a genetically attenuated strain of *Aeromonas salmonicida* to vaccinate salmonid fish. *Aquacult. Int.* 4, 55-66 (1996).
- Grove, S., Høie, S. & Evensen, Ø. Distribution and retention of antigens of *Aeromonas salmonicida* in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) vaccinated with a  $\Delta roA$  mutant or formalin-inactivated bacteria in oil-adjuvant. *Fish Shellfish Immunol.* 15, 349-358 (2003).
- Loessner, H., Endmann, A., Rohde, M., Curtiss, R., 3rd & Weiss, S. Differential effect of auxotrophies on the release of macromolecules by *Salmonella enterica* vaccine strains. *FEMS Microbiol. Lett.* 265, 81-88 (2006).
- Magasanik, B. Catabolite Repression. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 26, 249-256 (1961).
- Valderrama, K., Saravia, M. & Santander, J. Phenotype of *Aeromonas salmonicida* sp. *salmonicida* cyclic adenosine 3',5'-monophosphate receptor protein (Crp) mutants and its virulence in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J. Fish Dis.* Accepted (2017).
- Skorupski, K. & Taylor, R. Cyclic AMP and its receptor protein negatively regulate the coordinate expression of cholera toxin and toxin-coregulated pilus in *Vibrio cholerae*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 94, 265-270 (1997).
- O'Byrne, C. & Dorman, C.J. The *spv* virulence operon of *Salmonella typhimurium* LT2 is regulated negatively by the cyclic AMP (cAMP)-cAMP receptor protein system. *J. Bacteriol.* 176, 905-912 (1994).
- Bodero, M.D. & Munson, G.P. Cyclic AMP receptor protein-dependent repression of heat-labile enterotoxin. *Infect. Immun.* 77, 791-798 (2009).
- Kim, T.J. et al. Direct transcriptional control of the plasminogen activator gene of *Yersinia pestis* by the cyclic AMP receptor protein. *J. Bacteriol.* 189, 8890-8900 (2007).
- Zhan, L. et al. The cyclic AMP receptor protein, CRP, is required for both virulence and expression of the minimal CRP regulon in *Yersinia pestis* biovar microtus. *Infect. Immun.* 76, 5028-5037 (2008).
- Liang, W., Pascual-Montano, A., Silva, A.J. & Benítez, J.A. The cyclic AMP receptor protein modulates quorum sensing, motility and multiple genes that affect intestinal colonization in *Vibrio cholerae*. *Microbiology* 153, 2964-2975 (2007).
- Vanden Bergh, P. & Frey, J. *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* in the light of its type-three secretion system. *Microb. Biotechnol.* 7, 381-400 (2014).
- McDonough, K.A. & Rodríguez, A. The myriad roles of cyclic AMP in microbial pathogens: From signal to sword. *Nat. Rev. Microbiol.* 10, 27-38 (2011).
- Cipriano, R. & Starliper, C. Immersion and injection vaccination of salmonids against furunculosis with an avirulent strain of *Aeromonas salmonicida*. *Prog. Fish Cult.* 44, 167-169 (1982).
- Tatner, M., Johnson, C. & Horne, M. The tissue localization of *Aeromonas salmonicida* in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, following three methods of administration. *Journal of Fish Biology* 25, 95-108 (1984).
- Pérez, M., Fernández, A., Rodríguez, L. & Nieto, T.P. Differential susceptibility to furunculosis of turbot and rainbow trout and release of the furunculosis agent from furunculosis-affected fish. *Dis. Aquat. Organ.* 26, 133-137 (1996).
- Jutfelt, F., Olsen, R., Glette, J., Ringø, E. & Sundell, K. Translocation of viable *Aeromonas salmonicida* across the intestine of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *J. Fish Dis.* 29, 255-262 (2006).
- Jutfelt, F. et al. The involvement of *Aeromonas salmonicida* virulence factors in bacterial translocation across the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), intestine. *J. Fish Dis.* 31, 141-151 (2008).
- Cipriano, R.C. Furunculosis in Brook trout: Infection by contact exposure. *Prog. Fish Cult.* 44, 12-14 (1982).
- Svendsen, Y., Dalmo, R.A. & Bogwald, J. Tissue localization of *Aeromonas salmonicida* in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., following experimental challenge. *J. Fish Dis.* 22, 125-131 (1999).

# NICHOS ARTIFICIALES-ARRECIFES: Una tecnología desarrollada para la recuperación del congrio colorado y promover la productividad en las áreas de manejo AMERBS



María Isabel Toledo Donoso<sup>1</sup>, Germán Olivares Cantillano<sup>3</sup>, Víctor Zamora Abarca<sup>2</sup>, Pamela Torres Valderrama<sup>1</sup>, Cristina Díaz Poblete<sup>4</sup> y María José Herrera Muñóz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Cultivo de Peces y Alimentación para la Acuicultura <sup>2</sup>Laboratorio de Tecnología Pesquera <sup>3</sup>Piscicultura Río Blanco Federico Albert Taupp  
Escuela de Ciencias del Mar, Facultad de Ciencias del Mar y Geografía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso.

<sup>4</sup>Carrera de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales, Universidad de Valparaíso.

## Antecedentes generales

El uso de arrecifes artificiales se remonta al siglo XVIII (1789-1801) en Japón, principalmente con el objeto de mejorar las pesquerías costeras (Stone, 1982). Durante el transcurso de los años se llevaron a cabo investigaciones sobre los arrecifes mediante ensayos nacionales y regionales, hasta que en 1954 se diseñaron arrecifes artificiales con bloques de hormigón, comenzando así la construcción de estructuras más sofisticadas, duraderas y a gran escala (Nakamae, 1991). En la actualidad, no solo Japón hace uso de los arrecifes artificiales, sino que también diversos países como Estados Unidos, de la Unión Europea, de América Latina, de Medio Oriente y quienes ya cuentan con planes nacionales y regionales para promover y facilitar el uso de arrecifes artificiales, además de fomentar la investigación y desarrollo de esta tecnología (Christian et al., 1998; Jensen, 2002, Santander et al, 2012).

Variados son los propósitos que se les ha dado a estas estructuras artificiales, tales como turismo, enriquecimiento de praderas marinas, aumento de la bio diversidad, restauración de hábitats, recuperación de biodiversidad por pérdida de arrecifes coralinos, entre otros (Santander et al, 2012, Edwards & Gómez, 2007).

En el presente, es de particular interés para nuestro país, utilizarlas con la finalidad de producir y proteger los recursos marinos aumentando su hábitat, zonas de desove y alimentación, en razón a que algunas de las principales pesquerías chilenas están atravesando un punto crítico. De acuerdo al documento oficial de

la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), “Estado de situación de las principales pesquerías chilenas, año 2016”, de 25 pesquerías con estatus determinado, 6 calificaron en estado de sobreexplotación y 9 se consideraron agotadas o colapsadas. Sin embargo y a modo de ejemplo, dentro de estas estadísticas, no se ve reflejado el estado de la pesquería del congrio colorado, la cual es netamente de carácter artesanal y de importancia relevante por el impacto socio económico que esta especie tiene en la comunidad pesquera artesanal. De acuerdo a la base de datos en la página de la SUBPESCA, el congrio colorado no se encuentra sujeto a medidas de administración específicas, sin embargo, las estadísticas pesqueras hacen patente un notorio descenso en los desembarques de este recurso. Para el año 2016 los desembarques no superan el 50% de las toneladas que se desembarcaban el año 2012 (SERNAPESCA 2012-2016). En la zona portuaria de Lebu se encuentra una de las flotas de pescadores artesanales de congrio colorado más importantes del país y con reconocidos caladeros históricos de pesca del recurso, cuyos desembarques también se han visto notoriamente mermados. A pesar de esto, se siguen registrando desembarcos del recurso, por lo que este no ha desaparecido de las costas de Lebu.

Es en este contexto que el Laboratorio de Cultivo de Peces y Alimentación para la Acuicultura (LABCPAC) de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso llevó a cabo el Proyecto Fondef Regional D13R20013 “Desarrollo de la tecnología de nichos artificiales para el asentamiento y recuperación del congrio colorado, *Genypterus chilensis*, orientada a la sustentabilidad de

la pesca artesanal de la región del Bío Bío”, como un primer paso para la recuperación de la pesquería de congrio colorado en la zona de Lebu y también como una alternativa para diversificar las actividades de los pescadores artesanales en esta misma localidad. Se ha acuñado el término de “nicho” en lugar del nombre genérico de arrecife, en función a que la estructura diseñada no es sólo un lugar físico donde habitará el congrio colorado, sino que a su vez constituirá un ecosistema artificial donde coexistirán diferentes especies que ocupan variados nichos ecológicos, por lo que se conformará una red de interacciones entre estos y la especie objetivo.

Para la realización del proyecto se contó con el patrocinio de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, como entidad mandante y apoyo en temas de normativa y tramitaciones pertinentes. El proyecto se efectuó en conjunto con la Federación Gremial de Organizaciones Pesqueras de la Provincia de Arauco (FEPARAUCO) y la Ilustre Municipalidad de Lebu a través del Liceo Técnico Profesional Dr. Rigoberto Iglesias Bastías (Liceo B-54), cuya activa participación fue clave para concretar todas las actividades. El área de manejo y explotación de recursos bentónicos (AMERB) donde fueron instalados los nichos fue la AMERB “Lebu”, a cargo de la Asociación de Boteros y Tripulantes de Lebu; el uso de las estructuras artificiales fue incluido entre las acciones propuestas para el Plan de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos de la AMERB “Lebu”.

Durante la ejecución del proyecto, ya se contaba con la nueva Ley General de Pesca, en la cual incorporaba la figura de arrecifes artificiales como una medida de manejo para ser aplicada tanto en las pesquerías de recursos bentónicos de invertebrados y algas, como también dentro del área de reserva para la pesca artesanal y en las aguas terrestres. No obstante, las instituciones participantes en la decisión y los procedimientos para concretar la puesta en marcha de esta tecnología, no estaban claramente definidos, por lo que el proyecto marcó un precedente en este tema.

Los nichos artificiales instalados en la bahía de Lebu no solo pueden ser utilizados para la recuperación de la pesquería del congrio colorado, sino que surgen como una alternativa para diversificar productivamente la actividad pesquera artesanal. En este contexto, la iniciativa también estaría apuntando a cumplir con las acciones propuestas en el Programa Estratégico de Pesca Sustentable (PEPS) del Gobierno, orientadas a diseñar e implementar acciones de diversificación y ordenamiento productivo de la pesca artesanal.

El desarrollo del proyecto D13R20013 comprendió una serie de etapas que incluyeron diseñar, construir e instalar los nichos artificiales en la AMERB “Lebu”, implementar una unidad de mantenimiento de congrio colorado en las dependencias del Liceo Técnico Profesional Doctor Rigoberto Iglesias Bastías, para acopiar a los ejemplares de la especie; seguimiento ecológico de las estructuras mediante inspecciones de buceo y siembra de ejemplares de congrio colorado en el área donde se ubicaron los nichos artificiales.

## Diseño, construcción e instalación de los nichos artificiales

Con respecto al diseño del nicho artificial, con forma de paralelepípedo truncado, compuesto de 42 cavidades destinadas a favorecer el asentamiento de la especie congrio colorado y a su vez la circulación de agua. Sus dimensiones son de 90 cm de alto, 160 cm de largo y 80 cm de ancho. El diseño de esta estructura fue un punto crítico durante el desarrollo del proyecto ya que estaba supeditado a múltiples factores: geomorfología, materialidad, estabilidad, durabilidad y morfología, además de preferencia de hábitat y biología de la especie congrio colorado. Se construyeron 12 estructuras de hormigón de alta resistencia a las condiciones marinas y fondeadas en la AMERB Lebu (Figura 1).

## Implementación de la unidad de mantenimiento para congrio colorado

El dimensionamiento e instalación del sistema de recirculación que constituyó la unidad de mantenimiento de congrio colorado, fue realizado por el equipo de proyecto en colaboración con los docentes de la especialidad de acuicultura del Liceo B-54. Tanto los profesores como los estudiantes de la especialidad fueron capacitados en todo lo concerniente al armado y posterior manejo del sistema. La infraestructura quedó en el Liceo como aporte del proyecto para la formación de los futuros técnicos en acuicultura. En la unidad de mantenimiento fueron realizadas las pruebas con los nichos a escala y los ejemplares juveniles de congrio colorado, para corroborar la preferencia de estos por el diseño de la estructura. Este constituyó un punto de inflexión para el proyecto ya que previo a proceder a la construcción de las estructuras de tamaño real, se debía comprobar la hipótesis del proyecto, es decir, que el congrio colorado realmente utilizaba las estructuras para habitarlas, de lo contrario se debía rediseñar el nicho. Propiciamente esto se cumplió, por lo que se pudo pasar a la etapa de construcción (Figura 2).



Figura 1. Nichos artificiales construidos y fondeados



Figura 2. Sistema de mantención de congrio y prueba con nichos a escala

### Seguimiento ecológico y siembra de peces

El seguimiento ecológico de las estructuras comenzó una vez fueron instaladas. Se monitoreo la zona donde se instalaron las estructuras y se consideró una zona control rocosa aleadaña para efectos comparativos. Se realizaron cinco monitoreos durante el año 2015 y 2016. La inspección de las estructuras fue realizada bajo un criterio no invasivo, por lo que la metodología consistió en videograbación submarina (Figura 3) para posterior reconocimiento taxonómico de organismos bentónicos e ícticos, y fotografía submarina mediante el método de foto cuadrantes para obtención de datos cuantitativos. El análisis de los datos evidencia que los nichos artificiales inicialmente son cubiertos por una primera capa de organismos microscópicos que conforman una biopelícula o biofilm sobre la superficie y paralelamente se asientan organismos filtradores y algas rodófitas. Posteriormente se comienza a observar mayor presencia de fauna móvil como jaibas, estrellas, caracoles y peces. También se registró un aumento progresivo en la cobertura total de organismos en los cuadrantes a medida que transcurren los monitoreos (Figura 4).

El monitoreo de los nichos reveló un estado de sucesión ecológica temprano, debido a que la cobertura principal de las estructuras la constituyen la primera biopelícula y los cirripedios, como se ha visto que sucede en la primera colonización de estructuras artificiales sumergidas en el mar (Pacheco et al., 2011). Asimismo, al comparar zona nichos y control, se observó una baja similitud en la composición de taxa y abundancia de las comunidades colonizadoras, lo cual podría dar sustento a que la colonización de las estructuras artificiales se encuentra en una fase temprana de sucesión ecológica, y no ha logrado la madurez que se observa en las comunidades presentes en la zona control. Estas últimas se encuentran predominantemente conformadas por variedad de algas

rojas, y en menor medida por algas pardas, esponjas, moluscos y crustáceos. La aparición constante del herbívoro *Argobuccinum* sp. en los nichos, en conjunto con la primera cobertura por algas rojas evidencia como las redes tróficas de la comunidad asociada al nicho comienza a complejizarse a medida que transcurre el tiempo. En un futuro, se espera que las especies pioneras comiencen a modificar la estructura comunitaria, dando cabida a otras especies más especialistas y otros grupos funcionales, tales como detritívoros y herbívoros, lo que conllevará a la maduración de la comunidad asentada y permitirá la llegada de especies carnívoras y depredadores tope. En virtud de lo anterior, se estima que peces como el congrio colorado, el cual es un carnívoro depredador, se asienten una vez que la comunidad en los nichos artificiales haya logrado esta maduración y disponga de alimento.

La siembra de peces fue la última actividad realizada en el marco del proyecto. Previo a la liberación, se dispuso una malla sobre algunos nichos artificiales para asegurar el posterior "homing" de los congríos a sembrar. El comportamiento de los peces frente a los nichos fue el esperado, ya que una vez liberados se ubicaron inmediatamente en las cavidades de los nichos, comprobándose esta vez en terreno y en la práctica la hipótesis del proyecto (Figura 5).

A pesar de que el proyecto ya finalizó, el LABCPAC contempla la posibilidad de continuar realizando monitoreos a los nichos artificiales para corroborar la presencia de congrio colorado en las estructuras, además de determinar la fase de sucesión ecológica de la estructura artificial y poder caracterizarla.

### Futuros impactos de los resultados del Proyecto

La hipótesis planteada al inicio del proyecto, la cual contemplaba que el congrio colorado especie que habita en cuevas, utilizaría como refugio una estructura diseñada siguiendo este comportamiento, fue exitosamente comprobada tanto a nivel de laboratorio como a escala piloto. El seguimiento ecológico de las estructuras, realizado por monitoreo de buceo y análisis digital de videos y fotografías, demos



Figura 3. Especies encontradas en las inspecciones submarinas

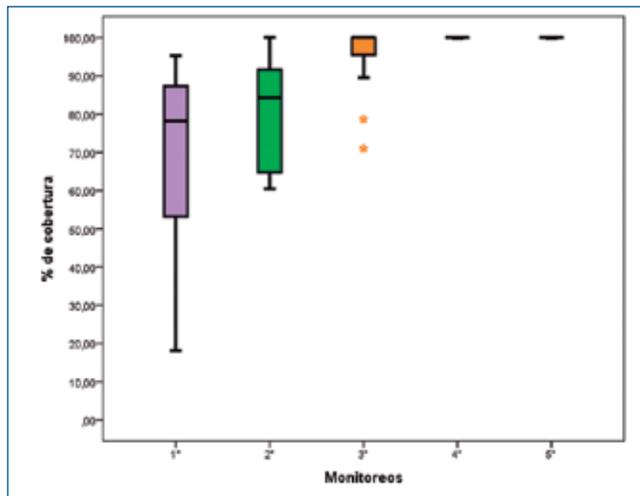


Figura 4. Evolución en el % de cobertura de los cuadrantes por monitoreo. Se observó que sobre las estructuras se desarrolló progresivamente colonias de biofilm, micro y macro algas, especies bentónicas, pequeños peces de distintas especies, proveyendo de esta forma una cadena alimenticia apta para sustentar al congrio, especie objetivo, una vez alcanzada la madurez ecológica del nicho.

Considerando estos resultados los impactos futuros de este proyecto FONDEF, quedarán supeditados al escalamiento progresivo y adopción de esta tecnología por parte de pescadores artesanales a lo largo de la costa del país. Si bien es cierto, que no existe una normativa específica para la instalación de arrecifes en el borde costero, ello no impide que esta nueva tecnología pueda ser incorporada como una nueva metodología de producción en las áreas de manejo.

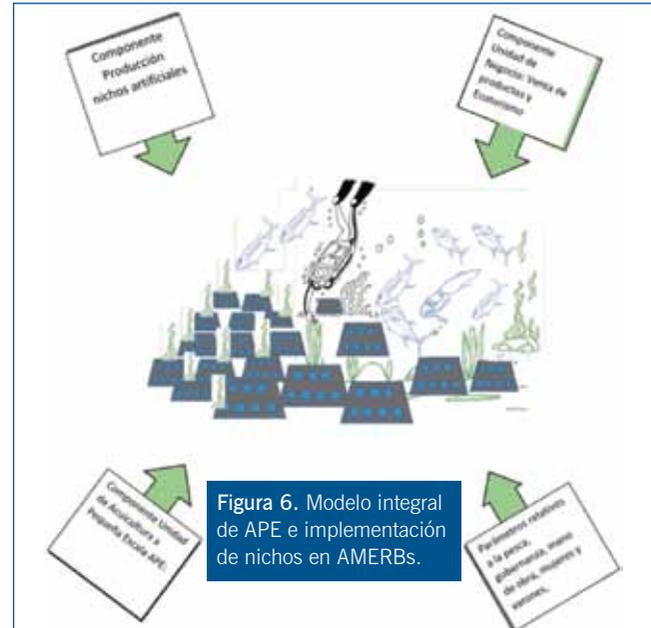
En consecuencia, se precisa implementar un modelo de negocio a partir del desarrollo de una actividad de acuicultura de pequeña escala (APE) integrada con las actividades propias del manejo de las AMERBs. El diseño de dicho modelo requiere incorporar distintos componentes tales como: Aporte a la productividad de la AMERB a partir de la producción obtenida con implementación de los nichos, ingreso por venta de productos y actividades



Figura 5. Siembra de congrios en los nichos artificiales

ecoturísticas en el área y parámetros relativos a la gobernanza, mano de obra compuesta por varones y mujeres (Figura 6).

Con la incorporación paulatina de la tecnología de nichos artificiales en las AMERBs, a lo largo del país, en conjunto con la acuicultura de pequeña escala APE y la implementación de un modelo integrado de negocio, será posible lograr un desarrollo sostenible, favoreciendo un crecimiento económico con equidad social, disponibilidad de mayor empleo y una mayor preservación de los recursos naturales.



## Referencias

- Christian R., F. Steimle & R. Stone. 1998. Evolution of marine artificial reef development – A philosophical review of management strategies. *Gulf of Mexico Science*, 1: 32-36.
- Corporación de Fomento para la Producción. 2015. Levantamiento de brechas y hoja de ruta "Programa estratégico pesca sustentable PES", 81 pp.
- Edwards A.J., Gómez E.D. 2007. Reef Restoration Concepts & Guidelines: making sensible management choices in the face of uncertainty. *Coral Reef. Targeted Research & Capacity Building for Management program*: St. Lucia, Australia. iv + 38pp.
- Jensen, A. 2002. Artificial reefs of Europe: perspective and future. *Journal of Marine Science*, 59: 3-13.
- Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. 2016. Ley General de Pesca y Acuicultura (texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18.892, de 1989, incorpora modificación Ley N° 20.925), 188 pp.
- Nakamae, A. 1991. Artificial reef project in Japan. *Symposium on Artificial Reefs and Fish Aggregating Devices as Tools for the Management and Enhancement of Marine Fishery Resources*. Colombo, Sri Lanka, 244-250.
- Pacheco, A., Laudien, J., Thiel, M., Oliva, M. & O. Heilmayr. 2011. Succession and seasonal onset of colonization in subtidal hard-bottom communities off northern Chile. *Marine Ecology*, 32: 75-87.
- Santander L. C.; M. López; L. M. Mejía; O. Gallegos 2012. Evaluación del impacto ambiental de arrecifes artificiales para uso turístico en Cozumel, México, *Investigación y Ciencia*, 20 (56).
- Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. 2012-2016. Anuarios estadísticos de pesca. Desembarque total por puerto años 2012-2013-2014-2015-2016 [en línea] [http://www.sernapesca.cl/index.php?option=com\\_repository&Itemid=54&func=select&id=2](http://www.sernapesca.cl/index.php?option=com_repository&Itemid=54&func=select&id=2)
- Stone, R.B. 1982. Artificial reefs: toward a new era in fisheries enhancement? *Marine Fisheries Review*, 44(6-7): 2-3.
- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. 2017. Estado de situación de las principales pesquerías chilenas año 2016. Informe Técnico División de Administración Pesquera, 96 pp.

# OTOLITOMETRÍA:

## Reconstrucción de la Historia de Vida de Peces a través de un Cronómetro de Carbonato de Calcio



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
VALPARAÍSO



Guido Plaza<sup>1</sup>, Francisco Cerna<sup>2</sup>, Mauricio Landaeta<sup>3</sup>, Alejandra Hernández; Jorge Contreras; Camilo Rodríguez

<sup>1</sup>Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

<sup>2</sup>Instituto de Fomento Pesquero

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Valparaíso

En ciertos casos la esclero-cronología está orientada principalmente al estudio de los patrones de edad y crecimiento en estructuras calcificadas, tales como exoesqueletos de corales, conchas de moluscos, otolitos, estatolitos, escamas, huesos operculares, vértebras, esqueletos calcáreos, y dientes, entre otras estructuras. En el caso particular de los otolitos, esta disciplina se denomina “Otolitometría”.

### Los otolitos y su importancia en la reconstrucción de la historia de vida de peces

Los otolitos están compuestos mayoritariamente de carbonato de calcio, algunas proteínas estructurales, elementos mayores y metales trazas que se depositan en pequeñas concentraciones. Los tres pares otolitos (sagittae, Lapillus & asteriscus; Fig. 1) se encuentran en el oído interno de peces óseos y su función es actuar como receptor mecánico de las señales transmitidas por el nervio

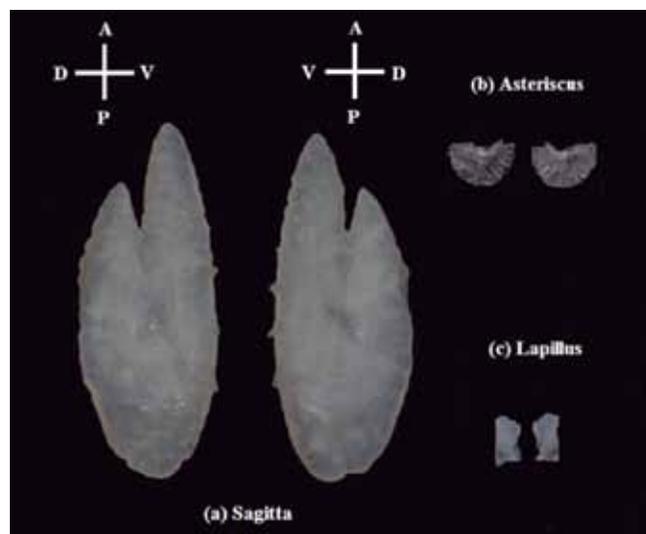


Figura 1. Fotografía ilustrativa de los tres pares de otolitos de un ejemplar de 11 cm LT de anchoveta *Engraulis ringens*. (a) Sagitta; (b) asteriscus y (c) lapillus: A: Anterior; P: Posterior; V: Ventral; D: Dorsal.

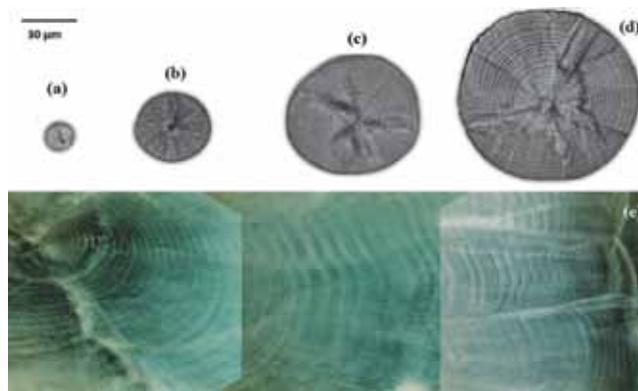


Figura 2. Otolitos sagitales en estados larvales (a: 5 cm b: 9 mm c: 13 mm d: 16 mm) y juvenil (e: 9 cm) de la anchoveta (*Engraulis ringens*), donde es posible observar micro-incrementos diarios utilizando microscopía óptica. En el caso de juveniles, varias fotografías son necesarias para lograr una secuencia digital completa de su micro-estructura.

auditivo, a fin de mantener el balance del pez en el medio acuático. Estas estructuras crecen por deposición de capas concéntricas (denominados anillos crecimiento), las cuales son depositadas a intervalos regulares que pueden ser diarios o estacionales. Los anillos de crecimiento estacionales están formados a su vez por una zona translúcida y otra opaca, constituyendo entre ambas un anillo anual (denominado ánulo), cuyo crecimiento registra la cronología histórica desde el nacimiento hasta la fecha de muerte del pez. Alternativamente, los anillos de crecimiento diario (Panella 1971) son solamente visibles a través de un microscopio durante el primer año de vida del pez, debido a que su crecimiento es mayor durante dicho periodo (Fig. 2).

Los otolitos poseen la capacidad de registrar en su micro y macro estructura, no sólo información sobre edad y crecimiento, sino también permite reconstruir los patrones de movimientos, y/o interacción de hábitat a diferentes escalas temporales. Dicha información puede ser interpretada a nivel poblacional en términos

de ecología y demografía con el fin de asegurar su manejo y conservación. Más específicamente, a nivel micro-estructural los otolitos también registran transiciones ontogenéticas que ocurren durante las fases tempranas del desarrollo, tornándose en una herramienta potencial para estudios ecológicos de peces marinos y dulceacuícolas.

### Aplicaciones de Otolitometría

Actualmente la **otolitometría** se proyecta como una disciplina interdisciplinaria con diversas aplicaciones en el estudio de la historia de vida de peces, experimentando un notorio incremento en los últimos años en países industrializados, particularmente en aquellos que explotan comercialmente sus recursos acuáticos. En las últimas dos décadas cinco congresos internacionales han sido organizados exclusivamente en este campo (Begg et al. 2005) y el próximo evento se realizará en la ciudad de Taiwan en abril de 2018.

A continuación se describen algunos ejemplos de aplicaciones de otolitometría en Chile.

### UN CASO DE ESTUDIO: LA ANCHOVETA *Engraulis ringens*

La anchoveta (*Engraulis ringens*) es una especie de forraje para mamíferos marinos, aves marinas y peces, transfiriendo energía del plancton a depredadores de mayor tamaño (Alder et al. 2012). Esta especie, cuyas longitudes máximas fluctúan entre 18 y 20 cm, se distribuye desde el norte de Perú (4°30'S) al sur de Chile (42°30'S), donde se han identificado dos grandes stocks principales: una unidad que se distribuye entre el centro y norte del Perú y otra unidad que se distribuye entre el sur de Perú y el norte de Chile. En esta última zona geográfica, la pesquería se inició a principio de la década del sesenta sobre la base del recurso anchoveta cuyas capturas fueron destinadas a la producción de harina y aceite de pescado. A comienzos de la década 1970 este recurso disminuyó de manera importante, en contraposición a la abundancia de la sardina española (*Sardinops sagax*) que aumentó considerablemente, constituyéndose en el recurso principal de esta pesquería desde mediados de los setenta. La anchoveta permaneció en un régimen de baja abundancia hasta 1985, cuando la situación se invirtió y nuevamente la anchoveta se transformó en el recurso pesquero principal de la zona norte.

A pesar de la importancia ecológica y pesquera de la anchoveta, aún hay muchos aspectos de su historia de vida que no han sido revelados en esta especie. En este contexto, el Laboratorio de Esclero-cronología de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y la Sección de Edad y Crecimiento del Instituto de Fomento Pesquero, iniciaron a partir del año 2009 una línea de investigación en edad y crecimiento de la anchoveta en la zona norte de Chile, utilizando análisis del micro-incrementos diarios de sus otolitos (Plaza & Cerna 2015; Cerna & Plaza 2016). A través de estas investigaciones se ha demostrado que la anchoveta maximiza gran parte de su crecimiento durante el primer año de vida, alcanzando la talla media de reclutamiento y madurez (~12 cm) a los primeros 5 meses

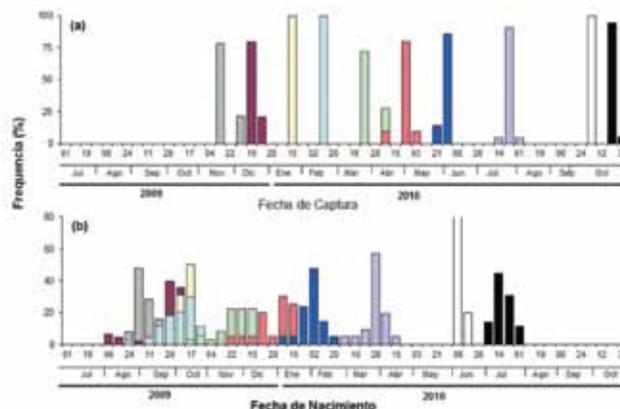


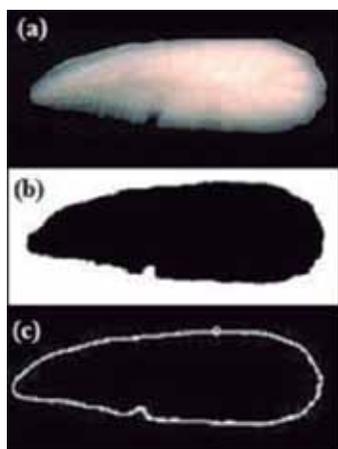
Figura 3. Ilustración de la relación entre fecha de captura y fecha de nacimiento, estimada a través de análisis de la micro-estructura de otolitos sagitales de la anchoveta *Engraulis ringens* en el norte de Chile. Figura modificada de Cerna & Plaza (2016).

de vida, donde la mayoría de los ejemplares que aparecen por primera vez en la pesquería han sido originados de eventos de desove de la estación anterior (Cerna & Plaza 2016; Fig. 3).

### Identificación de Stock

Un stock pesquero corresponde a un grupo semi-discreto de peces con algunos atributos característicos que son de interés para la administración, con el fin de fijar cuotas de captura de manera de asegurar la sustentabilidad de un determinado recurso en el tiempo (Begg et al. 1996). El análisis de otolitos ofrece tres herramientas alternativas para identificación de stock de peces: (a) análisis de la morfología, micro-química y micro-estructura de los otolitos. La primera se basa en el hecho de que la morfología de los otolitos es altamente especie-específica e incluso puede variar entre sub-poblaciones o unidades de stock (Fig. 4). Por su parte, la micro-química está basada en el principio de que el otolito al ser metabólicamente inerte (i.e. su material no es reabsorbido) y crecer continuamente a través de la vida del pez, mantiene la composición química del ambiente al cual el pez estuvo expuesto (Campana, 1999). La micro-estructura se puede transformar en un marcador natural debido a que los controladores del crecimiento temprano pueden fluctuar entre áreas geográficas (Clausen et al. 2007).

Hasta la fecha algunas de estas aproximaciones han sido aplicadas en el estudio de recursos pesqueros chilenos. Niklitschek et al. (2010) reportó diferencias significativas en la micro-química de los otolitos, específicamente en las tasas Sr:Ca,  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  de la merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*) entre ejemplares recolectados en zonas de desove del océano Atlántico, surgiendo la existencia de dos sub-poblaciones. Complementariamente, Legua et al. (2013) reportó diferencias significativas en la forma del otolito entre ejemplares adultos provenientes del océano Atlántico y Pacífico, mediante el uso de descriptores básicos de forma y descriptores elípticos de Fourier. En otro estudio Ashford et al. (2011) utilizó la micro-química de otolitos para evaluar la estructura poblacional del jurel (*Trachurus murphy*)



**Figura 4.** Ilustración del proceso de digitalización, binarización y extracción del contorno de un otolito sagital de un ejemplar adulto de la merluza de tres aletas (*Micromesistius australis*), mediante el uso de coeficientes normalizados de Fourier, utilizando el programa SHAPE 1.3.

a lo largo de su área de distribución. Este estudio demostró la existencia de una heterogeneidad espacial fuerte durante la fase adulta de esta especie, con un elevado nivel de conectividad y suministro de las áreas de desove frente a Chile.

### Historia de vida durante los estadios tempranos

Hasta la fecha en Chile, algunos estudios han utilizado la microestructura de los otolitos para reconstruir aspectos de la historia de vida durante los estadios tempranos de peces. Por ejemplo para algunos peces litorales de la zona central se ha podido determinar con extraordinaria precisión tasas de crecimiento larval y otros procesos como la reconstrucción de sus tiempos de eclosión y sincronía con ciclos lunares y/o mareales (Palacios-Fuentes et al. 2014; Rodríguez-Valentino et al. 2014; Castillo-Hidalgo et al. 2017). En otros casos ha sido posible determinar la duración del periodo en que las larvas permanecen en el plancton y los tamaños que ellos alcanzan cuando reclutan a pozas intermareales, de forma transitoria o permanente. Estos estudios han reportado tasas de crecimiento  $< 2$  mm/día para las fases larvales de algunos peces litorales, duraciones planctónicas extensas de más de tres meses en la mayoría de las especies estudiadas hasta la fecha y patrones de asincronía y/o sincronía a los ciclos lunares, dependiendo de la especie (Palacios-Fuentes et al. 2014; Mansur et al. 2014). Consecuentemente se ha inferido que la existencia de periodos planctónicos largos y flexibles pueden ser el resultado de la influencia de las condiciones hidrográficas asociadas con la corriente de Humboldt, los que combinado a una estrategia de tamaño competente, puede incrementar sustantivamente las probabilidades de reclutar con éxito a ambientes costeros muy conspicuos, como son las pozas intermareales.

### Agradecimientos

Algunas de las aplicaciones de **otolitometría** descritas en este documento han sido financiadas por diversos proyectos de investigación, entre las cuales se incluyen:

SUBPESCA No 4728-31-LP11; FIP 2009-17;  
FIP 2014-31; FONDECYT 1100895; 1100424;  
FONDECYT 1140740; FONDECYT 1150296.

### Referencias

- Alder J, Campbell B, Karpouzi V, Kaschner K, Pauly D (2008) Forage fish: from ecosystems to markets. *Annu Rev Environ Resour* 33, 153–166.
- Ashford J., Serra R., Saavedra J.-C., Letelier J., 2011. Otolith chemistry indicates large-scale connectivity in Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*), a highly mobile species in the Southern Pacific Ocean. *Fisheries Research*, 107 (2011):291-299
- Begg GA, Friedland KD, Pearce JB (1999) Stock identification and its role in stock assessment and fisheries management: an overview. *Fisheries Research*. 43; 1-8.
- Campana S (1999) Chemistry and composition of fish otoliths: Pathways, mechanisms and applications. *Marine Ecology Progress Series* 9: 263-297.
- Castillo-Hidalgo G, Plaza G, Díaz-Astudillo G, Landaeta MF (2017). Seasonal variations in early life traits of *Sindoscopus australis* (Blennioidei: Dactyloscopidae): hatching patterns, larval growth and bilateral asymmetry of otoliths. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*. doi:10.1017/S0025315417000790.
- Clausen L A, Bekkevold W, Hatfield D, Mosegard H. (2007). Application and validation of otolith microstructure as a stock identification method in mixed Atlantic herring (*Clupea harengus*) stocks in the North Sea and western Baltic. – *ICES J.Mar. Sci.* 64: 377–385.
- Cerna F, Plaza G (2016) Daily growth patterns of juveniles and adults of the Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) in northern Chile. *Mar Freshwater Res* 67: 899-912
- Fossum P, Kalish J, Mokness E (2000). Editorial foreword. In "Special Issue": 2nd International Symposium of Fish Otolith Research and Application, Bergen, Norway, 20-25 June 1998. *Fish. Res.* 46:1-2.
- Legua J, Plaza G, Pérez D, Arkhiokin A. Otolith shape analysis as a tool for stock identification of the southern blue whiting, *Micromesistius australis*. *L. Amer. J. Aquat. Res.* 41): 479-489
- Mansur L, Plaza G, Landaeta MF, Ojeda FP. Planktonic duration in fourteen species of intertidal rocky fishes from the south-eastern Pacific Ocean. *Marine Freshwater Research* 65: 901-909
- Niklitschek et al. (2010) Niklitschek EJ, Secor DH, Toledo P, Lafon A, George-Nascimento M. Segregation of SE Pacific and SW Atlantic southern blue whiting stocks: integrating evidence from complementary otolith microchemistry and parasite assemblage approaches. *Environ. Biol. Fish.* 2010: 399–413.
- Palacios-Fuentes P, Landaeta MF, Jahnsen-Guzmán, Plaza G, Ojeda FP (2014) Hatching patterns and larval growth of a triple from central Chile inferred by otolith microstructure analysis. *Aquat. Ecol.* 48: 259-266.
- Panella G. (1971) Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. *Science* 173: 1124-1127
- Plaza G; Landaeta, MF; Espinoza, CV; Ojeda, FP (2013). Daily growth patterns of six species of young-of-the-year of Chilean intertidal fishes. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*93: 389-395.
- Plaza G, Cerna F (2015) Validation of daily microincrement deposition in otoliths of juvenile and adult Peruvian anchovy *Engraulis ringens*. *J. Fish. Biol.* 86: 203-216.
- Rodríguez-Valentino C, Landaeta MF, Castillo-Hidalgo G, Bustos C, Plaza G, Ojeda P (2015). Interannual variations in the hatching pattern, larval growth and otolith size of a sand-dwelling fish from central Chile. *Helgolad. Mar. Res.* 69: 293-303.

Centro de Investigaciones Costeras de la Universidad de Atacama CIC - UDA

## Diseño e implementación de un Programa de Acuicultura a pequeña escala (APE) a través de cultivos de Ostra Japonesa, *Crassostrea gigas* y Ostión del Norte *Argopecten purpuratus* para Organizaciones de Pescadores Artesanales de la región de Atacama



Proyecto FIC 2015 FINANCIADO POR EL GOBIERNO REGIONAL DE ATACAMA y con el apoyo de empresa CAP – MINERÍA y UNIVERSIDAD DE ATACAMA.



### Objetivo General:

“Diseñar e implementar el Primer Programa de Diversificación Productiva para Organizaciones de Pescadores Artesanales, Buzos y/o Recolectores de Orilla de la comuna de Chañaral y Caldera, a través del desarrollo del Cultivo de Pequeña Escala, (APE) de Ostra Japonesa (*Crassostrea gigas*) y Ostión del Norte (*Argopecten purpuratus*).”

### Objetivos Específicos

- Transferir tecnologías para el desarrollo del cultivo a Pequeña Escala de Ostra Japonesa, y Ostión del Norte para las organizaciones Sindicales beneficiarias.
- Fortalecer a las organizaciones sindicales de Pescadores Artesanales beneficiarias desarrollando la capacidad de gestión acuícola, de los sistemas logísticos y de apoyo para los cultivos de especies con alto valor comercial a través de la elaboración de expedientes de solicitud de concesión acuícola hasta lograr la admisibilidad de la solicitud con código pert, inicio del trámite en Sub-Pesca y permisos de acuicultura en áreas de manejo según corresponda.
- Evaluar la factibilidad técnico-económica en cada zona de la experiencia.

- Difundir los resultados a entidades públicas y privadas asociadas al borde costero.

### Introducción:

La acuicultura de pequeña escala en su contexto global, es una actividad la cual proporciona una sustentabilidad productiva de recursos del mar, esta actividad viene a apoyar a la actividad principal extractiva de los pescadores artesanales y dar alternativa económica a los tiempos de bajas de extracción de los recursos pesqueros incluidos en sus áreas de manejo, ya sea por vedas o por temporadas de baja productividad, es una actividad sustentable que además incluye a los sindicatos de mayor edad y a sus familias en el proceso productivo participando activamente como comercializadores, mini plantas de procesos, vigilancia etc. La acuicultura es una actividad que se ha venido desarrollando desde tiempos ancestrales, sin embargo, el desarrollo en la región de Atacama es escasa, especialmente con la participación activa de organizaciones, puesto que hoy en día existe tan solo un sindicato de Pescadores Artesanales que desarrolla acuicultura en Atacama, esta organización es S.T.I. SIBUCAL, la cual mediante la articulación de diversos proyectos entre fondos públicos-privados y especialmente el Fondo de Fomento para la



Pesca Artesanal, ha logrado la administración de dos concesiones de acuicultura ubicadas en el sector de Bahía Inglesa, esta es una actividad que sus socios han venido desarrollando de forma paralela a la pesca extractiva desde el año 2001, por lo tanto y en base a los antecedentes que actualmente se manejan de la actividad acuícola con organizaciones de Pescadores Artesanales en la región de Atacama, se puede inferir que el estado de desarrollo de la actividad APE-AMERB, se encuentra en su fase inicial, lo que genera una oportunidad para apoyar a la pesca artesanal a desarrollar acuicultura de pequeña escala.

## Desarrollo

La Universidad de Atacama, a través de su **Centro de Investigaciones Costeras CIC UDA**, con el aporte de un destacado equipo de Profesionales de la Universidad de Atacama, creó a un costado del gran Morro o Cerro Ballena, un centro de producción e investigación, diseñado y conceptualizado como un centro de apoyo a la formación, capacitación, desarrollo de tecnologías y transferencia a la pesca artesanal de la región de Atacama, en sus diversos aspectos a través de capacitaciones técnicas en el cultivo de las distintas especies de interés comercial para las áreas de manejo, como así también en el apoyo a la tramitación de los permisos sectoriales necesarios para cada área de manejo que permitan realizar cultivos de pequeña escala. Es con ese objetivo que se plantea el proyecto FIC –OSTRA-OSTIÓN APE, el cual impulsa el desarrollo de la actividad acuícola de la Región, trabajando sobre un enfoque en el desarrollo de economías en torno a actividades de acuicultura de pequeña escala con organizaciones de pescadores, buzos y recolectores de orilla de la Región con las especies Ostión del norte y Ostra Japonesa.

Entendiendo que existe la necesidad de aportar al desarrollo de dichas organizaciones, el Centro de Investigaciones Costeras CIC-UDA, reconoce la importancia de la actividad económica que gira en torno a las pesquerías extractivas tradicionales, y considera que es ahí donde el desarrollo acuícola debe surgir como alternativa de diversificación productiva, pues es posible lograr “cultivos marinos artesanales”, de baja escala pero con alto valor comercial con un impacto mínimo ambiental, ya que dichos cultivos se desarrollan también de manera artesanal cómo lo es por ejemplo el cultivo sobre sistemas long-line.

Tomando en cuenta que el desarrollo de la acuicultura en nuestro país no es de muy fácil acceso, debido a una serie de factores entre



los cuales y uno de los más importantes son las tramitaciones sectoriales, trámites administrativos que más bien dificultan el acceso de las organizaciones artesanales para desarrollar acuicultura, razón por la cual dichas organizaciones no consideran desarrollar actividades de acuicultura como una actividad económica paralela a la pesca extractiva aún cuando los indicadores pesqueros van a la baja.

Tomando en cuenta las necesidades y las potencialidades para el desarrollo de acuicultura de pequeña escala en la Región de Atacama, nace la idea de implementar este 1er programa para desarrollar APE con las organizaciones de pescadores, buzos y recolectores de la región, en este caso de las Comunas de Caldera y Chañaral, proyecto que se presenta a concurso interno, dentro de la Universidad, para después en el año 2015 ser presentado ante el Consejo Regional, CORE., el cual decide financiar y dar ejecución desde el año 2016 a la fecha.

La idea del proyecto es que las organizaciones artesanales logren desarrollar la acuicultura de la ostra japonesa y ostión del norte en un mediano plazo, recursos que no son tan complejos para cultivar, pero que presentan un buen valor comercial, esto a través del desarrollo de un programa el cual trabaja sobre tres ejes:

- EJE 1.** Nivelación Sectorial
- EJE 2.** Capacitación y Transferencia
- EJE 3.** Implementación

Este sistema se trabaja con las 4 organizaciones artesanales, dos de la Comuna de Caldera; Sindicato SIBUCAL, Cooperativa Pesquera Zenteno-Coop., y dos de la Comuna de Chañaral; S.T.I. de Caleta Flamenco N°3 y S.T.I. de Buzos Mariscadores Artesanales de Caleta Pan de Azúcar, donde entre las 4 organizaciones suman más de 80 beneficiarios del proyecto.

Como se indicó anteriormente en el proyecto se considera desarrollar tres ejes fundamentales de trabajo para poder lograr la implementación acuícola con organizaciones artesanales en un mediano plazo “5 años”, ejes los cuales son fundamentales para desarrollar las capacidades técnicas y administrativas, llevando desde sus inicios los cultivos de especies económicamente interesantes para la APE.

**Eje 1.** Nivelación sectorial: Este punto se realizan las tramitaciones correspondientes en los distintos estamentos sectoriales para que la organización cuente con un espacio físico para poder de

sarrollar acuicultura, esto según las características de cada organización, por ejemplo, dentro de las organizaciones beneficiarias encontramos una organización que administra una concesión de acuicultura, una que administra un AMERB y otras dos que no cuentan con concesión ni con AMERB por lo que, para estas organizaciones, el proyecto considera la elaboración de los expedientes para tramitar de solicitud de concesión de acuicultura.

En el caso de la organización que administra un AMERB se está realizando el expediente de solicitud de acuicultura en AMERB, de esta forma se va nivelado un eje fundamental para desarrollar actividades de acuicultura, el lugar donde realizarla.

**Eje 2. Capacitación y Transferencia:** Las actividades de mayor importancia dentro del proyecto son las capacitaciones teóricas y prácticas que se imparten para todos los beneficiarios del proyecto. Estas capacitaciones se realizan en las dependencias del Hatchery el Morro de CIC-UDA, las cuales cuentan con la infraestructura, personal técnicos y profesionales quienes realizan las capacitaciones relacionadas con la tecnología de cultivo de ostra japonesa y ostión del norte en todas sus fases. Hasta el momento se han desarrollado todos de los módulos correspondientes a la parte teórica de los cultivos, y se está avanzado en las capacitaciones prácticas, las cuales se realizan con semillas que el proyecto dispone para cada organización, con esto se espera lograr el compromiso real de los sindicatos con la actividad y de esta manera realizar el aprender haciendo.

**Eje 3. Implementación:** La implementación corresponde al eje que busca fortalecer a la organización de modo tal que cuenten con el equipamiento para desarrollar actividades de acuicultura, el proyecto aporta a los beneficiarios el material básico para poder comenzar a desarrollar el cultivo suspendido sobre sistemas long-line; para lo cual se implementó a cada organización con 2 líneas de cultivo de 100mts de largo, 100 sistemas de cultivo tipo linternas, boyas y sistemas de anclaje más equipamiento para las embarcaciones de las organizaciones, un par de roletes y un sistema de pescante con winche, muy importante indicar que el proyecto también dispone de 50.000 semillas de ostión del norte para que estas sean trabajadas por cada organización beneficiaria durante el desarrollo del proyecto.

## Resultados

Los resultados de las actividades realizadas, al momento de esta crónica, reflejan la efectividad de las propuestas habiendo entregado a agosto el 2017 más de 200.000 semillas de Ostión del Norte y comenzando al fase de entrega de las semillas de ostra japonesa. También ya se implementadas las embarcaciones con roletes, pescantes y hinchas de virado para así complementar los botes con todo lo necesario para que los pescadores artesanales tenpuedan desarrollar la actividad, además, se han efectuado los trámites de ingresos de expedientes de áreas de manejo, implementación de actividades de acuicultura en áreas de manejo y de ampliación de especie de cultivo en áreas de acuicultura, todos , trámites fundamentales para realizar actividades en forma legal y sustentables en el tiempo.



Dado los buenos resultados del proyecto y al compromiso de los beneficiarios por ser parte de esta iniciativa, este año se ha aprobado la continuidad del proyecto en el FIC: APE OSTION – OSTRA APE II. Se espera que ambos proyectos logren establecer las bases para que más organizaciones de pescadores, buzos y recolectores de la región de Atacama, encuentren en la actividad acuícola una fuente de diversificación productiva, de esta forma las organizaciones y sus asociados puedan contar con alternativas ante la inminente baja en los desembarques pesqueros los cuales también están cada vez más restringidos, de esta forma también se espera aportar a las iniciativas de gobierno los cuales van en la dirección de fomentar la acuicultura de pequeña Escala Sobre Todos en las Áreas de Manejo.

## Impactos esperados

Como impactos generales esperados de la primera iniciativa se pueden mencionar estratégicamente tres grandes puntos:

- Diversificar la matriz productiva del sector pesca y acuicultura, con énfasis en los sectores emergentes de la pesca artesanal de la comuna de Caldera y Chañaral.
- Aumentar la oferta turística regional a través de la incorporación de servicios gastronómicos de alta calidad, en la costa norte de la región de Atacama.
- Generar la articulación de nuevos proyectos acuícolas, esperando que el centro regional de producción se transforme en el centro neurálgico de proyectos enfocados a la pesca y acuicultura de la región de Atacama, generando una red de trabajo a través de convenios de colaboración con los Sindicatos, los servicios públicos y privados que deseen aportar al desarrollo del sector pesquero y acuícola regional fortaleciendo el capital humano regional, a través de capacitaciones teóricas y prácticas.



# Aufiser

Anclajes de Hormigón



"24 AÑOS Certifican  
nuestra Calidad"

## Nuevos Modelos T20 y T15



### CARACTERÍSTICAS:

- Hormigón H-20 (Certificado)
- Armadura interna malla C-92.
- Cánkamos:
  - Levante y Tracción
  - Acero SAE 1045 en 50 mm de diámetro.
- Opcionales Cánkamo:
  - Galvanizado en frio.
  - Galvanizado en caliente
  - Tercer cánkamo de retención.



**MAYOR PODER DE AGARRE (HHP)**

CASA MATRIZ: RAUCO S/N CHONCHI Fono: (65) 2633021 - (65) 2636969

Planta Trapen (Puerto Montt) Planta Pid (Castro) - [www.aufiser.cl](http://www.aufiser.cl)

# Aufiser

## Anclajes de Hormigón



Con más de 24 años de trayectoria, Aufiser es una compañía dedicada al suministro de sistemas de anclaje para la industria acuícola, en este periodo hemos logrado posicionarnos como líderes indiscutidos en el diseño y fabricación de anclajes de hormigón con un 70% de participación en este mercado. Es importante destacar que nuestro slogan “Déjenos sujetar su negocio” es un compromiso inquebrantable de calidad y fidelidad con nuestros clientes, que depositan su confianza en nuestros anclajes.

Cabe destacar que el anclaje de hormigón es el primer eslabón en la estructura del cultivo marino debido a que su función es fijar al fondo toda la infraestructura encargada de contener la producción. Es de suma importancia comprender que un anclaje de hormigón no es una simple pieza de hormigón, es una estructura diseñada (ingenierilmente) y estructurada (materias primas específicas y dosificadas) para confluir en un producto que resista las distintas situaciones del medio en que opera:

- Posición de caída: Si el anclaje no cae en posición correcta en el fondo marino o si por alguna circunstancia especial se voltea, debe seguir manteniendo su poder de agarre, de tal forma que siga cumpliendo su función, lo cual no ocurre actualmente con las anclas metálicas que al perder su posición de trabajo pierden exponencialmente su poder de agarre.
- Tracción ejercida por las jaulas flotantes que transforman el anclaje en el punto de sujeción de toda la estructura flotante con el fondo marino, por ende en el anclaje confluyen las inmensas fuerzas de tiro resultantes de las unidades de cultivo.
- Sistema de Cultivo Dinámico: el anclaje de hormigón es el elemento de fondeo que logra un trabajo dinámico con cada

una de las partes que componen un sistema de cultivo, (Es un sistema de anclaje que permite trabajar dinámicamente con todo el sistema de cultivo).

Es sumamente importante comenzar el proceso analizando el anclaje de hormigón desde su poder de agarre que proporciona en el fondo marino y no por el peso de éste. Debido a los diferentes diseños existentes, se producen diferencias significativas a la hora de evaluar su poder de agarre, este factor es el que debe considerar el cliente, su poder de agarre y no su peso, punto que ha sido nuestra punta de lanza en el desarrollo de mejoras en los anclajes de hormigón.

En el mes de octubre se realizó el lanzamiento oficial de nuestro nuevo anclaje de hormigón T-20 HHP (High Holding Power) y T-15 HHP que revolucionará la industria del fondeo, ya que ofrece un poder de agarre superior al 100%, que las unidades actuales para un mismo tonelaje. Esto es fruto de una experiencia de los de 20 años en construcción de anclajes de hormigón y de un departamento de ingeniería que trabaja constantemente en innovación y en soluciones para nuestros clientes.

### ¿Qué tipo de anclajes y pesos muertos ofrece actualmente Aufiser para la industria salmonicultora que opera en el sur de Chile? ¿Cuáles son sus características?

Las distintas empresas que componen este rubro poseen distintos requerimientos a la hora de solicitar anclajes, por ende hemos debido adaptarnos a estas necesidades ofreciendo un amplio pool de variantes para un mismo anclaje de hormigón. Pero siempre teniendo como resultado la mayor relación peso/poder de agarre, lo cual ha sido nuestro elemento diferenciador y clave del éxito.

Actualmente nuestros anclajes de hormigón van desde los de 0.5 ton hasta unidades de 30 ton. Con distintas calidades de hormigón y cáncamos según las necesidades específicas del cliente. Disponemos de distintas configuraciones de anclajes de hormigón, según:

#### Geometría:

Cuña – Trapezoidal – Pirámide Truncada – T 20 (Nuevo)  
Número y diámetro del cáncamo en acero SAE 1045

#### ¿Cómo ha evolucionado la fabricación de anclajes y pesos muertos para uso en salmonicultura? ¿Hay avances en la calidad de los materiales y la ingeniería de estos productos? ¿De qué forma?

La fabricación de anclajes ha ido evolucionando de la mano de la industria, los primeros centros que se fundearon contaban con anclajes hechos artesanalmente en playas aledañas. Hoy en día contamos con infraestructura, equipos y personal altamente capacitado en la construcción de anclajes para alcanzar los altos estándares que tenemos en la actualidad.

Las materias primas son similares a la de los inicios, se ha mejorado la calidad de estas y se han desarrollado mejores tecnologías en la dosificación y principalmente en la producción. Todo esto para alcanzar los niveles de dureza, tracción, compresión y poder de agarre con los que contamos actualmente.

La calidad de los materiales e ingeniería es clave en este proceso porque ha permitido:

- Con similares materias primas se ha logrado estándares que hace 15 años atrás era impensado. Hoy contamos con cemento y áridos seleccionados de cualidades específicas, aceros que cumplen con las necesidades de los cáncamos de fondeo, equipos de última tecnología que dosifican y mezclan homogéneamente; procesos para aumentar la productividad y calidad del producto.



- La ingeniería en el diseño de los anclajes es un punto esencial a la hora de obtener un anclaje con alto poder a agarre (HHP). Si a la geometría y diseño del anclaje se le suma una adecuada mezcla de materia y un proceso de calidad, se obtiene un anclaje de hormigón con los estándares alcanzados en el nuevo modelo T20 y T15.

#### La salmonicultura está operando centros de cultivo en sitios cada vez más expuestos. En ese sentido, los anclajes y pesos muertos que ustedes ofrecen, ¿deben ser más resistentes o tener características especiales para lugares extremos?

Los anclajes que actualmente ofrecemos han sido desarrollados para cumplir con los altos requerimientos de hoy en cuanto a: Poder de agarre (HHP): 100% más que los actuales anclajes.

#### Resistencia a la compresión:

Hormigón calidad H20 (Certificado)

#### Hoy también la salmonicultura se está viendo obligada a situar sus centros de cultivo totalmente dentro del área concesionada. Los pesos muertos que ustedes ofrecen, ¿son más flexibles en el sentido de poder ubicarlos en el lugar exacto o moverlos si es necesario?

Es importante tener presente que desde el punto de vista funcional lo que se espera del anclaje es que tenga un alto poder de agarre y se mantenga realizando su labor bajo distintas y extremas circunstancias. Cuando se habla de un anclaje que tenga flexibilidad en extracción se contraponen a la función principal de este, si un anclaje es flexible para moverlo significa que tiene una facilidad de extracción por consecuencia se tendría un anclaje que fácilmente pierde su poder de agarre exponiendo a todo el centro de cultivo a la falla de sus unidades de agarre, esto se ve reflejado actualmente en las anclas. De ser solicitado por el cliente se puede añadir un tercer cáncamo al anclaje lo cual facilita la maniobra de extracción. Para realizar esto se requiere una nave que tenga un winche con capacidad de levante y una adecuada realización de esta maniobra.



## PROYECTO FONDEF DOS ETAPAS IDeA 2016

# Desarrollo de un Producto Inductor que aumente la Captación de Semillas de Mitílidos - ID16I10154



FONDEF  
Fondo de Fomento  
al Desarrollo Científico  
y Tecnológico

El cultivo del chorito o mejillón chileno (*Mytilus chilensis* Hupé, 1854) en Chile (“Mitilicultura”) tuvo una producción en 2016 de aproximadamente 303 mil toneladas, pero las prometedoras perspectivas del crecimiento de la mitilicultura chilena en los últimos años, han estado sujetas a grandes incertidumbres por la notoria disminución o variabilidad en las captaciones naturales de semillas, cuyas causas aún son desconocidas. Las hipótesis que se han planteado para explicar esta situación (e.g., efectos de erupciones de volcanes, cambio oceánico global, disminución de la calidad de las semillas, disminución de los bancos semilleros, deterioro genético de los bancos reproductores, sobrecarga de los centros de crecimiento y engorda) aún no han sido verificadas por la carencia de estudios experimentales que rechacen o aprueben alguna de ellas.

Sin embargo, una alternativa para enfrentar la disminución en las captaciones de semillas del mejillón chileno en el ambiente natural y satisfacer la creciente demanda de ellas para mantener el crecimiento de la mitilicultura nacional, es optimizar el complejo proceso del asentamiento de las larvas en los colectores para su posterior transformación en semillas (< 1-2 cm). Las larvas, una vez que alcanzan la fase premetamórfica de desarrollo (“con ojo”), busca y detectan el sustrato más adecuado para su asentamiento primario e iniciar la metamorfosis para transformarse en una semilla. Es conocido que en esta crítica fase en la producción de semillas, actúan moléculas inductoras que dan la señal a las larvas para que inicien su asentamiento en el sustrato elegido. De esta manera, las larvas premetamórficas “identifican y reconocen químicamente” al sustrato, iniciando sus cambios estructurales y funcionales para transformarse en un pequeño individuo (0,5-1 mm) que desde el momento de asentamiento definitivo sólo crecerá hasta llegar a una talla de cosecha (5-6 cm) siempre y cuando las condiciones ambientales sean las adecuadas.

## OBJETIVO

El presente proyecto FONDEF ID16I10154 “Desarrollo de un Producto Inductor que Aumente la Captación de Semillas de Mitílidos” tiene por objetivo identificar moléculas con acción inductora que incrementen significativamente el asentamiento de las larvas premetamórficas de mitílidos, especialmente del chorito o mejillón chileno (*Mytilus chilensis* Hupé, 1854), en los colectores instalados en centros semilleros o en criaderos controlados

(hatchery). Una vez identificadas las moléculas con acción inductora, se diseñará y evaluará un protocolo para el tratamiento de los colectores con el o los agentes inductores más efectivos que produzcan una mayor captación de larvas y por lo tanto una consecuente mayor producción de semillas. Si bien es cierto que a nivel mundial existen estudios que han identificado moléculas inductoras en el asentamiento de larvas de bivalvos marinos, no se conoce cuáles podrían ser las más efectivas en el caso de mejillones chilenos, especialmente el chorito chileno.

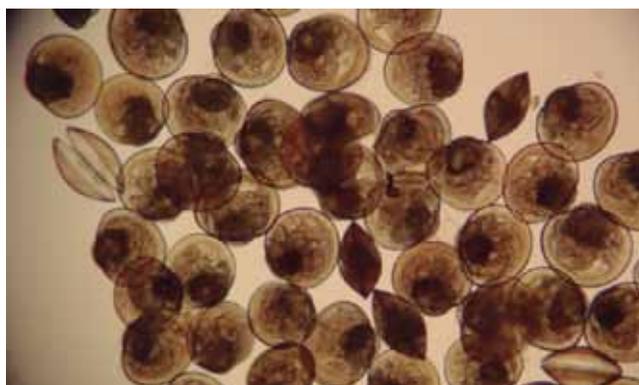


Foto 1. Larvas umbonadas de Choro zapato (*Choromytilus chorus*).

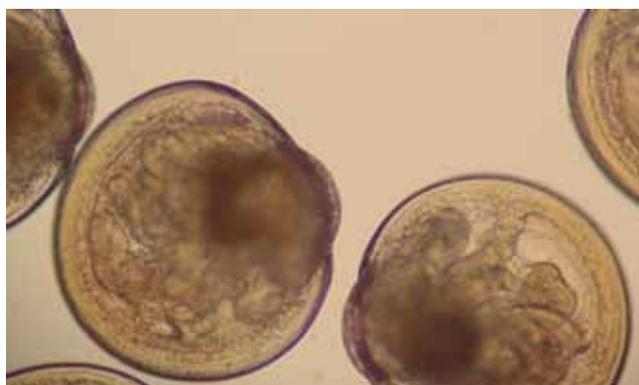


Foto 2. Detalle de larvas umbonadas de choro zapato *Choromytilus chorus*. Se observa la glándula digestiva y los filamentos branquiales.

Por esta razón, este proyecto propone en su primera etapa: i) realizar estudios experimentales a nivel de laboratorio para identificar las moléculas inductoras que sean más específicas y eficientes para esta especie; ii) determinar la matriz de sustentación para impregnar los colectores con el inductor más adecuado, de tal ma



Foto 3. Larva en fase premetamórfica de Choro zapato *Choromytilus chorus*. Se observan los filamentos branquiales y el pié extendido fuera de la cavida del manto.

nera que mantenga su acción biológica por un tiempo suficiente para estimular o inducir el asentamiento de las larvas; y iii) hacer pruebas a nivel piloto con colectores tratados en centros semilleros para determinar la efectividad del protocolo de asentamiento en las condiciones naturales prevalecientes en los centros de captación.

En la segunda etapa del proyecto, el objetivo será verificar el protocolo de uso del producto inductor resultante de la primera fase de esta investigación aplicada, pero en condiciones de terreno netamente productivas en los centros semilleros involucrados en la presente propuesta.

Como resultado general de este proyecto, se espera apoyar y potencial el desarrollo sustentable de la mitilicultura nacional, poniendo a disposición de los productores de semillas una innovación tecnológica (protocolo de captación) que asegure un abastecimiento estable de semillas para crecimiento y engorda en los centros de cultivos.

Este proyecto es desarrollado por el Grupo de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Mitilicultura, de la Universidad de Concepción (ProMytilus-UdeC), el cual ha desarrollado proyectos anteriores en la línea de investigación aplicada en mitilicultura, como son el FONDEF D03I-1095 (Desarrollo del cultivo de un nuevo recurso marinos: el Choro araucano (*Mytilus* spp.) y FONDEF D05I-10258 (Producción a escala piloto de hembras de Choro zapato con color gonadal modificado mediante técnicas biotecnológicas).



Foto 5. Semillas (talla 1-2 cm) de: Choro zapato (*Choromytilus chorus*) (1), Choro araucano (*Mytilus galloprovincialis*) (2) y mejillón chileno (*Mytilus chilensis*) (3).



Foto 4. Presemillas (talla 1-2 mm) de Choro araucano (*Mytilus galloprovincialis*) adheridas en cabo de fijación.

La institución beneficiaria y ejecutora es la Universidad de Concepción y participan como instituciones interesadas la Federación de Sindicatos de Pescadores de Hualaihué, el centro de cultivo Granja Marina Coliumo Ltda, y la empresa Biolngemar Ltda. dedicada a la producción de materias primas para productos cosméticos de alta gama.

#### GRUPO DE INVESTIGACION, DESARROLLO E INNOVACION EN MITILICULTURA (PROMYTIUS-UDEC)

Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas,  
Universidad de Concepción

**Dr. Eduardo Tarifeño Silva,** Biólogo Marino, Ph.D. Director. Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas ([etarifen@udec.cl](mailto:etarifen@udec.cl))

**Dra. Alejandra Llanos Rivera,** Licenciada Biología, Dra. Zoología, Directora Alternativa. Unidad de Biotecnología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas ([alllanos@udec.cl](mailto:alllanos@udec.cl))

**Dr. Víctor Hernández,** Biólogo, Dr. Ciencias Ambientales. Investigador. Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas ([vhermand@udec.cl](mailto:vhermand@udec.cl))

**Dra. Andrea Alfaro,** Biólogo, Ph.D. Instituto de Ecología Aplicada, Auckland University of Technology. Nueva Zelanda. Investigador ([andrea.alfaro@aut.ac.nz](mailto:andrea.alfaro@aut.ac.nz))

**M.Sc.(c) Daniel Arriagada Obregón,** Biólogo Marino. Grupo ProMytilus-UdeC, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas. Investigador. ([danielarriagadaobregon@gmail.com](mailto:danielarriagadaobregon@gmail.com))



Foto 6. Colector con presemillas (talla 1 cm) de mejillón chileno (*Mytilus chilensis*) producidas en la Unidad Productora de Semillas de Bivalvos (UPSB) (hatchery) de la Universidad de Concepción (Dichato, Región del Biobío).

# Evaluación de los efectos de temperatura, salinidad y saturación de oxígeno, en la sobrevivencia y tiempo de metamorfosis de larvas de *Caligus rogercresseyi*



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
TEMUCO

Alfonso Mardones<sup>1,3\*</sup>, Rolando Vega<sup>1,3</sup>, Alberto Augsburger<sup>5</sup>, María Isabel Pizarro, Viviana Gajardo, Francisco Encina<sup>2,4</sup> & Patricio de Los Ríos<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Acuicultura, Universidad Católica de Temuco

<sup>2</sup>Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Católica de Temuco

<sup>3</sup>Núcleo de Investigación en Producción Alimentaria, Universidad Católica de Temuco

<sup>4</sup>Núcleo de Investigación en Ciencias Ambientales, Universidad Católica de Temuco

<sup>5</sup>Universidad Santo Tomás.

\*Rudecindo Ortega 02950 Casilla 15-D, Temuco-Chile. E-mail: mardolaz@uct.cl

Uno de los principales problemas sanitarios que afecta el cultivo de salmónidos en Chile, está dado por el copépodo parásito *Caligus rogercresseyi*, el que es transmitido por especies nativas como róbalo (*Eleginops maclovinus*) y pejerrey (*Odothestes regia*) (González y Carvajal, 2003). Este parásito tiene un ciclo de vida compuesto por ocho estadios de desarrollo, tres planctónicos de vida libre y cinco parasíticos. Los estados planctónicos comprenden dos estados nauplio y un copepodito (estadio infectante), y los estados parasíticos son: Chalimus, juvenil y adulto (González y Carvajal, op. cit).

Los estados naupliares poseen reserva alimenticia, sin embargo el resto de los estados se alimenta de mucus, piel y sangre de su huésped, provocándoles lesiones focales y hemorrágicas ulcerativas en la piel, las que pueden ser de severidad variable como lesiones de 2 a 5 mm, a grandes úlceras en la superficie corporal, además tienen el potencial de afectar el crecimiento, la fecundidad y la supervivencia de sus hospedadores. Su importancia como agente patógeno es evidente, ya que es vector de enfermedades bacterianas y virales, tales como ISA, IPN, SRS, entre otras (Johnson *et al.*, 2004).

Se han identificado una variedad de factores ambientales, biológicos, prácticas productivas y de manejo, que podrían influir en la abundancia e impacto de *C. rogercresseyi* en salmónidos cultivados (Pike & Wadsworth, 1999; Rozas y Asencio, 2007). La velocidad del viento, profundidad del agua, mareas, patrones de circulación del agua, corrientes, temperatura y salinidad, han sido sugeridos como componentes importantes en la infestación por *C. rogercresseyi* (Boxaspen, 1997; Pike & Wadsworth, op. cit).

El objetivo de este trabajo fue evaluar, bajo condiciones controladas, el efecto de la temperatura, salinidad y saturación de oxígeno, en la sobrevivencia y tiempo de metamorfosis de larvas de *Caligus rogercresseyi*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las larvas fueron obtenidas de hembras ovígeras provenientes de *Salmo salar* infestados por *Caligus rogercresseyi*. Estas fueron

extraídas en forma manual desde la superficie corporal del pez, utilizando pinzas finas. Previamente, los peces fueron sedados a razón de 1:1000 con Isoeugenol al 50%. Las hembras de caligus, fueron colocadas en un vaso precipitado de 1L con agua de mar filtrada y esterilizada mediante UV a una intensidad de 23.800 a 25.000uW/cm<sup>2</sup>, una salinidad de 31ppt, a temperatura ambiente y aireación constante. Cada hembra generó en promedio 50 larvas. Diariamente se realizó un cambio de agua, realizando este procedimiento hasta obtener las larvas deseadas: 450 para los bioensayos de temperatura y salinidad y 1200 para los estudios con saturación de oxígeno.

Cada 3 horas en todos los bioensayos, se realizaron las observaciones y conteos de mortalidad y metamorfosis de Nauplio I a Nauplio II y de nauplio II a copepodito, hasta que la totalidad de las larvas metamorfosearon o murieron. Las larvas se recolectaron con un tamiz de 77 micras, depositándolas en placas petri de 10ml con agua de mar filtrada y esterilizada bajo UV. Los conteos y observaciones se realizaron en una lupa con aumento de 10x. El registro de temperatura se realizó cada 10 minutos utilizando un Data – Logger, obteniendo los datos con el programa HOBO.

### Efecto de la temperatura

Se realizaron tres experiencias a temperaturas de 12°C, 15°C y 18°C; se dispusieron en triplicado vasos precipitados con 90ml de agua de mar filtrada y esterilizada, con una salinidad de 31ppt y aireación constante; en cada vaso se colocaron 50 larvas de *C. rogercresseyi* (Nauplio I o Nauplio II según correspondía). Los vasos se dispusieron en un refrigerador incubador Velp modelo FTC 90E, para mantener la temperatura estable. Diariamente se realizó un cambio de agua a los vasos precipitados para la mantención de las larvas.

### Efecto de la salinidad

Se realizaron ocho experiencias a salinidades de 20, 23, 25, 27, 29, 31, 33 y 35ppt, para cada una se dispusieron en triplicado vasos precipitados con 90ml de agua de mar filtrada y esterilizada mediante UV, aireación y temperatura constante (15°C), en cada

vaso se colocaron 50 larvas de *C. rogercresseyi* (Nauplio I o Nauplio II según correspondía). Los vasos se dispusieron en un refrigerador incubador Velp modelo FTC90E. Diariamente se realizó un cambio de agua a los vasos precipitados para la mantención de las larvas.

Para obtener la salinidad entre 20 y 29ppt se mezcló agua dulce con agua de mar, en cambio para 33 y 35ppt se agregó sal de mar al agua con salinidad inicial de 31ppt, para obtener la salinidad deseada, esta fue registrada con el medidor de oxígeno, salinidad y temperatura YSI modelo 85-10FT.

### Efecto de la saturación de oxígeno

Para determinar el efecto de saturación de oxígeno en larvas de *C. rogercresseyi* se colocaron 50 larvas, nauplio I o nauplio II, en un contenedor de 40 ml, con tres réplicas por cada saturación de oxígeno a 30-60%, 90-100% y 190-200%, los que fueron dispuestos en una bandeja plástica con 15L de agua de mar filtrada y esterilizada mediante UV y una salinidad de 33ppt. Cada bandeja contó con difusor de oxígeno y sensor independiente. Diariamente se cambio el agua de las bandejas.

### Análisis Estadístico

Los resultados de los tres bioensayos se analizaron a través de un ANOVA y mediante test de Tukey con un nivel de confianza del 95%, para comprobar diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados, para ello se utilizó el programa SPSS 15.

## RESULTADOS

### Efecto de la temperatura de Nauplio I a Nauplio II

Las larvas a 18°C demoraron 12 horas en metamorfosear, siendo este el menor tiempo; a temperatura de 12°C y 15°C no se presenta diferencias, ya que ambas tardaron 15 horas. La figura 1 muestra que a 12°C, presenta el mayor % de larvas metamorfoseadas, alcanzando un 95% de sobrevivencia, seguido por 15°C (93%) y 18°C (89%), presentando este último diferencias estadísticamente significativas a 12°C y 15°C.

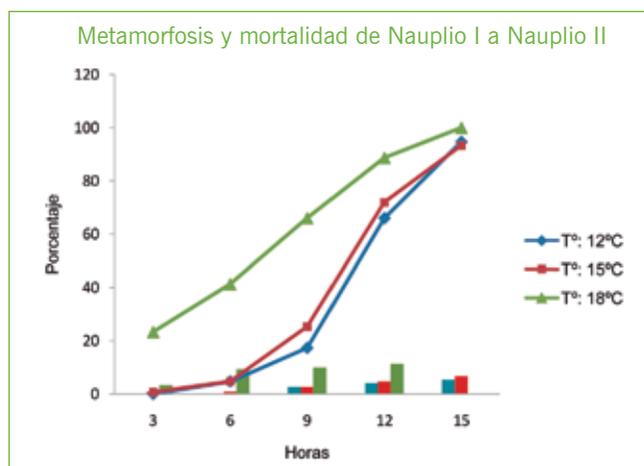


Figura 1. Porcentaje de Nauplio I metamorfoseados a Nauplio II (líneas) y mortalidades (barras), a distintas temperaturas.

### Efecto de la temperatura de Nauplio II a Copepodito

El tiempo de metamorfosis a 18°C se presentó a las 36 horas, se-

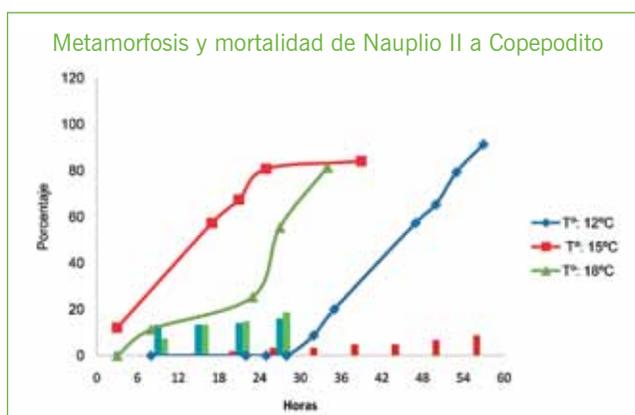


Figura 2. Porcentaje de nauplio II metamorfoseados a copepoditos (líneas) y mortalidades (barras), a distintas temperaturas.

guido de 15°C con 42 horas y por último a 12°C con 57 horas. Según la figura 1, a 12°C el 91% de los nauplios II alcanzan su estadio de copepodito; dichos porcentajes de metamorfosis son menores en temperaturas de 15°C (84%) y a 18°C (81%). A 18°C se presentan diferencias significativas tanto con 12°C como con 15°C.

### Efecto de la salinidad de Nauplio I a nauplio II

La metamorfosis de nauplio I a nauplio II es de 12hr a 33ppt y 35ppt, y de 15hr en los bioensayos a 20ppt, 27ppt, 29ppt y 31ppt. A 23ppt y 25ppt el tiempo de metamorfosis es más prolongado (figura 3). En el traspaso de nauplio I a nauplio II, se obtuvo 99% de sobrevivencia a 35ppt, por el contrario a salinidad de 20ppt la mortalidad (53%) supera el % a la metamorfosis (47%), siendo este dato el que presenta las mayores diferencias significativas comparando las salinidades.

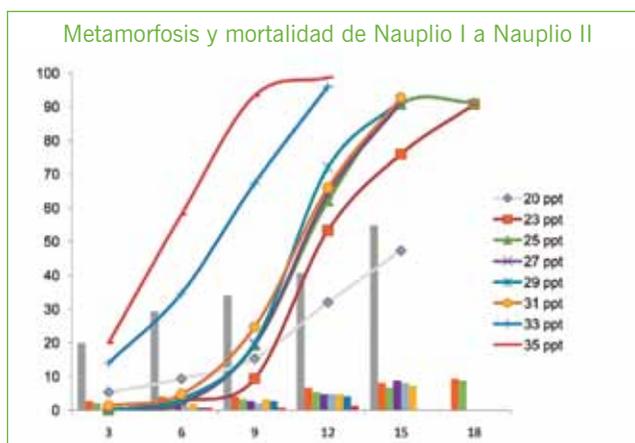


Figura 3. Porcentaje de Nauplio I metamorfoseados a Nauplio II (líneas) y mortalidades (barras), a distintas salinidades.

### Efecto de la salinidad de Nauplio II a Copepodito

El tiempo de metamorfosis a 33ppt fue 42hr, siendo el menor tiempo registrado entre las salinidades analizadas, seguida por 20, 31 y 35ppt con 45horas; a 29ppt demoró 48 hr; a 25 y 27ppt duró 51hr y a 23ppt tardó 54 hr, siendo éste el mayor tiempo en metamorfosear entre las salinidades (figura 4). La sobrevivencia más alta entre las salinidades se presenta a 33ppt con 88%, seguido por 35ppt con 87% de sobrevivencia,

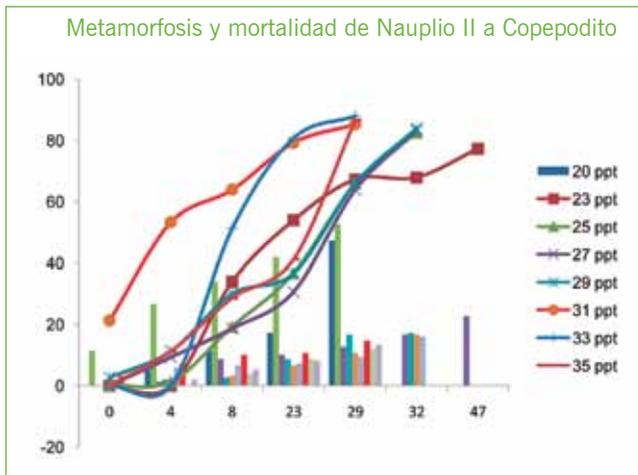


Figura 4. Porcentaje de nauplio II metamorfoseados a copepodito (líneas) y mortalidades (barras), a distintas salinidades.

a 20ppt se tiene la sobrevivencia más baja con 47%, siendo esta la que presentó mayores diferencias significativas (figura 4).

#### Efecto de la saturación de oxígeno de Nauplio I a Nauplio II

El tiempo de metamorfosis es de 12 horas tanto a 90-100% y a 190-200% de saturación de oxígeno, a 30-60% no se presentan larvas metamorfoseadas y al cabo de 9 horas, el total de estas había muerto (figura 5). La sobrevivencia a rangos de saturación de oxígeno entre 90-100% y 190-200%, no presentan mayores diferencias 94 y 93% respectivamente, en cambio el rango entre 30-60% presenta diferencias significativas (figura 5), debido a que se obtuvo 100% de mortalidad.

#### Efecto de la saturación de oxígeno de Nauplio II a Copepodito

La metamorfosis de Nauplio II a copepodito tarda 42 horas con un % de saturación de oxígeno entre 90-100% y 190-200%, por el contrario con 30-60% solo logran sobrevivir 24 horas (figura 6). El porcentaje de saturación de oxígeno entre 90-100% y 190-200% presenta altos porcentajes de sobrevivencia, 87% y 83% respectivamente, mientras que entre 30-60% presenta un 3% de sobrevivencia (figura 6). Siendo este dato significativamente diferente.

## DISCUSIÓN

Los resultados indican que *C. rogercresseyi*, es dependiente de la temperatura, ya que tanto en la sobrevivencia y tiempo de metamorfosis de las larvas, por igual en el traspaso de nauplio I a nauplio II como de nauplio II a copepodito; se observó que a mayor temperatura, menor es el porcentaje de sobrevivencia y el tiempo de metamorfosis es menor, entre un estado y otro, lo que coincide con lo expuesto por Tully y Whelan (1993); el aumento de las temperaturas del mar esta directamente relacionado con la generación de un ciclo de vida corto del parásito.

Según Wootten *et al.*, 1982; Hogans y Trudeau, 1989; Tully, 1989; Johnson y Albright, 1991; Tully y Whelan, 1993; Box-aspén, 1997; Wadsworth, 1998 y Pike y Wadsworth, 1999.

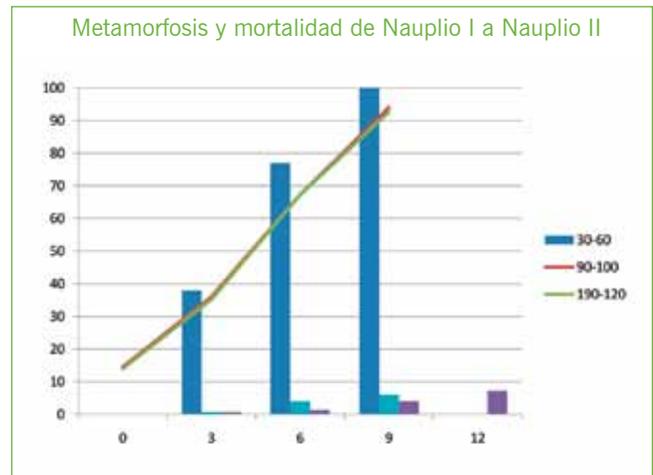


Figura 5. Porcentaje de nauplio I metamorfoseados a nauplio II (líneas) y mortalidades (barras), a distintas saturaciones de oxígeno.

Las tasas de crecimiento, la producción de huevos, la sobrevivencia y la metamorfosis, son superiores al aumentar la temperatura del agua.

Aunque el tiempo de metamorfosis y sobrevivencia de larvas de *C. rogercresseyi* esta determinado principalmente por la temperatura del agua, existen otros parámetros que también afectan en gran manera al parásito, como la salinidad y porcentaje de saturación de oxígeno.

De las diferentes salinidades analizadas, queda de manifiesto que a mayor salinidad del agua más rápido es el ciclo de vida del parásito, además de aumentar la cantidad de sobrevivencia de las larvas, a 20 ppt la sobrevivencia es muy baja.

Según González y Carvajal (2003), la salinidad no retarda el tiempo de producción de caligus, aunque afecta la supervivencia de las larvas, nauplios y copepoditos en aguas a baja salinidad. Salinidades menores a 20ppt no permitirían la supervivencia de los estadios nauplio y copepodito. Tucker *et al.* (2000), informan que *L. salmonis* tenía una mayor tasa de crecimiento y asentamiento en una salinidad de 34ppt, en comparación a 24ppt.



## Metamorfosis y mortalidad de Nauplio II a Copepodito

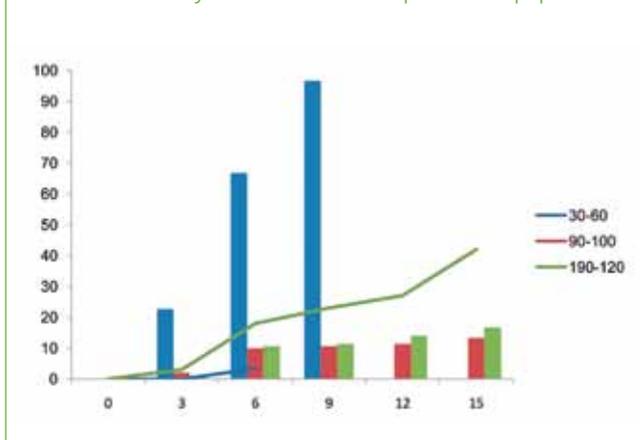


Figura 6. Porcentajes de nauplio II metamorfoseados a copepodito (líneas) y mortalidades (barras), a distintos porcentajes de saturación.

Con respecto a la saturación de oxígeno *C. rogercresseyi* no sobrevive a bajos %, ya que hay un 100% de mortalidad en el traspaso de nauplio I a nauplio II y 97% de nauplio II a copepodito, mientras que no se presentan diferencias entre las saturaciones de 90-100% y 190-200%, encontrando alta sobrevivencia en ambos casos.

Del análisis de la base de datos del Programa de Monitoreo de Fitoplancton de INTESAL, realizado entre los años 2000 al 2006 en la región de los Lagos, se observó una disminución del nivel de oxígeno y un incremento leve en la salinidad del agua, siendo estos factores fundamentales en el ciclo del parásito, de tal manera que esta situación, en conjunto con otros factores, podrían influenciar el incremento de los niveles de infestación por *C. rogercresseyi* (Rozas y Asencio, 2007).

## BIBLIOGRAFÍA

- Boxaspen K. 1997. Geographical and temporal variation in abundance of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) on salmon (*Salmo salar*). ICES J. Mar. Sci. 54: 1144-1147.
- González L. & J. Carvajal. 2003. Life cycle of *Caligus rogercresseyi*, (Copepoda: caligidae) parasite of Chilean reared salmonids. Aquaculture 220, 101-117
- Hogans W.E. & D.J. Trudeau. 1989. *Caligus elongates* (Copepoda: Caligoida) from Atlantic salmon (*Salmo salar*) cultured in marine waters of the Lower Bay of Fundy. Can. J. Zool. 67: 1080-1082.
- Johnson S.C. & L.J. Albright. 1991. Development, growth and survival of *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) under laboratory conditions. J. Mar. Biol. Assoc. UK 71: 425-436.
- Johnson S.C., Treasure J.W., Bravo S., Nagasawa K. & Z. Kabata. 2004. A review of the impacts of parasitic copepods on marine aquaculture. Zoological Studies 43(2): 229-243
- Pike A.W. & S.L. Wadsworth. 1999. Sea lice on salmonids: their biology and control. Adv. Parasit. 44: 233-337.
- Rozas, M. & G. Asencio. 2007. Evaluación de la situación epidemiológica de la Caligiación en Chile: Hacia una estrategia de control efectiva. Salmo Ciencia 2.
- Tucker C.S., Sommerville C. & R. Wootten. 2000. The effect of temperature and salinity on the settlement and survival of copepodids of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837) on Atlantic salmon, *Salmo salar*. Journal of Fish Diseases 2000, 23, 309-320.
- Tully O. 1989. The succession of generations and growth of the caligid copepod *Caligus elongatus* and *Lepeophtheirus salmonis* parasitising farmed Atlantic salmon smolt (*Salmo salar*). J. Mar. Biol. Assoc. UK 69: 297-287.
- Tully O. & K.F. Whelan. 1993. Production of nauplii of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) (Copepoda: Caligidae) from farmed and wild salmon and its relation to the infestation of wild sea trout (*Salmo trutta* L.) off the west coast of Ireland in 1991. Fisheries Research, Volume 17, 187-200.
- Wadsworth S.L. 1998. The control of *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) (Krøyer, 1837) on Atlantic salmon *Salmo salar* L. production sites. PhD thesis, Dept. of Zoology, Univ. of Aberdeen.
- Wootten R., Smith J.W. & E.A. Needham. 1982. Aspects of the biology of the parasitic copepods *Lepeophtheirus salmonis* and *Caligus elongatus* on farmed salmonids, and their treatment. Proc. R. Soc. Edinb. Sect. B 81: 185-197.



# INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN ACUICULTURA: El caso del erizo rojo (*Loxechinus albus*)



UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS



René Espinoza Alvarado

Profesor Asociado

Departamento de Acuicultura y Recursos Agroalimentarios.  
Universidad de Los Lagos. Región de Los Lagos, Osorno, Chile.  
respinoza@ulagos.cl



Figura 1.

Lenguas de erizo rojo (*Loxechinus albus*)

La pesquería del recurso erizo a nivel mundial, se realiza en las regiones templadas, concentrándose en pocas especies, siendo el objetivo de esta pesquería las gónadas de los individuos capturados (Fig.1). Existe una antigua tradición del consumo de erizo en muchas culturas, principalmente en Asia, la Polinesia, el Mediterráneo y Chile (Andrew et al., 2002), destacando Chile como el más importante actor, de esta pesquería a nivel mundial (Fig.2). La pesquería de erizo se encuentra enfocada principalmente en satisfacer la demanda del mercado Japonés, el cual consume el 80% de la desembarque mundial (Hagen, 1996) Chile exporta el 95% de su desembarque al mercado japonés (Moreno & Molinete, 2013). Cabe destacar que los desembarques mundiales de erizo, han declinado rápidamente a partir del peak histórico alcanzado el año 1995, 120.306t (Andrew et al., 2002).

En Chile, *Loxechinus albus* es uno de los principales invertebrados bentónicos explotados por la flota pesquera artesanal (Fig.3), su distribución latitudinal se extiende desde el norte del Perú, frente a la Isla de Lobos de afuera (06°55,5´S ; 80°42,5´W), hasta la Isla de los Estados en el extremo austral del continente americano (Larraín, 1975), la distribución batimétrica de esta especie, ha sido descrita desde la zona intermareal hasta profundidades de 340 m (Larraín, 1975), recientemente se ha reevaluado su distribución batimétrica y esta ha sido modificada, siendo estimada hasta 106 m de profundidad (Moreno & Molinet,

2013), en los fiordos y canales del sur de Chile, cerca del 90% de las poblaciones de *Loxechinus albus*, habitan entre 0 y 20 m de profundidad (Fig.4) (Moreno et al., 2011). Cabe destacar, que el porcentaje estimado de individuos, que se encuentran habitando aguas profundas, es considerado insuficiente para reemplazar los individuos removidos de aguas someras por la flota pesquera. Esto último sugiere considerar la distribución batimétrica en la elaboración de los planes de manejo de este recurso (Moreno et al., 2011), situación que al no ser considerada, incrementa sustantivamente la vulnerabilidad del recurso y la sustentabilidad de la pesca artesanal vinculada a la explotación del erizo rojo, el cual ha sufrido una significativa reducción en sus desembarques, patrón que ha sido observado en las pesqueras de erizos en otras partes del mundo (Subpesca, 2017).



Figura 2. Desembarque mundial de erizo.



Figura 3. Individuo adulto de *Loxechinus albus*

Considerando la protección del recurso, el Estado de Chile, ha implementado diversas medidas de administración pesquera, entre las que destaca la suspensión de la inscripción de nuevos pescadores artesanales en el RPA de erizos, para las regiones IX, XIV, X, XI y XII, por un periodo de 5 años y a contar del 09 de enero del 2015, por haber alcanzado el estado de plena explotación en dicha área de pesca (R. Ex. N°74 de 2015). Se establece una cuota anual de captura para la X y XI región de 16.000 toneladas (D. Ex. N° 186 de 2017, por otra parte se establece en todo el territorio nacional, la existencia de una talla mínima de extracción, correspondiente a 7 cm de diámetro sin incluir las púas (D. S. N° 291 de 1987), recomendación realizada nuevamente por el comité científico bentónico (Subpesca, 2017), por último, la implementación de una veda biológica (D. S. N°291 de 1987), la cual no siempre es coincidente con los parámetros de importancia comercial, requeridos por la industria.

Durante el año 2015, el desembarque mundial de erizo fue de 77.911 toneladas, Chile contribuyó con 31.085 toneladas, representando la mayor pesquería de este recurso a nivel mundial (FAO, 2017). Destacando que el 95% del desembarque total chileno, es exportado principalmente a Japón, siendo solo el restante 5% comercializado a nivel local (Moreno & Molinet, 2013).

Esta pesquería, actualmente, se encuentra caracterizada por bajos rendimientos, los cuales en la actualidad se encuentran en torno a un 6% (com. pers.), situación que ha disminuido de acuerdo a lo registrado en un estudio realizado en 1995, en donde el rendimiento reportado fue de 8% (Arana, 2005). Estos resultados son compartidos por individuos extraídos de poblaciones de diversas áreas geográficas, explotadas en el sur de Chile. Considerando que no solo el rendimiento, es el parámetro de importancia comercial, se debe señalar que existen otros parámetros, los cuales definen la calidad comercial de la gónada, la cual además, está determinada por su color, textura y sabor (Walker & Lesser, 1998; Bottger et al., 2006; Pérez et al., 2010; Azad et al., 2011, Garama et al., 2012).

En la actualidad, se observa que el recurso de buena calidad desembarcado es escaso, esto debido principalmente a una re-

ducción en el tamaño de los individuos colectados, los cuales presentan una baja producción gonadal, así como también, una coloración oscura en la gónada (Cárcamo, 2004), lo que no resulta atractivo para los mercados de destino.

Un elemento determinante de considerar en la calidad de la gónadas de erizo, son las diferencias estacionales observadas en su color, dureza y resiliencia, las cuales indican un tránsito a través de distintos estados reproductivos de los individuos, es así como el proceso de gametogénesis debe ser considerado en las diferentes estrategias empleadas en la acuicultura de este recurso (Mc Bride et al., 2004), con el objetivo de uniformar y mejorar la calidad comercial del producto. Un segundo factor de importancia, que determina la calidad comercial de la gónada de erizo, lo constituye el estado nutricional de los individuos, como fue observado en experiencias realizadas con erizo verde *Stroglyocentrotus droebachiensis* (Himmelman, 1978), así como también, se ha señalado para *Evechinus Chloroticus*, que la dieta suministrada tiene una influencia significativa en las características físicas, bioquímicas y sensoriales, de las gónadas (Phillips et al., 2010; Phillips et al., 2009), las que pueden ser influenciada por una amplia variedad de factores, entre los que se pueden incluir cantidad y calidad de alimento disponible, así como diversos factores ambientales (Azad et al., 2011).

Estudios realizados en el sur de Chile, indican que poblaciones de *Loxechinus albus*, las cuales habitan aguas someras, se encuentran asociadas a un mayor consumo de alimento, mayores tasas de crecimiento, temprana maduración y un mayor rendimiento reproductivo, infiriendo que esta situación se explica debido al hecho que estos individuos se encuentran en hábitats más productivos (Molinet et al., 2012), lo que indicaría que mediante una estrategia productiva adecuada, la cual considere el suministro ad - hoc de alimentación, debiera una generar una respuesta en el estado gónado-somático de los individuos.

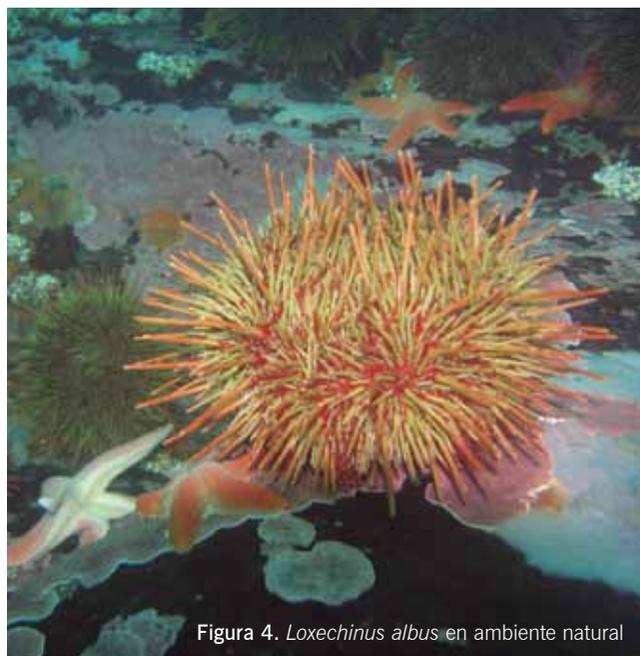


Figura 4. *Loxechinus albus* en ambiente natural

Figura 5. Centro de Acuicultura y Ciencias del mar CEACIMA Metri



En este contexto, el Programa Tecnológico de Diversificación Acuícola, financiado por CORFO y titulado “Producción de semilla y repoblamiento de erizo rojo y loco para potenciar la diversificación de la acuicultura nacional”, en el cual participan consorciadamente las universidades Arturo Prat, de Los Lagos, Santo Tomás, San Sebastián, Antofagasta y Magallanes. Se encuentra orientado a realizar el repoblamiento de las áreas de manejo de la pesca artesanal, con los recursos loco y erizo, con el objetivo de dar sustentabilidad a estas pesquerías, así como también al abastecimiento permanente de los exigentes mercados de destino. En este escenario, hemos abordado diversas problemáticas vinculadas a la acuicultura y manejo de estos recursos, mediante la implementación de una cartera de proyectos al interior del Programa, en donde una de estas iniciativas corresponde a “Mejoramiento de la calidad comercial de la gónada (textura, color y sabor) del erizo rojo”, cuyo objetivo, es mejorar la calidad comercial (color, textura, sabor y rendimiento) de la gónada en individuos de *Loxechinus albus* provenientes desde bancos naturales, mediante el desarrollo de una metodología que permita el acondicionamiento comercial de su gónada. Para lo cual se están desarrollando diversas actividades, en el Centro de Acuicultura y Ciencias del Mar CEACIMA Metri (Fig.5), perteneciente a la Universidad de Los Lagos, tendientes a evaluar el efecto del suministro de dietas pelletizadas, como también en base a algas marinas seleccionadas. Se evaluarán parámetros productivos, densidad de cultivo y periodo de cosecha, en un sistema de cultivo diseñado para tal fin, con esta iniciativa se pretende incrementar la calidad comercial de la gónada, así como su rendimiento productivo, optimizando la gestión comercial de la industria, con un producto de alta calidad, destacando la participación activa de importantes actores, del mundo de la pesca artesanal y de la industria.

Por último, de este modo, se pretende abordar en forma concreta la invitación que hiciera Corfo para Incrementar la tasa de innovación tecnológica en productos y procesos de las empresas, en sectores estratégicos, mediante la ejecución articulada de un portafolios de proyectos de investigación aplicada y desarrollo tecnológico con visión de largo plazo, lo cual permitan cerrar las brechas existentes, mejorando la productividad y contribuyendo a diversificar este importante sector productivo.

## Bibliografía citada:

- Andrew, N.L., Agatsuma, Y., Ballesteros, E., Bazhin, A.G., Creaser, E.P., Barnes, D.K.A., Botsford, L.W., Bradbury, A., Campbell, A., Dixon, J.D., Einarsson, S., Gerrubg, P.K., (2002). Status and management of world sea urchin fisheries. *Oceanogr. Mar. Biol.* 40, 343e425.
- Arana, P. (2005). Demografía y pesquería del erizo *Loxechinus albus* (Echinodermata: Echinidae) en la región sur-austral de Chile. *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 53 (Suppl. 3): 367-382, December 2005.
- Azad, K., Pearce, M., & McKinley, S. (2011). Effects of diet and temperature on ingestion, absorption, assimilation, gonad yield, and gonad quality of the purple sea urchin (*Strongylocentrotus purpuratus*). *Aquaculture*, 317(1-4), 187-196. doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.03.019.
- Cárcamo, F. (2004). Effect of diet on gonadal and somatic production of the sea urchin *Loxechinus albus* under sea based cultivation conditions. In: Lawrence, J.M., Guzmán, O. (Eds.), *Sea Urchins: Fisheries and Ecology*. DESTech Publications Inc., Lancaster, pp. 222– 229.
- Decreto Exento N° 186. Establece cuota anual de captura del recurso erizo X - XI regiones, año 2017. Ministerio de Economía Fomento y Turismo. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. 13 de marzo del 2017.
- Decreto Supremo N° 291. Establece normas para regular la explotación del recurso erizo y deroga decreto que indica. Ministerio de Economía Fomento y Turismo. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. 30 de septiembre del 1987.
- FAO. 2017. *FAO Aquaculture Newsletter*. No. 56 (April). Rome.
- Garama, D., Bremer, P., & Carne, A. (2012). Extraction and analysis of carotenoids from the new zealand sea urchin *Evechinus chloroticus* gonads. *Acta Biochimica Polonica*, 59(1), 83-85.
- Hagen, N. T. (1996). Echinoculture: from fishery enhancement to closed-culture cultivation. *World aquaculture-baton rouge-*, 27, 6-22.
- Himmelmann, J. (1978). Reproductive cycle of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Canadian Journal of Zoology*, 56(8): 1828-1836, 10.1139/z78-249.
- Larrain, A. (1975) Los equinoideos regulares, fósiles y recientes de Chile. *Gayana Zoología* (Chile) 35: 1-161.
- McBride, S., Price, R., Tom, P., Lawrence, J., & Lawrence, A. (2004). Comparison of gonad quality factors: Color, hardness and resilience, of *Strongylocentrotus franciscanus* between sea urchins fed prepared feed or algal diets and sea urchins harvested from the Northern California fishery. *Aquaculture*, 233(1-4), 405-422. doi: 10.1016/j.aquaculture.2003.10.014.
- Molinet C., Moreno C., Niklitschek E., Matamala M., Neculman M., Arévalo A., Codjambassis J., Díaz P. & Díaz M. (2012) Reproduction of the sea urchin *Loxechinus albus* across a bathymetric gradient in the Chilean Inland Sea, *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, Vol. 47, N°2: 257-272, agosto 2012, Article
- Moreno, C., Molinet, C., Díaz, P., Díaz M., Codjambassis J., Arévalo A. (2011), Bathymetric distribution of the Chilean red sea urchin (*Loxechinus albus*, Molina) in the inner seas of northwest Patagonia: Implications for management, *Fisheries Research* 110 (2011) 305– 311.
- Moreno C., Molinet C. (2013). El paradigma de la distribución batimétrica de *Loxechinus albus* (Molina) en Chile, *Revista Chilena de Historia Natural* 86: 225-227, 2013.
- Pérez, A., Boy, C., Morriconi, E., Calvo, J. (2010). Reproductive cycle and reproductive output of the sea urchin *Loxechinus albus* (Echinodermata: Echinoidea) from Beagle Channel, Tierra del Fuego, Argentina. *Polar Biol* 33:271–280 DOI 10.1007/s00300-009-0702-6.
- Phillips, K., Hamid, N., Silcock, P., Sewell, M. A., Barker, M., Weaver, A. Bremer, P. (2010). Effect of manufactured diets on the yield, biochemical composition and sensory quality of *Evechinus chloroticus* sea urchin gonads. *Aquaculture*, 308(1-2), 49-59. doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.07.030.
- Phillips, K., Bremer, P., Silcock, P., Hamid, N., Delahunty, C., Barker, M., Kissick, J. (2009). Effect of gender, diet and storage time on the physical properties and sensory quality of sea urchin (*Evechinus chloroticus*) gonads. *Aquaculture* 288 (2009) 205-215.
- Resolución Exenta N° 74. Suspende transitoriamente la inscripción en el registro artesanal en la pesquera que se indica por el periodo que se señala. Ministerio de Economía Fomento y Turismo. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. 15 de enero del 2015.
- Subpesca, 2017. Informe “Cuota de captura y talla mínima de extracción de erizo 2017 Plan de manejo zona antigua X-XI Regiones”, Comité Científico Bentónico Reporte técnico pesquería de erizo (*Loxechinus albus*).
- Walker, C., & Lesser, M. (1998). Manipulation of food and photoperiod promotes out-of-season gametogenesis in the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Marine Biology* 132: 663 - 676.

# opción<sup>®</sup> comunicaciones

AGENDAS TÉCNICAS  
CORPORATIVAS



REVISTA TÉCNICA  
SEMESTRAL



CUADERNOS  
CORPORATIVOS



CALENARIOS  
DE ESCRITORIO



**CONTACTO:** +56 9 9443 3504 +56 9 9443 3076  
publicidad@opcionaraya.cl  
[www.opcioncomunicaciones.cl](http://www.opcioncomunicaciones.cl)



# Producción de almejas (*Venus antiqua*) de pequeño calibre en sistemas de cultivo suspendidos: ALTERNATIVA PRODUCTIVA PARA EMPRESAS CULTIVADORAS DE BIVALVOS



UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS

Proyecto FONDEF IT 16I100022

Hugo Arancibia F.<sup>1</sup>, Luis Filún V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> UNITEP, Facultad Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción

<sup>2</sup> Departamento de Acuicultura y Recursos Agroalimentarios, Universidad de Los Lagos  
harancib@udec.cl - lfilun@ulagos.cl

## INTRODUCCIÓN

Las almejas de pequeño calibre, son aquellas que presentan un atractivo mercado mundial, con precios en el mercado final que se encuentran entre los 12 a 25 US\$/kg. Sin embargo, nuestro país está limitado para participar de ese atractivo mercado, ya que por razones relativas a normativas, tiene una talla mínima legal de extracción de 5,5 cm, lo que la deja fuera del rango e imposibilita su entrada al mercado gourmet, con almejas menores de 4 cm. Este mercado es uno de los más interesantes, con una demanda que incrementa con las tendencias que los consumidores van adquiriendo, en relación a la comida saludable, incremento del poder adquisitivo y de la cultura de consumo de productos del mar.

Por otra parte, se han detectado necesidades a nivel de mercado, tales como:

1. Demanda insatisfecha de los mercados de almejas de pequeño calibre.
2. Poco desarrollo de productos de valor agregado.
3. Demanda del mercado por sellos de eco-etiquetado, donde los productos que los incorporan generan un valor intangible que se basa en un premio otorgado por los consumidores finales.



Figura 1. Presentaciones de almejas de pequeño calibre (3-4 cm), Exposeafood Bruselas.

## PRODUCCIÓN

Algunas estimaciones de los ingresos que la industria nacional ha dejado de percibir por no comercializar almeja en este tipo de formato (pequeño calibre) son por ejemplo, actualmente los desembarques desde bancos naturales del recurso almeja fluctúan alrededor de las 10mil toneladas, destacándose durante el 2010 un incremento en el desembarque, llegando a casi 21.600 toneladas. En cuanto a los precios en playa del recurso estos han disminuido, llegando en 2016 a 295 \$/kg, mientras que las exportaciones han llegado a 5.933 toneladas, principalmente en formato congelado y enlatado. Si se estima que existe el potencial para una industria de producción acuícola de almeja de pequeño calibre, y que ésta a lo menos debería cosechar una cifra similar al 20% del desembarque de 2010, es decir, alrededor de 4.320 toneladas. Con esta producción se tendrían ingresos FOB del orden de 45 millones de dólares anuales (considerando un producto de valor agregado, con presentaciones que incluyen a lo menos productos con valor agregado de media concha, con rendimiento de producto cosechado a producto final de 70% y un precio de US\$ 15/kg). Estos 45 millones de dólares anuales es una cifra conservadora de cuanto le cuesta a la industria no poseer la tecnología para el cultivo y producción de almeja de pequeño calibre. La acuicultura nacional presenta ventajas comparativas y oportunidades desde este punto de vista. Una de las industrias que se han visto complicada en este último tiempo, corresponde al de producción de moluscos bivalvos, mitilidos, ostiones y ostras los cuales han tenido problemas relacionados con la producción, inestabilidad de mercados y bajo desarrollo tecnológico, lo que los convierte en importante demandante de nuevas tecnologías de producción y de nuevas especies de importancia económica para diversificar el riesgo productivo de la industria que se sustenta en un monocultivo, convirtiendo el desarrollo propuesto en una eventual necesidad para el sector.

## INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

A nivel nacional, almejas es el nombre genérico de al menos 10 especies de bivalvos que comparten un mismo hábitat, entre las que destacan: *Venus antiqua*, *Protothaca thaca*, *Eurhomalea exalbida*, *Eurhomalea lenticularis*, *Eurhomalea rufa*, *Mulinia edulis*, *Mulinia byronensis*, *Mulinia laevicardo*, *Gari solida* y *Semele solida* (Bustos et al 1981, 1985). De estas especies *Venus antiqua*, es la de mayor importancia económica, ya que representa el 90% del volumen de desembarque en la pesquería de almejas. Experiencias desarrolladas en el proyecto **FONDEF D0510272, “Cultivo de almeja tipo “baby clam®” en la zona intermareal del mar interior de Chiloé”, desarrollado por la Universidad de Los Lagos, en conjunto con organizaciones de pesca artesanal y la empresa Granja Marina Chauquear**, se logró desarrollar con éxito un sistema de cultivo de almejas de pequeño calibre en la zona intermareal del mar interior de Chiloé, con el fin de obtener un producto nuevo con valor agregado en nuestro país, como lo son las almejas de pequeño calibre (30-35 mm), el cual se desarrolló en un sistema de baja complejidad pero de una alta eficiencia económica, utilizando para ello la zona intermareal.

De esto se generaron dos productos, uno de ellos corresponde a conserva natural de almejas de pequeño calibre procedentes de cultivo y otro a un producto al “vacío” de almejas en cultivo, el cual posee las características requeridas para el mercado europeo y americano.

## INVESTIGACION PROYECTO FONDEF

Basados en estos antecedentes el grupo de investigadores de la Universidad de Concepción y la Universidad de Los Lagos, se encuentran desarrollando actualmente el proyecto **FONDEF IT161100022 “Producción de almejas (*Venus antiqua*) de pequeño calibre en sistemas de cultivo suspendidos: alternativa productiva para empresas cultivadoras de bivalvos”,** el cual se centra en el desarrollo de un prototipo de cultivo para sistemas suspendidos tipo long line, desarrollados para las etapas de pre engorda y engorda de almeja *Venus antiqua*, con el fin de obtener un producto de pequeño calibre para los mercados internacionales demandantes de este producto.



Figura 3. a) Producto procesado al vacío de 350 g de almejas de pequeño calibre, b) Conserva de almejas de pequeño calibre.

Este sistema de cultivo es desarrollado específicamente para ser utilizado como alternativas para los productores de Mitílidos, Ostreídeos y Pectínidos, a nivel nacional, con el fin de complementar y hacer más eficiente sus concesiones de acuicultura y aprovechar de mejor manera la infraestructura instalada o para aquellos nuevos inversionistas que vean un futuro desarrollo en la industria de productos de pequeño calibre.

De esta manera, el proyecto innova, al desarrollar el cultivo suspendido de almeja en Chile, en circunstancias que a nivel mundial la tecnología de cultivo se realiza habitualmente en sistemas de fondo, lo que deja fuera a los actuales productores de moluscos bivalvos en sistemas suspendidos a nivel nacional. Con ello, se hace participar del negocio a la industria productora de moluscos bivalvos, utilizando sus actuales concesiones para el cultivo en el mar y su infraestructura disponible, tales como long lines, plataformas de trabajo y embarcaciones, aprovechando su know how sobre el cultivo suspendido.

La tecnología desarrollada por los investigadores de la Universidad de Concepción y Universidad de Los Lagos, en conjunto con Granja Marina Chauquear, contraparte de este proyecto, está basada en el desarrollo de un diseño industrial original, para realizar el cultivo de almeja *V. antiqua* en sistemas suspendidos. En el desarrollo de estos sistemas de cultivo flotantes se han tenido en cuenta las características propias del cultivo de la almeja *Venus antiqua* en formato de pequeño calibre, adaptado



Figura 2. a) Siembra de semillas de almeja *V. antiqua* en la zona intermareal del mar interior de Chiloé, b) Cosecha 16 meses después desde la zona intermareal, c) producto seleccionado para proceso de 35 mm.

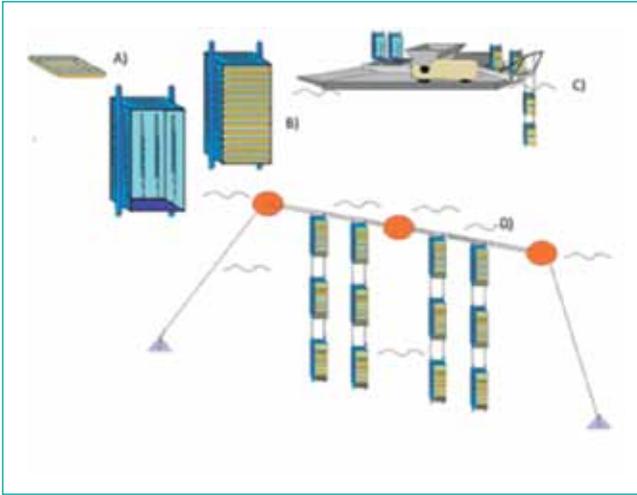


Figura 4. Figura referencial del actual sistema en evaluación de cultivo de almejas de pequeño calibre.

a las condiciones geográficas y oceanográficas de cada localidad en evaluación, a través de diseños que consideran la biología, concentración de fitoplancton de la columna de agua, la hidrodinámica que optimiza el intercambio de agua en los sistemas y facilidad en el manejo de las operaciones de siembra, mantenimiento, traslados y cosechas.

Esta solución proveerá a cultivadores nacionales, que hoy tienen producción de moluscos bivalvos, diversificar la producción y con ello entrar al mercado de las almejas de pequeño calibre a nivel mundial. Esta tecnología no solo producirá un fuerte impacto en el desarrollo de este cultivo en nuestro país, sino que dado la protección que se puede realizar de esta tecnología, perfectamente podría ser exportada a aquellos países productores de almeja.

Las ventajas que se obtienen del cultivo de almeja de pequeño calibre en este tipo de sistemas suspendidos son:

- En el cultivo se asegura un abastecimiento de materia prima de acuerdo al calibre demandado por el mercado, a diferencia de la extracción de poblaciones naturales que produce un abastecimiento incierto y calibres heterogéneos.
- En el cultivo se puede programar la producción de acuerdo a la demanda del mercado, lo cual no es factible en la extracción de poblaciones naturales. Es decir en el cultivo se puede obtener productos “a la medida del cliente”.
- En el cultivo se puede incorporar tecnologías de punta como genética y biotecnología generando un producto acorde a los requerimientos de mercado, lo cual, no es posible de hacer en los bancos naturales.
- En el cultivo no se genera deterioro ambiental como en el caso de la explotación de las poblaciones naturales
- En el cultivo se acortan los períodos de cultivo, debido a que los organismos aprovechan el alimento disponible (fitoplancton) en toda la columna de agua, a diferencia de lo que ocurre en poblaciones naturales de fondo que el alimento es altamente fluctuante.

## BIBLIOGRAFIA

**Aquaculture Association of Canada (2011).** Canadian Aquaculture R&D Review 2011. Management of Commercial-Scale Soft-Shell Clam Growout Operations.

**Cataudella, S.; G. Carrada (2000).** Un mare di risorse. Introduzione alla conservazione ed alla gestione delle risorse ittiche. Roma. Italia.

**Chikami, S., Chávez, J. Y Saito, T. (2007).** Guía para modelo de mejoramiento de la calidad de vida de los pescadores artesanales a través del cultivo de engorde de curil o concha (*Anadara tuberculosa*). Proyecto para el desarrollo de la acuicultura de moluscos en la República de El Salvador. Centro de desarrollo de la pesca y la acuicultura (CENDEPESCA). Ministerio de agricultura y ganadería (MAG). Agencia de cooperación internacional del Japón (JICA)

**Gracia, L. www. latern.com** Situación italiana en relación al preengorde de semilla de moluscos.

**González, A. Y Giraldez, J. (2013).** Acuicultura y Globalización: el caso de la industria del mejillón. Asociación española de historia económica.

**Hall, S. (2012).** Acidifying oceans and the future of molluscs: implications for food security?. [Http://Blog.Worldfishcenter.Org/2012/04/Acidifying-Oceans-Future-Of-Molluscs-Implications-For-Food-Security/](http://Blog.Worldfishcenter.Org/2012/04/Acidifying-Oceans-Future-Of-Molluscs-Implications-For-Food-Security/)

**Jacumar. (2007).** Informe Final Extenso: “Desarrollo de la tecnología de producción y cultivo de almejas”. Planes Nacionales. JACUMAR Junta Nacional Asesora de Cultivos Marinos

**Lazzari, M. (2007).** Technologie Per l'acquacultura. Prof. Massimo Lazzari. Anno Accademico 2007-2008. Presentación.

**Paesanti, F.; M. Pellizzato. (1994).** Tapes Philippinarum. Manuale sulla vongola verace d'allevamento. Editado Por Esav. Padova, Italia.

**Patiño, D. (2007).** Desarrollo de la tecnología de producción y cultivo de almejas. JACUMAR

**Pérez Camacho, A. (1991).** Cultivo de almejas en playas. Tema 14. Dirección Xeral De Formación Pesqueira E Investigación. Consellería de Pesca, Marisqueo e Acuicultura, Xunta de Galicia, España. 40 Pág.

**Turolla, E. (2008).** La venericoltura in Italia. En A. Lovatelli, A. Farías E I. Uriarte (Eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de FAO 20-24 de Agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. No. 12. Roma, FAO. Pp. 177-188.

**Virginia Sea Grant. 2011.** Impacts of clam aquaculture. [Http://Vaseagrant.Vims.Edu/2011/01/18/Impacts-of-clam-aquaculture/](http://Vaseagrant.Vims.Edu/2011/01/18/Impacts-of-clam-aquaculture/)

**Virginia Sea Grant. 2010.** Shellfish Aquaculture in Massachusetts. Focal Points. Woods Hole Oceanographic Institution

# DESARROLLO E INNOVACIÓN en nuevos productos del Mar



Margarita Pérez<sup>1</sup>, Lucía de la Fuente<sup>1</sup>, Betty Ronceros<sup>1</sup>, Ma. Elita López<sup>2</sup> y Patricio Campos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Acuicultura y Recursos Agroalimentarios

<sup>2</sup> Centro de Análisis de los Alimentos (CEAL)

El Gobierno Regional (GORE) de la Región de Los Ríos, como una forma de potenciar la ejecución de la Política Regional de Desarrollo Pesquero y Acuícola (PRDPA) ha destinado recursos, provenientes del Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC), para el desarrollo, innovación y generación de valor en los recursos pesqueros, siendo coherente con los objetivos de la PRDPA: a) mejorar el proceso productivo y de comercialización de productos marinos frescos y procesados; b) diversificar y agregar valor a la oferta de productos de la región y c) incentivar un manejo y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad hidrobiológica, basada en conocimiento, investigación e información científica. En este marco el GORE Los Ríos, a través de la Corporación Regional de Desarrollo Productivo presentó a licitación el estudio “Desarrollo e innovación en nuevos productos del Mar” el cual fue adjudicado a la Universidad de Los Lagos.



Foto 1. Obtención del recurso Choro maltón (*Choromytilus chorus*) en la localidad de Chaihuín.

El descenso sostenido en los desembarque pesqueros y la presencia de un mercado cada vez más competitivo, segmentado y sofisticado justifican el diseño y desarrollo de productos para el consumo humano. La elaboración de estos productos impactará positivamente sobre los recursos ya que se requerirá extraer menores volúmenes para obtener ganancias similares. Por lo tanto a través de este proyecto se busca desarrollar productos pesqueros para consumo humano directo, con la implementación de tecnologías de mínimo procesamiento para las materias primas, que puedan ser transferidas a organizaciones o emprendedores de la pesca artesanal, con el fin de diversificar y agregar valor a la oferta de productos derivados de la pesca artesanal de la Región de Los Ríos e incentivar el manejo y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad hidrobiológica.

La primera etapa consistió en realizar un catastro territorial de recursos hidrobiológicos y de productos elaborados, destinados a consumo humano en las comunas costeras de la Región de Los

Ríos: San José de la Mariquina, Valdivia y Corral, identificando aquellos recursos que posean estadísticas de desembarque, planes de manejo y/o posibilidades de ser cultivados en las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB) para prospectar un negocio a largo plazo, considerando los factores bióticos y abióticos que afectan a los recursos pesqueros, dado que la disponibilidad y calidad de la materia prima son factores clave del éxito en este tipo de emprendimiento. Por el lado de la demanda, se trabajó con información secundaria y documental para describir el mercado potencial de los recursos pesqueros de más alto valor para el consumidor. Así, con elementos de la oferta de recursos y la demanda de los mismos, se entregó una propuesta de potenciales recursos, la que fue validada en un taller con actores territoriales de la cadena de valor: compradores, proveedores (pescadores), plantas procesadoras, instituciones públicas, entre otros. Posteriormente con los recursos definidos se procedió a la elaboración de productos, su validación organoléptica, el análisis químico para el etiquetado y la transferencia a potenciales productores de la región de Los Ríos.

Tabla 1. Desembarque total y porcentual de recursos procedentes de Pesca Artesanal, AMERBS y Recolectores de Orilla en las caletas de la Región de Los Ríos (SERNAPESCA, cifras 2015).

Nº	Caleta	Total	%
1	Corral	54.884,4	71,6%
2	Valdivia	17.203,6	22,4%
3	Huape	1.188,9	1,6%
4	Niebla	1.043,0	1,4%
5	Mehuín	660,6	0,9%
6	Los Molinos	643,1	0,8%
7	Isla del Rey	245,4	0,3%
8	Missisipi	155,5	0,2%
9	Chaihuin	151,3	0,2%
10	Sal Carlos	110,5	0,1%
11	El Piojo	92,8	0,1%
12	La Aguada	55,9	0,1%
13	Bonifacio	49,5	0,1%
14	La Misión	44,3	0,1%
15	Huiro	33,9	<0,1
16	Corral Bajo	33,2	<0,1
17	Bahía San Juan	28,0	<0,1
18	Amargos	21,1	<0,1
19	Mancera	9,6	<0,1
20	San Ignacio	6,7	<0,1
21	Maiquillahue	6,5	<0,1
22	Chan Chan	0,7	<0,1
23	Tres Espinos	-	-
24	Lamehuapi	-	-
25	Hueicolla	-	-

### A.- Análisis de desembarque e informantes clave por localidad.

Para este análisis se consideró como base la información de desembarque del 2015. Según SUBPESCA y SERNAPESCA, en la región de Los Ríos hay 25 caletas pesqueras que informan sus movimientos (Tabla 1).

Según datos entregados por SERNAPESCA el año 2015 se declararon un total de 84 especies como recursos pesqueros en la Región de Los Ríos. De acuerdo a estas cifras, los peces constituyen el 99,17% del volumen total de recursos capturados, recolectados o cosechados; le siguen en importancia los moluscos (0,40%), crustáceos (0,25%), otros (0,16%) (piures y erizos) y las algas (0,02%). La estadística de captura de la **pesca artesanal** en esta región, indica que dentro del grupo de los peces, la sierra (*Thyrsites atun*) es el recurso que presenta el mayor desembarque relativo histórico, seguido del robalo (*Eleginops maclovinus*), pejerrey de mar (*Odontesthes regia*), la corvina (*Cilus gilberti*), el pejegallo (*Callorhynchus callorhynchus*), el congrio colorado (*Genipterus chilensis*) y finalmente el chancharro (*Helicolenus langerichi*). En tanto que

para los moluscos, la lapa negra (*Fissurella nigra*) registra el mayor desembarque relativo histórico, seguido del chorito (*Mytilus chilensis*), trumulco (*Chorus giganteus*), el choro zapato (*Choromytilus chorus*), la macha (*Mesodesma donacium*) y la cholga (*Aulacomya atra*). Para las macroalgas, se destaca en los desembarques artesanales sólo la Luga Negra (*Sarcothalia crispata*) (Figura 1).

Del examen de los antecedentes anteriormente descritos surgió una primera propuesta de recursos susceptibles de someter a la elaboración de productos, la que fue presentada en el taller de validación efectuado con actores territoriales, la cual dio como resultado la propuesta de 5 recursos, para la elaboración de productos. Los recursos seleccionados fueron: sierra, robalo, lapa, navajuela y huepo.

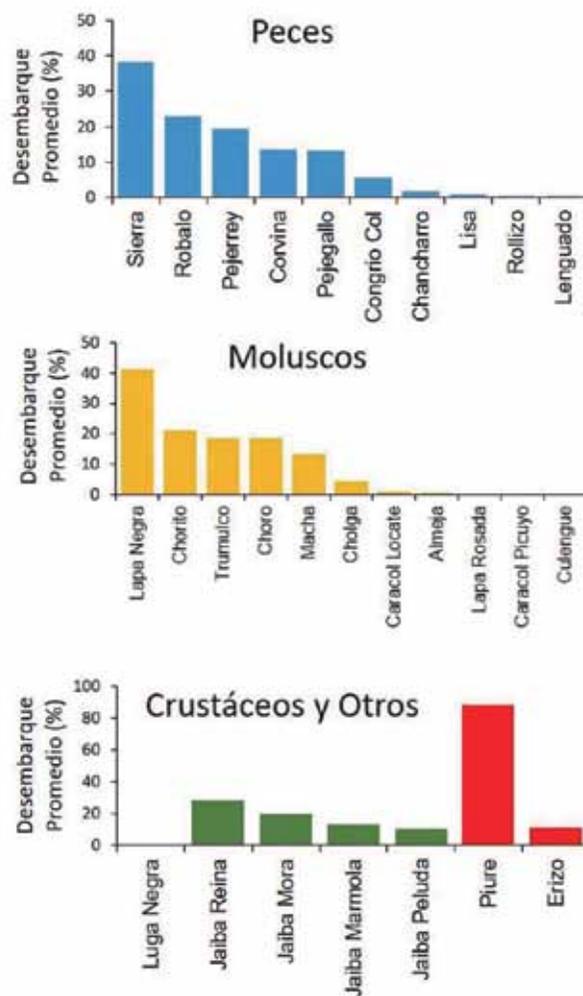


Figura 1. Desembarque promedio porcentual histórico (2010-2015), por grupo, de recursos pesqueros procedentes de la pesca artesanal en la Región de Los Ríos.

### B. Procesamiento

Con esta propuesta de recursos se trabajó en la Planta Piloto de Procesos de la Universidad de Los Lagos en el desarrollo de productos elaborados. En la Tabla 2 se detallan los procesos a los cuales fueron sometidos los recursos. Se especifican las tecnologías más importantes y se muestra el formato de presentación.



Foto 2.



Foto 3.



Foto 4.



Foto 5.



Foto 7.



Foto 6.



Foto 8.

Foto 2. Evaluación de aceptabilidad de productos en el XXXVII Congreso de Ciencias del Mar.  
 Foto 3. Transferencia de producto pasta de caracol negro y choritos.  
 Foto 4. Limpieza de sierra para preparar nuggette.  
 Foto 5. Fotografía de productos.  
 Foto 6. Ahumado de choro zapato  
 Foto 7. Transferencia de producto pino de navajuela  
 Foto 8. Transferencia con recolectoras de orilla de Los Molinas.

Tabla 2. Formato de presentación y vida útil de los productos, por línea de proceso.

PROCESO	PRODUCTOS	PRESENTACION	VIDA UTIL	
Deshidratado	Lechuga de mar	Pote de aluminio con dosificador	Alta	
	Luche bajo en sodio	Pote de aluminio con dosificador	Alta	
Deshidratado / Ahumado / Refrigerado	Choro maltón café ahumado	Bolsas a vacío	Relativa	
	Choro maltón negro ahumado	Bolsas a vacío	Relativa	
Conserva	Pasta de lapa con pimentón	Frascos de 26 g, 200-220 g y 500 g	Alta	
	Pasta de chorito y caracol negro	Frascos de 26 g, 200-220 g y 500 g	Alta	
	Pino de navajuela	Frascos de 26 g, 200-220 g y 500 g	Alta	
	Pino de navajuela con merquen	Frascos de 26 g, 200-220 g y 500 g	Alta	
	Sardina con pimentón	Frascos de 26 g, 200-220 g y 500 g	Alta	
	Huepo a la vinagreta	Frascos de 26 g, 200-220 g y 500 g	Alta	
	Caldillo de huepo	Frascos de 26 g, 200-220 g y 500 g	Alta	
	Pasta de huepo	Frascos de 26 g, 200-220 g y 500 g	Alta	
	Ahumado / Conserva	Robalo	Frascos de 450 g	Alta
	Mezcla / Congelado	Nugget de sierra	Bolsas de 200 g	Relativa
Ahumado / Refrigerado	Congrio ahumado a las finas hierbas	Bolsa a vacío	Relativa	
Mezcla ambiente	Barra de cereal y algas	Bolsa de celofán de 50 g	Media	

En la última línea se detalla si el producto puede tener una alta vida útil, como es el caso de los deshidratados y conservas, o una vida útil relativamente corta (no mayor a un mes) en el caso de productos que requieren refrigeración y/o congelación. Los procesos para agregar valor a los recursos pesqueros se basaron en primer lugar en la selección de tecnologías de amplia aplicación, fácil de ser transferida, y con sustentabilidad ambiental.

### C. Evaluación sensorial de los productos procesados

En todos los prototipos desarrollados se evaluó aceptabilidad con panel piloto cercano a 20 personas. Tomando como base los comentarios y notas obtenidos en el panel piloto algunos productos fueron mejorados. Posteriormente los productos mejor evaluados fueron sometidos a estudios de aceptabilidad con potenciales consumidores tanto en el Laboratorio de Evaluación Sensorial de la Universidad de Los Lagos, como en Ferias o Reuniones realizadas con este fin, donde el N, en todos los casos, es superior a 50 evaluaciones.

La aceptabilidad se midió con escala de 7 puntos donde: 7 Me gusta muchísimo y 1 Me desagrada muchísimo.

Los productos que presentaron muy buena aceptabilidad, con notas 6 son: Choro maltón café ahumado, Choro maltón negro ahumado, Barra de cereal con algas, Pasta de Chorito y caracol negro, Huepo a la vinagreta, Caldillo de huepo, Robalo ahumado en conserva (Figura2).

Los productos que presentaron buena aceptabilidad con notas 5 son: Croqueta de sierra, Congrio ahumado a las finas hierbas, Lechuga de mar, Navajuelas sin merquen, Pasta de lapa con pimentón y Pasta de huepo. Los productos que presentaron aceptabilidad neutra, que no gusta ni disgusta, con nota 4 son: Luche bajo en Sodio y Navajuela con merquén. Finalmente la conserva de sardina que solo alcanza una aceptabilidad que desagrada ligeramente con nota 3,4 es un producto que no es viable por la calidad de la materia prima (Figura2).

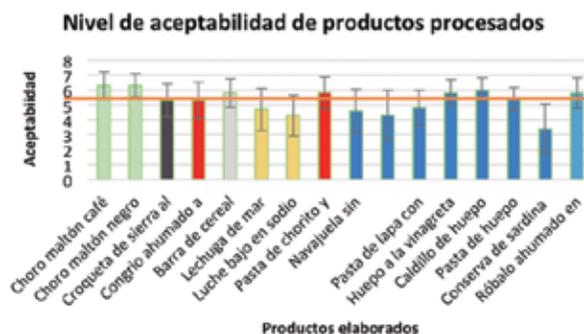


Figura 2. Aceptabilidad de productos procesados

### Conclusiones

- Se desarrollaron 6 productos de los cuales hay 13 productos que gustan, 2 presentan aceptabilidad neutra y solo 1 desagrada.
- Se desarrollaron fichas de los productos, que incluyen las características nutricionales, Layout de la planta y Buenas prácticas de manufactura (BPM) (datos no mostrados en este estudio), las cuales serán entregadas en el taller final en el seminario de Clausura.
- La etapa de transferencia se está realizando directamente con las integrantes de los sindicatos.

# ¿Quién elude? ¿Quién evade? ¿Sabe usted si lo está haciendo? ¿Sabe usted cuál es el costo de hacerlo?



www.asesoria-gestion.cl · www.propiedadesosorno.cl

Estos son los nuevos términos utilizados para limitar el actuar de los contribuyentes y encausarlos hacia lo que el legislador quería lograr con la ley, como se dice el espíritu de la ley, cuando uno escucha estos términos es fácil recordar la niñez o juventud tratando en mas de alguna oportunidad eludir o derechamente evadir alguna situación embarazosa con un grupo de amigas o amigos, claramente al ser sorprendido con estas actitudes seguramente seríamos sancionados social y hasta moralmente por nuestros pares, generando una lección de vida que nos llevaría a ser personas capaces de enfrentar cada situación de la vida sin titubear y asumiendo el costo de esto.

Pero como se definen estos términos  
Si nos trasladamos a la definición literaria de éstos tenemos que en la lengua española se definen bajo los siguientes términos:

## Elución

Acción y efecto de eludir > Eludir > Del latín. eludĕre.

1. Evitar con astucia una dificultad o una obligación. Eludir el problema. Eludir impuestos.
2. Esquivar el encuentro con alguien o con algo. Eludió su mirada.
3. No tener en cuenta algo, por inadvertencia o intencionalmente. Eludió su reproche.

## Evadir

Del latín. evadĕre.

1. Evitar un daño o peligro.
2. Eludir con arte o astucia una dificultad prevista.
3. Sacar ilegalmente de un país dinero o cualquier tipo de bienes.
4. Fugarse (escaparse).
5. Desentenderse de cualquier preocupación o inquietud.

Como podemos apreciar estas definiciones están bastante cercanas a un sinónimo, pero hay algo que las separa claramente, en el concepto de elución se habla de la astucia para el logro de un objetivo, en cambio en la evasión menciona que se actúa de forma ilegal para el logro del objetivo, en ambos casos el objetivo corresponde a evitar algo.

Un ejemplo de elusión: En una organización de empresa se pase el dominio de un bien a otra empresa y se considere un base imponible menor al corriente en plaza, es decir un precio menor a lo que se vende en el mercado para un mismo bien.

Pues veamos ahora que dice nuestra legislación respecto de estos conceptos.

## Definiciones tributarias

En el decreto Ley 830, Código Tributario, en su artículo 4to se indica que Servicio deberá reconocer la buena fe de los contribuyentes. La buena fe en materia tributaria supone reconocer los efectos que se desprendan de los actos o negocios jurídicos o de un conjunto o serie de ellos, según la forma en que estos se hayan celebrado por los contribuyentes.

No hay buena fe si mediante dichos actos o negocios jurídicos o conjunto o serie de ellos, se eluden los hechos imposables establecidos en las disposiciones legales tributarias correspondientes. Se entenderá que existe elusión de los hechos imposables en los casos de abuso o simulación establecidos en los artículos 4º ter y 4º quáter, respectivamente.

Dentro del mismo tecto legal tenemos la definician de Artículo 4º quáter.- Habrá también elusión en los actos o negocios en los que exista simulación. En estos casos, los impuestos se aplicarán a los hechos efectivamente realizados por las partes, con independencia de los actos o negocios simulados. Se entenderá que existe simulación, para efectos tributarios, cuando los actos y negocios jurídicos de que se trate disimulen la configuración del hecho gravado del impuesto o la naturaleza de los elementos constitutivos de la obligación tributaria, o su verdadero monto o data de nacimiento. (1b)

Por lo tanto, elusión bajo un concepto tributario es la utilización de medios legales para reducir la cantidad de impuesto a pagar. Por lo cual el contribuyente utiliza normas que están en la ley para disminuir el monto a pagar en impuestos.

Por otro lado la evasión tributaria es el uso de medios ilegales

para reducir el pago de impuestos que le correspondería pagar a un contribuyente. En este caso el evasor actúa de mala fe, en forma ilícita. Entonces se engaña a las autoridades tributarias de distintas maneras.

## Mirada del Servicio Impuestos Internos

Que dice el SII respecto de este tema, al consultar la página del SII uno encuentra los siguientes:

### GRANDES TOPICOS DE LA LEY DE LUCHA CONTRA LA EVASION Y ELUSION TRIBUTARIA

A continuación se presenta un documento que describe de forma general los motivos y alcances de la referida ley.

La Ley 19.738 "Normas para combatir la evasión tributaria" tiene por objeto reducir estos comportamientos. Para esto se modificaron diversas leyes entre las cuales destacan el Código Tributario, la Ley sobre Impuesto a la Renta, Impuesto a las Ventas y Servicios, Ordenanza de Aduanas y las leyes orgánicas del Servicio de Impuestos Internos (SII), de Aduanas y de Tesorería.

Entre los aspectos más relevantes contenidos en la legislación, que busca recaudar alrededor del equivalente a US\$ 700 millones a pleno régimen en 2005, deben mencionarse los siguientes:

- Mayor eficiencia y trato más justo al contribuyente
- Nuevos planes de fiscalización del SII
- Fortalecimiento de las facultades de la administración tributaria
- Perfeccionamiento de las leyes tributarias
- Focalización Rentas Presuntas
- Control de la Evasión y Elusión de Grandes Contribuyentes
- Modificación de Normas Tributarias
- Adecuación institucional del Servicio de Impuestos Internos y de la Tesorería general de la República
- Creación de entidades específicas
- Creación y aumento de sanciones

Se detalla en este artículo del SII cada uno de estos puntos, pero no lo incluiremos en este texto por su extensión.

En este artículo se presentan algunos datos estadísticos que son interesantes de ver

## Estadísticas de infracciones tributarias

En 2016, 1.339.243 contribuyentes presentaron Declaraciones Juradas de Renta, un 20% más que en 2015. De acuerdo con las estadísticas del SII, del total antes mencionado más de 95 mil se presentó fuera de plazo y 159.152 fueron rectificadas, lo que implicó multas por \$6.211 mi-

liones, equivalentes a un alza de 52,4% más que en 2015.

Las estadísticas fueron dadas a conocer en el marco de la aplicación del Modelo de Cumplimiento Tributario, que busca disminuir las brechas de cumplimiento de los contribuyentes respecto a la presentación de Declaraciones Juradas de Renta.

La no presentación o envío fuera de plazo afecta tanto a las empresas como a terceros relacionados, en este caso trabajadores dependientes, socios y accionistas, trabajadores independientes, entre otros.

Así, en el caso de la Declaración Jurada de Honorarios (F 1879), durante 2016 más de 13 mil empresas no pagaron la retención de honorarios al SII o lo hicieron por un monto menor, lo que afectó a 121.015 personas. En el caso de la Declaración de Sueldos (F 1887), 9.913 empleados no cumplieron con su obligación, lo que afectó a 377.854 contribuyentes.

El SII invita también a los contribuyentes a asumir un rol activo y dar seguimiento a la información que durante febrero y marzo

envían las empresas a las que le emitieron boletas de honorarios, su Administradora de Fondos de Pensiones (AFP), bancos, entre otros informantes o agentes retenedores, puesto que con esta información se construirá su propuesta de Declaración de Renta 2017. Si se verifica a tiempo que la información entregada es la correcta, se contribuirá a que el proceso de Declaración de Renta sea rápido, sencillo y sin diferencias. Estimación Evasión IVA Años 2003 – 2015 Base MIP 2008

Visto estos datos estadísticos es evidente la necesidad de tener una adecuada asesoría tributaria para no caer dentro de estas estadísticas de multas innecesarias que solo llevan engrosar los fondos fiscales por meros errores en el ingreso de la información, retardo o no envío de esta.

Continuaremos con el artículo del SII respecto de la evasión pero tomado datos resumidos para simplificar el artículo.

Según este artículo del SII, la evasión se define como la diferencia entre la recaudación teórica (aquella que se obtendría si todos cumplieren con sus obligaciones tributarias) y la recaudación efectiva. La tasa de evasión expresa esta diferencia como porcentaje de la recaudación teórica<sup>1</sup>. Como la recaudación efectiva es conocida (a través de los ingresos tributarios), la estimación se centra en la recaudación teórica. La metodología utilizada en la estimación se conoce como la del IVA no deducible, y tiene por objetivo estimar, a partir de agregados macroeconómicos, el monto total de las transacciones que generan IVA, que posteriormente no da derecho a crédito fiscal dentro de la cadena de valor agregado. En términos generales, la base imponible teórica se estima a partir del consumo final de los



hogares, del cual se excluye la fracción que es exenta y al que se le agrega el consumo intermedio en bienes gravados por parte de los sectores exentos, cuyo IVA soportado no es acreditable, y forma parte de sus costos productivos. Finalmente, al aplicar la tasa de IVA vigente se obtiene la recaudación teórica, la que se compara con la recaudación efectiva, siendo la diferencia entre ambas el monto evadido.

## Estimación Base Imponible Teórica

1. Si la recaudación efectiva de IVA se representa por R, la tasa legal del IVA por t, la base teórica por B, entonces la tasa de evasión del impuesto e resulta definida como:

$$e = B \cdot t - R = RT - R ; RT: \text{Recaudación teórica } B \cdot t \quad RT$$

### 1. METODOLOGÍA

Estimación Evasión IVA Años 2003 – 2015 Base Matriz Insumo Producto 2008

La recaudación teórica se obtiene multiplicando la base imponible teórica por la tasa legal vigente. Por lo tanto, la figura queda de la siguiente manera:

$$\text{Recaudación Teórica} = \text{Base Teórica} \times \text{Tasa} \quad (1)$$

Si la tasa legal del IVA ha cambiado dentro de un año, se aplica una tasa promedio ponderada por el tiempo en que dichas tasas han estado vigentes.

## Recaudación efectiva

La recaudación efectiva debe ser comparable con la recaudación teórica estimada. Eso significa que se debe considerar la recaudación devengada, comparable con el consumo final que genera IVA no deducible en la economía.

Esta recaudación devengada está compuesta por: IVA Interno + IVA importaciones (2)

El valor de cada una de estas variables es obtenido de manera directa de los Ingresos Tributarios construidos en base a la información de la Tesorería General de la República.

## Estimación de la Evasión

El monto de la evasión se define como sigue:

$$\text{Monto Evasión} = \text{Recaudación Teórica} - \text{Recaudación Efectiva} \quad (3)$$

Finalmente, la tasa de evasión se expresa en porcentaje de la siguiente manera: Tasa de Evasión =  $\frac{\text{Monto de evasión}}{\text{Recaudación Teórica}} \times 100$  (4)

Estimación Evasión IVA Años 2003 – 2015 Base MIP 2008

Serie de evasión anual de IVA (2003 – 2015) estimada con base Matriz Insumo Producto (MIP) 2008:

Período	Tasa Evasión	Monto (MM\$*)	Monto (MM US**)
2003	18	895.050	1.294,30
2004	18,1	1.013.521	1.663,00
2005	16,7	1.063.592	1.899,70
2006	15,9	1.115.231	2.103,20
2007	14,8	1.172.019	2.242,30

2008	22,5	2.047.620	3.924,20
2009	20,2	1.814.860	3.242,70
2010	22,2	2.300.862	4.508,10
2011	23,6	2.793.576	5.779,50
2012	24,8	3.241.982	6.660,50
2013	24,5	3.478.129	7.026,50
2014	22,8	3.433.881	6.024,20
2015	20,3	3.217.847	4.918,40

Viendo este cuadro se puede apreciar que durante el primer periodo desde los años 2003 al 2007 se presenta una constante baja en la evasión de impuesto.

Desde el periodo 2009 al 2012 se presenta un aumento constante de la tasa de evasión.

Finalmente desde el año 2013 al 2015 presenta nuevamente una disminución de la tasa de evasión.

## ¿Que podría explicar este comportamiento errático respecto de la evasión de los contribuyentes en Chile?

Una explicación en la economía es que al aumentar la tasa de impuestos muchos contribuyentes prefieren asumir el costo de ser sorprendidos evadiendo el impuesto que pagar la sobre tasa que este implica, pero cuál es la tasa de impuesto que han aplicado a las empresa durante estos periodos

Tasa	Año
2003	16,5%
2004 hasta 2010	17%
2011 hasta 2013	20%
2014	21%
2015	22,5%

Viendo esta tabla donde se puede apreciar como se ha ido aumentando la tasa de impuesto de primera categoría a las empresas, efectivamente se puede deducir una coincidencia con esta teoría que corresponde al incremento de tasa desde el año 2010 al 2011 en que subieron 3 puntos porcentuales, coincidentemente se genera un aumento de la evasión desde el año 2009 al 2012. Los aumentos posteriores de impuestos son más graduales correspondiendo al un punto porcentual.

Quizás la evasión está dada por el tipo de gobierno que tiene nuestro país:

Ricardo Lagos	2000-2006	Evasión	Disminuye
Michelle Bachelet	2006-2010	Evasión	Aumenta
Sebastián Piñera	2010-2014	Evasión	Aumenta
Michelle Bachelet	2014-2018	Evasión	Disminuye

Como se puede apreciar en esta muestra el tipo de gobierno no marca una tendencia respecto de la evasión, ya que esta aumenta tanto en los gobiernos de izquierda como de derecha .

Bien hay infinidad de factores que se podrían analizar, pero se necesitaría un espacio mas grande y con una mayor cantidad de datos que permitan determinar un comportamiento, quizás el comportamiento está dado sólo por errores involuntarios o deseos individuales de personas que no miden las consecuencias económicas que contraen el no pagar sus impuestos.

### ¿Cual es el riesgo de eludir?

El Servicio de impuestos internos da la facilidad a los contribuyentes que tengan dudas respecto de alguna actividad para que puedan consultar respecto de si esta constituye una elución o no, esto es en la Circular 41 del SII año 2016

*“Artículo 26 bis.-: Los contribuyentes u obligados al pago de impuestos, que tuvieren interés personal y directo, podrán formular consultas sobre la aplicación de los artículos 4° bis, 4° ter y 4° quáter a los actos, contratos, negocios o actividades económicas que, para tales fines, pongan en conocimiento del Servicio. Asimismo, toda persona podrá formular consultas con el objeto de obtener respuestas de carácter general, no vinculantes, en relación con el caso planteado, las cuales no quedarán sujetas a las disposiciones del presente artículo. El Servicio publicará en su sitio de internet las respuestas respectivas.*

*El Servicio regulará mediante resolución la forma en que se deberá presentar la consulta a que se refiere este artículo, así como los requisitos que ésta deberá cumplir. El plazo para contestar la consulta será de noventa días, contados desde la recepción de todos los antecedentes necesarios para su adecuada resolución. El servicio podrá requerir informes o dictámenes a otros organismos, o solicitar del contribuyente el aporte de nuevos antecedentes para la resolución de la consulta.*

*El Servicio, mediante resolución fundada, podrá ampliar el plazo de respuesta hasta por treinta días.*

*Expirado el plazo para contestar sin que el Servicio haya emitido respuesta, la consulta se tendrá por no presentada para todos los efectos legales.*

Pues bien lo sorprendente en este artículo es que si el servicio de impuestos internos no da respuesta dentro del plazo indicado, la consulta se considera como no efectuada para efectos legales.

Bien, a lo que nos interesa en esta pregunta, cuál es el riesgo? se cita el siguiente artículo:

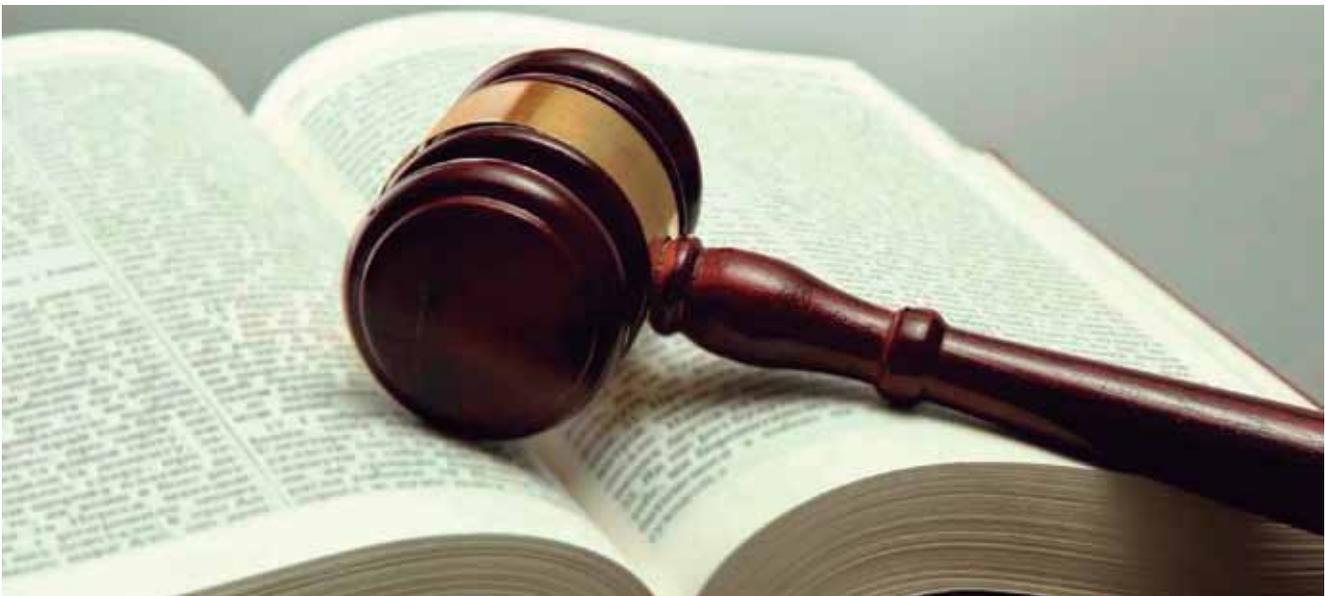
### Sanción

La infracción descrita en el artículo citado, se sanciona con una multa de hasta el 100% de todos los impuestos que, por el hecho de haber incurrido en las conductas indebidas, dejaron de enterarse en arcas fiscales, con el tope de 100 UTA.

De acuerdo con lo anterior, una vez que se encuentre firme y ejecutoriada la sentencia del Tribunal que declare la existencia del abuso o simulación y la responsabilidad por el diseño o planificación de actos, contratos o negocios constitutivos de abuso o simulación, el Servicio aplicará la multa, la cual no será susceptible de reclamo alguno. La sentencia del tribunal deberá imponer como multa hasta un 100% de todos los impuestos que deberían haberse enterado en arcas fiscales de no haber mediado las conductas elusivas, con un tope de 100 UTA. El Servicio, sobre la base de la resolución jurisdiccional girará la multa. El giro correspondiente será notificado al infractor de acuerdo con las reglas generales.

### Bibliografía

Ley 830  
Circular 41 del año 2016  
Página SII





ENVASES IMPRESOS  
ROBLE ALTO

# Innovación

Impresión - Precisión - Producción - Medioambiente



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

Teléfono de Contacto: (+56) 2 2444 2400 - [contacto.corrugado@cmpec.cl](mailto:contacto.corrugado@cmpec.cl) Plantas: Til Til - Buin - Osorno



# DOCTORADO EN ACUICULTURA

## Programa Cooperativo

### DESCRIPCIÓN GENERAL

El Programa de Doctorado en Acuicultura es un programa cooperativo entre las Universidades Católica del Norte (UCN), Universidad de Chile (UCH) y Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV) conducente al grado académico de **Doctor en Acuicultura**.

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



### Contacto

#### Universidad de Chile

Facultad de Ciencias Agronómicas

Dirección: Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago, Chile

Teléfono: +562 29785752 / 29785864

Email: [docacui.agronomia@u.uchile.cl](mailto:docacui.agronomia@u.uchile.cl)

[ndiaz@uchile.cl](mailto:ndiaz@uchile.cl)

#### Universidad Católica del Norte

Facultad de Ciencias del Mar

Dirección: Larraondo 1281, Coquimbo, Chile

Teléfono: +56 51 2205935

E-mail: [docacui@ucn.cl](mailto:docacui@ucn.cl)

[doctorado.acuicultura@ucn.cl](mailto:doctorado.acuicultura@ucn.cl)

#### Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Escuela de Ciencias del Mar

Dirección: Avenida Altamirano 1424/ 1480, Valparaíso, Chile.

Teléfono: +56 32 2274234

Email: [doctorado.acuicultura@ucv.cl](mailto:doctorado.acuicultura@ucv.cl)

