

**Distribución Gratuita**  
**Consérvela** Año 13 Nº25 2016

# versión<sup>®</sup> diferente

**revista**

**Salmón-Acuícola**

## **ACTUALIDAD INFORMATIVA**

- **Acidosis Respiratoria y Metabólica en Salmónidos**
- **Densidad de Cultivos en Peces**
- **Malformaciones en Salmónidos**
- **Valoración Concesión Marina**
- **Biomateriales Macroalgas**
- **Tecnología en Acuicultura**
- **Cultivo Cobia**

*Investigaciones de Universidades Chilenas*

# Servicio integral

# PRODUCTOS CONGELADOS

- En Talcahuano, Puerto Montt, Puerto Chacabuco y Punta Arenas damos servicio a la carga de productos congelados, frescos, cosecha y carga seca.



- RECEPCIÓN Y DESPACHO
- ALMACENAJE
- TRANSPORTE



- CONTROL DE STOCK Y MANEJO DE INVENTARIOS
- CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO DE CARGA



- LOGÍSTICA DE COSECHA EN TANKTAINERS



- ALMACENAJE EN CÁMARAS FRIGORÍFICAS Y CONTENEDORES REEFER

Sistema integrado que permite medir la trazabilidad completa del servicio.

[www.saam.cl](http://www.saam.cl)  
[servicioalcliente@saamsa.com](mailto:servicioalcliente@saamsa.com)  
600 600 7226



 **saam**<sup>®</sup>  
DONDE NOS NECESITE



Año 13 - Nº 25  
2º Semestre 2016

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:

- Salmenes Trusal S.A.
- Daniel Nieto, Cobia del Desierto de Atacama

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**®  
comunicaciones

**SU MEJOR OPCION EN PUBLICIDAD**

**Porque somos diferentes,  
publique con nosotros**

Fonos: 09 443 3504 - 09 443 3076  
publicidad@opcionaraya.cl

## Avisadores

7 Plagas	96	Opción Comunicaciones	78
Aqua Service	04 - 05	Plásticos Austral	37
Alinat	31	Roble Alto	Tapa 4
Comercial Ecogrup	15	SAAM	11 - Tapa 2
Econet	52	Terramar	47
Fish Store	25	VeHiCe	21
Mecalux	Tapa 3		

## Contenidos

Indice de Universidades	02
Editorial	03
Ferias Internacionales	04
Fases Lunares	05
Ferriados Internacionales	06
Mareas Puerto Montt	07
Mareas Puerto Chacabuco	09
Acidosis respiratoria y metabólica en salmónidos y sus consecuencias: Nefrocalcinosis, calcinosis gástrica y pérdida de densidad ósea	16
Sistema de vacunación Skala Maskon: Tecnología, velocidad, precisión y bioseguridad	38
Cultivo de Trucha Arco Iris tipo Pan Size: Realidad y Desafíos	48
Primera introducción, cultivo y reproducción de cobia ( <i>Rachycentron canadum</i> Linnaeus 1838) Utilizando recirculación de agua de mar temperada de descarga de una planta termoeléctrica en el norte de Chile.	67
Efecto de Futerpenol® sobre la respuesta inmune frente a los patógenos <i>Piscirickettsia salmonis</i> y el virus de la necrosis pancreática infecciosa	80
Actualidad y proyecciones de INPESCA	88
Toxicidad en el agua por metales en cultivo de peces: Filtración, floculación y potencial zeta en recirculación	92
Utilidad por venta de bienes inmuebles: La transformación de estar exento a estar exento con tope y condiciones ¿Qué es lo que ha cambiado?	97
Gestión sanitaria en acuicultura y producción intensiva de recursos hidrobiológicos: Un nuevo campo profesional para la medicina veterinaria en el Perú	98

# Índice de Universidades

## SUS ESTUDIOS E INVESTIGACIONES

### UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

Efecto de los fármacos usados para el control del piojo de mar sobre el desarrollo y eclosión de los huevos en *Caligus rogercresseyi* ..... 12

Densidad de cultivo y enfermedad en peces ..... 22

Doctorado en Ciencias de la Acuicultura: Formando investigadores y nuevas ideas para la región sur-austral de Chile ..... 26

Efecto de los SNPs sobre la resistencia antibiótica en cepas chilenas de *Piscirickettsia salmonis* ..... 28

ALGAS DE NIEVE: Extremófilos de alto interés científico y potencial biotecnológico ..... 40

Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos ICYTAL ..... 43

Red Interdisciplinaria de Investigación avanzada para la Larvicultura de Especies Marinas con ciclos de vida complejos ..... 44

### UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO

Valorización de una concesión marina de Acuicultura ..... 53

Magíster en Acuicultura ..... 55

Caracterización de malformaciones embrionarias y larvales en salmónidos de Chile ..... 56

Unidad de Biotecnología ..... 57

### UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA

Postgrado & Especialidades 2016 ..... 32

### UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE

Validación de la alta exactitud de los marcos bioestimadores aplicado a producción de salmón del Atlántico (*Biomassdaily®*) ..... 66

### UNIVERSIDAD DE ANTOFAGASTA

Programas de Postgrado: Facultad de Ciencias del Mar y Recursos Biológicos ..... 60

### UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO

VI Congreso Nacional de Acuicultura: "Investigación para la Diversificación y la Sustentabilidad" ..... 63

### UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCION

Magíster en Medio Ambiente ..... 73

Implementación de Paquetes Tecnológicos para el Cultivo de Hortalizas y Peces (Acuaponía) ..... 75

### UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS

Departamento de Acuicultura ..... 79

### UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

La potencialidad de las Macroalgas como Biomateriales Funcionales: Papel Algal Bioactivo con Propiedades Antimicrobianas ..... 84

El segundo semestre 2016, nos hemos concentrado en llevar temas de relevancia en el área de la salmonicultura, dado que se acerca feria internacional AQUASUR Octubre 2016, seguimos manteniendo el cambio de 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 salmonicultura, tecnología, algas, cultivos nuevas especies, asesoramientos, doctorados, postgrados, magister entre otros temas de relevancia para la industria salmón-acuícola.

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: "Efecto de los fármacos para el control del piojo de mar"; "Acidosis respiratoria y metabólica en salmónidos"; "Densidad de cultivos y enfermedad en peces"; "Efecto de los SNPs sobre resistencia antibiótica"; "Validación a la alta exactitud de los marcadores bioestimadores"; "Sistema de vacunación skala maskon"; "Algas de nieve"; "Macro algas"; "Cultivo de trucha arco iris tipo pan size"; "Valoración de una concesión marina de acuicultura"; "Malformaciones embrionarias y larvales en salmónidos"; "Cultivo y reproducción de cobia"; "Efecto de futerpenol"; "Toxicidad en el agua por metales en cultivo de peces".

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 2017.



Contacto: +56 9 9443 3504

+56 9 9443 3676

publicidad@opcionaraya.cl

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

# Ferias Internacionales 2º SEMESTRE 2016

## Julio

**2nd Global Summit on Aquaculture & Fisheries**  
11 al 13 de Julio; Kuala Lumpur - Malasia

## Agosto

### ASEAN FishExpo2016

Asean Fisheries and Aquaculture Conference and Exposition  
2016 - Bangkok International Trade & Exhibition Center  
04 al 06 de Agosto; Bangkok - Thailand

### 3rd Aquaculture and Fisheries Industry Conference

08 al 10 de Agosto; Las Vegas - USA

### Nor - Fishing

16 al 19 de Agosto; Trondheim - Norway

### SIFSE - Shanghai International Fisheries & Seafood Expo

Shanghai New international Expo Centre  
25 al 27 de Agosto; Shanghai - China

## Septiembre

### Aquaculture Europe Exhibition 2016

20 al 23 de Septiembre; Edinburg - Scotland

### Conferencia Internacional del Plojo de Mar

26 al 28 Septiembre; Westport - Irlanda

### Aquaculture & Fisheries Conference

29 de Septiembre al 1 de Octubre; London - United Kingdom

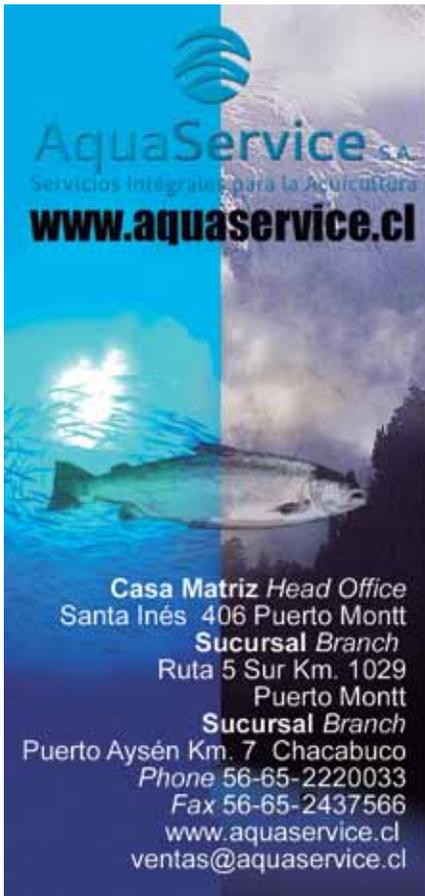
## Octubre

### Aquasur

19 al 22 de Octubre; Puerto Montt - Chile

### Latin American & Caribbean Aquaculture 2016

29 de Octubre al 1 de Noviembre; Lima - Perú



**AquaService S.A.**  
Servicios Integrales para la Acuicultura  
[www.aquaservice.cl](http://www.aquaservice.cl)

**Casa Matriz Head Office**  
Santa Inés 406 Puerto Montt

**Sucursal Branch**  
Ruta 5 Sur Km. 1029  
Puerto Montt

**Sucursal Branch**  
Puerto Aysén Km. 7 Chacabuco  
Phone 56-65-2220033  
Fax 56-65-2437566  
[www.aquaservice.cl](http://www.aquaservice.cl)  
[ventas@aquaservice.cl](mailto:ventas@aquaservice.cl)

# arriendos



a. Generadores  
Desde 3 kva hasta 750 kva

b. Packs hidráulicos

c. Mesas conteo

d. Embarcaciones

e. Motores fuera de borda

f. Contador de peces

g. Luces fotoperiodo

h. Cámaras submarinas

i. Selecciónadoras  
Desde 1 gr hasta 10 kilos

j. Compresores de tornillo

k. Columnas de oxigenación

l. Alimentadores de tornillo

l. Bombas para Peces  
Desde 1 gm hasta 3 kilos

**Consulte por otro tipo de equipamiento**

# Fases Lunares 2º SEMESTRE 2016

JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE			
04 Nueva 07:01 hrs.	11 Crec. 20:52 hrs.	19 Llena 18:57 hrs.	26 Meng. 19:00 hrs.	02 Nueva 16:45 hrs.	10 Crec. 14:21 hrs.	18 Llena 05:27 hrs.	24 Meng. 23:41 hrs.	01/30 Nueva 05:03/20:11 hrs.	09 Crec. 07:49 hrs.	16 Llena 15:05 hrs.	23 Meng. 05:56 hrs.
OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
30 Nueva 13:38 hrs.	09 Crec. 00:33 hrs.	16 Llena 00:23 hrs.	22 Meng. 15:14 hrs.	29 Nueva 08:18 hrs.	07 Crec. 15:51 hrs.	14 Llena 09:52 hrs.	21 Meng. 04:33 hrs.	29 Nueva 02:53 hrs.	07 Crec. 05:03 hrs.	13 Llena 20:06 hrs.	20 Meng. 21:56 hrs.

En hora Oficial de Chile Continental, Z + 4

Gentileza del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile



**Servicios Integrales para la Industria**



**INGENIERIA**  
Proyectos  
Automatización  
Estructuras  
Electricidad  
Diseño Industrial

**FABRICACIÓN**  
Bombas para Peces  
Embarcaciones  
Estanques  
Fibra de Vidrio  
Acero Inoxidable

**División Plásticos**  
Fone 65-2-437545  
Santa Inés 406  
Puerto Montt

**SERVICIOS**  
HDPE-Termofusión  
Arriendo de Equipos  
Mecánica  
Oleohidráulica  
Mantenimiento Industrial

**DIVISION PLASTICOS**  
Tuberías, Piezas Especiales  
PVC / HDPE  
Fitting / Acoples  
Mangueras



**materia prima para el uso responsable de todos**

[www.aquaservice.cl](http://www.aquaservice.cl)    [Info@aquaservice.cl](mailto:Info@aquaservice.cl)    [www.fishpump.cl](http://www.fishpump.cl)



Plataformas  
Multipropósito



Columna de saturación  
e Inyección de Oxígeno



Bombas para Peces  
y Alevines



Alimentadores



Plásticos y  
Fitting

# Feriados Internacionales 2016

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



CHILE



CANADÁ



EEUU



NORUEGA



JAPÓN



ESCOCIA

Fecha	Evento	CHILE	CANADÁ	EEUU	NORUEGA	JAPÓN	ESCOCIA
Viernes 1 Enero	Año Nuevo	●	●	●	●	●	●
Sábado 2 Enero	2 de Enero						●
Martes 12 Enero	Día de la mayoría de edad					●	
Martes 19 Enero	Día de Martin Luther King			●			
Jueves 11 Febrero	Día de la Fundación de la Nación					●	
Martes 16 Febrero	Día del Presidente			●			
Jueves 17 Marzo	Jueves Santo					●	
Domingo 20 Marzo	Equinoccio de Primavera				●		
Viernes 25 Marzo	Viernes Santo	●	●		●		●
Sábado 26 Marzo	Sábado Santo	●					
Domingo 27 Marzo	Pascua de Resurrección	●					
Lunes 28 Marzo	Lunes de Pascua		●		●		
Viernes 29 Abril	Celebración del emperador showa					●	
Domingo 1 Mayo	Día del Trabajo	●			●		
Martes 3 Mayo	Día de la Constitución					●	
Miércoles 4 Mayo	Midori-nohi fiesta de la Naturaleza					●	
Jueves 5 Mayo	Día de los Niños (kodomo no hi)					●	
Lunes 9 Mayo	Lunes de Pentecostés				●		
Sábado 14 Mayo	Ascensión de Jesús				●		
Martes 17 Mayo	Día de la Constitución				●		
Miércoles 18 Mayo	Día de la Reina Victoria		●				
Sábado 21 Mayo	Día de las Glorias Navales	●					
Miércoles 25 Mayo	Festival de la Primavera						●
Jueves 26 Mayo	Día Conmemorativo			●			
Miércoles 29 Junio	San Pedro y San Pablo	●					
Viernes 1 Julio	Día de Cánada		●				
Lunes 4 Julio	Festival de Verano						●
Sábado 16 Julio	Día de la Independencia			●			
Miércoles 3 Agosto	Día Virgen del Carmen	●	●				
Lunes 15 Agosto	Asunción de la Virgen	●					
Miércoles 7 Septiembre	Día del Trabajo		●	●			
Domingo 18 Septiembre	Independencia Nacional	●					
Lunes 19 Septiembre	Día de las Glorias Navales	●					
Miércoles 21 Septiembre	Día del respeto a los Ancianos					●	
Viernes 23 Septiembre	Equinoccio de otoño					●	
Lunes 10 Octubre	Día de Hispanidad	●					
Lunes 10 Octubre	Acción de Gracias		●	●			
Miércoles 12 Octubre	Fiesta de Cristobal Colón	●					
Lunes 24 Octubre	Día de la Cultura Nacional					●	
Lunes 31 Octubre	Iglesias Evangélicas y Protestantes	●					
Martes 1 Noviembre	Día de todos los Santos	●					
Jueves 3 Noviembre	Día del reconocimiento del trabajo					●	
Viernes 11 Noviembre	Día de los Veteranos			●			
Jueves 24 Noviembre	Acción de Gracias			●		●	
Miércoles 30 Noviembre	Día de San Andrés						●
Jueves 8 Diciembre	Imaculada Concepción	●					
Viernes 23 Diciembre	Cumpleaños del Emperador					●	
Domingo 25 Diciembre	Día de Navidad	●	●	●	●		●
Lunes 26 Diciembre	San Esteban		●		●		●
Sábado 31 Diciembre	Nochevieja				●		

# MAREAS Puerto Montt 2º SEMESTRE 2016

Julio						Agosto						Septiembre					
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	0439	1.55	16	0455	2.18	01	0023	5.97	16	0553	1.82	01	0129	6.43	16	0048	6.44
V	1056	6.18	S	1113	5.72	L	0627	1.31	M	1205	6.23	J	0734	0.94	V	0655	0.75
	1723	1.44		1741	1.92		1238	6.74		1831	1.28		1338	6.82		1303	6.96
	2328	5.83		2338	5.23		1904	0.91					1957	0.71		1923	0.34
02	0539	1.31	17	0536	1.94	02	0108	6.22	17	0034	5.82	02	0201	6.42	17	0128	6.76
S	1154	6.55	D	1152	6.02	M	0711	1.11	MI	0634	1.43	V	0806	1.00	S	0737	0.42
	1821	1.10		1819	1.62		1321	6.91		1244	6.58		1409	6.68		1344	7.12
							1945	0.79		1909	0.91		2026	0.87		2002	0.19
03	0025	6.08	18	0018	5.47	03	0148	6.33	18	0112	6.14	03	0230	6.29	18	0208	6.93
D	0632	1.11	L	0614	1.71	MI	0751	1.05	J	0714	1.08	S	0836	1.15	D	0820	0.28
	1245	6.82		1229	6.30		1358	6.90		1324	6.84		1438	6.44		1426	7.05
	1911	0.86		1855	1.35		2021	0.82		1947	0.64		2054	1.11		2042	0.25
04	0115	6.25	19	0055	5.68	04	0223	6.30	19	0151	6.39	04	0258	6.09	19	0248	6.91
L	0720	1.01	M	0652	1.50	J	0827	1.13	V	0755	0.83	D	0906	1.39	L	0903	0.36
	1332	6.95		1306	6.52		1433	6.75		1404	6.96		1507	6.12		1509	6.77
	1957	0.78		1932	1.13		2054	0.97		2026	0.50		2120	1.42		2123	0.52
05	0200	6.29	20	0133	5.86	05	0256	6.16	20	0230	6.53	05	0326	5.84	20	0330	6.72
M	0803	1.03	MI	0731	1.33	V	0900	1.31	S	0837	0.72	L	0935	1.68	M	0948	0.66
	1414	6.92		1343	6.65		1505	6.48		1444	6.91		1537	5.74		1554	6.31
	2038	0.84		2009	0.97		2125	1.21		2105	0.52		2148	1.76		2206	0.96
06	0241	6.20	21	0211	5.98	06	0328	5.93	21	0310	6.54	06	0355	5.56	21	0416	6.37
MI	0844	1.17	J	0811	1.23	S	0932	1.57	D	0920	0.76	M	1008	2.01	MI	1037	1.10
	1453	6.73		1422	6.70		1536	6.14		1526	6.69		1610	5.34		1644	5.75
	2117	1.02		2047	0.90		2155	1.51		2145	0.69		2218	2.13		2254	1.50
07	0320	6.01	22	0250	6.04	07	0400	5.67	22	0352	6.42	07	0428	5.27	22	0509	5.92
J	0922	1.41	V	0852	1.20	D	1005	1.88	L	1004	0.95	MI	1045	2.36	J	1136	1.61
	1530	6.44		1501	6.63		1608	5.74		1610	6.33		1648	4.92		1747	5.19
	2154	1.28		2126	0.92		2226	1.84		2227	1.02		2253	2.51		2355	2.05
08	0358	5.76	23	0330	6.03	08	0434	5.39	23	0437	6.19	08	0510	4.97	23	0619	5.49
V	1000	1.71	S	0934	1.25	L	1042	2.21	M	1052	1.29	J	1134	2.69	V	1255	2.04
	1606	6.07		1542	6.47		1645	5.33		1658	5.85		1740	4.55		1914	4.80
	2231	1.58		2207	1.03		2301	2.18		2314	1.45		2341	2.86			
09	0437	5.47	24	0413	5.95	09	0516	5.12	24	0529	5.88	09	0611	4.73	24	0121	2.44
S	1039	2.04	D	1019	1.39	M	1126	2.53	MI	1149	1.71	V	1246	2.93	S	0749	5.27
	1645	5.67		1626	6.21		1730	4.92		1758	5.34		1902	4.30		1436	2.13
	2310	1.89		2250	1.23		2344									2058	4.82
10	0521	5.20	25	0459	5.82	10	0610	4.88	25	0011	1.93	10	0054	3.10	25	0304	2.41
D	1124	2.36	L	1108	1.60	MI	1227	2.81	J	0635	5.56	S	0737	4.66	D	0922	5.41
	1730	5.27		1716	5.87		1834	4.58		1304	2.08		1427	2.93		1603	1.83
	2355	2.19		2339	1.50					1918	4.93		2043	4.32		2219	5.20
11	0615	4.97	26	0553	5.67	11	0043	2.79	26	0130	2.31	11	0232	3.08	26	0422	2.03
L	1221	2.64	M	1205	1.87	J	0723	4.77	V	0800	5.40	D	0902	4.83	L	1033	5.79
	1827	4.92		1814	5.50		1352	2.94		1442	2.20		1549	2.63		1702	1.41
							2000	4.42		2059	4.85		2158	4.61		2314	5.66
12	0051	2.43	27	0036	1.80	12	0202	2.92	27	0308	2.38	12	0352	2.78	27	0517	1.57
M	0722	4.86	MI	0658	5.53	V	0843	4.85	S	0931	5.54	L	1006	5.20	M	1125	6.18
	1335	2.79		1317	2.11		1523	2.81		1614	1.92		1642	2.18		1748	1.03
	1939	4.69		1928	5.19		2125	4.50		2227	5.16		2248	5.03		2356	6.05
13	0159	2.55	28	0148	2.05	13	0322	2.83	28	0431	2.08	13	0446	2.31	28	0600	1.19
MI	0835	4.92	J	0815	5.50	S	0949	5.10	D	1046	5.92	M	1056	5.67	MI	1206	6.47
	1458	2.74		1444	2.17		1627	2.50		1719	1.49		1724	1.66		1825	0.78
	2057	4.65		2056	5.09		2228	4.75		2329	5.61		2330	5.51			
14	0309	2.53	29	0312	2.11	14	0423	2.57	29	0531	1.65	14	0531	1.77	29	0032	6.32
J	0939	5.12	V	0936	5.68	D	1041	5.45	L	1141	6.34	MI	1140	6.17	J	0638	0.94
	1606	2.52		1612	1.96		1714	2.11		1808	1.08		1804	1.14		1242	6.63
	2203	4.78		2221	5.27		2315									1859	0.67
15	0408	2.39	30	0431	1.92	15	0511	2.22	30	0015	6.02	15	0009	6.00	30	0104	6.44
V	1030	5.41	S	1049	6.03	L	1124	5.84	M	0618	1.28	J	0613	1.22	V	0711	0.84
	1658	2.23		1722	1.58		1753	1.69		1226	6.66		1221	6.63		1314	6.64
	2255	4.99		2329	5.61		2356	5.45		1849	0.80		1843	0.67		1929	0.70
			31	0535	1.61				31	0055	6.31						
			D	1149	6.42				MI	0658	1.04						
				1818	1.19					1304	6.83						
										1925	0.68						

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 1º SEMESTRE 2016

## 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	0134	6.45	16	0104	6.94	01	0204	6.20	16	0214	7.00	01	0214	6.12	16	0253	6.79
S	0742	0.87	D	0717	0.18	M	0819	1.14	MI	0835	0.35	J	0834	1.36	V	0917	0.79
	1345	6.53		1325	7.11		1422	5.96		1443	6.58		1437	5.66		1523	6.19
	1957	0.84		1940	0.14		2025	1.38		2052	0.73		2036	1.66		2129	1.17
02	0202	6.35	17	0146	7.10	02	0232	6.02	17	0301	6.76	02	0245	5.95	17	0338	6.49
D	0812	1.00	L	0802	0.08	MI	0849	1.38	J	0923	0.67	V	0906	1.56	S	1002	1.11
	1414	6.33		1409	7.03		1452	5.69		1531	6.20		1510	5.45		1609	5.87
	2024	1.07		2022	0.25		2054	1.67		2139	1.11		2108	1.87		2215	1.51
03	0229	6.18	18	0228	7.05	03	0301	5.78	18	0349	6.38	03	0317	5.74	18	0424	6.09
L	0840	1.21	M	0847	0.22	J	0920	1.67	V	1013	1.09	S	0941	1.79	D	1049	1.48
	1443	6.05		1454	6.72		1524	5.38		1622	5.76		1545	5.23		1657	5.52
	2050	1.36		2105	0.56		2124	1.98		2229	1.55		2144	2.10		2303	1.88
04	0256	5.95	19	0313	6.79	04	0331	5.51	19	0441	5.92	04	0353	5.51	19	0513	5.65
M	0910	1.49	MI	0933	0.57	V	0953	1.99	S	1108	1.55	D	1019	2.01	L	1139	1.84
	1512	5.72		1540	6.25		1558	5.07		1720	5.34		1624	5.03		1751	5.19
	2117	1.70		2150	1.02		2158	2.30		2327	1.97		2225	2.30		2359	2.22
05	0324	5.68	20	0400	6.38	05	0406	5.22	20	0543	5.49	05	0434	5.30	20	0609	5.25
MI	0940	1.81	J	1024	1.06	S	1032	2.29	D	1213	1.93	L	1104	2.19	M	1237	2.15
	1543	5.35		1633	5.71		1639	4.78		1829	5.02		1712	4.87		1856	4.96
	2146	2.07		2240	1.55		2239	2.59					2314	2.46			
06	0354	5.38	21	0455	5.88	06	0450	4.96	21	0039	2.27	06	0526	5.13	21	0107	2.47
J	1015	2.16	V	1123	1.58	D	1123	2.53	L	0656	5.17	M	1159	2.30	MI	0718	4.95
	1618	4.97		1736	5.19		1735	4.55		1330	2.13		1812	4.81		1346	2.33
	2219	2.44		2343	2.06		2335	2.79		1950	4.92					2010	4.91
07	0430	5.07	22	0604	5.43	07	0553	4.78	22	0203	2.35	07	0017	2.53	22	0228	2.52
V	1056	2.50	S	1239	1.98	L	1232	2.65	M	0817	5.08	MI	0633	5.04	J	0835	4.84
	1703	4.61		1859	4.86		1852	4.48		1448	2.10		1306	2.32		1459	2.34
	2301	2.78								2106	5.05		1924	4.88		2121	5.04
08	0519	4.79	23	0108	2.38	08	0053	2.84	23	0320	2.17	08	0133	2.46	23	0342	2.37
S	1155	2.78	D	0731	5.19	M	0716	4.78	MI	0930	5.20	J	0750	5.11	V	0946	4.92
	1810	4.34		1412	2.09		1356	2.55		1553	1.91		1420	2.18		1602	2.22
							2015	4.65		2206	5.33		2037	5.13		2219	5.28
09	0005	3.03	24	0244	2.33	09	0220	2.63	24	0421	1.88	09	0251	2.20	24	0441	2.11
D	0635	4.62	L	0859	5.26	MI	0839	5.02	J	1027	5.43	V	0906	5.34	S	1043	5.10
	1322	2.87		1534	1.88		1511	2.21		1644	1.67		1530	1.90		1652	2.04
	1947	4.30		2150	5.18		2123	5.04		2254	5.62		2144	5.51		2306	5.56
10	0139	3.07	25	0358	2.00	10	0333	2.18	25	0508	1.58	10	0402	1.81	25	0528	1.84
L	0809	4.70	M	1008	5.55	J	0946	5.46	V	1113	5.65	S	1014	5.68	D	1129	5.30
	1456	2.66		1633	1.55		1611	1.73		1725	1.46		1633	1.55		1734	1.87
	2112	4.56		2244	5.56		2219	5.56		2334	5.88		2244	5.97		2346	5.82
11	0310	2.78	26	0453	1.60	11	0432	1.61	26	0549	1.34	11	0504	1.35	26	0608	1.62
M	0926	5.04	MI	1059	5.87	V	1042	5.96	S	1152	5.83	D	1114	6.04	L	1208	5.48
	1601	2.21		1719	1.23		1703	1.23		1801	1.32		1729	1.20		1810	1.73
	2210	5.02		2327	5.91		2309	6.09					2339	6.40			
12	0413	2.25	27	0536	1.25	12	0524	1.04	27	0009	6.08	12	0601	0.95	27	0021	6.03
MI	1023	5.55	J	1141	6.13	S	1133	6.43	D	0625	1.18	L	1209	6.34	M	0643	1.44
	1650	1.65		1757	1.01		1750	0.79		1228	5.94		1821	0.92		1244	5.60
	2257	5.56					2357	6.57		1834	1.26					1843	1.63
13	0503	1.64	28	0003	6.16	13	0613	0.58	28	0042	6.20	13	0031	6.75	28	0055	6.19
J	1112	6.11	V	0613	1.01	D	1222	6.76	L	0658	1.10	M	0653	0.66	MI	0717	1.33
	1734	1.09		1217	6.29		1836	0.49		1301	5.97		1301	6.52		1318	5.68
	2340	6.11		1830	0.89					1905	1.27		1910	0.77		1915	1.57
14	0549	1.03	29	0036	6.31	14	0043	6.91	29	0113	6.25	14	0120	6.94	29	0127	6.27
V	1157	6.61	S	0647	0.89	L	0701	0.29	M	0730	1.11	MI	0743	0.53	J	0750	1.29
	1816	0.60		1250	6.34		1309	6.89		1333	5.93		1350	6.55		1351	5.70
				1901	0.89		1922	0.38		1935	1.34		1958	0.77		1948	1.57
15	0022	6.60	30	0107	6.36	15	0129	7.06	30	0143	6.22	15	0207	6.95	30	0159	6.28
S	0633	0.51	D	0719	0.88	M	0748	0.21	MI	0802	1.20	J	0831	0.58	V	0823	1.30
	1241	6.96		1321	6.30		1356	6.83		1405	5.82		1437	6.43		1425	5.67
	1858	0.27		1930	0.98		2007	0.47		2005	1.48		2044	0.91		2021	1.61
			31	0136	6.32										31	0232	6.22
			L	0749	0.97										S	0856	1.37
				1352	6.16											1459	5.59
				1958	1.15											2056	1.69

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 2º SEMESTRE 2016

Julio						Agosto						Septiembre					
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	0436	0.57	16	0458	0.97	01	0021	2.42	16	0009	2.11	01	0128	2.55	16	0056	2.42
V	1109	2.70	S	1127	2.46	L	0557	0.51	M	0537	0.83	J	0713	0.51	V	0642	0.50
	1726	0.41		1750	0.73		1225	3.01		1201	2.63		1334	2.89		1301	2.75
	2343	2.38					1845	0.17		1823	0.42		1948	0.30		1913	0.18
02	0526	0.47	17	0002	2.08	02	0104	2.50	17	0042	2.22	02	0209	2.56	17	0135	2.54
S	1157	2.89	D	0531	0.88	M	0644	0.44	MI	0617	0.68	V	0756	0.54	S	0726	0.38
	1814	0.24		1159	2.56		1310	3.05		1240	2.72		1413	2.77		1343	2.76
				1820	0.59		1928	0.16		1859	0.30		2026	0.39		1953	0.15
03	0032	2.47	18	0032	2.15	03	0147	2.53	18	0116	2.32	03	0248	2.53	18	0216	2.63
D	0614	0.40	L	0605	0.79	MI	0729	0.43	J	0658	0.56	S	0838	0.63	D	0811	0.34
	1243	3.03		1230	2.66		1353	3.01		1319	2.78		1451	2.59		1427	2.69
	1900	0.14		1850	0.46		2011	0.22		1936	0.23		2102	0.54		2035	0.18
04	0118	2.52	19	0103	2.21	04	0229	2.51	19	0153	2.40	04	0328	2.46	19	0301	2.67
L	0700	0.36	M	0640	0.69	J	0812	0.49	V	0740	0.47	D	0919	0.75	L	0859	0.36
	1328	3.09		1304	2.74		1434	2.90		1400	2.78		1528	2.39		1513	2.55
	1946	0.12		1923	0.36		2052	0.33		2015	0.20		2136	0.70		2117	0.29
05	0202	2.52	20	0135	2.26	05	0312	2.44	20	0234	2.45	05	0406	2.39	20	0348	2.67
M	0745	0.37	MI	0717	0.60	V	0855	0.61	S	0824	0.44	L	1001	0.89	M	0950	0.45
	1412	3.07		1340	2.78		1515	2.71		1442	2.72		1605	2.18		1604	2.37
	2030	0.18		1959	0.31		2132	0.50		2057	0.24		2208	0.87		2202	0.45
06	0247	2.46	21	0211	2.29	06	0356	2.36	21	0319	2.47	06	0444	2.31	21	0439	2.63
MI	0829	0.45	J	0755	0.55	S	0938	0.77	D	0910	0.48	M	1047	1.02	MI	1047	0.58
	1456	2.97		1418	2.77		1555	2.49		1528	2.60		1645	1.99		1704	2.18
	2115	0.30		2037	0.30		2211	0.69		2140	0.33		2239	1.02		2252	0.65
07	0334	2.37	22	0251	2.29	07	0441	2.27	22	0408	2.46	07	0523	2.24	22	0535	2.57
J	0912	0.59	V	0837	0.54	D	1024	0.94	L	1000	0.57	MI	1141	1.13	J	1155	0.70
	1539	2.80		1459	2.71		1637	2.26		1618	2.42		1734	1.83		1816	2.03
	2200	0.48		2118	0.34		2250	0.89		2226	0.48		2314	1.15		2353	0.84
08	0423	2.26	23	0337	2.28	08	0527	2.19	23	0501	2.44	08	0606	2.19	23	0637	2.52
V	0957	0.76	S	0921	0.59	L	1118	1.10	M	1059	0.69	J	1250	1.18	V	1315	0.76
	1623	2.59		1544	2.60		1726	2.05		1717	2.23		1838	1.72		1933	1.96
	2245	0.68		2202	0.43		2334	1.06		2318	0.65						
09	0514	2.16	24	0428	2.26	09	0616	2.13	24	0559	2.42	09	0005	1.25	24	0108	0.97
S	1046	0.96	D	1011	0.69	M	1227	1.21	MI	1210	0.79	V	0659	2.16	S	0746	2.51
	1711	2.37		1635	2.45		1828	1.87		1829	2.07		1413	1.16		1439	0.73
	2335	0.88		2251	0.55								1954	1.68		2053	1.98
10	0608	2.08	25	0524	2.24	10	0029	1.19	25	0022	0.82	10	0122	1.29	25	0225	0.99
D	1147	1.13	L	1111	0.81	MI	0711	2.10	J	0703	2.42	S	0802	2.17	D	0858	2.55
	1808	2.15		1734	2.29		1354	1.24		1334	0.82		1520	1.06		1546	0.63
				2348	0.69		1942	1.77		1949	1.99		2116	1.71		2205	2.08
11	0035	1.05	26	0625	2.24	11	0141	1.26	26	0138	0.91	11	0236	1.26	26	0333	0.93
L	0707	2.04	M	1225	0.89	J	0814	2.12	V	0814	2.47	D	0905	2.22	L	1003	2.64
	1308	1.24		1845	2.15		1513	1.17		1459	0.74		1607	0.91		1639	0.53
	1918	1.99					2102	1.75		2111	2.01		2221	1.81		2302	2.23
12	0147	1.14	27	0057	0.79	12	0244	1.24	27	0251	0.90	12	0335	1.16	27	0433	0.82
M	0814	2.06	MI	0732	2.28	V	0914	2.18	S	0923	2.57	L	1001	2.32	M	1100	2.72
	1437	1.24		1352	0.89		1607	1.04		1605	0.59		1645	0.74		1724	0.44
	2036	1.90		2004	2.07		2210	1.80		2223	2.12		2306	1.95		2349	2.37
13	0251	1.15	28	0211	0.83	13	0334	1.18	28	0354	0.83	13	0426	1.02	28	0526	0.71
MI	0920	2.13	J	0843	2.39	S	1003	2.27	D	1025	2.71	M	1050	2.45	MI	1149	2.77
	1550	1.15		1514	0.77		1646	0.89		1658	0.44		1721	0.57		1806	0.39
	2151	1.90		2124	2.09		2259	1.89		2320	2.26		2344	2.11			
14	0341	1.12	29	0317	0.79	14	0417	1.09	29	0450	0.72	14	0513	0.84	29	0030	2.50
J	1012	2.24	V	0949	2.55	D	1045	2.39	L	1119	2.84	MI	1135	2.58	J	0614	0.63
	1640	1.01		1620	0.59		1719	0.73		1744	0.33		1757	0.40		1234	2.77
	2247	1.95		2236	2.18		2336	2.00								1846	0.38
15	0422	1.05	30	0414	0.71	15	0458	0.97	30	0006	2.39	15	0020	2.27	30	0109	2.58
V	1052	2.35	S	1047	2.73	L	1124	2.51	M	0541	0.61	J	0558	0.66	V	0659	0.58
	1718	0.87		1713	0.40		1750	0.57		1207	2.92		1219	2.69		1315	2.72
	2328	2.01		2333	2.30					1827	0.26		1834	0.27		1923	0.41
			31	0507	0.60				31	0048	2.50						
			D	1138	2.89				MI	0628	0.53						
				1801	0.26					1252	2.94						
										1908	0.25						

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 2º SEMESTRE 2016

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	0147	2.61	16	0115	2.69	01	0226	2.64	16	0224	2.99	01	0222	2.68	16	0252	3.03
S	0741	0.59	D	0714	0.30	M	0836	0.65	MI	0836	0.17	J	0840	0.58	V	0911	0.20
	1353	2.61		1328	2.69		1437	2.24		1450	2.46		1441	2.14		1528	2.38
	1959	0.48		1932	0.15		2029	0.70		2039	0.32		2025	0.73		2108	0.48
02	0223	2.60	17	0158	2.80	02	0256	2.60	17	0310	2.96	02	0251	2.65	17	0338	2.92
D	0821	0.64	L	0800	0.24	MI	0909	0.69	J	0926	0.25	V	0912	0.60	S	0959	0.35
	1428	2.46		1413	2.62		1506	2.12		1542	2.33		1513	2.07		1621	2.27
	2032	0.58		2014	0.18		2055	0.78		2124	0.47		2055	0.77		2154	0.64
03	0258	2.56	18	0242	2.85	03	0325	2.55	18	0358	2.87	03	0324	2.59	18	0427	2.75
L	0859	0.71	M	0848	0.26	J	0942	0.75	V	1018	0.39	S	0948	0.65	D	1051	0.54
	1502	2.30		1500	2.50		1539	2.01		1639	2.20		1552	2.00		1718	2.16
	2102	0.70		2057	0.29		2122	0.86		2212	0.65		2130	0.84		2245	0.84
04	0331	2.50	19	0329	2.84	04	0356	2.49	19	0450	2.75	04	0402	2.51	19	0519	2.56
M	0936	0.81	MI	0939	0.34	V	1019	0.82	S	1116	0.56	D	1029	0.72	L	1147	0.73
	1535	2.13		1553	2.33		1617	1.90		1742	2.08		1641	1.93		1817	2.08
	2129	0.83		2142	0.46		2153	0.94		2306	0.85		2211	0.93		2347	1.02
05	0402	2.44	20	0418	2.78	05	0432	2.42	20	0546	2.60	05	0447	2.40	20	0620	2.37
MI	1014	0.90	J	1034	0.47	S	1102	0.89	D	1221	0.72	L	1119	0.80	M	1255	0.89
	1609	1.98		1653	2.17		1707	1.82		1847	2.01		1739	1.89		1922	2.05
	2156	0.94		2231	0.66		2231	1.04					2305	1.03			
06	0435	2.37	21	0512	2.68	06	0516	2.33	21	0013	1.02	06	0543	2.29	21	0106	1.15
J	1056	0.99	V	1137	0.61	D	1158	0.95	L	0650	2.46	M	1223	0.86	MI	0730	2.21
	1650	1.84		1801	2.04		1809	1.76		1337	0.82		1846	1.89		1409	0.98
	2225	1.05		2328	0.85		2326	1.14		1957	2.00					2032	2.08
07	0512	2.31	22	0612	2.58	07	0613	2.25	22	0132	1.11	07	0021	1.11	22	0232	1.17
V	1147	1.06	S	1251	0.73	L	1313	0.97	M	0802	2.37	MI	0653	2.21	J	0846	2.12
	1743	1.74		1913	1.97		1923	1.76		1450	0.85		1341	0.86		1512	0.99
	2303	1.15								2110	2.06		2000	1.95		2140	2.18
08	0558	2.25	23	0040	1.00	08	0049	1.20	23	0252	1.10	08	0151	1.09	23	0349	1.09
S	1256	1.09	D	0719	2.51	M	0725	2.21	MI	0914	2.32	J	0810	2.18	V	1000	2.10
	1852	1.69		1412	0.76		1431	0.90		1548	0.82		1451	0.78		1603	0.96
				2028	1.97		2044	1.84		2214	2.19		2114	2.09		2234	2.31
09	0005	1.24	24	0159	1.06	09	0220	1.15	24	0403	1.02	09	0312	0.96	24	0447	0.96
D	0657	2.20	L	0831	2.49	MI	0841	2.23	J	1020	2.32	V	0924	2.22	S	1059	2.13
	1418	1.04		1522	0.73		1531	0.76		1635	0.78		1546	0.66		1645	0.91
	2013	1.70		2141	2.06		2154	2.00		2305	2.34		2215	2.29		2317	2.44
10	0135	1.26	25	0312	1.02	10	0334	1.00	25	0501	0.90	10	0418	0.75	25	0532	0.83
L	0809	2.20	M	0939	2.50	J	0950	2.31	V	1116	2.34	S	1030	2.30	D	1144	2.16
	1522	0.91		1616	0.66		1619	0.61		1716	0.73		1635	0.54		1723	0.86
	2133	1.79		2241	2.20		2247	2.21		2346	2.48		2305	2.52		2352	2.54
11	0255	1.18	26	0417	0.93	11	0434	0.80	26	0548	0.79	11	0513	0.53	26	0608	0.72
M	0919	2.27	MI	1040	2.54	V	1049	2.42	S	1201	2.35	D	1127	2.40	L	1219	2.20
	1609	0.75		1701	0.60		1702	0.45		1753	0.69		1721	0.42		1757	0.81
	2232	1.95		2328	2.36		2331	2.43					2352	2.74			
12	0359	1.03	27	0513	0.82	12	0526	0.58	27	0022	2.59	12	0603	0.33	27	0024	2.62
MI	1019	2.38	J	1132	2.57	S	1142	2.52	D	0629	0.69	L	1218	2.47	M	0641	0.63
	1651	0.58		1742	0.55		1745	0.32		1239	2.35		1807	0.33		1250	2.21
	2316	2.14								1828	0.67					1828	0.77
13	0453	0.83	28	0010	2.50	13	0013	2.65	28	0055	2.65	13	0036	2.92	28	0053	2.67
J	1111	2.51	V	0602	0.72	D	0615	0.38	L	0705	0.62	M	0650	0.18	MI	0711	0.55
	1730	0.41		1218	2.56		1230	2.58		1313	2.32		1306	2.52		1319	2.22
	2356	2.34		1821	0.53		1828	0.24		1900	0.67		1852	0.29		1858	0.73
14	0541	0.62	29	0047	2.60	14	0056	2.82	29	0125	2.68	14	0121	3.04	29	0122	2.70
V	1159	2.62	S	0645	0.65	L	0702	0.23	M	0738	0.58	MI	0736	0.10	J	0740	0.50
	1810	0.27		1257	2.52		1316	2.60		1343	2.27		1352	2.52		1348	2.21
				1857	0.53		1911	0.20		1929	0.68		1938	0.29		1928	0.70
15	0035	2.53	30	0122	2.65	15	0139	2.94	30	0154	2.69	15	0206	3.07	30	0152	2.72
S	0628	0.44	D	0725	0.61	M	0749	0.16	MI	0809	0.57	J	0823	0.11	V	0811	0.46
	1244	2.68		1333	2.45		1402	2.55		1412	2.21		1439	2.47		1418	2.19
	1850	0.18		1930	0.57		1955	0.23		1957	0.70		2023	0.35		2000	0.68
			31	0155	2.66										31	0224	2.70
			L	0801	0.62										S	0845	0.46
				1406	2.36											1452	2.16
				2001	0.63											2035	0.69

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



# Servicio Integral a la Industria del Salmón y Productos Congelados



SAAM ofrece un servicio integral a la carga congelada desde la planta del cliente hasta el puerto de embarque, entregando todos los servicios logísticos para el almacenaje y transporte de productos provenientes de las industrias salmoneras, de mitilcultores y de berries.

- > Terminal Puerto Montt
- > Terminal Puerto Chacabuco
- > Terminal Punta Arenas
- > Terminal Talcahuano

## CICLO DEL SALMÓN



### SERVICIOS ASOCIADOS

- > Almacenaje en cámaras y en contenedores Reefer
- > Consolidado / Desconsolidado
- > Clasificación de carga
- > Etiquetado
- > Movilización de cargas
- > Sala de muestreo
- > Transporte terrestre

### INFRAESTRUCTURA Y TECNOLOGÍA

- > 9.400 toneladas de capacidad de frío entre cámara y contenedores
- > 290 enchufes para conexión de contenedores Reefer
- > Control de stock caja a caja y con actualización permanente
- > Capturadores de radio frecuencia con operación on-line
- > Tuneles de frío
- > Tank Tainers
- > Atención personalizada a través de ejecutivo asignado

[www.saamsa.com](http://www.saamsa.com)

# Efecto de los fármacos usados para el control del piojo de mar sobre el desarrollo y eclosión de los huevos en *Caligus rogercresseyi*



Sandra Bravo<sup>1</sup>, María T. Silva<sup>2</sup>, Celia Agusti<sup>3</sup>, Karla Sambra<sup>1</sup>, Tor E. Horsberg<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, Chile

<sup>2</sup> Universidad San Sebastián, Puerto Montt, Chile

<sup>3</sup> Norwegian University of Life Sciences, School of Veterinary Science, Sea Lice Research Centre, Oslo, Norway

Con la finalidad de conocer el efecto de los fármacos usados para el control del piojo de mar sobre la eclosión de los huevos de *Caligus rogercresseyi*, hembras ovígeras fueron colectadas desde trucha arcoiris en el otoño del 2014, en un centro de cultivos en la X Región (43°8'S, 73°35'W). Las hembras ovígeras fueron expuestas a cuatro antiparasitarios y su susceptibilidad evaluada de acuerdo al bioensayo de 24 h desarrollado por Helgensen y Horsberg (2013). Para esto, se distribuyeron al azar 12 hembras ovígeras por frasco de 1 L, las cuales se expusieron por 24 h a dos concentraciones de cada fármaco, dosis baja y dosis alta, a temperatura y fotoperiodo controlado. Para azametifos se usó 0,4 y 2 ppb; 0,2 y 1 ppb para deltametrina; 100 y 500 ppb para benzoato de emamectina, y 42 y 336 ppm para peróxido de hidrógeno. El grupo control fue mantenido en agua de mar filtrada.

Después de 24 h de exposición, la mortalidad de las hembras fue evaluada y los sacos ovígeros removidos. La mortalidad fue evaluada de acuerdo el criterio establecido por Sevattal y Horsberg (2003). Muerto: sin movimiento; Moribundo: incapaz de adherirse a la pared del recipiente de vidrio, pero con movimiento de las extremidades y de los órganos internos; vivo: adherido a la pared del recipiente de vidrio o natación activa.

**Evaluación de eclosión:** Después de las 24 h de exposición, los sacos ovígeros sueltos de cada uno de los tratamientos fueron colectados, transferidos a recipientes de 100 ml con agua de mar filtrada, marcados con la concentración de cada antiparasitario. Los sacos aun adheridos a las hembras fueron cuidadosamente extraídos con la ayuda de un bisturí, y transferidos a los respectivos recipientes.

La condición de los sacos fue evaluada y clasificada en maduros (pigmentados) e inmaduros (no pigmentados), antes de ser transferidos a los recipientes con agua de mar filtrada para evaluar eclosión. Los sacos ovígeros fueron incubados a 12°C y evaluados diariamente por un periodo de siete días. Los resultados fueron expresados como porcentaje de eclosión. Aborto fue

definido como nauplius muertos al momento de la eclosión. Los nauplius que emergieron durante las 24 h de exposición a cada fármaco fueron colectados y la supervivencia evaluada.

## Resultados

**Sensibilidad de hembras ovígeras:** La tasa de mortalidad de las hembras grávidas de *C. rogercresseyi* expuestas durante 24 h a la baja y alta concentración de azametifos (AZA), deltametrina (DTM) y peróxido de hidrógeno (PER) fue de 100%, mientras que para el benzoato de emamectina (EMB) la tasa de mortalidad fue de 10% con la baja concentración (100 ppb) y 35% con la alta concentración (500 ppb), lo que confirma la persistente resistencia de *C. rogercresseyi* a este fármaco, registrada a partir del 2005 (Bravo et al., 2008). No se registró mortalidad en el grupo control.

**Eclosión y sobrevivencia de larvas:** En el grupo control, la eclosión se inició al segundo día, y continuó durante los siguientes días. Al día seis se registró 100% de eclosión (Fig. 1), registrándose los primeros copepoditos al día siete. Los sacos inmaduros (no pigmentados) mostraron evolución a maduros en los primeros cinco días (Fig. 1).

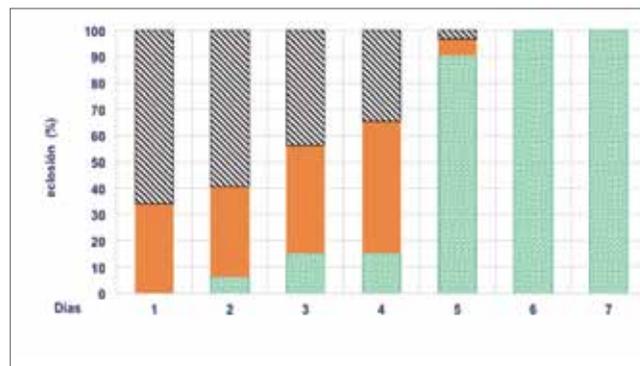


Figura 1. Evolución de la eclosión de los sacos ovígeros usados en el grupo control, de acuerdo a su estado de madurez. La sección superior de la columna corresponde a los sacos no pigmentados, la sección intermedia a los sacos pigmentados y la inferior a los sacos eclosionados.

Los huevos expuestos a los diferentes antiparasitarios mostraron diverso grado de eclosión y desarrollo de los huevos. Nauplius-I que emergieron durante la exposición de las hembras grávidas fueron encontrados muertos a las 24 h de exposición.

Durante los siete días de incubación de los sacos ovígeros en agua de mar filtrada, se observó eclosión en todos los grupos expuestos a tratamientos, sin registrarse sobrevivencia de los nauplius-I, los que en la mayoría de los casos no lograron emerger del huevo, lo que se definió como aborto. (Fig. 2)

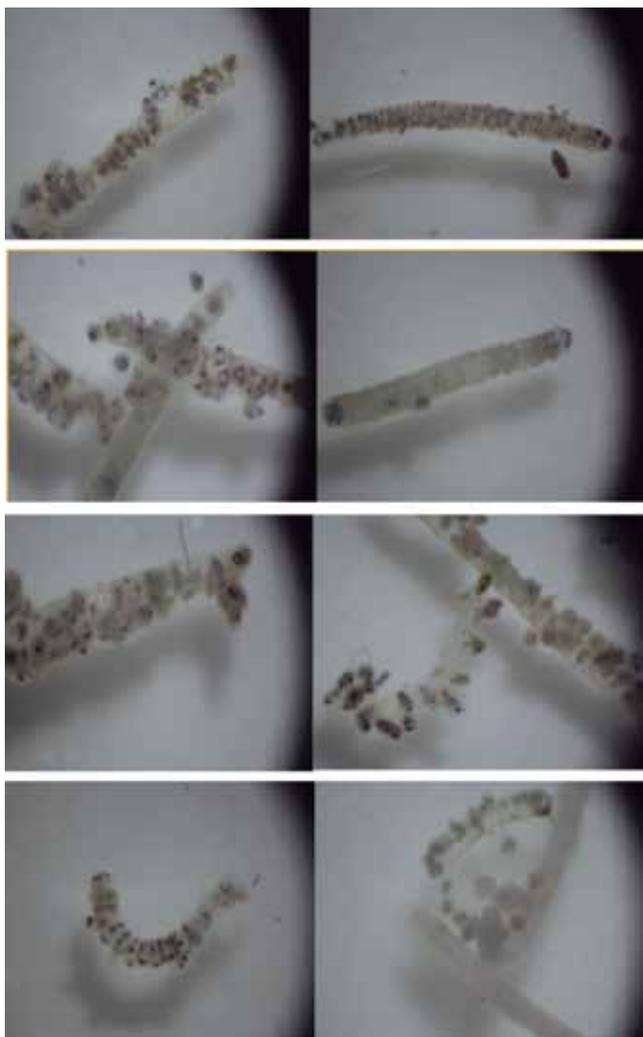


Figura 2. Aborto de los huevos expuestos a baja concentración (izquierda) y alta concentración (derecha) de deltametrina (DTM), benzoato de emamectina (EMB), azametifos (AZA) y peróxido de hidrógeno (PER).

El mayor porcentaje de eclosión siete días post-exposición en los sacos expuestos a la baja concentración de antiparasitarios fue registrado para deltametrina (66,7%), seguido de azametifos (43,8%) y benzoato de emamectina (42,9%), registrándose la menor eclosión para el peróxido de hidrógeno (35,7%) (Fig. 3a).

El mayor porcentaje de eclosión en los sacos expuestos a la alta concentración de antiparasitarios fue registrado para deltametrina (61,1%), seguido de azametifos y peróxido de hidrógeno

(50%), registrándose la menor tasa de eclosión para el benzoato de emamectina (42,1%) (Fig. 3b)

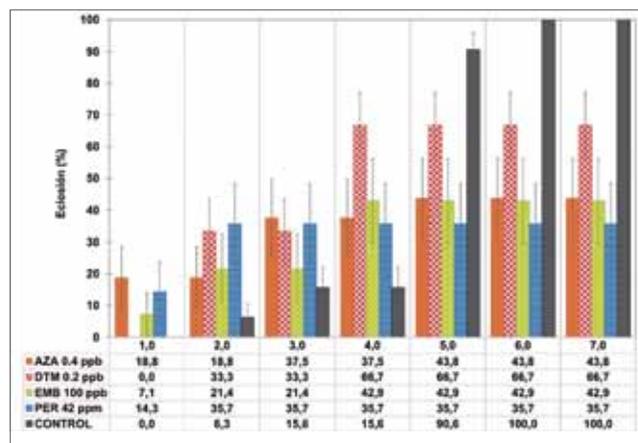


Figura 3a. Evolución de la tasa de eclosión (media  $\pm$  ES) de los sacos ovígeros expuestos a baja concentración de azametifos (AZA), deltametrina (DTM), benzoato de emamectina (EMB) y peróxido de hidrógeno (PER), en comparación con los sacos no tratados.

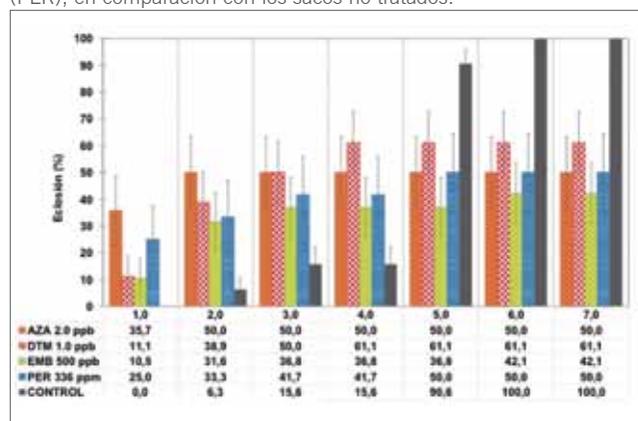


Figura 3b. Evolución de la tasa de eclosión (media  $\pm$  ES) de los sacos ovígeros expuestos a alta concentración de azametifos (AZA), deltametrina (DTM), benzoato de emamectina (EMB) y peróxido de hidrógeno (PER), en comparación con los sacos no tratados.

No se registraron diferencias significativas en la tasa de eclosión entre la alta y baja concentración en los sacos ovígeros expuestos a deltametrina ( $p=0.745$ ), benzoato de emamectina ( $p=0.745$ ) y peróxido de hidrógeno ( $p=0.182$ ). Diferencias significativas solo fueron observadas para azametifos ( $p=0.019$ ) (Fig.4).

A diferencia de lo que se observó en el grupo control, los sacos ovígeros inmaduros (no pigmentados) expuestos a los diferentes antiparasitarios, no maduraron. Diferencias significativas solo fueron registradas para azametifos ( $p=0,021$ ) al comparar el porcentaje de sacos no pigmentados para las concentraciones de exposición baja y alta. El mayor porcentaje de sacos inmaduros se registró para peróxido de hidrógeno (55,5 y 48,8%), seguido de benzoato de emamectina (50 y 41,2%) (Fig. 5).

## Conclusiones

Solo para el benzoato de emamectina se registró sobrevivencia de hembras ovígeras a las dos concentraciones analizadas, lo

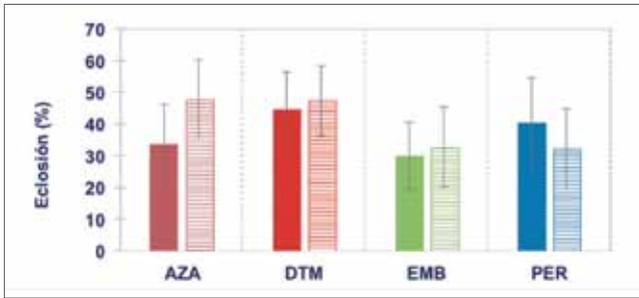


Figura 4. Tasa de eclosión (media  $\pm$  ES) de los sacos ovígeros expuestos a baja concentración (izquierda) y alta concentración (derecha) de azametifos (AZA), deltametrina (DTM), benzoato de emamectina (EMB) y peróxido de hidrógeno (PER) a través del periodo of estudio.

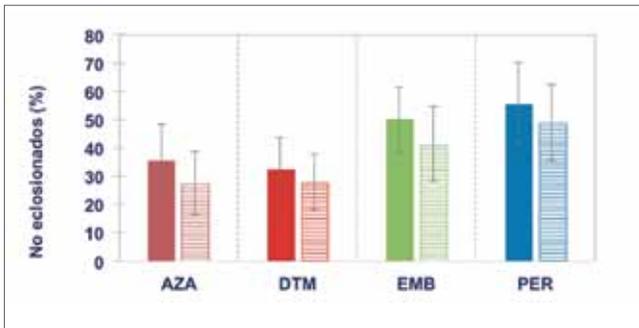


Figura 5. Porcentaje de sacos no pigmentados, no eclosionados (media  $\pm$  ES) expuestos a baja concentración (izquierda) y alta concentración (derecha) de azametifos (AZA), deltametrina (DTM), benzoato de emamectina (EMB) y peróxido de hidrógeno (PER).

que confirma que aun persiste la resistencia de *Caligus rogercresseyi* a este producto a través del tiempo, lo que se explica al no haber cesado nunca sus uso. Las hembras expuestas a los otros antiparasitarios mostraron ser altamente sensibles a las dos concentraciones (alta y baja), registrándose mortalidad del 100%.



En el grupo de los sacos ovígeros no expuestos a antiparasitarios (control), la eclosión se inició al segundo día de incubación y se completó al día 5, registrándose los primeros copepoditos al día 7, lo que coincide con el desarrollo registrado en estudios previos. Los sacos inmaduros extraídos de las hembras continuaron su maduración hasta eclosión.

Con excepción de los sacos ovígeros expuestos a la dosis baja de deltametrina, la eclosión se inició el primer día post-exposición a las concentraciones alta y baja de antiparasitarios, sin registrarse sobrevivencia de los nauplius. Tampoco se observó desarrollo en la madurez de los sacos no pigmentados, principalmente a las concentraciones altas, lo que demuestra que estos antiparasitarios tienen efecto sobre el desarrollo y sobre la eclosión de los huevos expuestos, tanto a concentraciones altas como bajas de los productos estudiados.

### Referencias Bibliográficas

Bravo S., Silva M.T., Agusti C., Sambra K., Horsberg T. E. 2015. The effect of chemotherapeutic drugs used to control sea lice on the hatching viability of egg strings from *Caligus rogercresseyi*. Aquaculture 443: 77-83.

Bravo, S., Sevatdal, S., Horsberg, T., 2008. Sensitivity assessment of *Caligus rogercresseyi* to emamectin benzoate in Chile. Aquaculture 282, 7-12.

Helgesen, K.O., Horsberg, T.E., 2013. Single-dose field bioassay for sensitivity testing in sea lice, *Lepeophtheirus salmonis*: development of a rapid diagnostic tool. J.Fish Dis. 36, 261–272.

Sevatdal, S., Horsberg, T.E., 2003. Determination of reduced sensitivity in sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) against the pyrethroid deltamethrin using bioassays and probit modeling. Aquaculture 218, 21 – 31.

## Apoyo en la lucha contra la caligidosis

Con un mejoramiento continuo y que se adapta a cada cliente en particular, según sus procedimientos e infraestructuras.



### PRODUCTOS

Faldones para baño de caligus

Lona cerrada para baño de caligus

Toldos y cubre alimentos

Ropa de Agua

Telas Industriales

Redes de Cultivo



### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Resistencia a la tracción y al desgarro.
- Estructuraciones resistentes para cada cliente en particular.
- Herméticamente desarrolladas.
- Peso ideal para un fácil manejo.
- Flotabilidad Neutra muy fácil de operar.
- Sistemas de lastre de acuerdo a las características de cada centro.
- Velocidad de entrega.
- Servicios de reparaciones.
- Servicios de modificaciones de tamaño.
- Porta BioLonas.
- Durabilidad garantizada mínima un ciclo de cultivo.
- Para cultivos de agua mar y dulce.

Fono: (65) 2 277 601

Celular: +56 9 9696122

Contacto: EdoTrujillo@biolona.com

www.biolonas.cl

# Acidosis respiratoria y metabólica en salmónidos y sus consecuencias:

## NEFROCALCINOSIS, CALCINOSIS GÁSTRICA Y PÉRDIDA DE DENSIDAD ÓSEA



Carlos Sandoval Hurtado<sup>1,2</sup>, Enrique Paredes Herbach<sup>3</sup>, Javier Escarate<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> M.V., MSc (c). Escuela de Graduados, Fac. Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile.

<sup>2</sup> Investigación & Desarrollo Laboratorio Vehice Ltda.

<sup>3</sup> M.V., Dr. med.vet. Instituto de Patología Animal, Universidad Austral de Chile.

carlos.sandoval@histopathology.cl - eparedes@uach.cl - javier.escarate@vehice.cl

### INTRODUCCIÓN

Los peces toman el O<sub>2</sub> desde el agua de cultivo y excretan el CO<sub>2</sub> (Groot et al., 1995). El intercambio de gases ocurre principalmente a través de las branquias en la mayoría de las especies de peces, aunque algunas especies utilizan la piel y estructuras similares a pulmones además de las branquias. Así como el agua fluye a través de las branquias, el O<sub>2</sub> en el agua difunde hacia la circulación sanguínea a través de los vasos de los filamentos y lamelas. Simultáneamente, el CO<sub>2</sub> difunde desde la sangre hacia el agua (Groot et al., 1995).

La regulación ácido-base en vertebrados, lo que incluye a los peces, se ha vinculado a la excreción del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Esto ocurre a través de reacciones reversibles de hidratación y deshidratación del CO<sub>2</sub> y de los equivalentes ácido-base H<sup>+</sup> y HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, lo cual se resume en la siguiente ecuación (Gilmour and Perry, 2009):

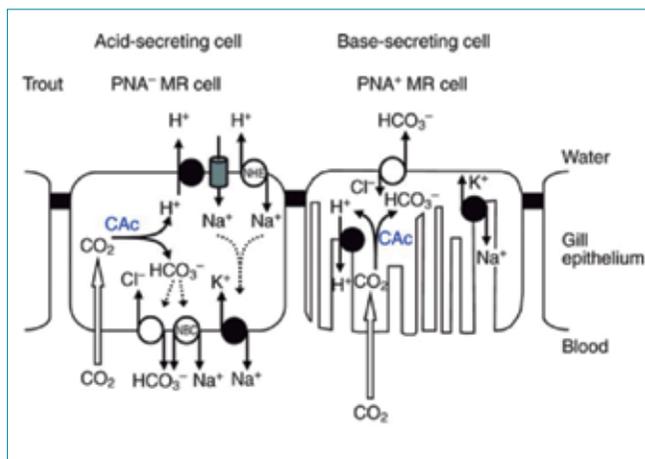


Figura 1. Representación esquemática de los tipos celulares del epitelio branquial de la trucha, responsables de la regulación ácido-base (Perry y Gilmour, 2006).

### TOXICIDAD POR DIÓXIDO DE CARBONO

La exposición crónica a niveles elevados pero sub-letales de CO<sub>2</sub> puede comprometer el crecimiento y el bienestar de salmón del Atlántico (Fivelstad et al., 1999). Los efectos a largo plazo de la exposición a altos niveles de CO<sub>2</sub> en peces incluyen tasa de crecimiento reducida y nefrocalcinosis (Smart et al., 1979; Fivelstad et al., 1999; 2003).

En ambientes hiperóxicos, el pez reduce la frecuencia respiratoria (hipoventilación) y esto puede causar hipercapnia debido a la retención de CO<sub>2</sub> en la sangre. La ventilación reducida en hiperoxia causa incremento de la PCO<sub>2</sub> y de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, mientras el pH se comienza a reducir. Sin embargo, el pez compensa la acidosis con un incremento de la concentración sanguínea de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> mediante el intercambio Cl<sup>-</sup> / HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Musa, S. 2014).

Por ejemplo, si la saturación de oxígeno se eleva a un 500% durante el transporte, cuando el O<sub>2</sub> se adiciona directamente al agua de transporte de los peces, puede ocurrir un desbalance de iones en el plasma, hipercapnia, acidosis respiratoria y estrés en smolts de salmón del Atlántico (Musa, S. 2014).

A menos que el CO<sub>2</sub> sea removido del agua de cultivo (usualmente con recambio del agua o desgasificación), la excreción de CO<sub>2</sub> por el pez incrementa la concentración y la presión parcial de CO<sub>2</sub> en el agua. Cualquier incremento en la presión parcial de CO<sub>2</sub> en el ambiente, se refleja con el aumento del CO<sub>2</sub> en la sangre. Es por esto, que la hipercarbica acuática (aumento de la presión de CO<sub>2</sub> en el agua) causa hipercapnia (aumento de la presión parcial de CO<sub>2</sub> sanguíneo) en los peces y correspondientemente una disminución del pH sanguíneo (acidemia) y esto, cambia el equilibrio de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> a CO<sub>2</sub>. Sin embargo, en un periodo de pocos días el pez puede compensar la reducción del pH sanguíneo por excreción de H<sup>+</sup> y tomando HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> desde el agua que lo rodea, a través del intercambio de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> y Cl<sup>-</sup> (Musa, S. 2014). Por esto, el pez sujeto a ambientes hipercárbicos puede tener el pH de la sangre cerca de valores normales mientras está hipercárbico. Sin embargo, las concentraciones de CO<sub>2</sub> que

reducen el crecimiento no son lo suficientemente elevadas para afectar la afinidad del oxígeno a la hemoglobina. Los peces pueden tolerar moderadamente concentraciones elevadas de  $\text{CO}_2$  disuelto. Si la tasa de incremento es lenta, se debe a que el sistema de buffer en la sangre puede compensar con un incremento de la concentración de  $\text{HCO}_3^-$  en el plasma, lo suficiente para estabilizar el pH y prevenir la acidosis.

Cuando falla la remoción del dióxido de carbono, se produce hipercapnia, acidosis y estrés respiratorio, hipoxia en los tejidos, narcosis por  $\text{CO}_2$  y la muerte. En general, los peces producen alrededor de 1.4 mg de  $\text{CO}_2$  por cada mg de  $\text{O}_2$  que ellos consumen. De esta manera, por 1 kg de carga de peces consumiendo  $\text{O}_2$  a 200 mg/h, producen cerca de 280 mg de  $\text{CO}_2$  cada una hora. La trucha arcoíris cuando es transportada a una densidad de carga normal de 0.36 kg/L, puede fácilmente producir suficiente  $\text{CO}_2$  para elevar la concentración inicial a un indeseable valor de 30 mg/L o más dentro de 30 minutos.

En la práctica, las concentraciones de  $\text{CO}_2$  de 20-30 mg/L se producen dentro de 30 minutos después de carga en la mayoría de las especies, a menos que se tomen ciertas medidas preventivas como lo es la aireación y agitación de superficie del agua (Wedemeyer, 1996).

Concentraciones mayores a 15-20 mg  $\text{CO}_2$  /L, son consideradas por sobre el máximo recomendable para los salmónidos durante el traslado, ya que el estrés respiratorio de los efectos de Bohr y de Root comienzan a ocurrir a niveles mayores. Si se permite que el  $\text{CO}_2$  disuelto del agua del estanque de traslado aumente sobre los 20-30 mg/L, la concentración de  $\text{CO}_2$  en la sangre comenzará a aumentar, y si la hipercapnia se torna severa, el pH sanguíneo declinará (acidosis respiratoria) y el transporte de oxígeno a los tejidos se verá perjudicado.

La acidosis puede disminuir el transporte del oxígeno a los tejidos por disminución de la capacidad de unión de la hemoglobina al oxígeno (efecto Root). Para los salmónidos, el oxígeno disuelto requerido para proveer suficiente oxígeno a los tejidos y así soportar una actividad de natación moderada, aumenta desde los 6 mg/L, siempre que no haya o exista un nivel pequeño de  $\text{CO}_2$ , hasta más de 11 mg/L si es que la concentración de  $\text{CO}_2$  disuelto se eleva a 30 mg/L.

De acuerdo a lo señalado por Eddy et al. (1979), niveles elevados de dióxido de carbono, interfieren con la función tubular normal del riñón, alcalinizando el fluido y la orina de los túbulos, que a su vez favorece la formación de depósitos de fosfato de calcio (**nefrocalcinosis**). Durante la fase de agua dulce, no existe una tendencia general de incremento con el tiempo en los valores de calcio renal. Según Fivelstad et al., (1999), luego de 58 días existe incremento en el efecto del tratamiento, con incrementos en los niveles de calcio renal con el aumento del  $\text{CO}_2$  en el agua. Los niveles de calcio renal son generalmente mayores y más variables a diferencia del grupo control, lo cual se refleja

con el desarrollo de **nefrocalcinosis**. Esto último se corresponde con el incremento en la variación de minerales en riñón según el estudio de trucha arcoíris expuesta a  $\text{CO}_2$  observado por Smart et al., (1979); Fivelstad et al., (2003).

También se ha demostrado que en salmónidos expuestos a elevadas concentraciones de  $\text{CO}_2$ , se produce un incremento en los niveles de bicarbonato sanguíneo, lo que podría conducir a un aumento en la excreción urinaria de bicarbonato con un posterior aumento de pH de la orina (Smart et al., 1979).

Una explicación al efecto del  $\text{CO}_2$  en la aparición de **nefrocalcinosis** es que el ácido de fosfato de calcio presente en la orina, **precipita si el pH de la orina se alcaliniza**, debido a que su solubilidad disminuye al aumentar el pH. Hay evidencias de que un cambio de este tipo podría ocurrir en los peces expuestos a una elevada concentración de  $\text{CO}_2$ . Al respecto y para complementar lo anteriormente citado, se sabe que el riñón juega un rol clave en la regulación ácido-base, contribuyendo en esta regulación entre un 5 a un 30%, cuando se alteran las tasas de excreción de  $\text{H}^+$  del cuerpo completo por cambios en el pH sistémico (Gilmour and Perry, 2009).

### Deformidades óseas asociadas al incremento del $\text{CO}_2$

El rol del  $\text{CO}_2$  en el rendimiento, en la composición/estructura de huesos y como potencial causa de deformidades de la columna se ha estudiado por Martens et al (2006). En dónde 2 grupos de peces fueron expuestos a un nivel bajo (control) y a un nivel alto de  $\text{CO}_2$  por 135 días durante la fase de agua dulce. Al final del periodo de agua dulce, hubo diferencias de peso entre el grupo expuesto y el grupo control. Esta fue de un 20.9% menos para el grupo expuesto. Estas diferencias de peso no fueron observadas al final del periodo de engorda. Al final del periodo de agua dulce no se observó nefrocalcinosis ni deformidades de la columna vertebral. Al realizar examen de rayos X, se reveló anomalías leves en algunos cuerpos vertebrales, indistintamente de los grupos experimentales. A pesar de la ausencia de deformidades, la histología reveló que la exposición a altos niveles de  $\text{CO}_2$  resultó en un incremento en el volumen trabecular y mayor tasa de remodelación ósea (aumento de actividad de osteoblastos) y reabsorción (actividad de osteoclastos) al final de la etapa de agua dulce (Martens et al., 2006).

En otro estudio realizado por Graff et al, (2002), en donde se hizo un estudio multivariable de los efectos de la vitamina K, vitamina D3, calcio dietario, dióxido de carbono disuelto sobre el crecimiento, minerales de los huesos, estado vitamínico y rendimiento sanitario en smolt de salmón del Atlántico *Salmo salar*. Los altos niveles de  $\text{CO}_2$  provocaron un menor crecimiento de los peces, pero no se registró ningún tipo de deformidad visible en ningún momento. La materia seca, proteína, la composición de cenizas de huesos y concentraciones de Ca, fósforo (P) y magnesio (Mg) en huesos no fueron afectados significativamente por ninguna de las variables del diseño. Efectos menores fueron

observados en los parámetros clínicos de la homeostasis del Ca en plasma, estrés y rendimiento sanitario.

### Nefrocalcinosis como consecuencia de una hipercapnia

Una de las patologías no infecciosas de importancia que se presentan en los sistemas de cultivo intensivo de agua dulce es la nefrocalcinosis. La nefrocalcinosis o urolitiasis, es el término que se utiliza para describir el depósito de sales de calcio y magnesio dentro de los uréteres y ductos colectores de peces de cultivo y silvestres. La apariencia macroscópica de los riñones es aumentada de tamaño y color gris con una superficie irregular y depósitos de un material blanco en los uréteres.

Existen dos circunstancias las cuales se consideran como causa o que exacerbaban la nefrocalcinosis. Primero, una exposición prolongada de los peces a altos niveles de  $\text{CO}_2$  a niveles mayores de 10 a 20 mg/l, y en segundo lugar un aspecto nutricional, en donde está implicado una deficiencia en magnesio y una toxicidad por selenio.

La severidad de la nefrocalcinosis aumenta en la medida que incrementan los niveles de dióxido de carbono, las cuales pueden ser particularmente elevados en algunas aguas subterráneas o en aguas profundas (pozo, lagos), y en donde el agua de los sistemas de cultivo se utilice intensivamente, por ejemplo, cuando el oxígeno se adiciona sin remover el dióxido de carbono respiratorio acumulado.

Otros factores que influyen en la presentación de la nefrocalcinosis, es la densidad de cultivo y un flujo de agua lento, los cuales pueden acentuar el cuadro. El exceso de dióxido de carbono en la sangre del pez va a desencadenar en una acidosis metabólica, lo cual resulta principalmente en la precipitación de sales de calcio en la orina. Este resultado puede ser influenciado significativamente por la dieta que se utiliza en los sistemas de cultivo (Bruno D., 1996).

### Aspectos nutricionales involucrados en la presentación de nefrocalcinosis:

Hicks et al., (1984) en su estudio realizado sobre la influencia del selenio en la ocurrencia de nefrocalcinosis en trucha arcoíris cultivadas con diferentes cantidades en la dieta, no detectaron diferencias significativas en los niveles de calcio, glucosa y proteínas plasmáticas, hemoglobina y hematocrito en sus grupos de estudio.

Los niveles tóxicos del selenio en la dieta ( $> 10 \mu\text{g/g}$ ) aumentaron significativamente la prevalencia de nefrocalcinosis en las truchas arcoíris. Los niveles de calcio renal fueron significativamente elevados en las truchas alimentadas con dietas elevadas en selenio (dieta 3 con  $11.6 \mu\text{g/g}$ ), tanto en los peces con lesiones evidentes como en los peces sin lesiones macroscópicamente evidentes de nefrocalcinosis. Entonces es posible que, el exceso de selenio compita con el calcio por un mecanismo

de absorción de cationes bivalentes lo que resulta en un aumento de la concentración de calcio dentro del lumen tubular favoreciendo la precipitación del calcio. Cuando ocurre la precipitación, la presión causa una necrosis del epitelio y consecuentemente se reduce la absorción del calcio llevando a una acelerada precipitación del calcio al interior del lumen.

Respecto al rol de las concentraciones séricas de minerales tales como el Ca, P y Mg diferentes investigaciones afirman que no existe correlación entre éstas y la prevalencia o la gravedad de la nefrocalcinosis. Aunque un análisis químico realizado por Gillespie y Evans (1979) de los gránulos extraídos con NaOH, obtuvieron una composición de un 30.3% Ca, 2.5% de Mg, 15.3% de P, y 2.5% de  $\text{CO}_3$ .

### Signología clínica y hallazgos macroscópicos de nefrocalcinosis:

Los peces con nefrocalcinosis pueden parecer normales, o demostrar signos de distensión abdominal, exoftalmia variable, petequias en la piel y hemorragias en la base de las aletas. En algunos peces existe incremento en la pigmentación de la piel y el ano puede estar protruido.



Imagen 1. *O. mykiss*. Riñón. Nefrocalcinosis. Se observa distensión de los uréteres por acumulación de depósitos calcáreos (imagen. Carlos Sandoval).



Imagen 2. *O. mykiss*. Riñón. Nefrocalcinosis. Se observa gran distensión de los uréteres por acumulación de depósitos calcáreos en asociación a renomagelia y superficie irregular (imagen. Carlos Sandoval).

Internamente, se observa ascitis, esplenomegalia y engrosamiento del estómago. En la medida que se desarrolla la condición el riñón se observa aumentado de tamaño, de coloración grisácea, con superficie irregular (imagen 2). Un característico depósito calcáreo blanco se acumula dentro de los uréteres del riñón (imagen 1). La nefrocalcinosis también puede asociarse con la presencia de grandes quistes urinarios, los cuales contribuyen a la distensión de la cavidad abdominal (Bruno D., 1996).

### Histopatología de nefrocalcinosis y calcinosis gástrica

Histológicamente, muchas áreas calcificadas irregulares se encuentran dentro del alterado epitelio tubular renal, llevando a un bloqueo del lumen, vacuolización y degeneración del glomérulo. Esto continúa con la contracción del glomérulo y la dilatación de la cápsula de Bowman. El progreso de estas lesiones es de naturaleza crónica. En peces severamente afectados, la mayoría del tejido tubular es reemplazado y se vuelve fibrótico. En esta etapa la mayoría del riñón funcional se encuentra destruido. En ciertos casos de daño renal severo se pueden reconocer lesiones musculares (Bruno D., 1996).

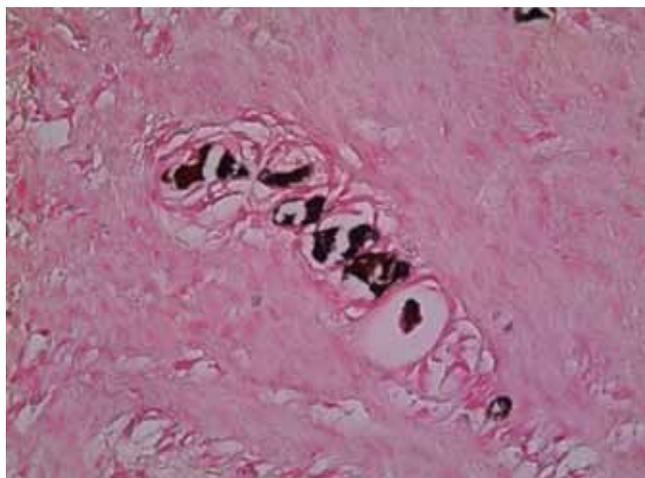


Imagen 3. Tinción Von Kossa. Estómago. Se observan depósitos calcáreos de coloración oscura en pared gástrica, consistente con un cuadro de calcinosis gástrica (imagen. Carlos Sandoval).

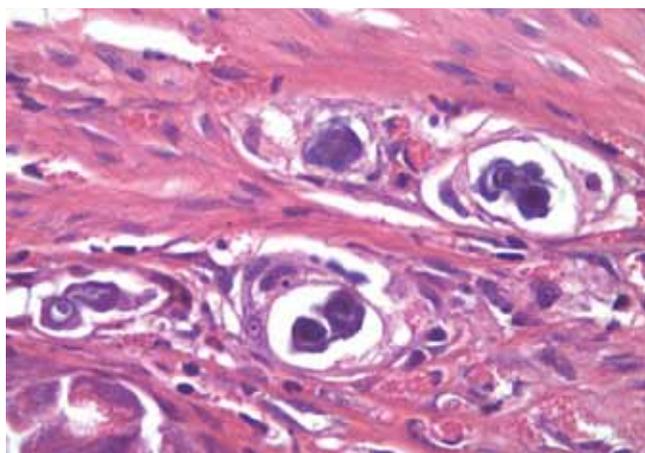


Imagen 4. Tinción H&E. Estómago. Se observan depósitos calcáreos de coloración basófila en pared gástrica, consistente con un cuadro de calcinosis gástrica (imagen. Carlos Sandoval).

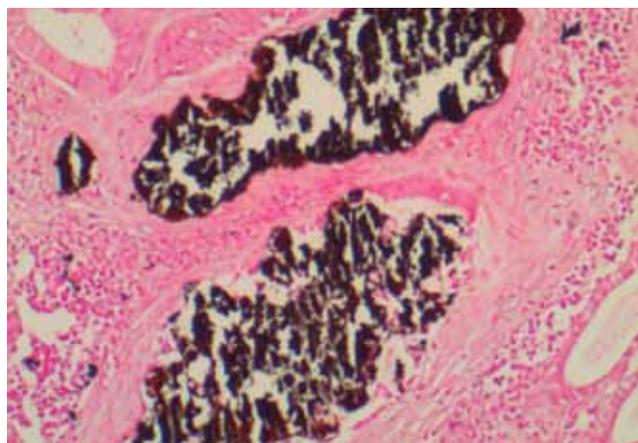


Imagen 5. Tinción Von Kossa. Riñón. Se observan abundantes depósitos calcáreos de coloración oscura en lumen tubular, consistente con un cuadro de nefrocalcinosis. (imagen. Carlos Sandoval).

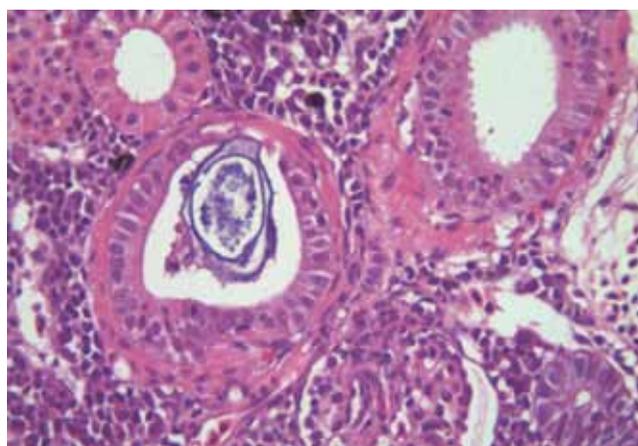


Imagen 6. Tinción H&E Riñón. Se observan abundantes depósitos calcáreos de coloración basófila en lumen ductal, consistente con un cuadro de nefrocalcinosis. (imagen. Carlos Sandoval).

En algunos casos, en el parénquima renal predominan los cambios granulomatosos y el grado del daño no siempre se refleja macroscópicamente. Los hallazgos, por lo general, se limitan al riñón y estómago. Las lesiones en este último consisten en áreas de calcificación y formación de granulomas, por lo general, en la lámina propia, granulosa y submucosa aunque también se han descrito lesiones en la capa muscular o capa sub-serosa (Ferguson, 2006). En casos severos, en el riñón la lesión predominante es la formación de granulomas con depósitos de calcio. En cuanto a salmonidos que han presentado calcinosis gástrica se observa en ellos una compactación gástrica, por falta de digestión del pellet, debido a una disminución en la funcionalidad gástrica, además peces que cursan con esta condición presentan bajos porcentajes de fertilidad de ova y aborto embrionario (estudio no publicado, Carlos Sandoval).

Respecto a la asociación de la nefrocalcinosis y la concentración libre de  $\text{CO}_2$  en el agua, la evaluación histopatológica y los análisis químicos permiten demostrar que la prevalencia y la severidad de la nefrocalcinosis incrementan con el aumento de la concentración de este último. Sin embargo, hay que considerar que varios

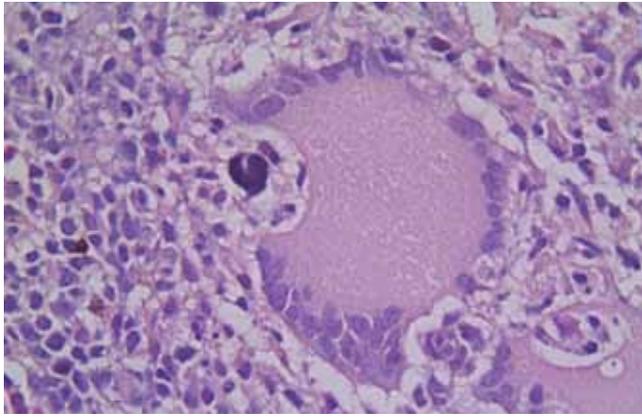


Imagen 7. Tinción H&E. Riñón. Se observa una reacción granulomatosa en intersticio renal, en el cual se observan depósitos calcáreos siendo englobados por una célula gigante (imagen. Carlos Sandoval).

reportes han enfatizado el rol que cumplen los factores ambientales, tales como la dureza y el contenido mineral del agua.

### Diagnóstico de nefrocalcinosis

El diagnóstico presuntivo puede ser a través de la examinación macroscópica del pez. Durante la necropsia se observan los depósitos calcáreos restringidos a una porción o en la totalidad de la extensión de los uréteres.

La técnica de elección del diagnóstico es la histología, ya que permite la observación de depósitos de calcio tanto incipientes como moderados en los túbulos y ductos renales, lo cuales no pueden ser evidenciados a través de la observación macroscópica. Además esta técnica permite la caracterización de los componentes del tejido comprometidos con el cuadro de nefrocalcinosis, así como también permite realizar una estimación de la intensidad o magnitud de la lesión, con su respectivo pronóstico productivo.

La tinción utilizada en histología es Hematoxilina & Eosina, en donde los depósitos calcáreos se observan de un color basófilo dentro de los túbulos y ductos renales. La técnica histoquímica de Von Kossa permite la confirmación del diagnóstico, ya que es específica para la detección de calcio, observándose los depósitos de un color negro al interior del tejido renal (Ferguson, 2006) o gástrico (imagen 3 y 5).

Otros métodos histoquímicos específicos tales como Alizarin Red S permiten visualizar a los complejos de calcio teñidos de un color rojo anaranjado. Y con el ácido periódico de Schiff se tiñen negativamente (Bruno, 1996).

### NEFROCALCINOSIS: Cambios a diferentes concentraciones de CO<sub>2</sub> (275 d)

Concentración CO <sub>2</sub> mg/L	Cambios Macroscópicos	Cambios Histológicos	
		Presente	Severo
12	5%	45%	15%
24	10%	55%	13%
55	45%	92,5%	55%

Smart et al., 1979

## REFERENCIAS

Bruno D.W. 1996. Nephrocalcinosis. *Aquaculture Inf. Series*. N°16.

Ferguson H., E. Bjerkas, O. Evensen. 2006. *Systemic Pathology of Fish: A Text and Atlas of Normal Tissue Responses in Teleosts, and Their Responses in Disease*. 2nd Ed. Scotian Press, London.

Fivelstad S., A.B. Olsen, H. Kloften, H. Ski, S. Stefansson. 1999. Effects of carbon dioxide on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts at constant pH in bicarbonate rich freshwater. *Aquaculture* 178: 171-187.

Fivelstad S., A.B. Olsen, T. Asgard, G. Baeverfjord, T. Rasmussen, T. Vindheim, S. Stefansson. 2003. Long-term sublethal effects of carbon dioxide on Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.): ion regulation, haematology, element composition, nephrocalcinosis and growth parameters. *Aquaculture*. 215: 301-319.

Gillespie D.C., and R.E. Evans. 1979. Composition of granules from kidneys of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) with nephrocalcinosis. *J. Fish. Res. Board Can.* 36: 683-685.

Gilmour K.M. 2001. The CO<sub>2</sub>/pH ventilatory drive in fish. *Comp. Biochem. Physiol. A*. 130: 219-240.

Gilmour K.M. and S.F. Perry. 2009. Review: carbonic anhydrase and acid-base regulation in fish. *J. Exp. Biol.* 212: 1647-1661.

Harrison J.G. and R.H. Richards. 1979. The pathology and histopathology of nephrocalcinosis in rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson in fresh water. *J. Fish Dis.* 2: 1-12.

Hicks B.D., J.W. Hilton, H.W. Ferguson. 1984. Influence of dietary selenium on the occurrence of nephrocalcinosis in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, *J. Fish Dis.* 7: 379-389.

Martens L.G., P.E. Witten, S. Fivelstad, A. Huysseune, B. Sævareid, V. Vikesa, A. Obach. 2006. Impact of high water carbón dioxide levels on Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.): effects on fish performance, vertebrae, composition and structure. *Aquaculture*. 261: 80-88.

Musa, S. 2014. The effect of oxygen saturation and carbon dioxide concentration on the growth and feed conversion of aquaculture fish. United Nations University Fisheries Training Programme, Iceland [final project]. <http://www.unuftp.is/static/fellows/document/safina13prf.pdf>

Perry S.F., K.M. Gilmour. 2006. Acid-base balance and CO<sub>2</sub> excretion in fish: unanswered questions and emerging models. *Resp. Physiol. Neurobiol.* 154: 199-215.

Smart G.R., D. Knox, J.G. Harrison, J.A. Ralph, R.H. Richards and C.B. Cowey. 1979. Nephrocalcinosis in rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson; the effect to exposure to elevated CO<sub>2</sub> concentrations. *J. Fish Dis.* 2: 279-289.

Wedemeyer G. 1996. Interactions with water quality conditions. In: *Physiology of fish in intensive culture systems*. 1st Ed. Springer, USA. 232 p.

Wood Ch., C. Louise and P. Walsh. 1999. Renal responses of trout to chronic respiratory and metabolic acidoses and metabolic alkalosis. *Am.J. Physiol.* 277: 482-492.



## SERVICIOS

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

WWW.VEHICE.CL

# Densidad de cultivo y enfermedad en peces

Fondecyt 1141006 y Fondap 15110027



Cristian Leischner<sup>1</sup>, Roxana González-Stegmaier<sup>1,3</sup>, Tatiana Pérez<sup>1,3</sup>, Augusto Vargas<sup>1,3</sup>,  
Ricardo Enríquez<sup>1</sup>, Jaime Figueroa<sup>2,3</sup>, Gudrun Kausel<sup>2</sup>, Alex Romero<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Biotecnología y Patología Acuática, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

<sup>3</sup> Centro FONDAF: Interdisciplinary Center for Aquaculture Research (INCAR), Chile  
alexromero@uach.cl



El cultivo de salmónidos es una de las principales actividades relacionadas con la acuicultura a nivel nacional y una de las que genera productos acuícolas con mayor valor económico a nivel mundial (FAO 2006). A pesar del gran crecimiento de la industria salmicultora nacional, ésta no ha estado exenta de dificultades en diversos ámbitos como son la estabilidad productiva, la sustentabilidad, los conflictos sociales y la persistencia de problemas sanitarios. Si bien se han logrado importantes avances en su manejo en Chile y el mundo en esta última materia, algunas enfermedades infecciosas e infestaciones parasitarias no han podido ser controladas eficazmente, transformándose en problemas crónicos para el sector. Ejemplo de lo anterior es *Caligus rogercresseyi*, causante de caligidosis; el virus responsable de la Necrosis Pancreática Infecciosa (IPNV) y la bacteria *Piscirickettsia salmonis* agente etiológico de la *Piscirickettsiosis*, que, si bien son en parte mitigadas a nivel productivo, continúan como grandes desafíos para la industria (Paredes y Mardones 2015).

Una de las áreas más fuertemente estudiadas en bienestar de peces, debido a sus fuertes implicancias productivas, es el efecto de la densidad poblacional o de producción. En estricto rigor, densidad de cultivo de animales acuáticos se define como el número de animales o biomasa por unidad de volumen. Sin embargo, si bien esta definición podría ser analizada según factores propios del sistema de cultivo, comúnmente se mide como Kg de peces por m<sup>3</sup> (Ellis y col 2002). La asociación entre la densidad de cultivo y su efecto en la biología de los peces, ha sido investigada en el *S. salar*, *O. mykiss* y otras especies de producción, tanto en situaciones de laboratorio como productivas. Precisamente, a nivel mundial, la producción intensiva de peces está ligada a altas densidades de cultivo, alteraciones en la calidad del agua, manejo frecuente y mayor riesgo de aparición de patologías (Flores 2002).

La acuicultura industrial que maneja grandes poblaciones de organismos en espacios limitados, ha traído consigo la necesidad de estudiar el efecto que estas densidades provoca en los peces, ya que las tasas de crecimiento, los índices de fertilidad y, más aún, la incidencia y frecuencia de enfermedades, están determinadas por la respuesta de los organismos al síndrome general de adaptación (estrés). Este último se define como la condición en que un animal no es capaz de mantener un estado fisiológico normal, debido a diversos factores que afectan negativamente a su bienestar (Francis-Floyd 2015). El estrés juega un papel muy

importante en la susceptibilidad de los peces hacia las enfermedades infecciosas (Wendelaar 1997). De hecho, los peces en su estado silvestre, en condiciones normales, viven en equilibrio con los patógenos que son endémicos dentro de su área geográfica, y la aparición de un brote natural es raramente observada, salvo si ocurren grandes cambios ambientales. Sin embargo, los peces mantenidos en cautiverio, son frecuentemente afectados por condiciones ambientales adversas (temperatura o química del agua) y por prácticas de manejo (sobrepoblación o manejo inadecuado), las cuales pueden imponer significativamente condiciones de estrés en los mecanismos de defensa de la mayoría de los peces (Conte 2004; Ellis y col 2002).

## Densidad de población en peces de cultivo

La densidad de población es un factor fundamental que afecta el bienestar de los peces en la industria de la acuicultura, especialmente donde las altas densidades en ambientes confinados están dirigidas a una alta productividad (Juell y col 2003). North y col (2006) describe esta problemática en el Reino Unido, donde el Informe del Consejo sobre bienestar de los peces plantea que la densidad de siembra debe permitir que los peces muestren un comportamiento completamente normal con un mínimo de dolor, estrés y miedo. De hecho, y a partir de la experiencia y datos recogidos desde el trabajo en terreno, el informe establece que densidades de cultivo por sobre 30-40 kg/m<sup>3</sup>, son potencialmente perjudiciales para el bienestar de *O. mykiss*, lo cual determinó que la densidad recomendable para esta especie fuese de 20 kg/m<sup>3</sup>, permitiendo altas densidades sólo en periodos previos al sacrificio y durante el tratamiento de enfermedades y parásitos (North y col 2006). Asimismo, en este mismo informe, se describe que para el salmón (*S. salar* y *O. kisutch*) se recomendaba 15 kg/m<sup>3</sup>, evitando densidades de 25-30 kg/m<sup>3</sup>. En el caso de Canadá, para salmón del Atlántico, las densidades de cultivo oscilan entre 14 y 18 Kg/m<sup>3</sup>, dependiendo del status sanitario de cada centro de cultivo. Por su parte, Noruega ha establecido una densidad para salmón del Atlántico cultivado en mar de 25 Kg/m<sup>3</sup> con una biomasa máxima de 780 toneladas por licencia y en algunos casos, lo cual está supeditado a la capacidad de carga del sitio de cultivo (O<sub>2</sub>, temperatura y muestreo de sedimento) (SERNAPESCA, 2012). En el caso de Chile, la autoridad sectorial ha fijado las densidades de cultivo para salmónidos cultivados en Chile. En este sentido, la Resolución Exenta 533 del 24 de febrero de 2015, establece para agrupaciones de concesiones (Resolución 1064 de 2014) las siguientes densidades:

Tabla 1. Densidad de cultivo para especies salmonídeas cultivadas en Chile.

ESPECIE	DENSIDAD
Salmón del Atlántico	15 Kg/m <sup>3</sup>
Trucha Arcoiris	11 Kg/m <sup>3</sup>
Salmón Coho	11 Kg/m <sup>3</sup>

Fuente: SERNAPESCA, 2015

Estas densidades son fijadas mediante la concreción de etapas que comprenden esencialmente una propuesta que debe ser aprobada por SERNAPESCA y el IFOP, y cuya formulación debe realizarse a través de un informe técnico, económico y ambiental por parte de los titulares de las concesiones. Entonces, en el entendido que la densidad es uno de los factores relevantes en la transmisión e instauración de enfermedades en cultivos de especies salmonídeas, este factor es considerado como un aspecto estratégico del manejo productivo. Por tal motivo, se considera relevante para el manejo sanitario preventivo, fijar densidades máximas de cultivo por especie, a través de los antecedentes históricos ajustados a la realidad productiva (I.T. N°520075309, SERNAPESCA 2009).

### Densidad de población, respuesta a estrés y enfermedad

La densidad de cultivo es un factor importante que eventualmente puede afectar el bienestar de los peces de cultivo, especialmente cuando las densidades elevadas apuntan a aumentar la productividad en ambientes confinados (Ashley, 2007). Mauri y col (2011), utilizaron Dorada (*S. aurata*) y Lubina Europea (*Dicentrarchus labrax*) de 30 a 40 g de peso, sometidos a estrés por hacinamiento mediante el aumento de densidad en estanques de 8-10 kg/m<sup>3</sup> a 50 kg/m<sup>3</sup>, aumentando la densidad en 5 veces. Desafiaron los peces con Nodavirus (10<sup>4</sup> TCID50/ml) vía intraperitoneal y con la bacteria *P. damsela* subsp. piscicida vía baño (10<sup>5</sup> UFC/ml, por 1 h). Durante el experimento no se registró mortalidad y demostró que el efecto supresor de los factores de estrés sobre el sistema inmune, reducen la actividad del complemento frente a virus, concomitante con una disminución de la expresión del gen de la proteína C3 (Mauri y col 2011). Estos resultados sugieren que, para estas especies, la alta densidad de cultivo tiene un efecto sobre algunos factores de inmunidad, pero no determinan un aumento de la mortalidad causada por patógenos virales y bacterianos.

Por otro lado, Yatabe y col (2011), utilizando datos provenientes del Diagnóstico General por Jaula Anual (DGJA) del año 2007, determinó que la densidad de cultivo está relacionada a mayores niveles de infestación parasitaria con *Caligus rogercresseyi*. En este sentido, se describe que los peces sometidos a mayores densidades presentan un menor nivel de bienestar y, consecuentemente, un mayor nivel de estrés, estimulando la activación del eje Hipotálamo-Pituitaria-Interrenal (HPI), lo cual conlleva a la producción y liberación de cortisol, lo cual aumentaría la susceptibilidad de los peces frente a este parásito. De hecho, se ha descrito que para *O. kisutch* tratados con implantes de cortisol, existe una mayor susceptibilidad frente al parásito *Lepeophthe-*

*rius salmonis*, lo cual estaría dada por una menor respuesta inmune innata (Johnson y Albright 1992).

Larenas y col (1997) estudiaron el efecto concomitante de la densidad poblacional y la temperatura del agua en la infección de *P. salmonis* en *O. mykiss*. Los resultados mostraron una mayor mortalidad acumulada (24%) en el grupo de mayor densidad poblacional (20 kg/m<sup>3</sup>) asociado a una temperatura de 14°C. La alta densidad poblacional favoreció la presentación de la enfermedad cuando se usaron 20 kg/m<sup>3</sup>, sin embargo, a la luz de los resultados, la temperatura y densidad parecen ser sinérgicos para producir la Piscirickettsiosis. Una temperatura cercana a los 14°C, asociada a una alta densidad poblacional, aparecen como factores que deben estar simultáneamente presentes para favorecer el desarrollo de la enfermedad. De hecho, los peces mantenidos a 14°C y 8°C, con una densidad 5 kg/m<sup>3</sup>, la mortalidad no superó el 2%.

Asimismo, en un estudio realizado por Iguchi (2003), describe el impacto de la enfermedad de Agua Fría causada por *Flavobacterium psychrophilum* en el cultivo de Ayu (*Plecoglossus altivelis*). Este estudio, demostró que, durante el período experimental, los peces mantenidos a alta densidad (8.0 kg/m<sup>3</sup>), elevaron los niveles de cortisol y sus niveles de IgM se vieron suprimidos, acompañados de una mayor mortalidad de los peces infectados con *F. psychrophilum*, que los peces en los tratamientos de media y baja densidad (2.6 kg/m<sup>3</sup> y 0.6 kg/m<sup>3</sup>). Lo anterior, sugiere que el estrés producido por las altas densidades en esta especie predispondría a la enfermedad, mediante la reducción de la inmunidad específica en el caso de *P. altivelis* infectado por *F. psychrophilum*. En este sentido, la literatura ha descrito que en el caso de *O. masou*, la administración de cortisol en los peces produce una disminución de los niveles de IgM plasmático (Iguchi 2003), sugiriendo la directa relación de la disminución de los niveles de inmunoglobulinas y el aumento de cortisol plasmático, el cual tiene un efecto inmunosupresor sobre células del sistema inmune de peces (Conte 2004). En este último punto, cabe destacar que altos niveles de cortisol post-estimulo estre

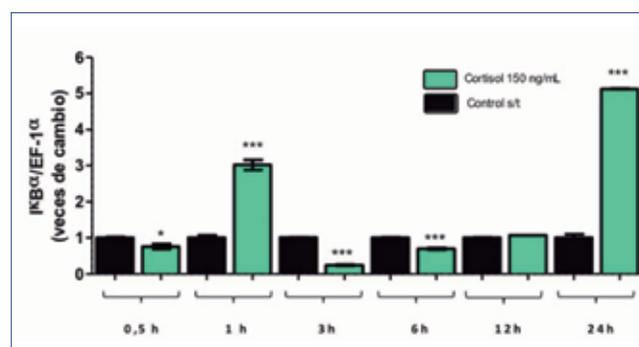
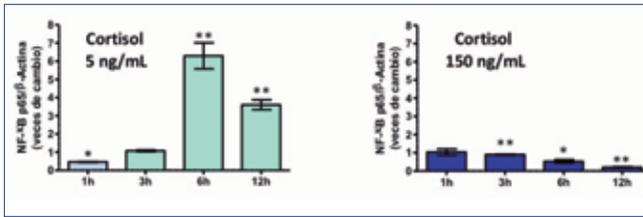


Figura 1. Cortisol modula la expresión de IκBα en células SHK-1: Se observa que cortisol aumenta la expresión de IκBα en 3 y 6 veces a 1 y 24 horas post-tratamiento respecto de las células control. Control s/t: Células SHK-1 sin tratamiento. Los niveles de expresión para IκBα son presentados como las medias ± el error estándar de muestras por triplicado. Los asteriscos indican diferencias significativas comparado al control sin tratamiento y analizado con student t-test. \**p*<0.05; \*\**p*<0.01; \*\*\**p*<0.001.



**Figura 2. Cortisol modula la expresión de NF-κB/p65 en células SHK-1:** Las células fueron tratadas con 5 y 150 ng/mL de cortisol por 1, 3, 6 y 12 horas. Se observa un aumento de la expresión de NF-κB/p65 para la concentración 5ng/mL a los tiempos 6 y 12 horas, con 6 y 4 veces de aumento respectivamente. En el caso de cortisol 150 ng/mL, los niveles inmunodetectados de la proteína disminuyeron significativamente hasta las 12 h post-tratamiento. Todos los datos están expresados en el promedio  $\pm$  SEM ( $n=3$ ) y normalizados en base a los respectivos niveles de  $\beta$ -actina y comparados con las células control sin tratamiento en cada tiempo. Los asteriscos indican diferencias significativas comparado al control sin tratamiento y analizado con student t-test. \* $p<0.05$ ; \*\* $p<0.01$ ; \*\*\* $p<0.001$ .

sante, se ha relacionado con un efecto inmunosupresor sobre células del sistema inmune, lo cual se traduce en una disminución de parámetros inmunes tales como la actividad citotóxica de linfocitos T, producción de inmunoglobulinas por parte de linfocitos B, disminución de la fagocitosis y estallido respiratorio en macrófagos (Barton 2002). Este efecto es mediado por el receptor de glucocorticoides (GR), expresado en distintos tipos celulares y que intervienen en la acción de cortisol a nivel intracelular (Tort, 2011). En el caso de las células inmunes, una vez que cortisol ingresa a la célula, se une a su receptor, el cual dimeriza y trasloca al núcleo, activando la transcripción de genes asociados a proteínas con acción antiinflamatoria como  $\text{IKB}\alpha$  (Figura 1), disminuyendo la expresión de proteínas como el factor de transcripción de citoquinas NF $\kappa$ B (Figura 2), lo cual sugiere una acción inmunodepresora de la hormona.

Por otra parte, Tapia-Paniagua (2014) evaluaron el efecto de la administración en la dieta de un probiótico (*Shewanella putrefaciens* Pdp11) sobre la tolerancia al estrés en especímenes *Solea senegalensis* mantenidos a una alta densidad de cultivo (30 kg/m<sup>3</sup>), en comparación a un grupo alimentado con una dieta comercial bajo las mismas condiciones. Este ensayo, además fue complementado con un desafío con *Vibriosis* durante el ensayo. Dentro de los resultados, también se observó que los peces expuestos a densidades normales (7 kg/m<sup>3</sup>), no mostraron sintomatología asociada a la enfermedad durante el tiempo que duró el experimento, mientras que los grupos de altas densidades alimentados con ambas dietas sufrieron un brote infeccioso con los típicos síntomas de *Vibriosis*. En este contexto, el estrés pudo haber ejercido una depresión inmunológica, ya que los grupos alimentados con dieta con probiótico y con dieta normal, mostraron una inmunosupresión significativa a los 19 días post-desafío, dado que exhibieron niveles disminuidos del mRNA de un número significativo de genes que codifican para proteínas relevantes en el sistema inmune innato de *S. senegalensis*, sobre todo como parte de la respuesta de fase aguda o juegan un papel directo en la defensa contra bacterias patógenas (Tapia-Paniagua 2014).

En general, la densidad de cultivo es un factor primordial en casi todas las enfermedades que afectan a los peces, lo cual se evidencia en los patrones de enfermedades observadas en siete densidades analizadas en *O. tshwytsha*, en un estudio realizado por Ogut (2004). En las densidades más altas de estudio, la prevalencia de *Furunculosis* fue considerablemente más alta que en las otras densidades. Además, menciona que los mecanismos por los cuales la densidad puede contribuir a la aparición de una enfermedad y propagación de la infección en las poblaciones de peces susceptibles no se han estudiado rigurosamente. Sin embargo, de acuerdo a los resultados del estudio, existirían dos posibles explicaciones para el efecto de la densidad sobre la propagación de la enfermedad. En primer lugar, a mayores densidades, la probabilidad de un individuo susceptible tener un contacto exitoso con un individuo infeccioso o con el patógeno en la misma población aumenta. En segundo lugar, las densidades más altas o sobre la óptima, tienen efectos adversos sobre el comportamiento de los peces y la calidad del agua (Wedemeyer 1981). También hay una relación positiva entre alta densidad de cultivo y el estrés, dado que se expresan niveles elevados de cortisol que causan reacciones inmunosupresoras y catabólicas, disminuyendo así la resistencia a diversas enfermedades infecciosas en los peces (Iguchi y col 2003), como por ejemplo la *Furunculosis* (Schreck y col 2001).

En consecuencia, estos datos sugieren que una menor densidad reduce la propagación de enfermedades en un centro de cultivo o área, y podría proporcionar más tiempo para la aplicación de agentes quimioterapéuticos y así aumentar la respuesta de los peces. Es necesario tener en cuenta que la densidad se refiere al peso de los peces por unidad de volumen (Ellis y col 2002) y que la densidad de población aumentará en cualquier punto en el tiempo a medida que los peces crecen. Por otra parte, la determinación del espacio óptimo para el desarrollo de un pez es complejo de obtener, dado que se desarrollan en un medio tridimensional (Ellis y col 2002; Conte 2004). Los peces son dependientes del medio, tanto para sus necesidades fisiológicas y de comportamiento, lo cual está relacionado al bienestar. Por esta razón, para determinar la densidad de cultivo, se debe considerar tanto la capacidad de carga del medio ambiente, las necesidades espaciales del centro de cultivo y el comportamiento de las especies en sus distintos estadios de desarrollo. Dado que la capacidad de carga se refiere al número máximo de peces que se puede desarrollar con un suministro de oxígeno y eliminación de desechos metabólicos óptimo, se debe determinar la tasa de consumo de oxígeno y la respuesta a los productos de desechos metabólicos, tales como CO<sub>2</sub> y amoníaco principalmente. Finalmente, la densidad de cultivo ilustra la significación de las diferencias de especies y la existencia de una compleja red de factores que interactúan e inciden en el bienestar y salud de los peces. La utilización de una serie de indicadores combinados mediante un análisis multivariado para producir una puntuación de bienestar por especie, parece ser un importante avance en la investigación, si partimos de la premisa que las variaciones de densidad de cultivo afectan negativa o positivamente a los peces según su especie.

## Referencias

- Ashley P. 2007.** Fish Welfare: Current issues in aquaculture. *Appl. Anim. Behav.* 104, 199-235.
- Barton B. 2002.** Stress in Fishes: A Diversity of Responses with Particular Reference to Changes in Circulating Corticosteroids. *Integ. and Comp. Biol.* 42, 517-525.
- Conte F. 2004.** Stress and the welfare of cultured fish. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 86, 205-223.
- Ellis T, B North, A Scott, N Bromage, M Porter, D Gadd. 2002.** The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *J. Fish Biol.* 61, 493-531.
- FAO. 2006.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. State of world aquaculture. *FAO Fisheries technical paper* N° 500. Rome, Italy.
- Francis-Floyd R. 2015.** Stress - Its Role in Fish Disease. <https://edis.ifas.ufl.edu/fa005>.
- Flores C. 2002.** Respuestas neuroendócrinas al estrés en peces teleosteos. *Rev. ictiol.* 10, 57-78.
- Iguchi K, K Ogawa, N Nagae, F Ito. 2003.** The influence of rearing density on stress response and disease susceptibility of ayu (*Plecoglossus altivelis*). *Aquaculture* 220, 515-523.
- Johnson S, L Albright. 1992.** Effects of cortisol implants on the susceptibility and the histopathology of the responses of naive coho salmon *Oncorhynchus kisutch* to experimental infection with *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae). *Dis. Aquat. Org.* 14, 195- 205.
- Juell J, F Oppedal, K Boxaspen, G Taranger. 2003.** Submerged light increases swimming depth and reduces fish density of Atlantic salmon *Salmo Salar* L. in production cages. *Aquacult Res.* 34, 469-477.
- Larenas J, J Contreras, S Oyanedel, M Morales, P Smith. 1997.** Efecto de la densidad poblacional y temperatura en truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) inoculadas con *Piscirickettsia salmonis*. *Arch med vet* 29, 113-119, 1997. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0301-732X1997000100013](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X1997000100013)
- Mauri I, A. Romero, L Acerete, S MacKenzie, N Roher, A Callol, I Cano, M. Alvarez, L Tort. 2011.** Changes in complement responses in Gilthead seabream (*Sparus aurata*) and European seabass (*Dicentrarchus labrax*) under crowding stress, plus viral and bacterial challenges. *Fish Shellfish Immunol.* 30, 182-88.
- North B, T Ellis, J Turnbull, J Davis, N Bromage. 2006.** Stocking density practices of commercial UK rainbow trout farms. *Aquaculture* 259, 260-267.
- Ogut H, P Reno. 2004.** Prevalence of Furunculosis in Chinook Salmon Depends on Density of the Host Exposed by Cohabitation. *N Am J Aquac.* 66,191-197.
- Paredes F, F Mardones. 2015.** Dónde estamos y que falta conocer. Estado del conocimiento sobre *Piscirickettsia salmonis*. *Salmonexpert* N°4,34-36.
- Schreck C, W Contreras, M Fitzpatrick. 2001.** Effects of stress on fish reproduction, gamete, quality, and progeny. *Aquaculture* 197, 3-24.
- SERNAPESCA, Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. 2009.** Informe Técnico N° 520075309. Establecimiento de medidas de manejo sanitario por áreas aplicables a centros de salmónidos: Periodos de descanso y límites de densidad. Unidad de acuicultura.
- SERNAPESCA, Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. 2012.** [www.subpesca.cl/prensa/601/articles-5121\\_documento.pdf](http://www.subpesca.cl/prensa/601/articles-5121_documento.pdf)
- Tapia-Paniagua 2014.** The treatment with the probiotic *Shewanella putrefaciens* Pdp11 of specimens of *Solea senegalensis* exposed to high stocking densities to enhance their resistance to disease. *Fish Shellfish Immunol.* 41, 209-21.
- Tort L. 2011.** Stress and immune modulation in fish. *Dev Comp Immunol.* 35,1366-1375.
- Wedemeyer G, D McLeay. 1981.** Methods for determining the tolerance of fish to environmental stresses. *Pickering PD, Stress and fish*, 247-275.
- Wendelaar B. 1997.** The Stress Response in Fish. *Physiol. Rev.* 77, 591-625.
- Yatabe T. 2011.** Risk factor analysis for sea lice, *Caligus rogercresseyi*, levels in farmed salmonids in southern Chile. *J. Fish Dis.* 34, 345-354.

SALMÓN · TRUCHA · MERLUZA · CONGRIO · REINETA · PANGASIUS

TILAPIA · ATÚN · ALBACORA · UNAGI · CAMARONES · JAIBA

PULPO · OSTIONES · CENTOLLA · LOCOS · ANILLAS CALAMAR

CHORITOS · AHUMADOS EN CALIENTE Y FRÍO

NUEVA LÍNEA DE PLATOS PREPARADOS CONGELADOS

PRODUCTOS PARA SUSHI Y MUCHO MAS

**FISH Store**  
La tienda del mar

Egaña 1151 · Local 7 · Puerto Montt · Fono: 65 223 6400

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



Una empresa

All PureFish

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

PROGRAMA ACREDITADO

Inicio Año Académico:

**Marzo 2017**

Duración:

**8 semestres**

Período de Postulación:

**1 Julio a Noviembre 2016**



Universidad Austral de Chile

Escuela de Graduados - Sede Puerto Montt

# DOCTORADO

## en Ciencias de la Acuicultura

BIOTECNOLOGÍA ACUÍCOLA | GENÉTICA ACUÍCOLA | NUTRICIÓN ACUÍCOLA  
 REPRODUCCIÓN, DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE RECURSOS ACUÍCOLAS  
 SANIDAD Y PRODUCCIÓN ANIMAL | SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL Y MANEJO DE RECURSOS MARINOS



Más información en:

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

# Programa de Doctorado en Ciencias de la Acuicultura



## Formando investigadores y nuevas ideas para la región sur-austral de Chile



La Bióloga Marina, Margarita González estudiante de la generación 2011 del Doctorado en Ciencias de la Acuicultura de la Universidad Austral de Chile culminó exitosamente su postgrado durante el 2015 y convirtiéndose en la primera Doctora en Ciencias de la Acuicultura con Sello UACH.

Con su tesis **“Efecto de la Caligidosis sobre el Bienestar del Salmón del Atlántico”** que desarrolló en tres laboratorios de investigación: el de Interacciones Ecológicas a cargo de su profesora patrocinante MSc. Sandra Marín Arribas en el Instituto de Acuicultura de la Sede Puerto Montt UACH; la parte fisiológica la realizó en el Laboratorio de Peces en la Facultad de Ciencias de la UACH Valdivia a cargo del Dr. Luis Vargas-Chacoff, y el análisis histológico en el Laboratorio de Histología del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) en Puerto Montt.

El Comité Evaluador fue compuesta por: el profesor Dr. Alex Romero del Instituto Patología Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias UACH; Dr. Hernán Cañón Jones de la Empresa Desert King Chile - como profesor externo-, y el Dr. Luis Vargas-Chacoff del Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas de la Facultad de Ciencias UACH.

Margarita González estudió su programa de doctorado gracias a la Beca Conicyt del programa de Becas de Doctorado Nacional que financió su manutención y el pago del arancel, como también la Beca de Gastos operacionales para el desarrollo de Tesis asociada a la beca doctoral, gracias a la cual también viajó al Congreso Sea Lice 2014 en Estados Unidos donde presentó un capítulo científico de su investigación doctoral.

Su trabajo de tesis tiene relevancia ya que logró el objetivo de generar conocimiento científico a través de la realización con cuatro capítulos publicados en revistas científicas con impacto internacional.

Actualmente la Dra. Margarita González es investigadora del Departamento de Salud Hidrobiológica del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP).



El Bioquímico Marcos Cortés estudiante de la generación 2011 del Doctorado en Ciencias de la Acuicultura de la Universidad Austral de Chile culminó exitosamente su postgrado durante el 2015 y convirtiéndose en el segundo Doctor en Ciencias de la Acuicultura con Sello UACH.

Un largo examen de grado en inglés fue el que dio este profesional valdiviano con su tesis **“Study of the type 4B protein secretion system (Dot/Icm) and the effector protein SdHA in *Piscirickettsia salmonis*”** (“Estudio del Sistema de Secrecion Proteica tipo 4B (Dot/Icm) y la proteína efectora SdhA en *Piscirickettsia salmonis*”) que tuvo como Profesor Patrocinante al Dr. Alejandro Yáñez del Instituto de Bioquímica y Microbiología de la Facultad de Ciencias (UACH) y como profesor Co-patrocinante al Dr. Reinhard Wirth (Universidad de Regensburg, Alemania).

El Comité Evaluador estuvo compuesto por los profesores Dr. Alex Romero, Profesor Informante, del Instituto Patología Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias (UACH); Dr. Ricardo Enríquez, Profesor Informante, de la Facultad de Ciencias Veterinarias (UACH) y Dr. Harold Oliva, de Veterquímica como Profesor Externo.

Entre julio y octubre del 2014, el Dr. Cortés realizó una pasantía en el laboratorio del Dr. Reinhard Wirth, del Instituto de Microbiología/Centro de Archea – NWF III, e ingresó al Programa de cotutela, convenio entre la UACH y la Universidad de Regensburg, en Regensburg, Alemania y optar al grado de Dr. (Dr. rer. nat.) también en la Universidad de Regensburg (actualmente documetación en trámite).

# Efecto de los SNPs sobre la Resistencia Antibiótica en cepas Chilenas de *Piscirickettsia salmonis*



Proyectos FONDECYT 1130069 y FONDAP 15110027.

Castro L, Lagos F, Cartes C, Isla A, Haussmann D y Figueroa J.

Instituto de Bioquímica y Microbiología, Facultad de Ciencias, U. Austral de Chile, Valdivia.

Centro Fondap, INCAR.

jefigueroa@uach.cl



## RESUMEN

Para tratar la Piscirickettsiosis, además de las vacunas, en Chile se han usado altas dosificaciones de antibióticos, favoreciendo la proliferación de bacterias resistentes. Por ello, mediante diferentes herramientas bioinformáticas, se realizó un análisis *in silico* del genoma de distintas cepas de campo. Se seleccionaron diez genes putativos de resistencia a florfenicol y oxitetraciclina, los antibióticos más usados en Chile. Posteriormente se identificó y analizó el número de SNPs presentes en cada secuencia nucleotídica y su relación con la resistencia a los dos antibióticos anteriormente mencionados, tomando como referencia la cepa tipo LF-89, la cual posee un número similar de genes de resistencia a las demás, pero es mucho más susceptible a los antibióticos usados. Para esto, se evaluó la relación intergénica entre las nueve cepas de *P. salmonis*, a través de árboles filogenético y red de haplotipos, construidos con base en las diez secuencias de genes más específicos de resistencia a ambos fármacos, tomando una cepa representativa por cada cluster, para posteriores análisis experimentales.

El ensayo experimental, consistió en determinar y comparar la concentración mínima inhibitoria (CIM) para cada una de las cepas. Esto reveló que la susceptibilidad a ambos antibióticos varía entre las cepas estudiadas, siendo más susceptible la cepa con menor número de variaciones (SNPs) en la secuencia nucleotídica, como la cepa tipo LF-89. Esto fue evidenciado al analizar *in silico* la estructura 3D de las proteínas codificadas por los genes seleccionados, observándose cambios notorios, en las secuencias con mayor número de SNPs, conduciendo probablemente a una variación de la proteína expresada.

Experimentos previos en nuestro laboratorio, basados en el ITS del genoma de *P. salmonis*, han identificado cuatro genogrupos, sin mayores diferencias en el número de genes de resistencia presente en cada una de ellas. Los resultados indican que probablemente la resistencia a los dos antibióticos usados, no estaría vinculado con el número de genes de resistencia presentes en cada cepa, sino más bien con la presencia de SNPs en sitios relevantes de las secuencias nucleotídicas, conduciendo a cambios importantes en la estructura proteica.

## INTRODUCCIÓN

La Piscirickettsiosis es una de las enfermedades más perjudiciales que afecta al cultivo del salmón en Chile, cuyo agente etiológico es la *Piscirickettsia salmonis*, un patógeno intracelular facultativo, Gram

negativo, aislado por primera vez en Chile en el año 1989 (Bravo y Campos, 1989). Esta patología afecta varias especies de salmones, produciendo signos clínicos claros y altas mortalidades. Se presenta con una mayor prevalencia en los meses del año con temperaturas elevadas y durante la fase de crecimiento en agua salada.

La oxitetraciclina y el florfenicol son los antibióticos más usados actualmente en la industria salmonera en Chile (SERNAPESCA, 2015). El uso de estos antibióticos se ha incrementado de forma masiva en los últimos años, debido entre otras causas, a la carencia de vacunas efectivas, la alta prevalencia del patógeno y la emergencia de nuevos agentes infecciosos (Asche y col., 2009; Cabello y col., 2013). Esto ha generado graves inconvenientes en el medio ambiente, ya que altas dosificaciones de estos compuestos químicos, favorecen la proliferación de bacterias altamente resistentes, a través de procesos de mutación en su genoma y la transferencia horizontal de genes con similares características (Syed y col., 2014).

Los polimorfismos de nucleótidos simples (SNPs): son una variación en la secuencia de DNA que afecta a una sola base de una secuencia determinada del genoma. Dentro de los principales usos de este marcador molecular, es su estrecha relación a cambios a nivel fenotípico en un organismo. La presencia de SNPs, en el genoma bacteriano, se ha asociado a múltiples mecanismos de resistencia a medicamentos que adquieren estos microorganismos (Comas, 2012; Chewapreecha y col., 2014). Por otro lado, los SNPs, no solo poseen un impacto funcional de resistencia a drogas, sino que además son de gran utilidad para definir grupos genéticos con un enfoque filogenético (Moorhead y col., 2003). Debido a su capacidad altamente resolutive, recientes estudios han demostrado el uso de SNPs en árboles filogenéticos, catalogando especies tanto en linajes establecidos, como en nuevos clados (Stucki y Gagneux, 2013).

Se identificó y analizó genes involucrados en resistencia a antibióticos en cepas de *P. salmonis* en Chile, identificando en cada uno de ellos los SNPs presentes, tomando como referencia la cepa tipo (LF-89), la cual posee un número similar de genes de resistencia a las demás, pero es notablemente menos susceptible a los antibióticos usados, dejando entre ver que quizá la resistencia a los antibióticos no solo estaría relacionado al número de genes de resistencia si no a las mutaciones o polimorfismos relevantes en los genes.

**Tabla I.** Genes putativos de resistencia a oxitetraciclina y/o florfenicol en nueve cepas nacionales de *P. salmonis*. Se seleccionaron diez genes putativos de resistencia a oxitetraciclina, florfenicol o multidrogas. (+) Denota presencia del gen en la cepa referida.

Geno-grupos	Cepas	Genes para Oxitetraciclina (2 genes)	Genes para Florfenicol (3 genes)	Genes Multidrogas (4 genes)	Control (gen inespecífico)
I	LF-89 IBM-012 IBM-023	++	+++	++++	+
II	IBM-004 IBM-009 IBM-014 IBM-029 IBM-034	++	+++	++++	+
IV	IBM-030	++	+++	++++	+

## MÉTODOS

Se analizó el genoma completo de 9 cepas de *P. salmonis* (LF-89, IBM-004, IBM-009, IBM-012, IBM-014, IBM-023, IBM-029, IBM-030 e IBM-034), mediante BLAST (NCBI-ARDB) se identificaron diez genes de resistencia a oxitetraciclina y florfenicol (Tabla I). La identificación del número total de SNPs sinónimos y no-sinónimos se realizó mediante el software Jalview y ClustalW en cada uno de los genes seleccionados, tomando como referencia la cepa-tipo LF-89 (Tabla II).

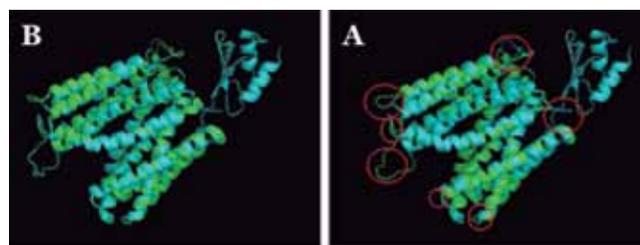
**Análisis in silico de la estructura 3D:** Para el modelamiento tridimensional se utilizó la base de datos SwissModel (ExPASy SIB), al igual que el software PyMOL Molecular Graphics System.

La construcción del árbol filogenético se realizó mediante el programa MEGA 5, con un número de bootstrap = 1000, mediante el método *neighbor joining*. Los resultados obtenidos fueron corroborados mediante una red de haplotipos, elaborada con el software SplitsTree4, mediante el algoritmo Neighbor-net de la matriz de distancia.

Las cepas de *P. salmonis* fueron crecidas en el cultivo célula SHK-1, y en medios de cultivo desarrollados en el laboratorio de biología Molecular de Peces de la UACH. La identidad de *P. salmonis* se corroboró mediante Gram, IFAT y PCR. La determinación de CIM fue validada en *E. coli* ATCC 25922, mediante el método de diluciones en microplacas para determinar la CIM en bacterias acuáticas (Yañez y col., 2014).

**Tabla II.** Total de SNPs sinónimos y no-sinónimos en probables genes de resistencia a oxitetraciclina y/o florfenicol en 8 cepas chilenas de *P. salmonis*.

cepas	SNPs Sinónimos	SNPs No Sinónimos
LF-89	Referencia (0)	Referencia (0)
IBM-004, IBM-034	0-2	0-7
IBM-009, IBM-012, IBM-014, IBM-023, IBM-029, IBM-030	11-74	5-17



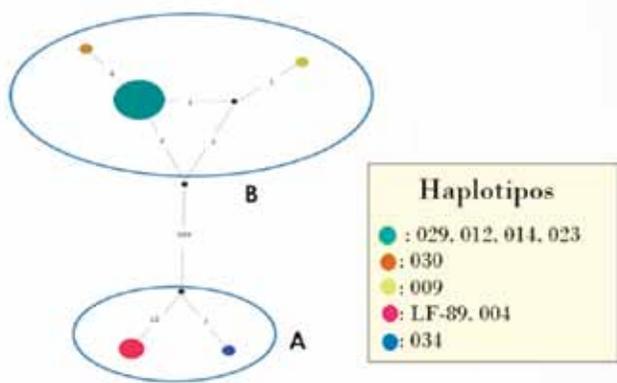
**Figura 1.** Modelo 3D propuesto para el gen tet pump, en 9 cepas de *P. salmonis*. A) Agrupa las cepas LF-89, 004 y 034, B) Agrupa las cepas 009, 012, 014, 023, 029 y 030. La Estructura terciaria verde corresponde al modelo 3D de la base de datos; mientras que la celeste corresponde al modelo 3D de *P. salmonis*. Cambios en la estructura terciaria con respecto a la cepa de referencia LF-89 (círculos en rojo).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis de la estructura 3D:** Al realizar el análisis *in silico* de la estructura 3D para cada una de las secuencias aminoacídicas seleccionadas, se encontraron múltiples cambios en los genes donde se observó un mayor número de SNPs, con respecto a la cepa de referencia LF-89. En la Figura 1, se observa la agrupación de las nueve cepas de estudio, para el gen *tet pump*, de acuerdo a la estructura aminoacídica 3D que presentaron (resultados similares, fueron observados en los demás genes de estudio).

De acuerdo con Hunt y col. (2009), las mutaciones de tipo sinónimas como no-sinónimas, originan cambios en la estructura proteica, afectando la función biológica de la proteína. Es por ello, que en las cepas (IBM- 009, 012, 014, 023, 029 y 030) que presentaron SNPs sinónimos y no-sinónimos en las secuencias génicas seleccionadas, fueron evidenciados cambios similares en las estructuras tridimensionales de las secuencias aminoacídicas, con respecto a la cepa LF-89. Mientras las cepas (IBM-004, 034) que prácticamente no presentaron múltiples variaciones en las secuencias génicas seleccionadas, mostraron en la mayoría de los genes, estructuras tridimensionales idénticas a la cepa de referencia.

**Relación intergénica:** Se estableció un análisis filogenético usando las secuencias de los 10 genes de resistencia a Oxitetraciclina y Florfenicol. El resultado muestra una agrupación en 2 grandes clusters evidenciando resultados concordantes con los de análisis de espaciador intergénico ITS del cistron ribosomal, así como también del gen ribosomal 16 s. Por ello, se construyó una red de haplotipos (Figura 2), en ella, se muestra la agrupación de las nueve cepas, basado en el número de SNPs presentes en cada uno de los genes putativos de resistencia. Se observó la formación de dos clusters principales A y B. El cluster A, presentó 2 haplotipos, el haplotipo rojo integrado por las cepas LF-89 e IBM- 004 y el haplotipo azul integrado por la cepa IBM-034. En el cluster B, se presentaron 3 haplotipos, el haplotipo verde integrados por las cepas IBM-029, 012, 014 y 023, el haplotipo café, conformados por la cepa IBM-030 y el haplotipo amarillo, conformado por la cepa IBM-009. Se observó una diferencia mutacional de 356 variaciones (SNPs e Indels) entre los cluster A y B. De los 2 cluster principales conformados, se tomaron las cepas LF-89, IBM-009 y 012, para análisis experimentales posteriores.



**Figura 2.** Red de haplotipos construida con base en 10 secuencias de putativos genes de resistencia a oxitetraciclina y florfenicol en 9 cepas de *P. salmonis*. El tamaño de los círculos es proporcional a la frecuencia haplotípica. Haplotipo 1, 2, 3, 4, y 5, representados con los círculos verde, café, amarillo, rojo y azul, respectivamente. Los cuadrados negros, representan nodos intermedios inferidos. Los valores entre paréntesis sobre las líneas que conectan los haplotipos indican el número de mutaciones (SNPs, deleciones e inserciones). Los clados han sido enmarcados en círculos color azul.

Estos resultados revelan una baja variabilidad intra-especie en *P. salmonis*, ya que únicamente se evidenció la formación de dos clusters (A y B). De las tres cepas encontradas en el cluster A, la IBM 004 presenta secuencias idénticas a la cepa LF-89, mientras la IBM-034, muestra una variación equivalente a nueve SNPs, con respecto a la cepa de referencia.

En el cluster B, se agruparon las seis cepas restantes: IBM-009, 012, 014, 023, 029 y 030, con una diferencia mutacional de 328 SNPs con respecto a la cepa LF-89. El hecho de que los aislados IBM-009 e IBM-030 (solo para red de haplotipos), se encuentren ubicadas en una subdivisión diferente dentro del cluster B, podría deberse a la presencia de indels u otro tipo de mutaciones en la secuencia nucleotídica de los genes de estudio. Esta baja diversidad en cada uno de los clusters formados, indica poca variación en las secuencias nucleotídicas de los genes estudiados y por consiguiente, alta similitud entre las cepas que conforman cada cluster. (Mauel y col., 1999).

#### Determinación de las CIM para florfenicol y oxitetraciclina:

Se logró obtener un rango de CIM de oxitetraciclina y florfenicol, para las tres cepas en estudio: la LF-89, IBM-009 e IBM-012. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla III.

Los ensayos experimentales fueron concordantes con los análisis *in silico*, observándose pérdida de susceptibilidad a los dos fármacos de estudio, en las cepas IBM-009 e IBM-012, las cuales presentaron múltiples mutaciones en putativos genes de resistencia. Siendo este mecanismo uno de los más usados por la bacteria para inhibir la acción de estos fármacos (Toprak y col., 2012). Los resultados obtenidos mediante la CIM para oxitetraciclina y florfenicol en la cepa LF-89, fueron concordantes con los resultados obtenidos por Yáñez y col. (2014), pese al uso de diferentes medios. Por otro lado, los resultados de la CIM, para *P. salmonis*, son concordantes con el análisis *in silico* de genogrupos, realizado en el laboratorio, ubicándose las cepas IBM-009 e IBM-012 en el genogrupo II.

Cepa	Antibiótico	Rango CIM ( $\mu\text{g/mL}$ )
LF-89	Oxitetraciclina	0.08 – 0.25
IBM-009	Oxitetraciclina	0.25 – 2
IBM-012	Oxitetraciclina	0.25 – 0.5
LF-89	Florfenicol	0.08 – 0.5
IBM-009	Florfenicol	1 – 4
IBM-012	Florfenicol	2 – 8

**Tabla III.** Resumen de los resultados de CIM de oxitetraciclina y florfenicol en las cepas estudiadas.

## CONCLUSIONES

Mediante el presente estudio, se vislumbra la relación existente entre los SNPs sinónimos y no-sinónimos en genes de resistencia y la disminución de la susceptibilidad a los fármacos usados. Estas mutaciones podrían provocar cambios en la estructura terciaria de las secuencias aminoacídicas, alterando la función de las proteína y por lo tanto provocando disminución de la sensibilidad por parte de la cepa, frente al antibiótico.

La disminución de la sensibilidad a los antibióticos oxitetraciclina y florfenicol observada en las cepas IBM-009 e IBM-012, no estaría vinculado con el número de genes de resistencia presentes en cada cepa, sino mas bien con la presencia de SNPs en sitios relevantes de las secuencias nucleotídicas.

## REFERENCIAS

- Asche F. y col. (2009) The salmon disease crisis in Chile. *Marine Resource Economics*, 24(4), 405-411.
- Bravo S. & Campos M. (1989) Síndrome del salmón Coho. *Chile Pesquero*, 54, 47-48.
- Cabello F. y col. (2013) Antimicrobial use in aquaculture re-examined: its relevance to antimicrobial resistance and to animal and human health. *Environmental microbiology*, 15(7), 1917-1942.
- Chewapreecha C. y col. (2014) Comprehensive identification of single nucleotide polymorphisms associated with beta-lactam resistance within pneumococcal mosaic genes. *PLoS Genet*, 10(8), e1004547.
- Comas I. y col. (2012) Whole-genome sequencing of rifampicin-resistant *Mycobacterium tuberculosis* strains identifies compensatory mutations in RNA polymerase genes. *Nature genetics*, 44(1), 106-110.
- Hunt R. y col. (2009) Silent (synonymous) SNPs: should we care about them?. *Single Nucleotide Polymorphisms: Methods and Protocols*, 23-39.
- Mauel M. y col. (1999) Phylogenetic analysis of *Piscirickettsia salmonis* by 16S, internal transcribed spacer (ITS) and 23S ribosomal DNA sequencing. *Diseases of aquatic organisms*, 35(2), 115-123.
- Moorhead S. y col. (2003) An SNP-based PCR assay to differentiate between *Listeria monocytogenes* lineages derived from phylogenetic analysis of the sigB gene. *J. of microbiological methods*, 55(2), 425-432.
- Shah S. y col. (2014) Antimicrobial resistance and antimicrobial resistance genes in marine bacteria from salmon aquaculture and non-aquaculture sites. *Environmental microbiology*, 16(5), 1310-1320.
- Stucki D. & Gagneux S. (2013) Single nucleotide polymorphisms in *Mycobacterium tuberculosis* and the need for a curated database. *Tuberculosis*, 93(1), 30-39.
- Toprak E. y col. (2012) Evolutionary paths to antibiotic resistance under dynamically sustained drug selection. *Nature genetics*, 44(1), 101-105.
- Vereshchagin V. y col. (2005). Detection of Fluoroquinolone Resistance Single-Nucleotide Polymorphisms in *Neisseria gonorrhoeae* gyr A and par C Using MALDI-TOF Mass Spectrometry. *Molecular Biology*, 39, 806-814.
- Yáñez A. y col. (2014). Broth microdilution protocol for minimum inhibitory concentration (MIC) determinations of the intracellular salmonid pathogen *Piscirickettsia salmonis* to florfenicol and oxytetracycline. *J. fish diseases*, 37(5), 505-509.

# VIUSID® aqua

**VIUSID® aqua** actúa sobre el crecimiento de los peces, camarones, etc, reforzando su sistema inmunológico. Aumenta el apetito y es un excelente antiviral y hepatoprotector.

## COMPOSICIÓN VIUSID® aqua Líquido

Ácido Máltico, Glucosamina, Arginina, Glicina, Ácido Ascórbico, Glicirricinato Monoamónico, Clorhidrato de Piridoxina, Sulfato de Zinc, Pantotenato Cálcico, Ácido Fólico, Cianocobalamina, Benzoato Sódico, Sorbato Potásico, Agua Destilada.

## COMPOSICIÓN VIUSID® aqua Polvo

Ácido Máltico, Glucosamina, Arginina, Glicina, Ácido Ascórbico, Glicirricinato Monoamónico, Clorhidrato de Piridoxina, Sulfato de Zinc, Pantotenato Cálcico, Ácido Fólico, Cianocobalamina, Benzoato Sódico, Sorbato Potásico, Maltodextrina, Carbonato Cálcico, Dióxido de Silicio.



Envases de 1,5 y 25 kg de producto en polvo listo para mezclar con el pienso.

### ALMACENAMIENTO

Almacenar en un lugar fresco y seco a temperatura inferior a 25°C. Mantener fuera del alcance de los niños y animales.

### DOSIFICACIÓN VIUSID® aqua Líquido

1 litro por cada 1.000 kilos de pienso durante el ciclo de producción

### COMPOSICIÓN VIUSID® aqua Polvo

1 kilo por cada 1.000 kilos de pienso durante el ciclo de producción



Envases de 1,5 y 25 litros de solución lista para pulverizar sobre el pienso.

### Distribuidor Autorizado:



**Casa Matriz:** (56-65) 2531 822 Eusebio Lillo 153, Interior - Castro  
**Dirección Comercial y Planta Premix:** Fono: (56-65) 2576 340 Fax: (56-65) 2576 341  
 Ruta 226, Km. 3,2 camino Tepual (Lote 25) Parque Apiasmontt - Puerto Montt  
**Sucursal:** Bodegas San Francisco Calle Puerto Medro 9710 Comuna de Pudahuel Santiago - Chile

# Validación de la alta exactitud de los marcos bioestimadores aplicado a producción de salmón del Atlántico (*Biomassdaily*®)



Cesar López Riveros<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>M.V., Programa de Magister en Acuicultura, Universidad Católica del Norte.

<sup>2</sup>Sub Gerente Técnico VAKI Chile Ltda.

cesar\_lopez@ucn.cl – clopez@vaki.cl



## INTRODUCCIÓN

Las empresas salmonicultoras utilizan distintos modelos matemáticos para proyectar el crecimiento de las poblaciones de sus peces cultivados. Estos modelos relacionan la conversión del alimento entregado con el aumento de la biomasa o de peso total, de este modo hay un seguimiento del crecimiento de la biomasa total de peces en el tiempo en los centros de producción (Brett y Grover, 1979; Aunsmo *et al.*, 2013).

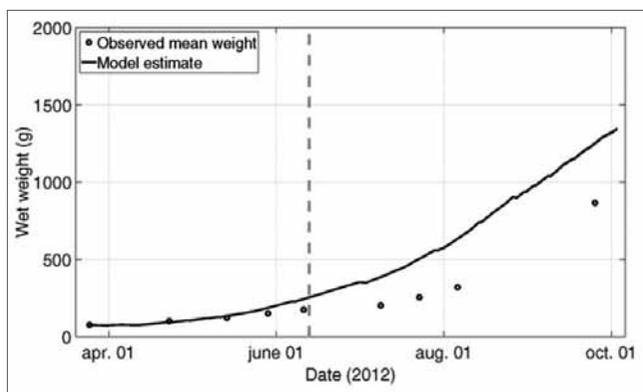
A pesar de que los modelos relacionan la entrega de alimento con el incremento de la biomasa (Jobling, 2003; Dumas *et al.*, 2010), no permiten hacer predicciones de crecimiento de alta exactitud (Føre *et al.*, 2016), y la comparación de cantidad de alimento entregado tiene un valor limitado cuando se estudia el crecimiento de grupos de tamaño desigual o sometidos a diversos factores abióticos (Aunsmo *et al.*, 2014).

Estudios recientes de validación de modelos de crecimiento a escala semi-productiva han indicado que la ganancia diaria de peso está fuertemente asociada con el peso de la cosecha, pero es considerada inadecuada para describir el crecimiento en el salmón Atlántico (Aunsmo *et al.*, 2014). Por otra parte, el SGR también se asoció con el tamaño de los peces y se observó que su cálculo es sesgado hacia peces pequeños cuando se comparan peces de diferentes tamaños de stock. El TGC, SGR y el modelo EGI fueron moderadamente asociados con el peso de

la cosecha, y los mismos tres modelos fueron más fuertemente asociados con la temperatura media y la duración media del día (Aunsmo *et al.*, 2014).

Estudios sobre crecimiento de salmones publicados a la fecha, sugieren que la robustez de los actuales modelos utilizados en la acuicultura puede ser mejorada, tomando en cuenta los efectos no lineales en el crecimiento e incluyendo factores abióticos tales como la temperatura, la luz y la latitud (Aunsmo *et al.*, 2014). Estudios científicos recientes han demostrado que los modelos de crecimiento para salmón Atlántico (*Salmo salar* L.) tienden a sobrestimar el peso basado en el alimento consumido (Føre *et al.*, 2016) y cuando se presenta algún brote de enfermedad que afecta la conversión y crecimiento de los peces, no logra ser corregido (Figura N° 1), pudiendo llevar a una pérdida del control de la biomasa real con la consiguiente pérdida de productividad (Føre *et al.*, 2016).

En base a los antecedentes descritos, para mantener un control efectivo de los resultados de producción, es necesario ir ajustando de forma continua los modelos matemáticos de proyección con los pesos reales de las jaulas. Esto con el fin de poder identificar bajas productivas tempranamente durante el ciclo y no cuando ya es tarde para tomar decisiones e intervenir (Føre *et al.*, 2016).



**Figura 1.** Comparación entre el peso medio observado de una jaula y la correspondiente proyección del modelo. Los círculos negros indican las mediciones de peso en el experimento, mientras que la línea continua de color negro sólido marca la estimación del modelo. La línea vertical intermitente marca el inicio aproximado de un brote de enfermedad del páncreas (PD) que afectó a las jaulas.

Estando conscientes de que el control de la biomasa es un tema de relevancia para asegurar una alta productividad (mejores crecimientos, reducción del FCR), durante el año 2014 y 2015, se realizó un estudio a escala productiva donde se experimentó el uso de bioestimadores con una nueva tecnología denominada *Biomassdaily®* como alternativa de estimación del peso promedio vivo y distribución de frecuencias.

El objetivo final del estudio fue determinar si es factible reemplazar el actual muestreo con balanza realizado en las jaulas marinas de cultivo, que pese a que es un método validado empíricamente por la industria salmicultora; presenta desventajas de estrés en la población a la hora de manipular a los peces, así como en algunos casos se pueden presentar diferencias de hasta 2 dígitos con los pesos promedio y biomasa reportadas por las plantas de proceso de salmones (López y Burgos, datos no publicados).

## OBJETIVO, MATERIALES Y MÉTODO

Con el objetivo de validar el uso de marcos estimadores como un método confiable de estimación del peso promedio de los salmones durante los meses de crecimiento en balsas jaula, en dependencias de la empresa Cultivos Yadrán S.A., se instalaron 4 marcos bioestimadores por un período de 14 meses distribuidos en 4 jaulas de 30x30 metros. La investigación se realizó en un centro



de producción de post-smolts de salmón Atlántico (*Salmo salar* L.) nacional en el área de Melinka, Región de Aysén. El centro donde se desarrolló el estudio fue Rowlett 1 (Figura 2), el cual se seleccionó especialmente por los años de experiencia del Jefe de Centro y sus colaboradores con el uso de los estimadores de biomasa.

### Equipamiento Tecnológico.

La tecnología utilizada para el estudio fue proporcionada en calidad de arriendo por la empresa Vaki (Figura 3, 4 y 5), la cual estuvo conformada por: 4 marcos bioestimadores Vaki estándar modelo FR550, 4 cables submarinos, 4 cabos de sujeción de 12 mm de diámetro x 40 metros de largo, 4 antenas remotas de transmisión, una antena base de transmisión y una CPU con el software Bio-3000 que comanda la información generada por los marcos. El sistema instalado en cada jaula se energizó por corriente eléctrica de 12 volts para cada uno de los marcos, la cual fue alimentada desde la red de electricidad de 220 volts instalada en el módulo 100 del centro de cultivo.

### Peces y Jaulas.

Los bioestimadores y el sistema de antenas de transmisión de datos fueron instalados en cuatro jaulas con aprox. 50.000 peces cada una. Las unidades 101, 102, 103 y 104 fueron seleccionadas de un total de veinticuatro jaulas donde se sembraron 1.200.000 smolts de salmón Atlántico. El estudio abarcó una población de 202.897 peces que correspondían a un 16,9 % de la población total de peces del centro.

### Metodología.

La investigación se desarrolló desde la etapa de post-transferencia hasta la cosecha. Los marcos bioestimadores se instalaron cuando los smolts alcanzaron aproximadamente los 0,3 kg de peso promedio y se mantuvieron en la misma jaula hasta un peso de cosecha estimado de 5,5 kg. El estudio consistió en el muestreo de talla y estimación del peso promedio de los peces de las cuatro primeras jaulas del centro de agua de mar. El peso promedio inicial estimado desde el primer mes de la instalación de los marcos se comparó mensualmente con la media de peso de los muestreos efectuados mediante balanza. A su vez se comparó las tasas de crecimiento (SGR) obtenidas por los estimadores y por el muestreo de balanza. La comparación del peso promedio de cada jaula se realizó en base a las diferencias de peso en gramos y las diferencias de peso en porcentaje.



Figura 6. Ubicación estándar del marco estimador en jaulas marinas de 30x30 metros.

Desde el comienzo de los muestreos de talla en las jaulas, se designó a un encargado de los marcos estimadores en el centro de cultivo. La labor la llevó a cabo el Asistente de Operaciones, funcionario del centro, quién rutinariamente realizó las actividades operativas en los módulos de peces y fue el responsable tanto del movimiento de los marcos para la obtención de muestras como de su limpieza y mantención. Para el ciclo productivo del centro hubo dos asistentes de operaciones que trabajaron en un sistema de turnos de catorce días cada uno. Los bioestimadores fueron revisados semanalmente en cuanto a su profundidad de ubicación en las jaulas. Los marcos se posicionaron bajo el agua anclados a un cordel de 12 milímetros de espesor (Figura 6). De manera estándar el cabo que sujetaba el marco quedó a 5 metros desde el pasillo central, 2 metros desde el pasillo lateral y a una profundidad de 5 metros.

## RESULTADOS

### Eficiencia de funcionamiento y operatividad de los marcos.

Desde la fecha inicial de instalación, el 14 de Mayo de 2014, en general el sistema Biomassdaily® se comportó de manera estable en cuanto su funcionamiento, no reportando fallas frecuentes. La conectividad de los marcos en terreno se desarrolló sin mayores problemas y pudo generarse una transmisión de datos estable desde los equipos durante los 14 meses de uso. La eficiencia de funcionamiento del sistema durante el período del estudio se presenta en la Tabla 1 a continuación.

Los peces medidos válidos totales de los cuatro bioestimadores fue de 2.744.471 individuos.

Esta cifra desde el punto de vista de la generación de datos superó las expectativas del proveedor de la tecnología y en gran medida se debió a la preocupación continua de los asistentes de operaciones del centro de ubicar correctamente los marcos en cuanto a su profundidad y ubicación horizontal en las balsas jaulas. El promedio de mediciones diarias obtenidas con los marcos fue de 1.620 peces, lo cual fue un nivel elevado de muestras en comparación a mediciones logradas con los mismos equipos en otros centros u otros sistemas de estimación de biomasa (Vaki, 2016).

La cantidad de mediciones de peces válidos lograda por los bioestimadores durante el estudio se muestra en la Tabla 2.

### Peso promedio y tasa de crecimiento acumulado de las jaulas en estudio con muestreo de tamaño con marcos Biomassdaily®.

Desde el segundo mes de ingreso de los smolts a las jaulas, se hizo un seguimiento de los pesos promedio con los bioestimadores y se comparó con su equivalente peso balanza. Al final del estudio se generaron curvas de crecimiento tanto para

Tabla 1. Funcionamiento y operatividad de los bioestimadores durante el período.

N° de jaula con marco	Conectividad de los equipos				Utilización de los equipos		
	N° Total de días arriando	N° de días con conexión	N° de días sin conexión	% de días con conexión	N° de días con registro de peces	N° de días sin registro de peces	% de días con registro de peces
101	413	384	29	93%	380	33	92%
102	431	395	36	92%	395	36	92%
103	421	386	35	92%	386	35	92%
104	433	368	65	85%	279	154	64%
<b>Promedio</b>	<b>425</b>	<b>383</b>	<b>41,25</b>	<b>90,5%</b>	<b>360</b>	<b>64,5</b>	<b>85%</b>

**Tabla 2.** Mediciones en las jaulas 101, 102, 103 y 104 en cuanto a cantidad promedio diaria de peces medidos y muestras válidas totales durante los 14 meses del estudio.

Peces medidos aceptados		
N° de jaula con marco	Promedio diario	N° total
101	1.865	770.498
102	1.814	782.162
103	1.682	708.162
104	1.117	483.610
N° total de muestras válidas		2.744.471

los bioestimadores como para los muestreos con balanza. Las desviaciones durante el ciclo entre Vaki y balanza no fueron estadísticamente significativas tanto en términos de peso promedio, desviación estándar de las muestras y tasas de crecimiento (SGR acumulado) entre las 4 jaulas estudiadas (Figura 7 y Tabla 3).

### Peso promedio y número de peces final (Biomasa Final) en la planta de proceso de las jaulas cosechadas cerradas en comparación al método de muestreo con balanza y muestreo de tamaño con marcos estimadores de biomasa Biomassdaily®.

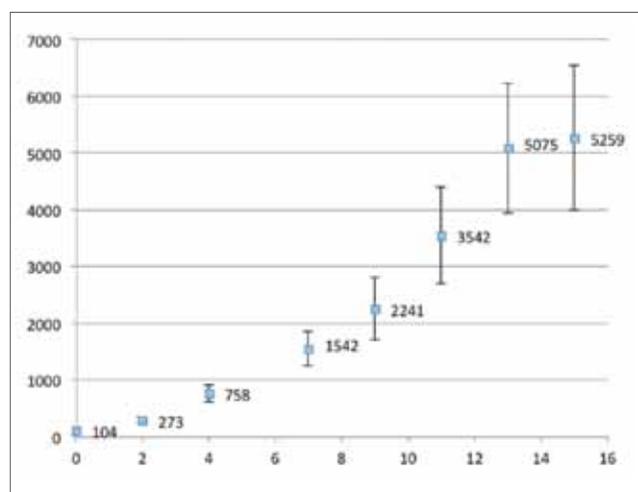
La biomasa final bruta recepcionada en planta fue de 1.103 toneladas para las 4 jaulas incluidas en el estudio. El valor bruto de peso para hacer la comparación con el peso vivo del marco y de la balanza, se obtuvo dividiendo el peso neto de cada jaula por 0,93 que representa el 7% por concepto de desangre, descamado y ayuno de los peces (valor utilizado ampliamente por la industria nacional).

Las diferencias de Biomasa Final por método de bioestimadores y método balanza fueron acotadas, pero fue mayor en el caso de muestreo con balanza (Tabla 4). La biomasa total de las 4 jaulas fue levemente subestimada por ambos métodos, con un 0,63% de diferencia para la biomasa final proyectada por balanza (6,96 toneladas menos) y un 0,18% para la biomasa final de Vaki (1,95 toneladas menos) respecto a la biomasa bruta final de planta.

La biomasa final de los bioestimadores tuvo una menor desviación respecto a la biomasa real si se compara con la biomasa final de balanza (Tabla 4).

**Tabla 3.** Diferencias de talla, peso promedio, desviación estándar (D.S.) y tasa específica de crecimiento acumulada (SGR acc) de la jaula 101 en base a los datos obtenidos del muestreo con marcos bioestimadores y con balanza.

Mes	Fecha de muestreo	Talla Vaki (cm)	Talla balanza (cm)	Peso Promedio Vaki (g)	Peso Promedio balanza(g)	D.S. Vaki (g)	D.S. balanza (g)	SGR acc Vaki (%)	SGR acc balanza (%)
2	7 de Junio 2014	29	29	273	297	48	44	1,53	1,67
4	26 de Agosto 2014	40	42	758	747	143	111	1,39	1,38
7	14 de Noviembre 2014	49	50	1542	1570	294	251	1,21	1,22
9	14 de Enero 2015	55	58	2241	2408	547	500	1,06	1,09
11	27 de Marzo 2015	64	63	3542	3758	850	661	0,99	1,01
13	31 de Mayo 2015	71	72	5075	4875	1136	1125	0,92	0,91
15	1 de Julio 2015	72	-	5259	-	1270	-	0,87	-



**Figura 7.** Crecimiento de los peces en la jaula 101 en base a pesos promedio y desviación estándar obtenidos del muestreo con balanza. El eje X representa los meses transcurridos desde el ingreso de los peces (mes 0) y el eje Y representa el peso promedio de los muestreos expresado en gramos.

El grado de exactitud respecto al peso de planta alcanzado por los 4 bioestimadores fue aceptable y dentro los rangos de confianza declarados por el proveedor de la tecnología. Se registró un error de estimación no mayor al 3% (Tabla 5). El marco estimador que tuvo la menor diferencia respecto al peso promedio de planta fue el ubicado en la jaula 102, con tan sólo 19 gramos de diferencia, equivalente a un grado de exactitud de un 99,66%.

La menor exactitud fue para el bioestimador de la jaula 101 que tuvo un peso promedio 128 gramos menor al peso de planta, alcanzando un grado de certeza de un 97,62%.

El grado de exactitud en la estimación de peso promedio para los marcos de las 4 jaulas en estudio fue de un 98,83%, lo cual es un resultado altamente confiable que valida el uso de esta tecnología en salmón Atlántico a nivel productivo, y justificaría la inversión económica de los bioestimadores durante el ciclo en mar, considerando el beneficio de conocer con certeza la biomasa real que hay en las jaulas pudiendo realizar ajustes de alimentación para mejorar la productividad y al final del ciclo lograr una alta asertividad en la biomasa real comercializable.

Tabla 4. Diferencias en la biomasa final a partir del número de piezas final y pesos promedio de bioestimadores y lo declarado por el centro a partir de software *FishTalk*® ajustado a muestreo con balanza de las jaulas cosechadas.

N° de jaula	Fecha de cosecha en el centro	Peso Promedio Bruto Final Balanza (g)	Peso Promedio Bruto Final Bioestimadores (g)	Número de Piezas Final	Biomasa Final Balanza (kg)	Biomasa Final Bioestimadores (kg)
101	01-07-2015	5358	5259	48.491	259.815	255.014
102	20-07-2015	5670	5605	46.271	262.357	259.349
103	13-07-2015	5496	5636	50.414	277.075	284.133
104	22-07-2015	5473	5579	54.337	297.386	303.146
Biomasa Final Total					1.096.633	1.101.642

Tabla 5. Diferencias en gramos, diferencia porcentual y grado de exactitud de la estimación de peso promedio de los bioestimadores en comparación con los pesos promedio finales de las jaulas cosechadas cerradas obtenidos en la planta de proceso.

N° de jaula	Peso Promedio Bruto Final Bioestimadores (g)	Peso Promedio Bruto Final Planta (g)	Diferencia en gramos Vaki - Planta	Diferencia porcentual Vaki - Planta	Grado de exactitud del marco
101	5259	5387	-128	-2,38%	97,62%
102	5605	5624	-19	-0,34%	99,66%
103	5636	5602	+34	+0,66%	99,34%
104	5579	5516	+63	+1,32%	98,68%

## AGRADECIMIENTOS

A la empresa Cultivos Yadrán S.A. y al Sr. David Burgos por su equipo humano y profesionalismo que permitió lograr el objetivo propuesto.

Esta publicación es un breve extracto de la tesis de Magíster del autor, cuyo trabajo completo (otros resultados y conclusiones) estará disponible a través de la Dirección de Postgrado de la Universidad Católica del Norte.

## PROYECCIÓN DE LOS BIOESTIMADORES

Hoy en día, las empresas salmicultoras necesitan una segunda alternativa a la cual puedan recurrir además del muestreo tradicional para estimar el peso de sus jaulas (Lines y Frost, 1999). Los actuales software de producción que proyectan el crecimiento y pesos de las poblaciones productivas, si bien consideran diversos factores en sus modelos matemáticos (datos productivos históricos de los peces, sitios, área geográfica), deben ser ajustados con una estimación de peso para proyectar con mayor exactitud la realidad productiva de la población, ya que cualquiera sea el modelo, no será capaz de predecir o detectar a tiempo una reducción en la tasa de crecimiento real de los peces por ej. por un brote de enfermedad en el centro de cultivo (Føre et al., 2016).

Desde el punto de vista productivo y sanitario, la principal razón de ir reemplazando el muestreo tradicional con balanza por tecnologías de estimación de la biomasa, es evitar el estrés y manipulación excesiva de los peces sanos para no afectar su sistema inmune (Barton y Iwama, 1991; Fast et al., 2008), así como evitar las pérdidas de crecimiento producidas por los días de ayuno o restricción de alimento asociados a las operaciones de muestreo (Reimers et al., 1993; Einen et al., 1998; Cook et al., 2000; Johansen et al.,

2001), que pueden llegar a superar los 30 días en total, en un centro durante un ciclo de engorda.

Visualizando el futuro de la acuicultura en el largo plazo, donde las jaulas de producción serán cada vez de mayor superficie con poblaciones más grandes de peces (Jensen et al., 2010), se hace necesario experimentar con tecnologías que puedan formar la base para un futuro sistema de medición de biomasa que satisfaga los requerimientos de la industria en términos de exactitud, confiabilidad y eficiencia operacional.

## REFERENCIAS

- Aunsmo A., Skjerve E., Midtlyng P.J. 2013. Accuracy and precision of harvest stock estimation in Atlantic salmon farming. *Aquaculture* 396–399, 113–118.
- Aunsmo A., Krøntveit R., Steinar Valle P., Bohlin J. 2014. Field validation of growth models used in Atlantic salmon farming. *Aquaculture* 428–429, 249–257.
- Barton, B. A., Iwama, G. K. 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Annual Review of Fish Diseases*, 1, 3–26.
- Brett J.R., Grover T.D.D. 1979. Physiological energetics and growth. In: Hoar, W.S., Randall, D.J., Brett, J.R. (Eds.), *Fish Physiology*. Academic Press, New York, pp. 279–352.
- Cook, J. T., Sutterlin, A. M., McNiven, M. A. 2000. Effect of food deprivation on oxygen consumption and body composition of growth-enhanced transgenic Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 188(1), 47–63.
- Dumas, A., France, J., & Bureau, D. 2010. Modelling growth and body composition in fish nutrition: where have we been and where are we going? *Aquaculture Research*, 41(2), 161–181.
- Einen, O., Waagan, B., & Thomassen, M. S. 1998. Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*): I. Effects on weight loss, body shape, slaughter-and fillet-yield, proximate and fatty acid composition. *Aquaculture*, 166(1), 85–104.
- Fast, M. D., Hosoya, S., Johnson, S. C., Afonso, L. O. 2008. Cortisol response and immune-related effects of Atlantic salmon (*Salmo salar* Linnaeus) subjected to short-and long-term stress. *Fish & shellfish immunology*, 24(2), 194–204.
- Føre, M., Alver, M., Alfredsen, J. A., Marafioti, G., Senneset, G., Birkevold, J., Terjesen, B. F. 2016. Modelling growth performance and feeding behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in commercial-size aquaculture net pens: Model details and validation through full-scale experiments. *Aquaculture*, 464, 268–278.
- Jensen, Ø., Dempster, T., Thorstad, E. B., Uglem, I., Fredheim, A. 2010. Escapes of fishes from Norwegian sea-cage aquaculture: causes, consequences and prevention. *Aquaculture Environment Interactions*, 1(1), 71–83.
- Jobling M. 2003. The thermal growth coefficient (TGC) model of fish growth: a cautionary note. *Aquac. Res.* 34, 581–584.
- Johansen, S. J. S., Ekli, M., Stangnes, B., Jobling, M. 2001. Weight gain and lipid deposition in Atlantic salmon, *Salmo salar*, during compensatory growth: evidence for lipostatic regulation?. *Aquaculture Research*, 32(12), 963–974.
- Lines, J. A., Frost, A. R. 1999. Review of opportunities for low stress and selective control of fish. *Aquacultural Engineering*, 20(4), 211–230.
- Reimers, E., Kjørrefjord, A. G., Stavøstrand, S. M. 1993. Compensatory growth and reduced maturation in second sea winter farmed Atlantic salmon following starvation in February and March. *Journal of Fish Biology*, 43(5), 805–810.



*Visítenos en nuestra nueva dirección*



- *Bolsas Bins*
- *Bolsas Basura*
- *Insumos selladoras*
- *Mallas raschel*
- *Pecheras desechables*
- *Bolsas individuales*
- *Etiquetas carro*
- *Nets bag*
- *Fundas exteriores e interiores*

Fonos: (65) 2286 416 - (65) 2286 420  
 Celular: 09 8473857 - 09 8478384  
 Parcela 22 Alto la Paloma  
 Puerto Mont

pcotapos@plasticosaustral.cl  
 www.plasticosaustral.cl

# SISTEMA DE VACUNACIÓN SKALA MASKON

## Tecnología, Velocidad, Precisión y Bioseguridad

### PHARMAQ

El sistema de vacunación Skala Maskon ha sido desarrollado a través de una estrecha colaboración con los productores de salmón más grandes del mundo y PHARMAQ. Se ha desarrollado un sistema basado en especificaciones completas, lo que da un notable ahorro en comparación con los métodos tradicionales.

#### Fácil de integrar, fácil de expandir.

La máquina puede estar integrada con un equipo de anestesia existente o puede ser equipada con 2 cámaras de anestesia continuas de la marca Maskon. Para asegurar un flujo constante y la utilización de capacidad óptima, el sistema puede ser complementado con un tanque de retención de peces Maskon con sistema de alimentación.



#### Una solución completa de alta eficiencia.

Con el sistema de anestesiado y el estanque de retención de Maskon, el suministro de peces a la máquina de vacunación será automática. Se utilizan los datos del sistema de visión para calcular el peso de los peces, en base de esta información se sabe la cantidad de peces que deben suministrarse a la máquina de vacunación. El sistema pesa al pez en su camino a la anestesia, y así la máquina recibe una cantidad muy precisa de su peso desde que es anestesiado. El suministro de peces al sistema de anestesiado se realiza mediante un tornillo de Arquímedes. Esto entrega la oportunidad de regular la velocidad, y de iniciar y detener el suministro de peces muy rápidamente.

#### Velocidad.

Se ha desarrollado esta máquina automática de vacunación con una capacidad máxima de 10.000 peces/hora (modelo VX-4) y 20.000 peces/hora (modelo VX-8).

#### Bioseguridad.

Un solo operador podrá hacer funcionar la máquina, lo que evita tránsito de personal interno y externo en la zona destinada a manejos. Y se evita ingreso de material y elementos externos a la piscicultura. Por lo tanto se disminuye el riesgo de fomites y vectores.

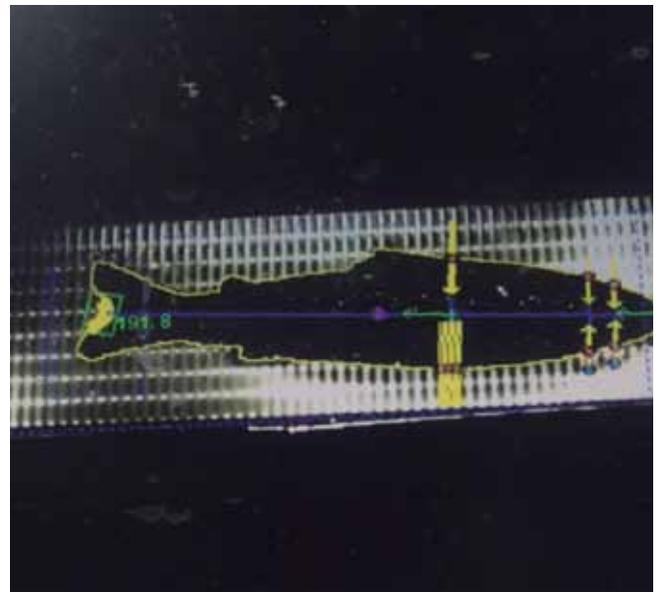
#### Alta calidad de vacunación (precisión y dosificación)

Un sistema de cámara controla las unidades de vacunación de manera que el punto de inyección sea completamente exacto en cada pez. La exactitud del punto de inyección está por encima del 98%.

La profundidad de inyección se ajusta automáticamente en relación a la longitud de los peces. Un sensor en la aguja supervisa el rendimiento de la inyección y que la vacuna haya dosificado correctamente en cada pez. Una nueva técnica de vacío se utiliza para mantener a los peces quietos durante la vacunación y hace que el punto de inyección sea casi invisible.

El punto de inoculación se puede calibrar con alta precisión, tanto en profundidad, linealidad y lateralidad.

Alta precisión en la dosificación de la vacuna, con un rango de 0,01 ml.





### Sólo un operador y fácil de operar.

La alimentación y la individualización de los peces es un proceso totalmente automatizado con movimientos de rotación simples. Sólo un operador es necesario para operar la máquina, lo que resulta en un ahorro significativo en comparación a los métodos tradicionales. La máquina se comunica con el operador a través de mensajes de voz que son enviados a un auricular vía banda FM. Esto significa que el operador no tiene que estar al lado de la máquina en todo momento.

Cuando se cambian las agujas, sólo se detiene la unidad en la que se realiza el cambio, el resto de la máquina sigue funcionando. El cambio de la aguja es un proceso rápido y fácil, sin herramientas necesarias.

### Selección y rechazo por peso.

Los peces deben ser seleccionados idealmente antes de la vacunación para disminuir el coeficiente de variación de la población. Independiente de esto el sistema clasifica en forma automática los peces y los divide en tres categorías de peso entre 25 – 150 g, esto es decidido por el operador. Diferentes informes tales como peso, cantidad y selección de canales se pueden generar automáticamente.

### Monitoreo, servicio y soporte.

Cada instalación es apoyada por Maskon a través de Internet. Los procedimientos de control pueden ser realizados con sus propios programas y el sistema de control se puede comunicar con otros sistemas.

La máquina de vacunación Maskon se entrega con un acuerdo de uso y de servicio que incluye soporte técnico, servicio y repuestos. Esto es con el fin de garantizar una alta fiabilidad y una economía predecible.

Asistencia técnica telefónica, en línea y/o presencial.

Resumiendo las bondades del sistema de vacunación automático Maskon:

- Documentación de calidad completa disponible para el proceso de vacunación.
- Fácil de operar y mantener.

- Sólo 1 operador es necesario.
- No se necesita peces seleccionados.
- Maneja tamaños de 25 - 150 gramos y proporciona graduación después de la vacunación sobre la base de un máximo de 3 categorías de peso.
- 10.000 a 20.000 smolts por hora, dependiendo del modelo.
- Bioseguridad en el centro de cultivo
- Precisión en punto de inyección y dosificación.
- Soporte Técnico

Ha habido un gran interés internacional en esta solución en un corto período de tiempo, ya hay más de 25 unidades vendidas. En productores europeos como Salmar, Marine Harvest, Leroy, Sævareid, Flatanger, Smøla, smolt Sundsfjord.

En América Latina, Skala Maskon es representada por PHARMAQ AS Chile Ltda. que a través de su filial PHARMAQ Technika SpA, es responsable de ventas y servicio de soluciones para estas máquinas de alta tecnología.

En Chile hay 4 de estas unidades de vacunación en operación, en empresas como AquaChile, Salmones Humboldt y Marine Harvest. Próximamente hará su arribo la quinta máquina, cuya propiedad es de Salmones Blumar. Y se tiene contemplado implementar 2 unidades más en el año 2017.

PHARMAQ Technika SpA, tendrá una máquina disponible para ser observada en la próxima Feria Internacional de Acuicultura AQUASUR (Stand X 102-A).



# ALGAS DE NIEVE:

## Extremófilos de alto interés científico y potencial biotecnológico

Pirjo Huovinen<sup>1,2</sup>, Claudio Rivas<sup>1,2,3</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 Fondap de Investigación en Dinámica de Altas Latitudes (IDEAL)

<sup>3</sup>Doctorado en Ciencias de la Acuicultura, Universidad Austral de Chile, Sede Puerto Montt

pirjo.huovinen@uach.cl



Las algas de nieve son organismos adaptados al frío que colonizan de forma permanente o temporal la fase líquida de los campos de nieve y glaciares principalmente en las regiones polares y en las zonas frías alrededor del mundo. Estos organismos presentan adaptaciones metabólicas para crecer y realizar fotosíntesis en condiciones ambientales extremas tales como temperaturas exteriores alrededor o por debajo de 0 °C, alta radiación solar, bajos niveles de nutrientes, y estrés osmótico. Las algas de nieve pueden formar floraciones que cambian el color de la nieve acumulada en función de los pigmentos que prevalecen en sus diferentes etapas de desarrollo (Hoham et al. 1993). Por ejemplo pueden estar presentes en fase vegetativa verde o como fase enquistada de color rojo (Fig. 1). Por lo tanto, se les considera como material biogénico que puede reducir el albedo considerablemente y de este modo acelerar el derretimiento de la nieve. En los campos de nieve polares, su biomasa puede llegar a ser muy importante y debido a su capacidad de fijar y almacenar carbono como productores primarios, las algas de nieve desempeñan un papel fundamental en los ciclos biogeoquímicos en las regiones árticas y antárticas.

### DIVERSIDAD: La nieve como un dominio de los microorganismos

En general las algas de nieve pertenecen a las principales divisiones de algas, por ejemplo Chlorophyta, Euglenophyta, Bacillario-

phyta (diatomeas) y Cryptophyta. En los campos de nieve costeros de la Antártica Chlorophytas de géneros tales como *Chlamydomonas*, *Chloromonas*, *Chlorococcum* y *Mesotaenium* están ampliamente representadas en términos de abundancia y composición de especies (Fig. 2). Sin embargo, no solo viven algas en estos ecosistemas: existe también un conjunto muy diverso de microorganismos, incluyendo cianobacterias, así como bacterias heterótrofas y pequeños eucariontes, por ejemplo, protozoos, hongos, anélidos, etc. (Hoham y Duval 2001). La composición y abundancia de los microorganismos que están asociados a las algas de nieve pueden cambiar considerablemente entre los diferentes tipos de ecosistemas de hielo y nieve, así como durante un ciclo estacional (Laybourn-Parry et al. 2013). En ambientes extremos la comunidad es normalmente dominado por bacterias y cianobacterias.

### Ciclo de vida y adaptación a la nieve

Durante el ciclo de vida en la nieve las algas están constantemente expuestas a cambios de temperatura, de radiación solar, nutrientes, entre otros. Por lo tanto, estos organismos muestran una serie de adaptaciones fisiológicas para hacer frente a estos factores, por ejemplo, ajustes en la composición lipídica de la membrana (fluididad), menor energía de activación para las reacciones enzimáticas, o la transferencia eficiente de la energía dentro del aparato fotosintético (revisado en Morgan-Kiss et al. 2006). En general, la mayo



Figura 1. Nieve verde (A) y roja (B) en la zona costera de Isla Rey Jorge, Antártica.

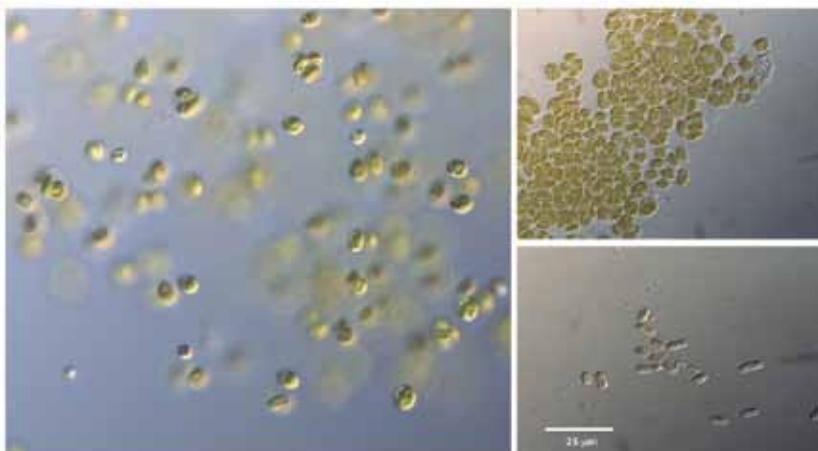


Figura 2. Microalgas aisladas de nieve de la Isla Rey Jorge, Antártica, en su fase vegetativa en cultivo.

ría de las algas de nieve pueden ser consideradas como verdaderos organismos psicófilos, es decir, sus fases vegetativas móviles crecen bien a una temperatura entre 0 y 5 °C (Hoham 1975).

El ciclo de vida de un alga de nieve típica, por ejemplo *Chlamydomonas*, comienza con la germinación (meiosis) de cigosporas (2n), esporas que se encuentran en el suelo (en los sistemas de nieve que experimentan el deshielo de temporada) o en la nieve vieja (en sistemas en los que la capa de nieve persiste todo el año). Las zoosporas (1n) formadas migran luego a través del agua intersticial hacia la

### Las algas de nieve como indicadores de cambio climático

Debido a que las algas de nieve habitan ecosistemas altamente sensibles a las variaciones en las condiciones ambientales (por ejemplo, aumento de temperatura, luz, o precipitaciones), ellas pueden ser consideradas como excelentes organismos modelo para examinar el impacto del cambio climático. El calentamiento en varias regiones del planeta ha sido relacionado con menor precipitación de nieve y rápido derretimiento de esta, que trae como consecuencia que el período de permanencia de los bancos de nieve sea mucho más corto. Este fenómeno tiene importantes consecuencias para el clima debido a que se generan cambios en el balance de energía radiativa, de la temperatura y del albedo (Brown y Philip 2008). Debido a estos cambiantes escenarios climáticos, las algas de nieve y su comunidad microbiana asociada tienen que adaptarse a un régimen muy diferente de descongelación y congelación (Dove et al. 2012), lo que implica adaptaciones moleculares y fisiológicas que hasta ahora no son bien entendidas. Un estudio reciente ha mostrado que estas algas poseen alta eficiencia fotosintética y tolerancia a la radiación UV (Rivas et al. 2016).

Además de su importante rol como productores primarios, los extremófilos polares contribuyen fuertemente a los procesos de intercambio de gases reactivos con la atmósfera (por ejemplo, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, sulfóxido de dimetilo, etc.) (Amoroso et al. 2010). Por lo tanto, los escenarios presentes y futuros de calentamiento en vastas regiones frías, ponen de relieve la contribución de estos organismos a los ciclos biogeoquímicos a nivel global.

Otro aspecto importante relacionado con el cambio climático es la relación entre las algas de nieve con su microbiota asociada, la cual probablemente sufrirá cambios en términos de composición e interac

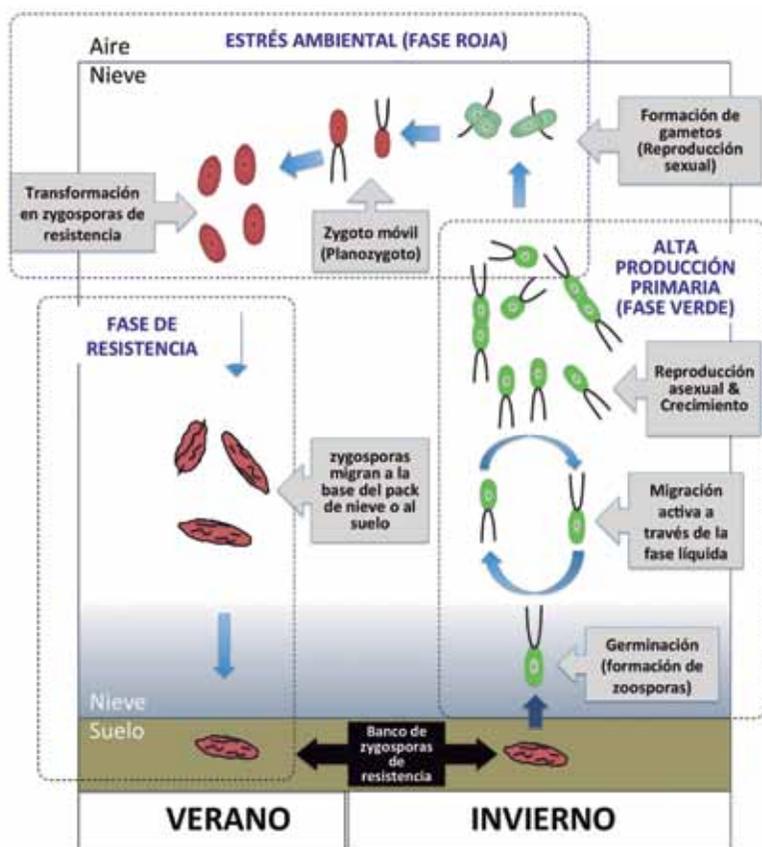


Figura 3. Ciclo de vida estacional de un alga de nieve típica (ej. *Chlamydomonas*) indicando los principales tipos de células y fases de desarrollo. Modificado de Hoham y Duval (2001).

ciones biológicas. Por ejemplo, períodos mas largos con menor cubierta de nieve puede aumentar la importancia relativa de otros organismos que habitan, por ejemplo, el suelo o ambientes marinos. De esta forma la evaluación del acervo genético de estos ecosistemas es urgente para evaluar la pérdida de biodiversidad en escenarios de cambio climático.

## Las algas de nieve y su potencial biotecnológico

Los organismos psicrófilos tienen un potencial biotecnológico poco explotado. El conocimiento de cómo estas algas se adaptan fisiológicamente a los cambios ambientales puede ayudar en programas de mejoramiento y producción de especies relacionadas de otras regiones y que son consideradas candidatas para la producción de biomasa y fuente de diferentes biomoléculas (por ejemplo, carotenoides, compuestos polifenólicos y otros derivados, agentes anticongelantes como azúcares y proteínas, así como antioxidantes) (ver Margesin y Feller 2010).

**Ácidos grasos insaturados:** Dentro de los compuestos mas importantes que producen las algas de nieve están los ácidos grasos poli-insaturados (PUFAs), los cuales son sintetizados principalmente para mantener la integridad de las membranas a bajas temperaturas. Dentro de los más conocidos se encuentra PUFAS tipo Omega 3 tales como el ácido eicosapentanoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA). Estos compuestos son normalmente producidos a partir de microalgas tales como *Spirulina*, *Haematococcus* y *Dunaliella*, que tradicionalmente han sido cultivadas en gran escala para abastecer a la industria de la nutrición humana y animal, así como a la industria farmacéutica. Sin embargo, uno de los principales desafíos que tiene la producción de estas microalgas es el abastecimiento de agua y de luz. En Chile por ejemplo, se cultiva *Haematococcus pluvialis* en la zona norte del país, lo cual impone una alta carga ambiental a una región que sufre déficit hídrico. Por lo tanto, iniciativas de mejoramiento biotecnológico podrían permitir el cultivo de cepas adaptadas a bajas temperaturas y así usar el potencial de las regiones del sur del país que no tienen problemas de abastecimiento de agua.

**Carotenoides:** Este es otro grupo de compuestos producidos por las algas de nieve. Aunque carotenos tales como astaxantina o luteína, son importantes pigmentos fotosintéticos en algas, ellos son también sintetizados para servir como sustancias fotoprotectoras, debido principalmente a que ellas absorben en longitudes de onda corta cercana a la UV. La gran capacidad de las algas de nieve para vivir en ambientes lumínicos extremos (en las capas superficiales del pack de nieve la luz puede llegar a ser tan alta como  $3000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). Bajo estas condiciones muchas especies muestran diferentes adaptaciones en su ciclo de vida, entre ellas la formación de quistes con altos contenidos de astaxantina, lo que le da a la nieve su característico color rojo.

**Antioxidantes:** Debido a que viven en ambientes extremos y cambiantes, las algas de nieve han desarrollado eficientes mecanismos para contrarrestar el estrés oxidativo causado por cambios de temperatura, radiación UV, estrés osmótico, etc. Sustancias tales

como tocoferol, o fenoles son muy importantes para los procesos de detoxificación celular durante episodios de estrés ambiental. Asimismo, estos organismos sintetizan una serie de enzimas antioxidantes tales como superóxido dismutasa y ascorbato peroxidasa.

## Consideraciones finales

Debido a la abundancia de campos de nieve y a su perfil montañoso, Chile es un país muy idóneo para realizar estudios sobre estos organismos. Especialmente en las áreas Antárticas, las investigaciones se han comenzado a centrar en la capacidad de estas algas para tolerar los efectos del cambio climático, como son altos niveles de radiación UV y aumentos de temperatura. (Proyecto Fondecyt 1161129).

Considerando que las algas de nieve pueden sintetizar a serie de compuestos con valor nutraceutico a temperatura cercana a 0°C, ellas pueden entregar valiosa información molecular y fisiológica que nos permita desarrollar aplicaciones biotecnológicas y así poder optimizar el cultivo de cepas de importancia industrial y farmacológica. Estudios moleculares que se realizan en la microbiota asociada a las algas de nieve entregaran importante información referente a la diversidad funcional de estos ecosistemas en escenarios de cambio climático.

**Financiamiento:** Proyecto FONDECYT 1161129, Centro Fondap-IDEAL (Grant 15150003) CONICYT, PhD Grant DT\_09-14 de Instituto Antártico Chileno (INACH).

## Referencias

- Amoroso A, Domine F, Esposito G, Morin S, Savarino J et al. (2010)** Microorganisms in dry polar snow are involved in the exchanges of reactive nitrogen species with the atmosphere. *Environ. Sci. Technol.* 44: 714e719.
- Brown RD, Philip WM (2008)** The response of northern hemisphere snow cover to a changing climate. *J. Climate* 22: 2124–2145.
- Dove A, Heldmann J, McKay C, Toon OB (2012)** Physics of a thick seasonal snowpack with possible implications for snow algae. *Arct. Antarct. Alp. Res.* 44: 36–49.
- Hoham RW (1975)** The life history and ecology of the snow alga *Chloromonas pichinchae* (Chlorophyta, Volvocales). *Phycologia* 14: 213–26.
- Hoham R, Laursen W, Clive S, Duval B (1993)** Snow algae and other microbes in several alpine areas in New England. *Proceedings of the 50 annual Eastern snow conference*, pp. 165–173.
- Hoham RW, Duval B (2001)** Microbial ecology of snow and freshwater ice with emphasis on snow algae. In: Jones HG, Pomeroy JW, Walker DA, Hoham RW (Eds), *Snow ecology: An interdisciplinary examination of snow-covered ecosystems*. Cambridge University Press, 168–228.
- Laybourn-Parry J, Tranter M, Hodson AJ (2013)** *The ecology of snow and ice environments*. Oxford University Press.
- Margesin R, Feller G (2010)** Biotechnological applications of psychrophiles. *Environ. Technol.* 31:844–845.
- Morgan-Kiss RM, Priscu JP, Pockock T, Gudynaite-Savitch L, Hüner NPA (2006)** Adaptation and acclimation of photosynthetic microorganisms to permanently cold environments. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 70:222–252.
- Rivas C, Navarro N, Huovinen P, Gómez I (2016)** Photosynthetic UV stress tolerance of the Antarctic snow alga *Chlorella* sp. modified by enhanced temperature? *Rev. Chi. Hist. Nat.* 89:7.



Universidad Austral de Chile  
*Conocimiento y Naturaleza*

## Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos ICYTAL

- Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Medición LACM®, acreditado INN
- Plantas Piloto
- Laboratorio de Servicios



*Plantas piloto para el desarrollo de productos y escalamientos de procesos.*

*Servicio de análisis químico, instrumental, fisicoquímico, microbiológico y sensorial de alimentos (matrices diversas).*

*Metrología: ensayos de aptitud y elaboración de materiales de referencia para la industria de alimentos.*



Contactos: [secicytal@uach.cl](mailto:secicytal@uach.cl) [labref@uach.cl](mailto:labref@uach.cl) [metrologia@uach.cl](mailto:metrologia@uach.cl)

Teléfonos 56 63 222 1619 / 222 1245 / 222 1175 Av. Julio Sarrazin s/n Campus Isla Teja Valdivia



# Proyecto Núcleo DID/UACH:

## *Interdisciplinary Network of Advanced Research for Marine Larviculture of Species with Complex Lifecycles (INLARVI)*



# Red Interdisciplinaria de Investigación Avanzada para la Larvicultura de Especies Marinas con Ciclos de Vida Complejos

**Etapa 1: Moluscos emblemáticos:** Pulpo del norte (*Octopus mimus*),  
Pulpo del sur (*Enteroctopus megalocyathus*) y Loco (*Concholepas concholepas*)

**Facultad-Sede:**

- Sede Puerto Montt (Instituto de Acuicultura)
- Facultad de Ciencias (Institutos: Bioquímica y Microbiología, Ciencias Químicas, Ciencias Marinas y Limnológicas);
- Facultad de Ciencias Veterinarias (Instituto de Patología Animal).

**Palabras claves:**

Red interdisciplinaria, Larvicultura marina, Ontogenia, Efectos ambientales, Loco, Pulpo, especies con ciclo de vida complejo.

**Áreas o Disciplinas:**

Acuicultura; Genómica; Epigenética; Nutrigenómica; Patología Animal; Fisiología; Genética Poblacional.

**Líneas de Investigación, Coordinadores e Investigadores:**

**L1:** Crecimiento y reproducción; Coordinador: Iker Uriarte;  
Investigadores: Alejandro Yáñez, Marcela Astorga, Jorge Toro, Leyla Cárdenas, Jorge Hernández,  
Tesis Doctorado: Viviana Espinoza.

**L2:** Salud y Sistema inmune; Coordinador: Ricardo Enriquez;  
Investigadores: Rodolfo Amthauer, Jaime Figueroa, Alex Romero, Ricardo Enriquez.

**L3:** Fisiología y Ambiente; Coordinador: Kurt Paschke;  
Investigadores: Jorge Navarro, Luís Vargas, Carlos Molinet.

**L4:** Alimento y Nutrición; Coordinador: Ana Farías;  
Investigadores: Ignacio Moreno, Gudrun Kausel,  
Jorge Hernández: Investigador PAI,  
Tesis Doctorado: César Torres.

**Representante Consejo Directivo:**

Iker Uriarte

**Consejo Directivo:**

Alejandro Yáñez, Ignacio Moreno, Alex Romero,  
Kurt Paschke, Iker Uriarte  
Contactos: 65-2277122 / inlarvi@uach.cl

**Investigadores e Instituciones Nacionales y Extranjeras Asociadas:**

- Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto de Acuicultura de Torre de La Sal, España: Juan Carlos Navarro, Inmaculada Varó; Francisco Hontoria
- Universidad de Antofagasta: Alberto Olivares
- Universidad Nacional Autónoma de México: Carlos Rosas
- Universidad Autónoma de Baja California, México: María Teresa Viana
- Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España: Marisol Izquierdo, Juan Socorro, Juan Estefanell
- Universidad de Ghent, Bélgica: Patrick Sorgeloos

## Generalidades de los Proyectos Núcleos

La creación de los Núcleos de Investigación de Excelencia UACH 2015-2018 es una iniciativa dependiente de la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Austral de Chile, que tiene por objetivo estratégico potenciar y complementar las distintas capacidades de investigación en la UACH, guiando dichos esfuerzos hacia el desarrollo de investigación multidisciplinaria de alto impacto, generando mayor número de publicaciones científicas, redes tanto nacionales como internacionales, y de este modo fortalecer equipos de trabajo que puedan optar a fondos concursables de mayor envergadura.

Por otra parte, es una herramienta estratégica para apoyar el proceso de renovación y fortalecimiento de planta académica incorporando investigadores jóvenes de excelencia en el marco de líneas de investigación relevantes para la Universidad

El Núcleo INLARVI en particular, se orienta en el ámbito tecnológico conformando una red interdisciplinaria de investigación orientada a reducir la brecha y lograr el escalamiento desde un nivel experimental al nivel de cultivo industrial en especies de importancia para la acuicultura que tienen ciclos de vida complejos.



Reproductores de Loco (*Concholepas concholepas*) y de pulpo rojo Patagónico (*Enteroctopus megalocyathus*) con puestas de cápsulas y huevos, respectivamente. En los recuadros pequeños una larva tetralobulada de loco y una paralarva en etapa de eclosión del huevo.

### Particularidades del núcleo INLARVI

El Objetivo de INLARVI es generar una red multidisciplinaria de expertos enfocada a la larvicultura marina de especies con ciclo de vida complejo, que contribuya a reducir la brecha que separa el cultivo experimental del cultivo industrial en recursos marinos de alto impacto económico-social.

Los problemas que plantean las producciones de juveniles de especies marinas con ciclo de vida complejo requieren estudios multi e interdisciplinarios para la generación innovadora de conocimiento y desarrollo tecnológico.

INLARVI propuso iniciar esta red de manera práctica, enfocado a las problemáticas de tres recursos de moluscos de gran potencial comercial para Chile, y que han mostrado históricamente una alta complejidad para la obtención de juveniles que pueden iniciar el cultivo de engorda. Estos son el recurso loco (*Concholepas concholepas*) que se distribuye a lo largo del país y el recurso pulpo que se obtiene a lo largo del país desde dos especies muy diferentes, como son el pulpo del Norte o de los Changos (*Octopus mimus*) y el pulpo del sur o pulpo rojo Patagónico (*Enteroctopus megalocyathus*).

Sin embargo, la dinámica de los concursos nacionales en especies de interés en Acuicultura así como los proyectos adjudicados por los investigadores del núcleo han llevado a expandir esta visión práctica a una mayor diversidad de especies donde son ahora se ha incorporado la corvina chilena a través del Subprograma de nutrición en larvicultura de la Dra. Ana Farías perteneciente al programa nacional en corvina que coordina Fundación Chile, la almeja común a través del proyecto FONDEF IdeA dirigido por la Dra. M. Astorga, el bacalao chileno a través del programa nacional INNOVA Corfo coordinado por el Dr. Luís Vargas. Ello demuestra que la acuicultura en Chile apuesta a una amplia diversidad de especies, la mayoría de ellas con estados larvarios que suponen la mayor complejidad de los ciclos de vida de las especies marinas de interés.



Hoy en día, son varias las especies comerciales de ciclo de vida complejo, con demanda insatisfecha a nivel local y global debido a la extracción y sobreexplotación de las poblaciones naturales, y que carecen de oportunidades reales para el desarrollo de cultivos industriales debido a la ausencia o escasez de juveniles para la engorda, porque el principal cuello de botella en las especies con ciclo de vida complejo lo constituye la sobrevivencia durante la fase larvaria, metamorfosis y etapa de juvenil temprano.

Muchos de los problemas tecnológicos en el cultivo larvario, metamorfosis y post-metamorfosis se deben a la falta de conocimiento biológico a diferentes niveles relacionados con el ambiente de cultivo, y con el organismo, y que van desde las características de su reproducción, desarrollo, fisiología, salud y expresión génica hasta la interacción de todos estos aspectos con los diferentes componentes ambientales en su sentido más amplio desde calidad del agua, aspectos zootécnicos y disponibilidad de alimento nutricionalmente adecuado.

Los desarrollos tecnológicos en especies autóctonas realizados hasta la fecha, a nivel país, no han logrado cultivos industriales funcionando a base de juveniles producidos bajo condiciones controladas y capaces de resistir condiciones de cultivo de engorda. Esta es una necesidad primordial para asegurar la sostenibilidad ambiental y económica de la acuicultura marina.

La red ha tenido su primer Taller Internacional en enero 2016 donde se propusieron las acciones urgentes a realizar para reducir las brechas en la larvicultura de las especies objetivo: loco, pulpo del norte y pulpo del sur, con el objetivo de consolidar las bases del cultivo comercial de alguna de ellas.

Durante este primer año la red INLARVI ya ha presentado varios proyectos dirigidos a investigar estas brechas, pero también a cumplir otro de sus objetivos que es promover el cuidado de las especies de interés comercial en las comunidades que explotan

estos recursos: un FIC Regional, 2 FONDEF, 2 Programas INNOVA, 1 Proyecto CONICYT-Alemania.

Otro de los focos de la red es la cooperación internacional con los grupos de investigación de excelencia que ya pertenecen a la red así como la integración de nuevos grupos y otras redes para la investigación en especies de interés mutuo y para la formación de capital humano avanzado. En la actualidad ya hay dos tesis de doctorado incorporados en los proyectos de la red, y se ha dictado una asignatura de doctorado ligada a esta interacción en enero 2016.

## Acciones urgentes para reducir las brechas en la larvicultura de las especies objetivo

**Acción 1:** Uno de las acciones se relaciona con tomar decisiones de gestión I&D&i frente a la escasa sobrevivencia de paralarvas que se obtiene en las especies que están actualmente documentadas con obtención de juveniles a partir de la crianza de huevos, y que se resume en definir que para trasladar los resultados experimentales actuales a un desarrollo de cultivo comercial se debe elegir entre las siguientes opciones:

- Seguir los estudios para aumentar la sobrevivencia paralarvaria que da origen a juveniles, de manera que con las mismas puestas actuales pero con mayor sobrevivencia de paralarvas se obtengan los juveniles requeridos para escalar comercialmente.
- Seguir los estudios de acondicionamiento que permiten aumentar las puestas, de manera que con la misma sobrevivencia actual de paralarvas se obtengan los juveniles requeridos para escalar comercialmente.
- Con el nivel actual de conocimiento aumentar el número de reproductores, de manera que con los mismos valores actuales de puestas y de sobrevivencias de paralarvas se obtengan los juveniles requeridos para escalar comercialmente.

El decidir por una opción u otra, de cara a adoptar la tecnología para producción comercial, depende de los números que arroje cada opción, por lo tanto la pregunta en este momento podría ser: ¿la opción 3, que no requiere más fondos de inversión en I&D, es una opción que se sustente económicamente?

**Acción 2:** Otra de las acciones relevantes debe considerar que la producción de juveniles de especies complejas como por ejemplo el loco y el pulpo, radica no sólo en la producción para fines de consumo humano, sino en la oferta de juveniles que pudieran repoblar las poblaciones sobreexplotadas.

Aquí diferentes opciones parecen contraponerse:

- La producción de juveniles para engorda requiere alta productividad centrada en la calidad y cantidad de las ovas para mayor retorno económico, donde la tecnología de cultivo de pre-engorda y de engorda son constituyentes de desarrollo que se suman a la tecnología de hatchery.

- La producción de juveniles para repoblar debe asegurar que se mantiene la diversidad genética de la especie, que se conoce el grado de erosión genética que la población tiene y propender a mejorarlo, que se conoce la tolerancia térmica que la especie tiene y como se interrelaciona con los posibles cambios epigenéticos generados por el cautiverio y la producción controlada, todo lo cuál puede afectar el desempeño en el medioambiente.
- La captura de larvas y paralarvas en el ambiente natural como una medida de recuperación de patrimonio natural al que se le pueden aumentar significativamente las probabilidades de sobrevivencia bajo condiciones controladas para obtener juveniles para repoblar.

Sin embargo, en un desarrollo óptimo de los programas de I&D&i todas las opciones deben desarrollarse y los productos deben evaluarse para obtener un manejo ideal de la especie, basado en la sumatoria de conocimientos y tecnologías logrados desde las opciones 1, 2 y 3.

**Acción 3:** Desarrollar la I&D&i para hacer frente a las amenazas que se ciernen sobre la acuicultura, especialmente en la producción de larvas y juveniles tempranos de especies con ciclo de vida complejo:

- Cambio climático afectando la tolerancia térmica de los organismos, que además interacciona con cambios en la acidez, concentración de oxígeno, y otros en el medio marino.
- Sobreexplotación pesquera de los recursos y falta de conocimiento y manejo de su diversidad genética.
- Producción de alimento para sostener los cultivos de los recursos basada en insumos no-marinos con consecuencias en la salud y bienestar animal escasamente conocidas.
- Escasos fondos de I&D&i que apunten a desarrollar multidisciplinariamente las especies de ciclo de vida complejo con relevancia pesquera y acuícola.
- Ausencia de hatcheries (o Centros semilleros) que aseguren la disponibilidad de juveniles para la engorda comercial y el repoblamiento, especialmente en especies tradicionales y de alto valor de la pesca artesanal.

## Acciones inmediatas

En el marco del II Taller Internacional INLARVI que se realizará en enero del 2017, se contará con un día abierto a los profesionales del sector académico, privado y estatal para participar en el Taller Internacional de Larvicultura en peces. El Taller contará con la participación de expertos en Larvicultura y Nutrición: Dr. Patrick Sorgeloos de la Universidad de Ghent (Bélgica) y Dra. Marisol Izquierdo de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria (España).

El evento se realizará el 18 de enero del 2017, en el Instituto de Acuicultura de la Universidad Austral de Chile, sede Puerto Montt, ubicado en Avda Los Pinos s/n, Balneario Peñalillo, Puerto Montt. Contacto: Secretaria 56 65 2277122.



**Terramar Ltda**



**“El hogar de tus peces en las mejores manos”**

### **NUESTROS SERVICIOS**

Lavado de redes In Situ

Proyectos en HPDE (Termofusión- electrofusión)

Lavado, limpieza y desinfección en centros de cultivos

Instalación y mantención de mangueras de alimentación

Mantención y reparación de dispersores de alimentos



Avenida Los Robles 1507 - Bosquemar - Puerto Montt  
 amendieta@serviciosterramar.cl / Fono: 82439386  
 www.serviciosterramar.cl

# Cultivo de Trucha Arco Iris tipo Pan Size: Realidad y Desafíos



Marcelo Campos Larraín  
Acuasesorías Ltda.  
acuasesorias@acuasesorias.cl  
www.acuasesorias.cl

Como es sabido, Chile ha tenido un gran desarrollo en acuicultura, particularmente con la engorda en el mar de salmón del atlántico (*Salmo salar*), salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) y trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Sin embargo, por diversas razones, cuando se señala la trascendencia de la acuicultura nacional, se ha omitido la engorda en agua dulce de la trucha arco iris tamaño pan size o porción, la que en un período comprendido entre 7 y 12 meses alcanza su peso comercial, que varía entre 290 a 450 gramos (Figura 1).

Cabe hacer presente que la salmonicultura industrial en el país, desarrollada por el sector privado, comenzó precisamente con este tipo de cultivo. La empresa Piscicultura Lago Llanquihue Ltda., inició sus actividades en 1975 con instalaciones abastecidas con aguas provenientes del Río Pescado y una concesión en una porción de agua aledaña a la localidad de Puerto Rosales en el lago Llanquihue. Luego de esto, numerosas iniciativas en el ámbito de los cultivos hidrobiológicos, comprendiendo diversas especies nativas e introducidas, se han ejecutado de manera excepcional, alcanzándose los niveles productivos que actualmente destacan a Chile como uno de los líderes de la salmonicultura a nivel mundial.

No obstante estos éxitos, los cuales son prácticamente indiscutibles desde la perspectiva económica, el desarrollo de la industria salmonicultura ha enfrentado diversos problemas especialmente en el ámbito sanitario, destacándose serios inconvenientes a consecuencias de patologías como Piscirickettsiosis (SRS) y Anemia Infecciosa del Salmón (ISA) e infestaciones provocadas por *Caligus*.

De esta manera, con el propósito preferentemente de prevenir futuras emergencias, tanto Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) como el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA), han realizado múltiples esfuerzos creando medidas y planes de manejo para tener un mayor control y proteger el patrimonio sanitario del país, mediante la implemen-

tación de medidas extremadamente precautorias. No obstante que este trabajo ha sido loable, cabe destacar que la mayoría de las acciones se han efectuado pensando en que su cumplimiento será realizado por los grandes productores, siendo inviable su implementación, en ciertas ocasiones, por más pequeños, como es el caso de los productores de trucha pan size, cuyas producciones son sideralmente inferiores a la de quienes engordan en el mar. Es importante también destacar que esta regulación se implementó pensando en el cultivo del salmón del atlántico, de acuerdo a su ciclo productivo y condiciones biológicas, ya que es la especie que concentra los mayores volúmenes de producción y retornos para Chile, sin reflejar adecuadamente diferencias por especie, ubicación geográfica del centro o sistema de producción, aspectos en que difiere enormemente la realidad de la actividad acuícola a lo largo del país.

Entre algunas de las medidas dispuestas, la autoridad determinó que la totalidad de las pisciculturas, independientemente de su tamaño y tipo de producción y fines desarrollados, dentro de un plazo fatal, debían implementar sistemas para realizar la desinfección de sus efluentes, con el objeto de lograr la eliminación de microorganismos patógenos causantes de las Enfermedades de Alto Riesgo (EAR) señaladas en las lista 1 y 2 a que se refiere la Resolución Exenta SUBPESCA N° 1741 de 2013, a excepción del virus causante de la necrosis pancreática infecciosa (IPN). Esta medida se hizo pensando en que existiría un riesgo de diseminación de enfermedades (parásitos y patógenos), desde los cultivos hacia poblaciones ícticas nativas de los cuerpos dulceacuícolas. Recientemente y luego de numerosas gestiones y trabajos que demostraron la inconveniencia de esta norma, fue finalmente derogada por el D.S. (MINECON) N° 74 de 2016.

De esta manera, desde 2007, fecha en que se originó la crisis del virus ISA, el marco regulatorio aplicado a la salmonicultura ha cambiado significativamente, incrementándose la cantidad de normas aplicables a la actividad, la dificultad para su cumpli-

Figura 1: Trucha entera tipo pan size



Fuente: Piscícola Entre Ríos Ltda.

miento y los costos asociados a su implementación. En la actualidad, existe una normativa que fue redactada en época de crisis, muy restrictiva, que ha presentado numerosas modificaciones, con disposiciones cuya aplicación no sólo son complejas sino que se alejan de la realidad de la salmicultura chilena.

No se puede desconocer que las enfermedades han estado presentes en cada una de las etapas de desarrollo de los peces, sin embargo la forma de prevenir el ingreso y diseminación de estos patógenos es lo que se debe considerar relevante. En el intento por resguardar el patrimonio sanitario, la autoridad ha implementado normativa y programas sanitarios para prevenir el ingreso de enfermedades, que hacen referencia a las medidas de bioseguridad que deben aplicarse dentro de los centros de cultivo.

En este sentido, la autoridad ha establecido exigencias sanitarias y medidas de bioseguridad, como limitaciones para la importación de ovas, en base a un examen de riesgos sanitarios, que deben efectuarse en los países interesados en exportar a Chile ovas de salmónidos. Hasta hace poco tiempo, los únicos países desde donde se permitía importar ovas eran Dinamarca e Islandia, sin embargo, debido a la incorporación de la infección por Totivirus (Síndrome Cardiomiopático) en la Lista 1 de EAR, la autoridad ha determinado la prohibición temporal de la importación de ovas de truchas arco iris procedentes de Dinamarca mientras se

realiza el correspondiente análisis de riesgo. A la fecha, según lo informado por SERNAPESCA, la autoridad competente danesa (Danish Veterinary and Food Administration) aún se encuentra en proceso de evaluación de compartimentos libres de enfermedades en su país.

En consecuencia, es relevante mencionar que la actividad acuícola y especialmente la salmicultura nacional, están reguladas por estrictas normas de diversa naturaleza que tienen como objetivo resguardar el patrimonio sanitario nacional y el control y prevención de la presentación de patógenos en los sistemas productivos. Esto, que como se ha señalado es meritorio, debe estar en constante revisión y ajustarse a los requerimientos productivos y comerciales.

En la actualidad, en el país hay alrededor de 10 pequeños productores de trucha arco iris tipo pan size y una única empresa dedicada a la producción, crianza, engorda, procesamiento y comercialización de este recurso de manera industrial, la cual es Piscícola Entre Ríos Ltda., constituida en 1988. Esta empresa posee 6 centros de cultivo, de los cuales cinco se encuentran en la XIV Región de los Ríos (Pullinque, Llallalca, Pucara, Pichico y Huite) y uno (Trebulco) en la comuna de Talagante, Región Metropolitana. Además, la empresa cuenta con una planta de proceso y frigoríficos, ubicados en Pullinque, XIV Región.

En sus inicios tuvo una producción de 200 toneladas y, actualmente, alcanza una producción de 2.000 toneladas exclusivamente de trucha arco iris tamaño porción, generando alrededor de 200 puestos de trabajo con contrato indefinido, lo cual demuestra la importancia de esta actividad en aspectos socio económicos a nivel regional.

La empresa no realiza producción de ovas, abasteciéndose continuamente de éstas a través de productores nacionales e internacionales. Por esto, la crianza de truchas, en este caso, se inicia desde la etapa de ova con ojos, las cuales son puestas en bateas de incubación por un periodo de 9 días. En la siguiente etapa de alevín con saco, las ovas ya eclosionadas son llevadas a bateas de alevinaje por un periodo de 19 días. Absorbido el saco vitelino comienza la etapa de alevín sin saco y los alevines son criados en bateas tipo raceways por un periodo de 120 días. Los peces juveniles son trasladados a estanques tipo raceways por un tiempo de 90 días. Finalmente comienza la etapa de engorda en la cual las truchas permanecen en estanques de tipo raceways por un tiempo de 100 días. El ciclo completo de cultivo tiene una duración de un año aproximadamente (Figura 3).

Cuando se alcanza la talla comercial de pan size, la que va desde los 290 a los 450 gramos, como rango de peso vivo o bruto, las truchas son seleccionadas y derivadas a la planta de proceso, dejando un periodo de 36 UTA como ayuno pre cosecha.

Luego de ser evisceradas en forma mecánica, las truchas son lavadas y separadas de aquellas que presenten signos de madurez, deformaciones y lesiones externas. Son posteriormente

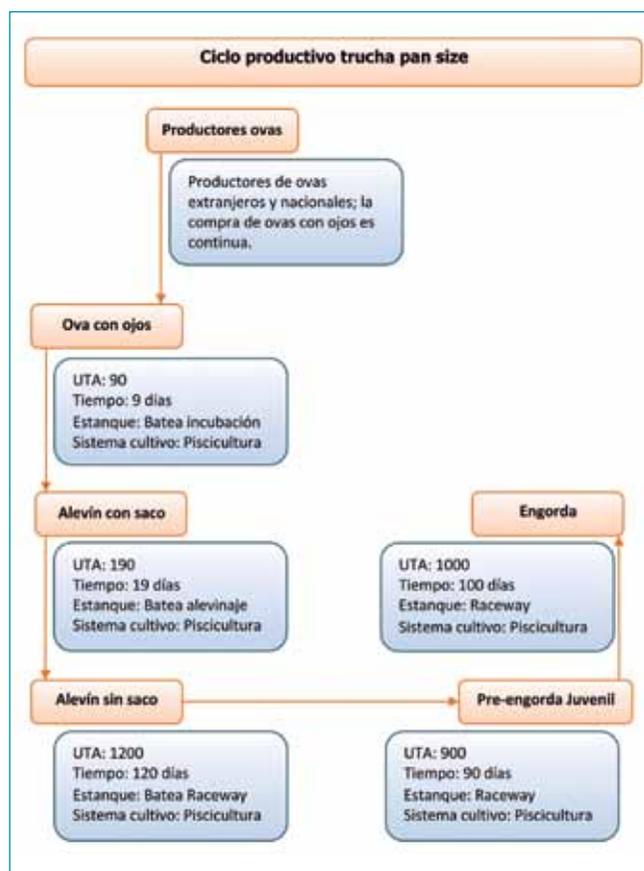


Figura 2. Procesos productivos de Piscícola Entre Ríos Ltda.  
Fuente: Piscícola Entre Ríos Ltda.

clasificadas de acuerdo a peso para luego ser derivadas a las distintas líneas de elaboración.

El mercado actual de estos productos es compartido entre Alemania (35%) y Estados Unidos (60%), en presentaciones que van desde la trucha entera a filete de trucha, en calibres de 220 a 450 g y 80 a 260 g, respectivamente. En el mercado nacional, la prioridad es surtir a restaurantes, en especial de la Región Metropolitana, alcanzando un 5% de la producción, quienes prefieren las presentaciones de trucha entera deshuesada y filete mariposa por las atractivas posibilidades que dan a sus platos (Tabla 1). Cabe destacar que el ciclo productivo permite realizar cosechas y ventas durante todo el año, no existiendo estacionalidad.

Tabla 1. Productos de trucha pan size por mercado.

Para exportación	Para mercado nacional
Filete mitad con piel	Filete mariposa mitad
Filete mariposa con piel	Filete con cabeza y cola
Filete mariposa con cabeza y cola (HR)	Trucha tronco
Trucha deshuesada, con cabeza y cola, sin espinas	Trucha entera
Trucha entera	Trucha congelada

Fuente: Piscícola Entre Ríos Ltda.

Importante es destacar que esta empresa cuenta con múltiples medidas de bioseguridad en sus centros de cultivo, tanto a la entrada como entre cada sub sector de cultivo. De esta manera, como medidas de bioexclusión, para prevenir el ingreso de patologías a los sistemas, a la entrada posee filtros y barreras sanitarias. Todos los procedimientos están establecidos en los respectivos manuales exigidos por la autoridad y forman parte de las capacitaciones que regularmente se hacen al personal técnico y operarios de los centros.

En cuanto a las enfermedades es sabido que en la etapa de agua dulce participa un grupo de patógenos distintos a los de agua de mar y que además hay claras diferencias de acuerdo a la etapa de desarrollo de los peces. Según el estadio de desarrollo, los peces presentan distintas causas de mortalidad, sin embargo, en general, todos los centros de esta empresa presentan una buena condición sanitaria, con bajas mortalidades y un adecuado crecimiento.

Las mortalidades en las instalaciones de esta empresa se circunscriben básicamente a: a) Durante la incubación, la principal causa de mortalidad es ovas no embrionadas y malformaciones, mientras que los alevines pre alimentación mueren principalmente por malformaciones, inanición y sin causa aparente;

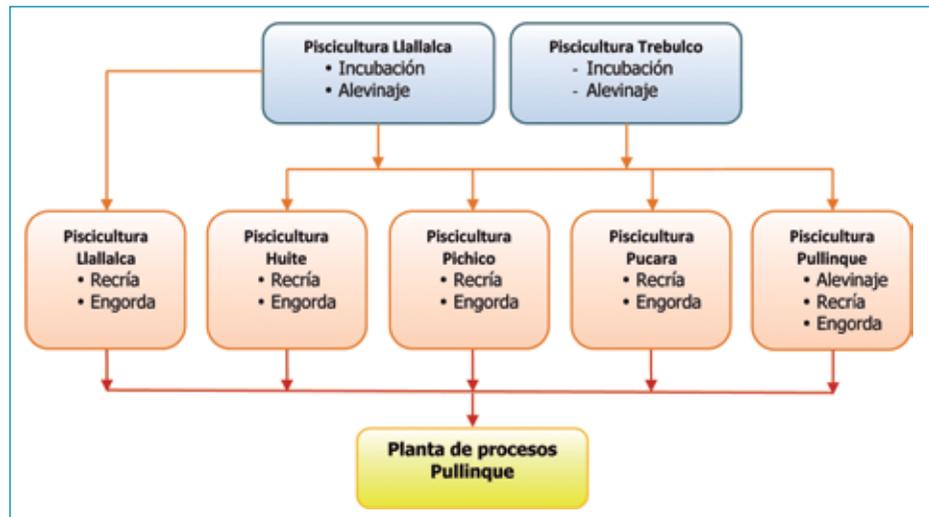


Figura 3. Ciclo productivo de trucha arco iris tipo pan en Piscícola Entre Ríos Ltda.  
Fuente: Piscícola Entre Ríos Ltda.

b) Durante la etapa de alevín sin saco vitelino hasta los 4 g, se describen mortalidades por inanición, enfermedad bacteriana de las agallas, sin causa aparente y Flavobacteriosis; c) Durante la etapa post ingreso de alevines al sector de recría (alevinaje), el nivel de estrés de los peces se incrementa debido al traslado de éstos a los raceways, los que se ven afectados principalmente por cuadros clínicos de Flavobacteriosis, IPN y micosis; d) Durante la engorda, aisladamente, aparecen lesiones en estadio inicial de Red Mark Syndrome (RMS) o Strawberry disease (SD), más conocida como Enfermedad de la Frambuesa en peces, respecto de la cual se desconoce el agente etiológico. Estas manifestaciones clínicas, dependiendo de la estación del año, se presentan entre 120 y 150 g, con manifestación clínica a los 350 g. Cabe señalar que esta condición no genera mortalidades superiores al 0.04% por día y el impacto que tiene es, básicamente, productivo debido a que las lesiones dérmicas eritematosas que provocan en la piel son indeseables en los mercados de destino. Además se reconocen casos de IPN y Flavobacteriosis.

Conforme a lo anterior, se puede afirmar que los cuadros clínicos que afectan a la producción de trucha pan size y provocan mortalidad infecciosa, se limitan a tres causas: IPN, Flavobacteriosis y micosis. Si bien la Enfermedad de la Frambuesa se presenta con peces de talla de término, ésta no provoca mortalidades importantes, por lo que no se considera de impacto sanitario. Las principales mortalidades en este sistema de cultivo están asociadas principalmente a manejos, eliminaciones y temas medioambientales (baja del flujo de agua, aguas turbias, etcétera). Además, en todos los años de producción nunca se han presentado alzas en mortalidad, ni brotes de enfermedades que causen contingencia en las instalaciones.

Se estima que el factor fundamental en la baja prevalencia de patógenos de origen infeccioso en este tipo de sistema de cultivo (flujo abierto), se debe a las altas tasas de recambio de agua que fluctúan entre 5 y 8 ciclos por hora para alevines y de 3 a

5 ciclos por hora para engorda; es decir, el agua de una unidad de cultivo en salas de alevinaje y de una unidad de cultivo de engorda se recambia totalmente de 5 a 8 y de 3 a 5 veces en una hora, respectivamente, no permitiendo que la presencia de cualquier eventual microorganismo se mantenga de forma permanente en el medio circundante a los peces.

Otro punto destacable es que los peces ingresados a los centros de cultivo, realizan la totalidad de su ciclo productivo en éste, no habiendo traslado de individuos hasta la salida de éstos a la planta de proceso, por lo que en este caso no existe riesgo sanitario asociado al paso por distintos centros de cultivo; más aún, considerando que los peces cumplen su ciclo completamente en agua dulce.

En pocas palabras, se puede señalar que el éxito de esta empresa se debe al enfoque a largo plazo respecto al cuidado del medio ambiente y la capacidad de prevención de enfermedades productivas.

A nivel internacional, el cultivo de trucha arco iris tipo pan size, también es de gran relevancia. Este se desarrolla con interesantes aportes económicos y sociales en diversos países, entre los que se destacan Irán, Turquía, Italia, Francia, Dinamarca, Perú, China, España y Estados Unidos. Conforme a lo dado a conocer en el Taller “Potencial diseminación de patógenos como resultado de la producción de trucha pan size”, efectuado el 16 de octubre de 2015, en el marco del Proyecto FIPA N° 2014-89, no obstante Chile participa con el 3,3% de la producción mundial de este recurso, es el que tiene las mayores y más exigentes regulaciones para este tipo de cultivo.

De conformidad a todo lo descrito, se concluye que si bien es cierto existen algunas similitudes entre la salmónica tradicional realizada en Chile y el cultivo de trucha pan size, las importantes y trascendentales diferencias no permite considerarlas

actividades totalmente equivalentes. Sin duda, el desconocimiento acerca de esta actividad y su aporte en el desarrollo económico local y regional, ha provocado inconvenientes que han dificultado su desarrollo y consolidación. Ante esto, es fundamental que la autoridad sectorial haga un esfuerzo en establecer regulaciones distintas que se ajusten a las características y requerimientos de cada una de estas actividades de acuicultura. Los cultivos de trucha pan size, técnica, sanitaria, ambiental, productiva, económica, comercial y administrativamente, no pueden ser asimilables a la gran salmónica nacional. Hasta se podría aseverar que amerita la dictación de una normativa especial.

Si bien es cierto, se entiende que el país debe resguardar su patrimonio sanitario e impedir la entrada de patógenos al interior de sus fronteras, en lo inmediato es prioritario que se revise la normativa vigente que impide la importación de ovas de especies salmónidas y específicamente la de ovas destinadas exclusivamente a la producción de trucha arco iris tamaño pan size. Asimismo, es esencial que se revise la sobrerregulación que afecta a esta actividad y particularmente la necesidad de continuar realizando muestreos y análisis para detectar patógenos que no afectan a esta especie y que no sobreviven en agua dulce. Disposiciones innecesarias e injustificadas, como por ejemplo lo han sido los análisis para determinar presencia del virus ISA en estos cultivos, elevan desmesurada e insosteniblemente los costos de producción y es por ello que el no adoptar medidas cabales y oportunistas, hace correr serios riesgos a una industria que se puede transformar en no competitiva o lo que es aún más grave en no sustentable e inviable.

#### Agradecimientos:

Se agradece al Sr. José Luis Villasante Aravena, Gerente General de Piscícola Entre Ríos Ltda., por la entrega de valiosa información que ha permitido fundamentar este artículo.

### Tipos de productos elaborados a partir de trucha arco iris tamaño porción

1



1. Filete mitad, sin espinas. Calibres 80-170 g.

2



2. Filete mariposa, sin espinas. Calibres 160-220 g.

3



3. Deshuesada HR, sin cabeza, con cola, deshuesada, sin costillas, sin pin bones. Calibres 220-350 g.

4



4. Deshuesada PBO, con cabeza, con cola, deshuesada, sin costillas, sin pin bones. Calibres 180-300 g.

5



5. Deshuesada PBI, con cabeza, con cola, deshuesada, sin costillas, con pin bones. Calibres 180-300 g.

6



6. Trucha tronco, con espinas, sin cabeza, sin cola. Calibres 150-450 g.

7



7. Trucha entera, con espinas, con cabeza, con cola. Calibres 180-500 g.

7



7



**NUEVO**

# Econet

**HB10 Y HB6**

## ÚNICO ANTIFOULING QUE CONTROLA EL CRECIMIENTO DE HIDROZOOS Y BRIOZOOS

### PROTEGE TUS REDES Y TU INVERSIÓN

**HIDROZOOS****BRIOZOOS**

- > Antifouling base agua de amplio espectro.
- > Alta protección, efectivo contra moluscos, algas, briozoos e hidrozoos.
- > Larga duración, formulaciones para 6 y 10 meses.
- > Tiempo indefinido de almacenaje una vez impregnado en la red.
- > Fácil aplicación.
- > Libre de solventes.
- > No daña el medio ambiente.

**CODELPA CHILE S.A.:**  
Lo Echevers 801, Quilicura, Santiago.  
Tel: (56-2) 2 2726 28 12

**AGENCIA PUERTO MONTT:**  
Calle Ruta 5, 1471, Camino a Pargua Km 1022.  
Tel: (65) 225 2119

# Valorización de una Concesión Marina de Acuicultura



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
TEMUCO

Alfonso Mardones<sup>1, 3</sup>, Rolando Vega<sup>1, 3</sup>, Cristian Pichara, Francisco Encina<sup>2, 4</sup>, Patricio de Los Ríos<sup>2, 4</sup> & Iván Tapia<sup>5</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>Laboratorio Ambiental Linnaeus

Alfonso Mardones (mardolaz@uct.cl)



## INTRODUCCIÓN

Desde los años 90, la acuicultura ha ganado paulatinamente importancia dentro de la valoración de la actividad pesquera nacional y es actualmente el sector con mayor crecimiento en Chile. La salmicultura, ha representado un éxito importante durante las dos últimas décadas, creciendo alrededor de un 40% al año entre los períodos 1986/87 y 1996/97, y a partir de entonces (1996/97 - 2006/07) a un 10% al año, encontrándose situada dentro de los países con mayor incremento a nivel mundial, posicionándose como una potencia junto a Noruega y Canadá (MINECON y MMA, 2015).

Producto de este crecimiento sostenido, en los últimos años las concesiones marítimas solicitadas con fines de Acuicultura (CCAA), se han transformado en un bien escaso, lo anterior debido a las modificaciones introducidas a la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) N° 20.434 respecto de la solicitud, tramitación y otorgamiento de ellas; hoy se incorporan a ese régimen una serie de normativas, dentro de las cuales destaca la posibilidad de constituir hipotecas, arriendos, ser utilizadas como un bien tangible, entre otros, generando un agotamiento de los espacios disponibles para nuevas concesiones.

La conformación de Agrupaciones de Concesiones de Acuicultura (ACS), ha generado que muchas empresas requieran arrendar concesiones o arrendar las suyas a otros titulares, por ello se

hace necesario contar con herramientas que permitan valorizar de manera más objetiva el valor las concesiones de acuicultura. La valorización se define como la ciencia aplicada, que tiene como objetivo la determinación del valor de un bien, teniendo en cuenta los elementos de comparación o variables explicativas que lo caracterizan, el entorno económico-temporal en que se encuentra, etc., mediante la utilización de un método contrastado de cálculo, que permita incorporar tanto el conocimiento objetivo, las variables cuantitativas, el conocimiento subjetivo y las variables cualitativas (Aznar y Guijarro, 2012).

Existen diferentes metodologías para valorizar, la mayoría de ellas se basan en la decisión multicriterio, lo cual posibilita abordar la toma de decisiones en un contexto de distintos objetivos en conflicto y en un entorno incierto. En particular, el análisis multicriterio discreto, comprende los casos donde el número de variables a considerar por el decisor es finito y normalmente no muy elevado (Saaty, 1980).

Debido a que las valorizaciones de concesiones de acuicultura, es un tema totalmente nuevo y no abordado, sumado al escaso conocimiento de cómo se transan las concesiones y a la alta especulación referente a sus valores de transacción, se ha hecho necesaria la generación de una metodología definida de valorización.

A modo de referencia, podemos señalar que las transacciones entre interesados han dependido de ciertos criterios que están muy influenciados por el momento en que se encuentre atravesando la actividad, tanto productiva como sanitariamente, así como de los constantes cambios normativos.

Lo anterior podría generar que las instituciones financieras, las cuales tiene la facultad para garantizar las concesiones como hipotecas, adoptará valores alejados de la realidad, sin basarse en las cualidades o aptitudes intrínsecas que pudiera tener una concesión marítima.

El grado de certeza que se logre al valorizar una concesión irá en directo beneficio de la empresa, quien podrá contar con la confianza de la banca en el caso de requerir nuevos fondos, esto a su vez influiría positivamente en disminuir la especulación.

Este trabajo tuvo por finalidad, determinar las variables que explican el valor de una concesión de acuicultura, y cuanto influye cada una de ellas en dicha valorización, para finalmente establecer su costo a través de la aplicación de un método de decisión multicriterio (Analytic Hierarchy Process, AHP) (Saaty, 1986).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El método consiste en definir qué criterios se van a utilizar para determinar la selección, definiendo cuáles son las características que pueden hacer más deseable una alternativa que otra, que influyen en el valor de una concesión marítima.

La representación gráfica de un modelo sencillo con tres alternativas y 2 criterios se muestra en la figura 1.

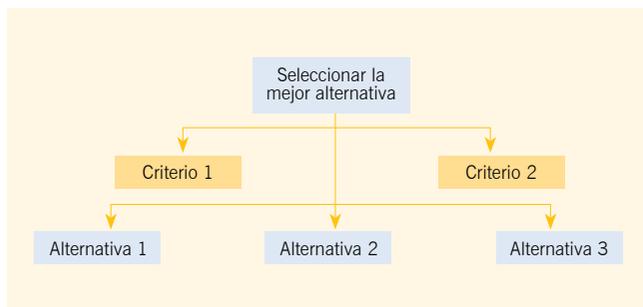


Figura 1. Esquema Jerárquico.

Luego se identifica el interés que puede tener un decisor, en seleccionar la más interesante entre un conjunto de alternativas (estrategias, activos, inversiones, etc.). Conocidas las variables principales y secundarias, y obtenidas sus ponderaciones en base a la consulta de expertos y utilizando matrices de comparaciones pareadas, se determinaron las ponderaciones de las diferentes concesiones, en función de cada criterio.

Para ello, se compararon todas las concesiones en función de cada variable, obteniéndose 11 matrices, siendo 11 el número de variables; de cada una de estas matrices se calcula su consistencia y vector propio, el cual nos indicará la ponderación de las diferentes concesiones en función de cada variable.

De la ponderación de las variables se obtiene una matriz columna  $n \times 1$  (siendo  $n$  el número de variables), mientras que de la ponderación de las concesiones se obtiene una matriz  $m \times n$  (siendo  $m$  el número de concesiones y  $n$  el número de variables), en nuestro caso  $n=11$  y  $m=5$ .

Luego se realiza el producto de ambas matrices:  $(m \times n) \times (n \times 1) = (m \times 1)$  resultando una matriz  $(m \times 1)$ , que indica la ponderación de las concesiones en función de todas las variables explicativas y sus pesos.

Luego se calcula el ratio de la siguiente forma.

$$Ratio = \frac{\Sigma \text{Valor concesiones testigos}}{\Sigma \text{Ponderación concesiones testigos}}$$

A partir de este ratio, su producto por la ponderación de la concesión a valorar, nos da su valor estimado:

$$\text{Valor concesión objetivo} = Ratio \times \text{Ponderación concesión objetivo}$$

El valor obtenido está en función de todas las variables explicativas y de sus ponderaciones.

## RESULTADOS

Se identificaron 3 variables principales: Oceanográficas, Ambientales/Sanitarias y Productivas, las que a la vez se determinan un total de 11 variables secundarias, (Tabla 1), las cuales fueron agrupadas según su capacidad de sufrir modificaciones.

Tabla 1. Variables para valorizar una concesión marina.

Variables principales (VP)	Variables secundarias (VS)
Oceanográficas	Profundidad
	Corrientes
	Exposición a vientos
	Cercanía a zonas de riesgos de desastres naturales
Ambientales/Sanitarias	Categoría
	INFAs
	Barrio
Productivas	Superficie
	Producción
	Factibilidad de fondeos
	Distancia al puerto más cercano

## RESULTADO Y CONCLUSIONES

La ponderación obtenida para las Variables Principales (VP) nos indica la importancia de cada una de ellas, en la explicación del valor de una CCAA (Figura 1)

La ponderación obtenida para las Variables Secundarias, nos indica la importancia de cada una de ellas dentro de las variables Oceanográficas, Ambientales/Sanitarias y Productiva, en la explicación del valor de una concesión de acuicultura (ejemplo en la Tabla 2 y Figura 2).

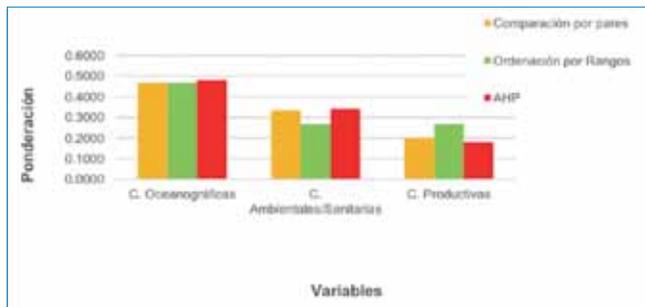


Figura 1: Ponderación de variables oceanográficas, ambientales/sanitarias y productivas

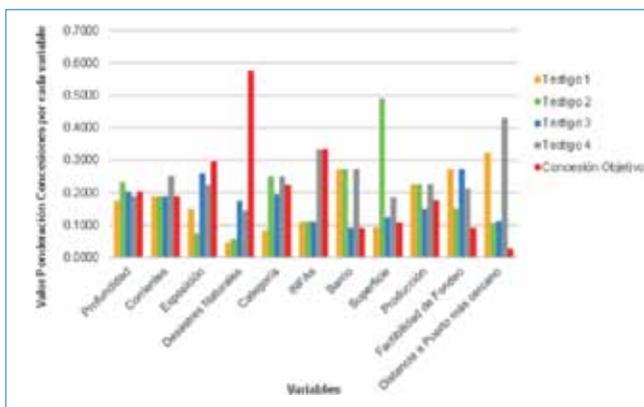


Figura 2. Valores de las ponderaciones de las concesiones en función de cada variable

Tabla 2. Ponderaciones de cada variable secundaria

Variabes Principales (VP)	Peso VP	Variabes Secundarias (VS)	Peso VS	Ponderación final VS
Características Oceanográficas	0,4798	Profundidad	0,4449	0,2135
		Corrientes	0,3326	0,1596
		Exposición	0,1543	0,0740
		Desastres Naturales	0,0682	0,0327
Características Ambientales/Sanitarias	0,3409	Categoría	0,6691	0,2281
		INFAs	0,1742	0,0594
		Barrio	0,1567	0,0534
Características Productivas	0,1792	Superficie	0,3205	0,0575
		Producción	0,3466	0,0621
		Factibilidad de Fondo	0,2455	0,0440
		Distancia a Puerto más cercano	0,0874	0,0157

### BIBLIOGRAFÍA

Aznar, J. y F. Guijarro. 2012. Nuevos métodos de valoración: Modelos multicriterio. Universitat Politècnica. Valencia, España.

Ministerio de economía, fomento y reconstrucción. Subsecretaría de Pesca. 2009. Resolución 3612 Exenta. Aprueba resolución que fija las metodologías para elaborar la caracterización preliminar de sitio (CPS) y la información ambiental (INFA).

Saaty, T. 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw Hill. New York. Reprinted by Pittsburgh: RWS Publications.

Saaty, T. 1986. Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process. Management Science 32/7, 841-855.

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO**

# MAGÍSTER EN ACUICULTURA

3era Versión - Inicio Marzo 2017

**DIRECTOR DEL PROGRAMA**  
DR. IVÁN VALDEBENITO ISLER  
ivisler@uctemuco.cl

**CONSULTAS E INSCRIPCIONES**  
CECILIA AGENCIO  
casencio@uctemuco.cl

56 45 - 2205511  
[www.mgacuicultura.uct.cl](http://www.mgacuicultura.uct.cl)

UCTEMUCO.CL

canaluctemuco uc\_temuco canaluctemuco uc\_temuco

# Caracterización de malformaciones embrionarias y larvales en salmónidos de Chile



Iván Valdebenito, Katherine López y Matías Valdebenito  
Escuela de Acuicultura. Núcleo de Investigación en Producción  
Alimentaria. Universidad Católica de Temuco-CHILE

## INTRODUCCIÓN

Las malformaciones embrionarias son un problema que registra un incremento paulatino de su incidencia en la industria. Debido a su origen multifactorial (genético, ambiental, nutricional, causadas por patógenos y condiciones de manejo), son difíciles de predecir y con frecuencia, la solución es eliminarlos durante la incubación o absorción del saco vitelino. Valdebenito *et al.* (1996) describe para trucha arcoíris niveles menores al 0,5% en un estudio del año 1992. El nivel de incidencia actual en la industria se desconoce ya que no han sido estudiadas sistemáticamente y cada empresa realiza sus registros, los que con frecuencia son “reservados”. Hendrix (2015), señala que en Norteamérica es un problema no estudiado sistemáticamente y que aumenta cada día. López (2015) en un estudio aplicado mediante encuestas *on-line* a profesionales de la industria chilena, informa que estos consideran que las malformaciones embrionarias alcanzan cerca del 15% y se encuentran en crecida, siendo microftalmia la malformación más frecuente en las tres especies de salmónidos de mayor producción en Chile. La presente investigación recopila información bibliográfica y sus niveles de incidencia en la industria salmonera chilena respecto de las malformaciones más frecuentes observadas en embriones y larvas.

## MALFORMACIONES EMBRIONARIAS

**1. Alteraciones de Corion:** Se reconocen cinco tipos de malformaciones de corion para salmónidos. **a) Corion Blando**

**o Enfermedad de la ova blanda (soft eggs disease):** El corion presenta una consistencia blanda y en ocasiones levemente “pegajosa” y los embriones tienden a adherirse entre ellos, volviéndose menos turgentes que lo normal y la causa probable se asocia al exceso de amoníaco o bacterias en el agua (Bruno *et*

*al.*, 2013). Su presencia en la industria chilena es ocasional y en un porcentaje muy variable de los embriones. **b) Corion duro:** Se denomina así cuando los embriones en tiempo de eclosionar no son capaces de romper el corion (Jaramillo *et al.*, 2009 y 2012). En ocasiones eclosionan parcialmente o simplemente los embriones mueren sin eclosionar. La causa probable de este problema son las enzimas “coriolisinas” que no digieren o actúan de forma anormal en el espacio previtelino, identificando que las fibras proteicas que forman el corion “duro” son más gruesas que las del corion normal y además, carecen de poros en el estrato interno (Jaramillo *et al.*, 2012). Su observación en la industria es ocasional y en un porcentaje variable de los embriones. **c) Corion manchado:** Se denomina “corion manchado” cuando visualmente se observan manchas blancas de diferente intensidad en su superficie. Esto se debe a proteínas que coagulan y precipitan, generando la apariencia de manchas o puntos blancos (Biovac, 2007). Las causas probables incluyen metales pesados, fluctuaciones de pH, tratamientos químicos, amoníaco o temperaturas demasiado bajas en el agua (Bruno *et al.*, 2013).

Se presenta en salmón coho y Atlántico en forma ocasional en un porcentaje importante de los embriones, pero no se han detectado mortalidades altas en las larvas obtenidas. **d) Corion oscuro:** Se denomina así cuando el corion adquiere un tono oscuro y no es posible observar el embrión. Ha sido detectado ocasionalmente y en algunas pisciculturas lo asocian al uso de desinfectantes yodados. **e) Corion perforado:** El corion se observa con perforaciones circulares o desgarros irregulares en éste. Se observó en embriones de salmón coho cercanos a la eclosión. No existe mayor información al respecto y sus causas aún no se determinan. Su presencia se ha detectado en forma muy ocasional y en un por



centaje variable de los embriones en salmón coho y Atlántico.

**2. Malformaciones oculares:** En salmónidos, es frecuente la presencia de anoftalmia (ausencia de ojos), ciclopía (presencia de solo un ojo) y microftalmia (ojos pequeños), debido a causas genéticas, fisiológicas (bajos niveles de hormonas tiroideas), nutricionales (deficiencia de vitaminas A, C, tiamina, riboflavina, lecitina y DHA) y/o ambientales (temperaturas fuera de rango, agua clorada, falta de oxígeno, etc) (Roberts, 1989; Brown & Núñez, 1998). **a. Microftalmia** es la más frecuente y se asocia a déficit de vitamina A, la que cumple un rol fundamental en el desarrollo ocular ya que el ácido retinoico es un metabolito que funciona ligando receptores nucleares para señalización e interacción celular en el desarrollo ocular (Fares-Taie *et al.*, 2013). Puede tener un origen ambiental por bajos niveles de oxígeno, infección con saprolegnia y su nivel de incidencia aumenta con el envejecimiento de ovocitos en salmón del Atlántico (Mommens *et al.*, 2015). Se presenta en forma permanente en todas las especies y en porcentajes cercanos al 10% de los embriones. Además, se observan otras alteraciones a la forma y disposición de los ojos, como: **b. Embrión de ojos separados:** Se observa una mayor separación de los globos oculares probablemente como resultado de una macrocefalia, aunque no ha sido reportado en literatura. Las causas probables son la mala calidad del agua, como exceso de amoníaco (Sayeg, 2007), cantidad de luz o por factores genéticos (Burgos, 1999; Nordeide, 2007). Se observa en forma permanente, pero en un bajo porcentaje de los

embriones. **c. Embrión de ojos “chinos”:** No existe su descripción en literatura de este problema. Los ojos se observan más próximos en la región anterior (tipo “chino”). Posibles causas son problemas congénitos, de origen ambiental como bajos niveles de oxígeno. Este daño podría estar asociado a una alteración de la síntesis del ácido retinoico, responsable del desarrollo ocular (Fares-Taie *et al.*, 2013). Se presenta en forma permanente, pero en un bajo porcentaje de embriones.

**3. Vitelo coagulado o enfermedad del punto blanco:** Se denomina así cuando se observan coágulos blancos de diferente tamaño y forma en el vitelo, haciéndose visibles en embriones cercanos a eclosionar. Es causado por la inadecuada calidad del agua (bajas en dureza) (Bruno & Pope, 1996), se ve incrementada con el uso de temperaturas extremas, bajos niveles de oxígeno, baja concentración de calcio, tratamientos con verde de malaquita y otros fungicidas, al uso de algunos tipos de pinturas en los estanques, infecciones bacterianas, fúngicas y protozoarias, sobresaturación de gases o concentración de metales pesados como cobre y zinc (Biovac, 2007). En algunas pisciculturas se la asocia al uso de emamectina en reproductores. Se presenta ocasionalmente, pero en un porcentaje significativo de los embriones.

**4. Vaso sanguíneo prominente:** Se denomina así cuando se observa a través del corion, algunos vasos sanguíneos del embrión de mayor tamaño al normal. Se caracteriza por la hipertrofia de un vaso sanguíneo (al parecer aorta dorsal) de la región cordal,

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO

UNIDAD DE BIOTECNOLOGÍA ACUÍCOLA  
¡SERVIMOS EN TODO CHILE!

AMIGO SALMONICULTOR  
¡CONOZCA LA FERTILIDAD DE SUS OVAS ANTES DE 24 HORAS!

- Evaluación de fertilidad temprana antes de 20h
- Evaluación de desarrollo gonadal y calidad embrionaria
- Determinación de triploidía mediante la medición del diámetro eritrocitario
- Criopreservación de semen de salmónidos para bancos de germoplasma
- Análisis de motilidad espermática mediante sistemas CASA
- Cursos de capacitación para trabajadores
- Diplomado en reproducción de peces para profesionales

CONTACTO:  
✉ [ivisler@uctemuco.cl](mailto:ivisler@uctemuco.cl)  
☎ 56 45 2205510 / 56 45 2205501

UNIDAD DE BIOTECNOLOGÍA ACUÍCOLA UCT-TEMUCO  
[www.bioacui.cl](http://www.bioacui.cl)

BIOACUI  
Unidad de Biotecnología Acuicola

desde la zona craneal hasta la caudal. Su presencia es ocasional para trucha arcoíris y no se asocian a altas mortalidades.

**5. Embrión hemorrágico:** Se caracteriza por la presencia de coágulos en diferentes partes del cuerpo del embrión, algunos visibles macroscópicamente. Frecuentemente es causado por el choque mecánico (“*shocking*”) muy intenso aplicado regularmente a embriones después de la pigmentación ocular, o bien, cuando se aplica a embriones muy jóvenes.

**6. Embrión ovalado:** Se denomina así cuando el embrión presenta forma de óvalo. Es atribuible a los sistemas de incubación como zoug-jars (tipo botellas invertidas) ya que son demasiadas las capas de embriones que se acumulan. Las capas inferiores reciben el peso de las superiores, por lo que estos embriones pierden su forma y se ven ovaladas. De incidencia ocasional, esta condición no genera incremento de mortalidades.

**7. Problemas de columna:** Son muy frecuentes en todos los vertebrados y los salmónidos no son la excepción. En peces, los estudios de esta problemática son escasos (Brown & Núñez, 1998), siendo frecuentes los problemas de lordosis, escoliosis y/o cifosis en un porcentaje importante de los embriones. Se asocia a factores genéticos, nutricionales como la falta de vitaminas C, D y triptófano, ambientales como niveles bajos de oxígeno y acidificación del agua (Oyen *et al.* 1991), parasitosis (virus, hongos, protozoos y bacterias), metales pesados (como zinc) y la presencia de herbicidas (Bruno & Pope, 1985; Brown & Núñez, 1998). Las malformaciones de columna se incrementan cuando se incuba con temperaturas fuera de rango o la aplicación de choques térmicos en las etapas temprana del desarrollo (Polo *et al.* 1991). Según Brown & Núñez (1998) las alteraciones se generan durante la somitogénesis por fusiones incompletas de las vértebras alrededor de la médula espinal y/o por alteraciones de la musculatura (miotomos) que soporta al tejido óseo en formación.

**8. Embrión corto:** Probablemente este también es un problema asociado al tejido mesodérmico y su diferenciación de los somitos mesodérmicos. Se caracteriza por la presencia de un embrión de longitud significativamente más corta que uno normal. Con frecuencia se asocia con otras malformaciones como microftalmia, escoliosis y/o lordosis. Su presencia en la industria es alta y en un porcentaje variable de los embriones.

**9. Embriones abortados:** Son embriones que antes de completar las UTAs necesarias para eclosionar, por razones desconocidas, se produce ruptura del corion con eclosión parcial del

embrión generando posteriormente la muerte. Aunque las principales causas pueden ser ambientales, traumáticas o genéticas (Sayeg, 2007); no se descarta que sea resultado de un problema de “corion blando”. Un porcentaje de estos abortos ocurre ante la mala manipulación de ovas en la fase de desarrollo ocular. Aquí, cualquier golpe brusco o fuerte flujo de agua en incubadoras es causante de muerte embrionaria. También se asocia a aguas muy blandas y transportes muy prolongados. Su presencia es ocasional y en porcentaje variable de los embriones.

**10. Siameses:** Son dos embriones en que algunas porciones de sus cuerpos se encuentran unidas, aún después de su eclosión, haciendo frecuentemente su vida inviable. La separación incompleta se produce en los primeros clivajes (Huaquín, 1978). La ubicación de la unión puede ser craneal, vitelina, troncal o caudal y pueden representar diferencias de simetría. Sus causas se asocian a factores genéticos y ambientales, especialmente al uso de temperatura fuera de rango durante el desarrollo embrionario temprano y Brown & Núñez (1998) reportan un incremento en embriones expuestos a niveles altos de hormonas tiroideas. Stockard (1921) generó experimentalmente gemelos en *Fundulus heteroclitus* mediante bajas temperaturas (5°C) o bajos niveles de oxígeno al inicio del desarrollo. En Chile se presenta en forma permanente, pero en un bajo porcentaje de los embriones.

**11. Coágulos en el espacio perivitelino (EPV):** Se caracteriza por la presencia de coágulos blanquecinos en el EPV aparentemente de origen glucoproteico. Con frecuencia se observa posterior a la aplicación del *shocking* y aunque regularmente ocupan el EPV, en ocasiones se observan coágulos adheridos al saco vitelino, haciendo inviable la larva. Su presencia es ocasional y en un porcentaje variable de los embriones, al parecer, sin incremento significativo de las mortalidades.

### III. MALFORMACIONES EN LARVAS (alevines de saco)

**Alteraciones del saco vitelino:** Corresponden a aparentes daños al saco vitelino, siendo los más frecuentes **a) Coagulación del saco vitelino:** las larvas de saco vitelino coagulado son resultados de la eclosión de embriones que presentan Vitelo Coagulado (analizado en Punto N°3). Afecta a un porcentaje variable del saco vitelino, generando una mala absorción y altas mortalidades en los grupos que la presentan. Bruno & Pope (1985) la atribuyen a mala calidad del agua. Su incidencia es ocasional y en un porcentaje importante de las larvas. **b) Enfermedad del saco azul o Edema del saco vitelino:** Su causa puede ser la mala calidad del agua con aumento de la presión total de gases, niveles elevados de amoníaco, amonio y sustancias nitrogena



das, presencia de insecticidas e hidrocarburos generando una respuesta anafilactoide debida a los xenobióticos mencionados al carecer la larva de un sistema excretor maduro (Bruno & Pope, 1985; Biovac, 2007). Con frecuencia aparece inmediatamente después de la eclosión y las larvas se observan letárgicas con una baja respiración y frecuencia cardíaca. El vitelo es menos transparente que en alevines normales y su frecuencia es alta, pero su nivel de incidencia suele ser baja. Con frecuencia, muchos especímenes sobreviven a esta condición. **c) Alargamiento y/o estrangulación del saco vitelino:** Con frecuencia en salmónidos y en especial en salmón del Atlántico, el saco vitelino se alarga, pudiendo llegar a estrangularse completamente en el extremo posterior. Las causas son desconocidas, pero se relaciona como un efecto secundario del saco azul o un exceso de flujo (Bruno & Pope, 1985) y a secuelas de una infección por Saprolegnia (Speare, 1998), generando altas mortalidades

**2. Alteraciones de la columna:** Junto a los problemas del saco vitelino, éstos generan las mayores pérdidas durante la absorción del saco vitelino. Su origen son principalmente las alteraciones de columna observadas en embriones. Sin embargo, aquí se hacen evidentes por la imposibilidad de estos especímenes de nadar y/o alimentarse adecuadamente y deben ser eliminados de los sistemas de cría.

**3. Siameses:** Las larvas siameses son resultados de la eclosión de embriones siameses. Los tipos encontrados en literatura *on line* hablan de malformaciones en Salmón del Atlántico. Godoy (2013) mencionan:

*Teratodymos:* caracterizado por la unión de dos individuos en la región vitelina de la zona caudal adoptando forma de “Y”.

*Teratópagos ó toracopagos:* dos individuos en forma de “H” unidos en la región vitelina media.

*Parápagos:* dos individuos unidos lateralmente

Estos siameses pueden ser autóditos o parásitos, dependiendo de la circulación sanguínea (Burgos, 1999) en cualquiera de los casos, regularmente representan peces no viables.

**4. Prognatismo:** Esta malformación se encuentra asociada a malformaciones embrionarias difíciles de identificar en ese estado. Se caracteriza por un alargamiento de la mandíbula inferior haciendo difícil el inicio de la alimentación exógena. Generada por incompatibilidad genética (Nordeide, 2007) y Momment et al. (2015) en salmón del Atlántico la encontró correlacionada con el envejecimiento de los ovocitos. También se asocia a bajos niveles de oxígeno, deficiencias nutricionales, parasitismo o daños traumáticos. Brown & Núñez, (1998) señalan que se incrementa en acuicultura intensiva y en algunas especies aumenta con ambientes iluminados. En Chile se encuentra en forma frecuente, pero en bajos porcentajes de incidencia.

**5. Nódulos craneales:** Se caracteriza por el desarrollo de un nódulo en la región media del encéfalo junto a los nódulos ópti-

cos. Momment et al. (2015) en salmón del Atlántico determinó una alta correlación con el envejecimiento de los ovocitos. Se encuentra en forma frecuente, pero en bajos porcentajes de incidencia.

## REFERENCIAS:

- Biovac.** 2007. Ficha técnica, Alteraciones y mala absorción del saco vitelino. Puerto Montt, Chile. 6pp.
- Brown CL & JM Núñez.** 1998. Disorders of development. In Fish diseases and disorders, Non-infectious disorders. Leatherland JF & PTK Woo (Eds). CABI Publishing. London. 1-18.
- Bruno D & T Poppe.** 1985. A colour atlas of salmonid diseases. Academic Press. London. 170pp
- Bruno D., et al.** 2013. A colour atlas of salmonid diseases. Springer Netherlands, USA. 211pp.
- Burgos M.** 1999. Malformaciones encontradas en alevines de salmón del Atlántico (*Salmo salar*) provenientes de ovas nacionales e importadas en una piscicultura de la Décima Región, Chile. *Memoria de título.* Universidad Austral de Chile 49pp.
- Fares-Taie L., et al.** 2013. Mutaciones en ALDH1A3 causan anoftalmia y microftalmia recesiva. *Rev. Bioq. Pat. Clin.* 77 (2): 22 -30.
- Hendrix, M. 2015. Increasing embryo survival in farm-reared Atlantics the focus of US Research. *Hatchery International.* May/June: 33-34.
- Huaquín L.** 1978. Un caso de embriones “siameses” en el Pejerrey (*Basilichthys australis*). Eigenmann 1927 (Atherinidae). *Cs. Forest.* 1(2): 61-69.
- Jaramillo R., et al.** 2009. *Salmo salar*: morfología ultraestructural de la pared del corion en ovas normales y con problemas de eclosión. *Arch. Med. Vet.* 41: 67 – 71.
- Jaramillo R., et al.** 2012. Caracterización electroforética de las proteínas del corion normal y del corion duro de *Salmo salar*. *Arch. Med. Vet.* 44: 59-65.
- López, K.** 2015. Estudio mediante encuesta de la percepción del estado actual de las alteraciones de corion y malformaciones embriónicas de salmónidos producidos en Chile. Trabajo de titulación presentado para optar al grado de Licenciado en Cs. de la Acuicultura. Universidad Católica de Temuco-CHILE. 50pp.
- Mommens M, et al.** 2015. Some quantitative indicators of post-vulatory agings and its effect on larval and juvenile development of Atlántic salmon (*Salmo salar*). *Theriogenology* 84, 170-176.
- Nordeide J.** 2007. Is there more in “gamete quality” than quality of the gametes ?. *Aquaculture Research*, 38, 1-16.
- Oyen FG, et al.** 1991. Effects of acid stress on the embryonic development of the common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquatic Toxicology* 19, 1-12.
- Polo, A, Yufera M & E Pascual.** 1991. Effects of temperatura on egg and larval development of *Sparus aurata* L. *Aquaculture* 92, 367-375.
- Roberts, RJ.** 1989. *Fish Pathology.* 2nd edn. Balliére Tindall, London. 467pp
- Sayeg C.** 2007. Descripción de las principales patologías que afectan a los cultivos de salmón de Atlántico (*Salmo salar*), en la etapa de incubación y primera alimentación en el sur de Chile. *Memoria de título.* Universidad Católica de Temuco. Chile 132pp.
- Speare, DJ.** 1998. Non-infectious disorders associated with intensive aquaculture husbandry. In Fish diseases and disorders, Non-infectious disorders. Leatherland JF & PTK Woo (Eds). CABI Publishing. London. 303-333.
- Stockard, CR.** 1921. Developmental rate and structural expression: an experimental study of twins. *J. Anat.* 28: 115-277.
- Valdebenito, I., et al.** 1996. Inducción comercial de triploidía en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). *AGRO SUR* 24(2): 223-228.



# Programas de Postgrado

## Facultad de Ciencias del Mar y Recursos Biológicos



CONTACTOS:

Facultad de Ciencias del Mar y Rec. Biológicos.  
Universidad de Antofagasta - Chile.

**Doctorado en Ciencias Aplicadas M/Smc:**

Director: Dr. Jorge Valdes. Fono: 55263 7202

**Magíster Ecología Sistemas Acuáticos:**

Directora: Dra. M. Teresa Gonzalez Y.

Fono: 55263 7521-55263 7402

**Magíster en Biotecnología:**

Director: Dr. Carlos Riquelme

Fono: 55263 7530

**Asistente Profesional Escuela de Postgrado:**

Srta. Isabel Campos - Fono: 55263 7161

## Doctorado en Ciencias aplicadas Mención Sistemas Marinos Costeros



Este programa fue creado en el año 2005 y partió acreditado con primer ingreso de estudiantes el año 2006. El propósito del programa ha sido generar talento humano avanzado, vinculado a las ciencias del mar, que contribuyan a generar conocimiento y resolver problemas en temáticas aplicadas relacionadas con la zona costera.

En la actualidad el programa cuenta con un cuerpo académico formado por investigadores de la propia Universidad de Antofagasta, así como por científicos de instituciones nacionales e internacionales, todos ellos con altos niveles de productividad científica y experiencia docente de pre y postgrado. Este cuerpo académico desarrolla diversas líneas de investigación en ecología, ciencias ambientales, oceanografía, biología y otras [http://www.uantof.cl/postgrado/escuela\\_postgrado](http://www.uantof.cl/postgrado/escuela_postgrado).

En la actualidad el programa cuenta con estudiantes de Colombia, México, Perú, España y Chile. Su categoría de acreditado, permite el acceso de los estudiantes a becas del Estado de Chile (CONICYT) y de la propia Universidad.

Nuestros graduados se desempeñan en instituciones de educación superior, centros de investigación, servicios públicos, empresas, y un número significativo desarrolla postdoctorados en la Universidad de Antofagasta y en otras Universidad nacionales.

### Objetivo General

Este programa de Doctorado innova en Chile en focalizar, con una visión sistémica, el entrenamiento avanzado de los graduados, para emprender e innovar, planificar y desarrollar investiga-

ciones originales e independientes en las diversas temáticas y/o problemáticas científicas y tecnológicas de los Sistemas Marinos Costeros (SMC), y sus servicios, con el propósito de conducir estrategias que aseguren su desarrollo productivo sustentable.

### Plan de Estudios

El plan de estudios del Doctorado en Ciencias Aplicadas con Mención en SMC es de carácter flexible y comprende un total de 350 créditos divididos en 8 semestres. De éstos 66 corresponden a 5 asignaturas básicas del programa, 100 a asignaturas complementarias, 8 a cursos de profundización de verano y la Tesis de Grado con 176 créditos.

Con 8 semestres de duración, los primeros cuatro de asistencia obligatoria en la Universidad de Antofagasta. Si habiendo completado el plan de cursos y por motivos justificados el doctorando no pueda realizar o completar la Tesis Doctoral, el comité de Doctorado podrá entregarle el grado académico de Magíster en Ciencias Aplicadas Mención Sistemas Marinos Costeros, previa realización de una tesina propuesta por el Comité.

### Perfil de Ingreso

El programa está dirigido a candidatos que posean el grado de Magíster o de Licenciado en diferentes ámbitos de las Ciencias relacionadas con los SMC tales como Biología, Sistemática, Evolución, Ecología, Biogeografía, Pesquerías, Acuicultura, entre otras de universidades, tanto nacionales como extranjeras. Es deseable además contar con experiencia reciente en investigación científica.

# El Magíster en Ecología de Sistemas Acuáticos (MESA)



Surgió como una necesidad inmediata de apoyar la formación continua de carácter académico de profesionales del área. En una perspectiva más amplia, el programa busca cumplir un rol social fundamental en la Segunda Región, en el país y en América Latina, formando talento humano de alto nivel que responda críticamente a la necesidad creciente de afrontar los desafíos que surgen en materia ambiental y manejo sustentable de recursos naturales como consecuencia del gran desarrollo industrial, con el consecuente deterioro en los recursos naturales.

Este programa se ha ofrecido ininterrumpidamente desde el año 2010 y a la fecha se han graduado 10 magísteres, de los cuales 6 están cursando programas de Doctorados en Universidades Nacionales (UDEDEC, UCH, UA) y en Universidades extranjeras (Nueva Zelanda y México), todos ellos beneficiados con Becas CONICYT y/o BECAS CHILE. Dos graduadas se desempeñan como docentes en instituciones de Educación superior y otros dos profesionales recientemente graduados se encuentran trabajando en proyectos de investigación, en miras a postular a Becas de postgrado para proseguir estudios de Doctorado.

Durante los seis años de existencia del programa, alrededor de 20 profesionales han iniciado sus estudios provenientes tanto de la segunda región, pero también han cursado este programa profesionales provenientes de Coquimbo (UCN), Valparaíso (UV), Concepción (UDEDEC), Valdivia (UACH) y profesionales provenientes del extranjero (Perú, Ecuador y Colombia). Los estudiantes han accedido a becas internas de la institución y a becas Conicyt para estudiantes nacionales (tres estudiantes han sido beneficiado con Becas Conicyt en los últimos dos años). El programa M.E.S.A. se sometió a acreditación de la CNA en el año 2013, siendo acreditado en esa ocasión por dos años y fue re-acreditado en el 2015 por cinco años, hasta Septiembre del 2020.

El cuerpo docente del programa está conformado por académicos, cuyas líneas de investigación son diversas y abarcan desde la fisiología, ecología de poblaciones, ecología de comunidades, relaciones parásito-hospedador, microbiología, modelamiento ecosistemas. Más información se encuentre disponible en [www.mesa.cl](http://www.mesa.cl) y [www.iio.cl](http://www.iio.cl).

## Objetivo General

El programa de Magister en Ecología de Sistemas Acuáticos (MESA) tiene la finalidad de formar investigadores en Ecología, otorgándoles las herramientas analíticas mediante las cuales puedan identificar, evaluar y predecir los cambios que mani-

fiestan los sistemas acuáticos como respuesta a perturbaciones naturales o antropogénicas, todo esto incorporando conceptos como dinámica, procesos, complejidad, perturbaciones, interacciones ambiente-organismo y sustentabilidad de los ecosistemas.

## Objetivos Específicos:

- Actualizar y aplicar los cuerpos teóricos que permiten mejorar la capacidad de entendimiento de los procesos y dinámicas que subyacen los patrones desde la escala individual hasta el ecosistema.
- Evaluar y discriminar entre las diferentes herramientas de análisis que permitan mejorar la capacidad científica crítica necesaria para resolver problemáticas asociadas a los sistemas acuáticos.
- Formar investigadores capaces de integrar grupos de investigación multidisciplinarios en el campo de los sistemas acuáticos.

## Dirigido a:

Profesionales que posean al menos, el grado académico de licenciado o un título profesional cuyo nivel y contenidos sean equivalentes a los necesarios para obtener el grado de licenciado o uno equivalente en caso de extranjeros, con formación en el área biológica con énfasis en Ciencias Acuáticas y/o Ciencias Ambientales compatibles con las exigencias del Programa.

## Perfil del Graduado:

- Analizar, evaluar y comprender los procesos ecológicos involucrados en la abundancia y distribución de especies, como también en la dinámica y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos.
- Discriminar y aplicar herramientas analíticas cuantitativas y semi-cuantitativas (cualitativas) para la predicción de cambios a nivel poblacional, comunitario y eco-sistémico como consecuencia de perturbaciones naturales e intervenciones humanas.
- Integrar y aplicar cuerpos teóricos de la Ecología para responder preguntas en el ámbito de los sistemas acuáticos.
- Formular propuestas de investigación en el campo de las ciencias Ecológicas y comunicar sus resultados mediante publicaciones.
- Integrar grupos de investigación multidisciplinarios en el campo de los sistemas acuáticos.

## Programa de Magíster en Biotecnología



Definido como Magíster académico tiene como finalidad formar profesionales especializados en Ciencia y Tecnología, con la capacidad de crear productos y servicios biotecnológicos fomentando de esta manera el emprendimiento, proporcionando las herramientas académicas y prácticas necesarias para desempeñarse tanto en la Academia como en la industria. De esta manera se capacita al estudiante para el entendimiento profundo de los procesos biológicos y biotecnológicos como también en la elaboración e implementación del método científico traducido en la presentación y defensa de tesis como requisito final para la titulación. Además se han optimizado nuevas aplicaciones en la bio-lixiviación de minerales. La biotecnología se ha convertido en un área aplicada de la ciencia con un enfoque multidisciplinario que abarca la tecnología del ADN recombinante, biología celular, microbiología, bioquímica, así como el diseño de procesos, ingeniería modelado y control.

En la Universidad de Antofagasta se desarrollan las áreas de Biotecnología marina, ambiental, de alimentos, bio-minería y una fuerte vinculación con Bio-Negocios y emprendimiento. Se cuenta con infraestructura y docentes propios de la UA, que participen activamente en la carrera de Licenciatura en Biotecnología, más docentes invitados desde otras Universidades y Centros de gran experiencia en el área (U. de Chile, USACH, UCV, CSIRE-Australia, Universidad de Sonora, CIBNOR, México; entre otros).

El 2013 se dicta la primera versión de Programa de Magister en Biotecnología en la Universidad de Antofagasta. Este programa representa la oportunidad de continuar estudios en un área de desarrollo estratégico para nuestro país, con el fin de desarrollar productos y servicios con alto valor agregado e incorporar la cultura basada en el conocimiento.

### Objetivo General

Formar profesionales especializados e investigadores de alto nivel en Ciencia y Tecnología, capaces de: Proponer, dirigir, realizar investigaciones en forma autónoma, crear productos y servicios biotecnológicos fomentando el emprendimiento. Con ello se espera contribuir al desarrollo científico-tecnológico del país y de la región, de esta manera la generación de conocimientos será objetivada por publicaciones en revistas de corriente principal y/o patentes.

### Objetivos Específicos:

- Actualizar y aplicar los cuerpos teóricos que permiten mejorar la capacidad de entendimiento del enfoque multidisciplinario de la Biotecnología que abarca la tecnología del ADN recombinante, biología celular, microbiología, bioquímica, así como el diseño de procesos, ingeniería, modelado y control.
- Generar la capacidad y espíritu crítico de proponer, dirigir y realizar investigaciones originales en forma autónoma, cuyos resultados constituyan un aporte al conocimiento científico, en el campo de la Biotecnología. De este modo se espera contribuir al desarrollo científico del país y de la Región mediante la formación de investigadores y docentes.

### Dirigido a:

Profesionales que posean al menos, el grado académico de licenciado en biotecnología o un título equivalente, especialmente aquellos egresados de: Biotecnología, Bioquímica, Tecnología Médica y otros profesionales que deseen potenciar su formación.

### Perfil del Graduado:

El otorgamiento del grado académico de Magíster en Biotecnología requiere demostrar la capacidad de realizar investigación en forma independiente, haciendo un aporte original al conocimiento objetivado en publicaciones en revistas de corriente principal o patentes de invención.

El graduado del Programa de Magíster en Biotecnología está especializado tanto en ciencia básica como aplicada y en el vínculo academia-negocios. El desarrollo de una Tesis de investigación de frontera en procesos Biotecnológicos y sus conocimientos en fundamentos teóricos (Transcripción, Traducción, rutas metabólicas .etc) como en tecnologías del ADN (Clonación, ligación, expresión diferencial. etc.) y aplicación de métodos en la obtención de productos de alto interés comercial:

- Generar y aplicar el conocimiento científico tecnológico en su área en forma original e innovadora.
- Identificar, plantear y resolver problemas dentro del área de la Biotecnología, cuya solución requiera de la generación de nuevo conocimiento mediante investigación científica aplicada.
- Innovar y/o adaptar soluciones en el ámbito tecnológico de la Biotecnología que potencien la industria minera y comercial del país.
- Desempeñarse con un juicio crítico y capacidad analítica para abordar con solvencia y en forma sustentable, los problemas tecnológicos en el área.
- Formular y dirigir proyectos de investigación y desarrollo en consultoras, organismos y empresas del área con altos niveles de excelencia.
- Realizar docencia universitaria de buen nivel y promover el desarrollo de la disciplina, tanto en sus aspectos básicos como en sus aplicaciones.



# VI Congreso Nacional de Acuicultura

## Investigación para la Diversificación y la Sustentabilidad

17 al 20 de enero 2017  
Viña del Mar

**Lugar:**

Universidad Andrés Bello  
Sede Viña del Mar  
Calle Quillota 980

**Informaciones e inscripciones:**

contacto@vicna2017.cl  
www.vicna2017.cl



**Organizan:**

Facultad de Ecología y Recursos Naturales  
Facultad de Ciencias Biológicas  
Sociedad Chilena de Acuicultura



# “Investigación para la Diversificación y la Sustentabilidad”: VI Congreso Nacional de Acuicultura VICNA2017

El evento, organizado por la Universidad Andrés Bello y la Sociedad Chilena de Acuicultura se realizará en enero de 2017 en la ciudad de Viña del Mar



En la ciudad de Viña del Mar, Chile se desarrollará entre el 17 y 20 de enero de 2017, la sexta versión del Congreso Nacional de Acuicultura. Una de las citas científica-tecnológica más importante del país y que lleva por título “Investigación para la Diversificación y la Sustentabilidad”.

En esta oportunidad, el evento se desarrollará en la sede Viña del Mar de la Universidad Andrés Bello y se espera la participación de 120 expositores y más de 200 asistentes provenientes de diferentes regiones del país así como de países latinoamericanos y europeos.

En esta ocasión, la Sociedad Chilena de Acuicultura ha asignado la organización de este importante evento a la Universidad Andrés Bello debido a sus aportes relevantes al desarrollo de las actividades de docencia e investigación en el área. Al respecto el director de la Carrera de Acuicultura de la Facultad de Ecología y Recursos Naturales de la UNAB, Dr. Juan Manuel Estrada, miembro del Comité organizador se mostró muy contento por haber accedido a ser sede de este importante evento. “Para nosotros es un honor recibir y organizar el Congreso Nacional de Acuicultura en nuestra sede. Viña del Mar es una ciudad preciosa y preparada para el turismo y nuestra sede cuenta además con una excelente infraestructura para recibir a los participantes”.

La cita, que reúne a académicos, investigadores y estudiantes de universidades, centros e institutos de investigación de Chile y Latinoamérica; así como a expertos y

profesionales de la industria nacional y latinoamericana se ha transformado en un evento de gran tradición en nuestro país. Así lo reconoce el doctor Estrada.

“Este congreso constituye una valiosa tribuna para incentivar el desarrollo del conocimiento científico, la formación de nuevos investigadores y la difusión de los últimos avances de la industria acuícola nacional e internacional”, agrega.

Pese a que el Congreso Nacional de Acuicultura celebra el próximo año 2017 10 años desde su creación, siempre ha sido un evento caracterizado por lo exitoso de su organización, habiendo sido desarrollado en diferentes ciudades del país y por diversas instituciones universitarias.

## EDICIONES PASADAS DEL CONGRESO

I Congreso Nacional de Acuicultura (Universidad Católica del Norte, septiembre 2007)

II Congreso Nacional de Acuicultura (Universidad Católica de Temuco, enero 2009)

III Congreso Nacional de Acuicultura (Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, noviembre 2010)

IV Congreso Nacional de Acuicultura (Universidad Austral de Chile, enero 2013)

V Congreso Nacional de Acuicultura: “Diversificación y biointegración de una acuicultura sostenible” (Universidad Católica del Norte, diciembre 2014)

Uno de los principales objetivos del desarrollo de este tipo de iniciativas es el intercambio de conocimiento con relevancia en favorecer la colaboración entre grupos de investigación y que permiten lograr una mayor sustentabilidad y diversificación del sector. En esta sexta versión se pondrá énfasis en la investigación como elemento clave para lograr la diversificación y una mayor sustentabilidad del sector, razón por la cual el temario del Congreso aborda diversas temáticas.

El Comité Organizador local ha estado trabajando arduamente no sólo en la difusión del evento sino también en lograr convocar a connotados investigadores nacionales e internacionales. Al respecto el presidente de este comité, Dr. Rubén Avendaño-Herrera, académico e investigador de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNAB y del Centro FONDAP INCAR afirma: “A la fecha tenemos confirmados la participación de importantes referentes internacionales como por ejemplo el Dr. Juan Pablo Lazo del CICESE de México, quien es el actual Presidente de la World Aquaculture Society (WAS), principal organización internacional dedicada al desarrollo sustentable de la actividad a nivel global”.

Otro de los expositores magistrales del Congreso es el Dr. Daniel Benetti; profesor y director de Acuicultura de la Escuela de Ciencias Marinas y Atmosféricas de la Universidad de Miami, RSMAS y quien tiene más de tres décadas de experiencia acuícola alrededor del mundo. Además de sus responsabilidades académicas y de investigación; dirige proyectos científicos y de I+D sobre desarrollo tecnológico, optimización

de la producción y aspectos ambientales relacionados a la acuicultura. Es especialista en hatcheries avanzadas, tecnologías de engorda en tierra y aguas abiertas de peces marinos como atún, Seriola, mahimahi, pargos, meros, lenguados y otros.

Ha publicado sobre 120 artículos en tecnología acuícola y producción y tiene una extensa experiencia con la industria y ha sido consultor para el sector privado y gubernamental en Latinoamérica, Estados Unidos, Asia, Caribe, África, Australia y Medio Oriente. Colabora con investigadores e instituciones acuícolas alrededor del mundo y es reconocido internacionalmente por sus contribuciones a la Acuicultura moderna. Ha estado involucrado en las operaciones de maricultura más relevantes que se desarrollan en la actualidad en América. Su trabajo está centrado en enfoques innovadores para asegurar la producción de seafood a través de la maricultura; y está basada en que la ciencia, sea saludable, ambientalmente sostenible y económicamente viable.

Dentro de los expositores nacionales se contará con la participación del actual presidente de la Sociedad Chilena de Acuicultura, Mg. Sc. Sr. Antonio Vélez; destacado investigador con una vasta experiencia de 35 años en el desarrollo de tecnologías para el cultivo de nuevas especies de moluscos y peces marinos, como peces planos, dorado y corvina. Quién desde 2004 al 2014, se desempeñó como director del área de Acuicultura de Fundación Chile y del Centro de Desarrollo y Transferencia Tecnológica para la acuicultura regional (CDTT).

El profesional e investigador ha desarrollado proyectos orientados a estimular la diversificación de la acuicultura chilena con especies nativas, orientadas a su explotación comercial en la macro zona norte. Se destacan los proyectos de manejo de ploidía en ostión del Norte y ostra del Pacífico, para la producción de ejemplares triploides; desarrollo de la tecnología para la producción de juveniles de dorado, corvina, y lenguado, logrando en todas ellas la consolidación de una tecnología para producción controlada de juveniles de calidad certificada. En la actualidad, a través de su empresa AVM Consultores Acuícolas EIRL, se desempeña como Consultor en Maricultura, con especialización en la producción controlada de



## TEMARIO DEL CONGRESO

- 1) Acuicultura para el repoblamiento y recuperación de stocks en áreas de manejo.
- 2) Desafíos de productividad y sustentabilidad de la acuicultura para el 2020.
- 3) Desafíos del escalamiento de tecnologías para la producción de peces marinos.
- 4) Cultivo de especies dulce acuícolas y acuaponía.
- 5) Herramientas biotecnológicas y su aplicación a la acuicultura experimental, piloto e industrial.
- 6) Salmonicultura sustentable.
- 7) Cultivo de micro y macroalgas: desafíos del escalamiento productivo.
- 8) Cultivo de moluscos gastrópodos: estado de la industria y especies potenciales.
- 9) Ingeniería de sistemas acuícolas: de sistemas off shore a recirculación intensiva.
- 10) Educación y formación para la industria acuícola: Estado actual y perspectivas.
- 11) Reproducción de especies acuícolas: últimos avances.
- 12) Bioseguridad, prevención, diagnóstico y control de enfermedades.
- 13) Cultivo de mitílidos: desafíos de una industria global.
- 14) Regulación de la actividad acuícola.
- 15) Genética y genómica de especies acuícolas.
- 16) Perspectivas del desarrollo acuícola sustentable en Sudamérica.



semillas y juveniles de moluscos y peces marinos de importancia comercial, asesorando a empresas privadas e instituciones de I+D+I del país y del extranjero.

Finalmente, la mirada de la salmonicultura nacional será representada por el Dr. Alfredo Tello G., quien es el actual Gerente General de INTESAL y quien durante su trayectoria laboral, ha sido consultor en gestión ambiental y en recursos naturales para empresas e instituciones de educación superior del país. Se ha especializado en estadística y evaluación de riesgos e impactos ambientales de la acuicultura.

“La participación de los diferentes grupos de investigación nacionales es muy relevante para lograr la diversificación acuícola considerando diferentes áreas geográficas, escalas productivas, tecnologías de cultivo y propósitos y al mismo tiempo contribuirá significativamente a la sustentabilidad y resiliencia del sector en un escenario de cambio climático y desafíos ambientales.

Reiteramos nuestra invitación a participar activamente en el VI Congreso Nacional de Acuicultura y compatibilizar esta experiencia con las bellezas de Viña del Mar y sus entornos. Los esperamos en el 17 de enero del 2017 en el VI Congreso Nacional de Acuicultura: Investigación para la Diversificación y la Sustentabilidad”, concluye el Dr. Avendaño.

El Comité Científico del Congreso; está integrado por destacados investigadores, líderes en sus respectivas áreas del conocimiento y con vasta experiencia en diversas áreas de investigación y desarrollo con fines acuícolas de diferentes Universidades nacionales, el Dr. Cristian Bulboa Contador (Presidente, Universidad Andrés Bello), Dr. Héctor Flores Gatica (Universidad Católica del Norte), Dr. Federico Winkler Manns (Universidad Católica del Norte) y por el Dr. Carlos Molinet Flores (Universidad Austral de Chile).

Más información sobre las inscripciones, presentación de resúmenes e instrucciones para la confección y el envío de resúmenes estarán disponibles en la página web oficial del Congreso [www.vicna2017.cl](http://www.vicna2017.cl). Para consultas o sugerencias dirigirse a: [contacto@vicna2017.cl](mailto:contacto@vicna2017.cl). También en [twitter.com/VICNA2017](https://twitter.com/VICNA2017)



# Postgrado & ESPECIALIDADES 2016

Tradición y Liderazgo en la Formación de Capital Humano Avanzado

9 Doctorados

31 Magíster

32 Especialidades



vrp.ufro.cl



vrpufro



@vrpufro

postgrado.ufro.cl

# Primera introducción, cultivo y reproducción de cobia (*Rachycentron canadum* Linnaeus 1838)

## Utilizando recirculación de agua de mar temperada de descarga de una planta termoeléctrica en el norte de Chile



Cobia del Desierto  
de Atacama  
Piscicultura

Nieto Díaz-Muñoz, D.; Leiva, J.C.; Torres, O.; Díaz, N.; Palacios, H.  
danielnieto@cobiadesiertootacama.com



Ejemplares adultos de cobia.

### Resumen

Un proyecto único de innovación en acuicultura que incluye los efluentes de aguas temperadas de una central termoeléctrica, la especie pelágica cobia (*Rachycentron canadum* L.) y un sistema de recirculación (RAS) se creó en Mejillones (23° S, 70° W), en Atacama, el desierto más seco del mundo. Aquí se construyó una piscicultura con 9 RAS independientes, cada una con cuatro tanques de 8 m<sup>3</sup>, lo que permite establecer las mejores condiciones de cultivo en cuanto a temperaturas y salinidades de cobia en el norte de Chile. Los resultados de crecimiento de las larvas de cobia dieron lugar a un buen desarrollo y supervivencia y la obtención de individuos con un peso promedio de 4 Kg. ± 400 g en un periodo de 8 meses a una temperatura de 28 ° C y una salinidad de 32 ppm. Después de la primera fase inicial de 3 años, el sistema de cultivo experimental es capaz de producir constantemente un volumen de 12 toneladas de peces en ciclos de 8 meses. Durante este período también se obtuvo desove espontáneo y la reproducción de los peces, lo que demuestra la factibilidad biológica y económica de la explotación. También se discuten las futuras directrices para una fase comercial, como la gestión de acuicultura sostenible y multitrofica, bienestar de los animales, no uso de antibióticos, cero descargas y un reciclado total de residuos.

### Introducción

La cobia es un pez pelágico que se encuentra en todo el mundo en aguas costeras y continentales templadas, con la excepción del Pacífico oriental y central, y es la única especie de la familia Rachycentridae (Briggs, 1960; Shaffer y Nakamura, 1987). En cuanto a sus nombres comunes, en los EE.UU. se conoce como cobia, ling, pez sargento, salmón negro, pez limón, bonito, bacalao y otros. Es posible que la cantidad de nombres en diferentes regiones haya retrasado su crecimiento más rápido en los mercados de acuicultura. Por ejemplo, Argentina: bonito negro; Australia: cara negra; Brasil: bijupirá, ceixupirá; Chile cobia; China: cobia; Colombia: bacalao; Cuba: bacalao, medregal, buesa; Francia: mafou; India: cara negra; Japón: sugi; Rusia: kobievye, serzhant-ryby, etc. (Shaffer y Nakamura, 1987). La cobia no es abundante; no se reúne en cardúmenes y por tanto casi no se pesca comercialmente. Considerada un plato gourmet, la cobia es una preciada captura y un trofeo para los pescadores comerciales y deportivos, principalmente en el mar Caribe. Sus tres características principales: una tasa de crecimiento muy rápida, una excelente calidad de carne y una disponibilidad limitada en el medio silvestre, han estimulado su producción en la acuicultura, especialmente en el mar Caribe, EE.UU. y Asia (Daniel D Benetti et al, 2007; Daniel. D. Benetti et al, 2008; Holt, Faulk, &

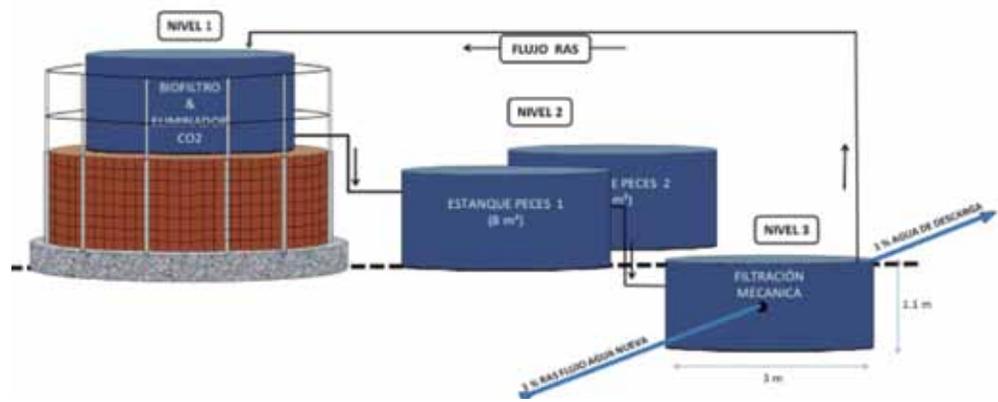


Figura 1. Mapa de Chile. La flecha muestra la localización del cultivo de cobia en Mejillones (23°S, 70°W).

Figura 2. Esquema del diseño de la distribución de los 4 estanques de 8 m<sup>3</sup> de cada uno de los 9 RAS lo que permite experimentar con una mínima demanda de electricidad para bombeo.

Schwarz, 2007). La producción mundial actualmente no supera las 45.000 toneladas (FAO, 2015).

La temperatura del agua parece ser el factor principal para determinar el rango de distribución de la cobia. Los especímenes atrapados con fines de investigación fueron principalmente entre los 16° a 32° C, pero parecen preferir temperaturas sobre 20° C. En cuanto a su presencia en la columna de agua, se han encontrado a una profundidad de 1.200 metros y hasta la superficie del mar, siendo principalmente un pez de superficie y pelágico. Respecto de la salinidad, la especie tolera 22-44 partes por mil y en condiciones de cultivo se ha expuesto hasta 5 ppt sin ningún problema evidente (Kaiser y Holt, 2005).

Como parte de la diversificación de la acuicultura, el autor propuso un proyecto innovador a la empresa termoeléctrica E-CL, ya que su proceso de generación eléctrica usa agua para enfriar las calderas, la que vuelve al mar temperada siendo adecuada para la acuicultura. El objetivo era terminar esta primera etapa con la producción de larvas y juveniles de cobia.

## Desarrollo Experimental

**Diseño de la piscicultura:** Cada uno de los 9 RAS consta de cuatro estanques 8 m<sup>3</sup>: uno montado alto como biofiltro y eliminador de CO<sub>2</sub>, dos en el nivel del suelo para mantener los peces y uno subterráneo para su uso como filtro mecánico (Fig. 2). El agua se intercambia dos veces por hora con 99% de recirculación. La idea principal del diseño y la distribución de los sistemas RAS era tener una matriz de 3 x 3 que permite combinar tres temperaturas y tres salinidades diferentes (Fig. 3). Durante la primera etapa para poner a prueba el rendimiento de la cobia bajo diferentes ambientes E-CL proporcionó tres fuentes de agua: agua desalada, agua de mar fría normal y agua de mar caliente.

**Obtención de huevos de cobia:** El proyecto se inició con los huevos importados desde la Univ. de Miami, enviados por avión a Mejillones en 4 lotes: 17 de Octubre y 24 de Diciembre, 2012; 26 de Junio de 2013 y 20 de Marzo de 2014.

**Fuente de agua y luz:** Los experimentos iniciales se hicieron combinando agua de mar a diferentes temperaturas y salinidades; pasado esta primera fase se continuó con un protocolo de crecimiento para fines industriales. Esta agua fue filtrada mediante carbón activado, zeolitas y arena a 30 micras, y esterilizada por UV. El flujo de recirculación en los estanques de cultivo se ajustó a 1,2/hr en los estanques de larvas hasta el destete, y luego a 2/hr para el cultivo. La concentración de oxígeno fue de 7 mg / lt para todos los estanques, medido en el agua de salida. La luz natural se proporcionó con un 50% de techo transparente de 1.200 m<sup>2</sup>.

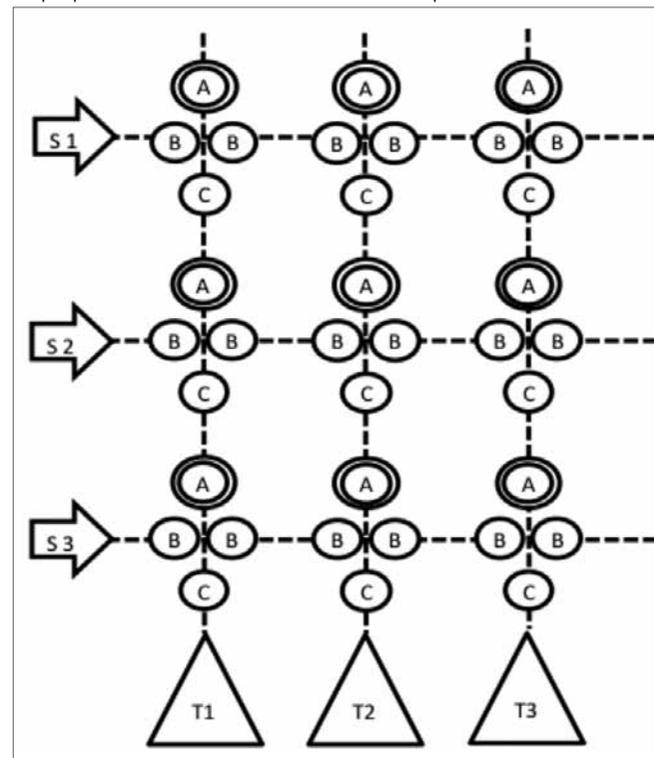


Figura 3. Lay out de los 9 RAS y la matriz de 3x3 para experimentar con 3 salinidades (0, 22, 32 ppm) y 3 temperaturas (18, 23, 28° C). Cada círculo representa un estanque de 8 m<sup>3</sup>. (A): Biofiltro y eliminador de CO<sub>2</sub>; (B): Estanques de peces; (C): Filtro Mecánico). El agua recircula de C a A 1.8 veces/hora y el 1% de este caudal es reemplazado todo el tiempo con agua nueva.

## Días post eclosión (DPH)

Dieta	De	A	1-2-...-9-...-13-...-17-...-23-24-25-26-...-28-29-30-...-32-...-35-36-37-...-42-...-45
Rotíferos	2	13	*****
Artemia	9	24	*****
Otohime-B2	17	25	*****
Otohime-C1	23	32	*****
Otohime-C2	30	36	*****
Ewos St00	24	29	*****
Ewos St0	28	37	*****
Ewos St1	35	45	*****
Crecim.	42	on	*****

Tabla 1: Estrategia de alimentación de la cobia en la piscicultura de Mejillones.

**Alimentación:** Desde el día 2 post eclosión (DPH) se añadieron rotíferos (*Brachionus plicatilis*) enriquecidos a los estanques de las larvas hasta el día 13 DPH. Los estanques fueron alimentados a intervalos regulares de 2 horas 6 veces al día a un ritmo cada vez mayor de 2 rotíferos/ml hasta 5/ml al final (día 13 DPH). Los rotíferos se cultivaron a 26° C y con una salinidad de 20 ppm y fueron enriquecidos con Nanocloropsis, levadura, Protein Plus® y Algamac-3050® (Aqua fauna Biomarine Inc, USA) (Tabla 1).

Desde el día 9 DPH se añadió *Artemia salina* (Aqua fauna Biomarine Inc, USA.) hasta el día 25 DPH. Los estanques fueron alimentados a intervalos regulares de 2 horas 5 veces al día a un ritmo de 0,15 artemia/ml al inicio hasta 0,70/ml al final (día 24 DPH). Las artemias se cultivaron a 26° C, salinidad de 30 ppt. y se enriquecieron con microalgas, Algamac-3050®, ácido araquidónico, y astaxantina (Tabla 1).

Al día 17 DPH las larvas comenzaron a recibir dieta artificial Otohime (Otohime, Marubeni Nisshim Co, Ltd.) y el día 24 DPH comenzó la dieta de iniciación de Ewos Chile. La estrategia de alimentación se muestra en la Tabla 1.

## Pruebas experimentales y resultados

**Temperatura y salinidad de cultivo:** Para establecer el mejor ambiente para los peces, las larvas se aclimataron en estanques de recirculación a una temperatura estable de 27° C con una tasa de renovación de agua de 1,2/hr, alimentadas de acuerdo a los protocolos internos. Las larvas de 0.02 g se transfirieron a los estanques experimentales a una densidad de 12 larvas/l. Durante los primeros 53 días 100 individuos de cada estanque se muestrearon aleatoriamente para registrar su peso (g) con balanza digital (Grantech 0,01-500 g).

Los experimentos se hicieron entre el 26 de Enero y el 20 de Marzo de 2013. Las larvas de 5 g se cultivaron en estanques que permiten combinar 3 temperaturas: 18°, 23° y 28° C con 3 salinidades: 0, 22 y 32 ppm. El peso máximo alcanzado después de 53 días de cultivo se obtuvo en los tanques experimentales a 28° C y 32 ppm salinidad, alcanzando los alevines un peso promedio de 225 g (2 -vías ANOVA,  $p < 0,001$ ). Los estanques a 0 ppm salinidad mostraron 100% de mortalidad a los 4 días

(Fig. 4). Dados los resultados obtenidos, todos los demás lotes se cultivaron a una temperatura constante de 27° C +/- 1° y una salinidad de 30 +/- 2 ppm.

## Crecimiento con fines industriales:

Para determinar el crecimiento de los individuos mantenidos a 27° C y 30 ‰ de salinidad, se cultivaron grupos combinando densidades (promedio 30 K/m<sup>3</sup>) y diferentes regímenes de alimentación. Los resultados demostraron que en 8 meses es posible obtener una media de 4 Kg. ± 500 gr, y un FC de 1,26 ± 0,6.

Esta experiencia se llevó a cabo para poner a prueba el crecimiento a pesar de tener estanques “pequeños” de 8 m<sup>3</sup> que no son los mejores para el cultivo. Para minimizar el impacto de este factor la densidad fue de 30 kg/m<sup>3</sup>, que no es la densidad de carga comercial para un RAS. Ante esto, el peso promedio de los peces en 8 meses fue de 4 Kg. (Fig. 5).

**Reproducción, desove e incubación:** A partir de octubre de 2014, hembras y machos de 2 años de edad produjeron sus primeras crías. Desde entonces, mediante el control de la temperatura del agua, la piscicultura ha producido constantemente sus propios huevos, en número de 200.000 a 1.600.000 por hembra en cada desove, lo que puede ocurrir cada 10 a 20 días durante 6 a 8 meses y esto durante 7 a 10 años. A estos efectos se instalaron cuatro estanques de 60 m<sup>3</sup>, cada uno con 4 hembras y 3 machos, todos con marca electrónica. Estos peces fueron alimentados con dietas de reproductores EWOS.

La reproducción siempre fue espontánea y natural en función de un protocolo de manejo de la temperatura, la que debe ser superior a 28° C. La eclosión se produjo a las 24±1 horas de in

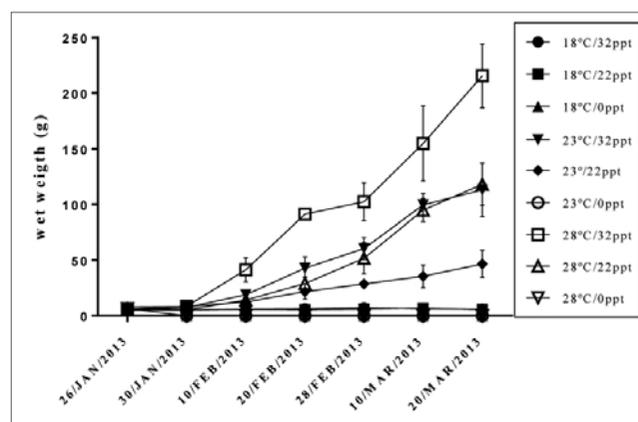


Figura 4. Curvas de crecimiento de cobias expuestas a diferentes temperaturas (18-23-28° C) y salinidades (0-22-32 ppt). Cada punto representa el promedio de 10 individuos por estanque durante 7 eventos de muestreo, desde Enero 26 a Marzo 20 de 2013.



Huevos embrionados producidos en la piscicultura en Mejillones.

cubación a una temperatura de 26° C y luz natural. El porcentaje de eclosión varió de 84,3% a 94,8% (Tabla 2). Las larvas eclosionadas miden 1,9 a 2,3 mm, con muy pequeño saco vitelino (Fig. 6) y nadaban activamente sobre todo cuando se añadieron los rotíferos al agua.

**Análisis estadístico:** Se registraron todos los datos como media  $\pm$  desviación estándar, y se analizaron mediante de análisis de varianza (ANOVA) de una y de dos vías, cuando correspondía, a un nivel de significación de 0,05%, tras la confirmación de normalidad y homogeneidad de varianza. Se desarrolló prueba post hoc Bonferroni y Sidak. Todos los datos de los cálculos se realizaron utilizando Prism 6.0 (GraphPad Software, Inc.).

## Discusión

La cobia es una especie de pez marino tropical / subtropical que exhibe tasas de crecimiento extraordinariamente altas y cuyos requisitos ambientales y nutricionales también son altos (D. Daniel Benetti et al, 2008; Chou, Su, y Chen, 2001; Faulk y Holt, 2008; Faulk, Kaiser, y Holt, 2007; Shaffer y Nakamura, 1987), sin embargo en esta primera experiencia los objetivos se cum-

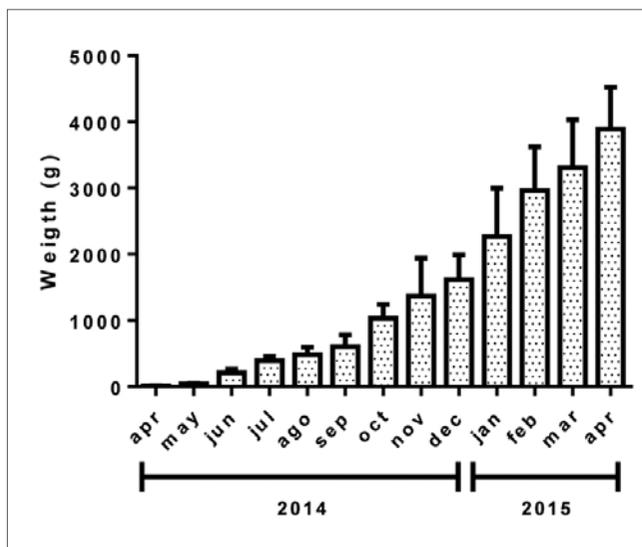


Figura 5. Gráfico de crecimiento desde post larva hasta adulto en el cultivo de cobia. Las barras representan medias  $\pm$  SD para cada muestreo mensual a 28° C  $\pm$  1° y 32 ppm salinidad.



Alimentación manual de peces.

plieron. Se requiere investigación adicional sobre ingredientes, formulación y digestibilidad de la dieta para asegurar que los requerimientos nutricionales se cumplan plenamente en todas las etapas (Chou et al., 2001).

Datos sobre reprod. Local	1°	2°	3°
Fecha desove	04-oct-2014	05-oct-2014	14-nov-2014
N° huevos flotando	230.000	350.000	290.000
N° huevos fondo	28.500	22.000	16.500
N° total huevos	258.500	372.000	306.500
% fertilización	89,0	94,1	94,6
N° larvas eclosionadas	207.000	295.000	275.000
% de eclosión	90,0	84,3	94,8
% larvas anormales	2,5	3,1	2,8
N° larvas al destete	18.000	31.100	30.100
% larvas al destete	8,7	10,5	10,9

Tabla 2. Datos sobre reproducción de cobia en la piscicultura de Mejillones.

Desde sus inicios el proyecto se desarrolló con gran éxito. Huevos de cobia del programa de cría de la Universidad de Miami fueron embalados, transportados y recibidos con éxito en las instalaciones de la planta termo-eléctrica E-CL en Mejillones. La cría de larvas se llevó a cabo utilizando un RAS diseñado y construido por el autor, obteniéndose el número de alevines y juveniles necesarios para abastecer todos los estanques disponibles (144 m<sup>3</sup>). Los 9 RAS independientes fueron sembrados con post larvas de diferentes cepas genéticas de la Univ. de Miami.

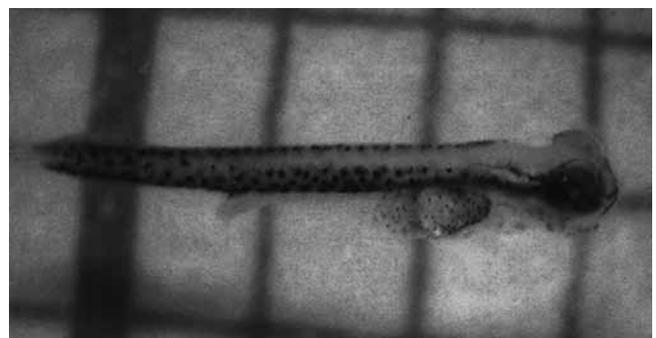


Figura 6. Larva de cobia al día 2 DPH producida en la piscicultura.



Daniel Nieto, muestra de un pez adulto.



Premio Corfo/Seremi de Economía II Región al mejor emprendimiento del año 2015.

## Referencias bibliográficas

Arnold, C. R., Kaiser, J. B., & Holt, G. J. (2002). Spawning of Cobia *Rachycentron canadum* in Captivity. *Journal of the World Aquaculture Society*, 33(2), 205-208. doi: 10.1111/j.1749-7345.2002.tb00496.x

Benetti, D. D., Orhun, M. R., Zink, I., Cavalin, F. G., Sardenberg, B., Palmer, K., O'Hanlon, B. (2007). Aquaculture of cobia (*Rachycentron canadum*) in the Americas and the Caribbean. *Cobia Aquaculture: Research, Development and Commercial Production*, 57-78.

Benetti, D. D., Sardenberg, B., Welch, A., Hoenig, R., Orhun, M. R., & Zink, I. (2008). Intensive larval husbandry and fingerling production of cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 281(1-4), 22-27. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.03.030>

Después de octubre de 2014 se seleccionaron los peces de 2 años fenotípicamente mejores, se les instaló marca electrónica individual y se instalaron en 4 estanques de 60 m<sup>3</sup> a razón de 3 machos y 4 hembras por estanque, con luz natural y 28° C de temperatura. Desde entonces y hasta Mayo de 2016 ha habido una serie de 121 eventos de desove y que son la base para una tesis de Doctorado que busca establecer criterios para elegir los peces reproductores.

Respecto del entorno inmediato, el proyecto cobia minimiza los residuos mediante el reciclaje de los desechos; todo es materia prima para otros procesos. El enfoque actual está en el uso del agua efluente para el riego de Salicornia o espárrago de mar, planta natural de litoral chileno, suculenta y con alto contenido de Omega-3. Además se utiliza un cultivo de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) para reciclar la materia orgánica de los desechos de pescado y para producir humus que fertiliza el suelo del desierto.

La evaluación de esta etapa de Cobia del Desierto de Atacama es muy positiva ya que los resultados logrados hasta ahora han sido incuestionablemente extraordinarios. Los objetivos propuestos para la Fase 1 (Etapa piloto) fueron totalmente cumplidos, estando todos los elementos en su lugar para un escalamiento y tomar la delantera hacia el desarrollo de una industria de acuicultura de peces marinos ecológicamente sostenible, económicamente viable y socialmente responsable en la región con la cobia y otras especies comerciales.

## Agradecimientos

Agradecemos a Lode Verdeyen de E-CL por su visión y financiamiento del proyecto, al Dr. Daniel Benetti y todo su personal en el laboratorio de la Universidad de Miami por sus consejos y por los huevos de alta calidad que nos enviaron. Gracias también a la Subpesca y Sernapesca, gracias a las autoridades locales y a los pescadores de Mejillones que se convirtieron en acuicultores y sin cuya disposición nada habría sido posible, y un agradecimiento especial a mi esposa e hijos por su amor y apoyo.

Briggs, J. C. (1960). Fishes of worldwide (circumtropical) distribution. *Copeia*, 1960(3), 171-180.

Chaves-Pozo, E., Arjona, F. J., García-López, A., García-Alcázar, A., Meseguer, J., & García-Ayala, A. (2008). Sex steroids and metabolic parameter levels in a seasonal breeding fish (*Sparus aurata* L.). *General and Comparative Endocrinology*, 156(3), 531-536. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.yggen.2008.03.004>

Chou, R.-L., Su, M.-S., & Chen, H.-Y. (2001). Optimal dietary protein and lipid levels for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*, 193(1-2), 81-89. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00480-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00480-4).

De Buen, F. (1961). Peces chilenos. Familias Alepocephalidae, Muraenidae, Sciaenidae, Scorpaenidae, Liparidae y Bothidae. *Rev. Biol. Mar., Valparaíso*, 11(1), 1-52.

Faulk, C. K., & Holt, G. J. (2008). Biochemical composition and quality of captive-spawned cobia *Rachycentron canadum* eggs. *Aquaculture*, 279(1), 70-76.

Faulk, C. K., Kaiser, J. B., & Holt, G. J. (2007). Growth and survival of larval and juvenile cobia *Rachycentron canadum* in a recirculating raceway system. *Aquaculture*, 270(1), 149-157.

Gopakumar, G., Nazar, A. A., Tamilmani, G., Sakthivel, M., Kalidas, C., Ramamoorthy, N., Palanichami, S., Ashok Maharshi, V., Srinivasa Rao, K. and Syda Rao, G. (2011). Broodstock development and controlled breeding of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus 1766) from Indian seas. *Indian Journal of Fisheries*, 58(4), 27-32.

Holt, G. J., Faulk, C. K., & Schwarz, M. H. (2007). A review of the larviculture of cobia *Rachycentron canadum*, a warm water marine fish. *Aquaculture*, 268(1), 181-187.

Iizuka, M., & Katz, J. (2012). Globalization and the changing institution for sustainability: The case of the Salmon farming industry in Chile.

Kaiser, J. B., & Holt, G. J. (2005). Species profile. *Cobia. Southern Regional Aquaculture Center and the United States Department of Agriculture*(7202), 6.



Vista interior piscicultura Cobia en Mejillones.

Katz, J. (2006). Salmon farming in Chile. *TECHNOLOGY, ADAPTATION, AND EXPORTS*, 193.

Katz, J., Iizuka, M., & Muñoz, S. (2011a). Creciendo en base.

Katz, J., Iizuka, M., & Muñoz, S. (2011b). Creciendo en base a los recursos naturales, "tragedias de los comunes" y el futuro de la industria salmonera chilena: Naciones Unidas Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

López, D.; López, B.; Arriagada, S.; Mora, O.; Bedecarratz, P.; Pineda, M.; González, M.; Andrade, L.; Uribe J. & Riquelme, V. A. (2012). Diversification of Chilean aquaculture: the case of the giant barnacle *Austromegabalanus psittacus* (Molina, 1782)/Diversificación de la acuicultura chilena: el caso del cirripedio gigante *Austromegabalanus psittacus* (Molina, 1782). *Latin american journal of aquatic research*, 40(3), 596.

Lotz, J. M., Overstreet, R. M., & Franks, J. S. (1996). Gonadal maturation in the cobia, *Rachycentron canadum*, from the northcentral Gulf of Mexico. *Gulf and Caribbean Research*, 9(3), 147-159.

Nguyen, H. Q., Reinertsen, H., Rustad, T., Tran, T. M., & Kjørsvik, E. (2012). Evaluation of egg quality in broodstock cobia *Rachycentron canadum* L. *Aquaculture Research*, 43(3), 371-385.

Nieto, Daniel; Norambuena, Ricardo; González, Exequiel; González, Laura and Brett, Daniel. 2010. Smolt Production Systems in Chile. Analysis of alternatives from the environmental, sanitary and

economic perspectives. Valdivia, Chile: WWF.

Reed, E. C. (1897). *Catálogo de los peces chilenos*. Paper presented at the Anales de la Universidad de Chile.

Rudolph, E., Retamal, F., & Martínez, A. (2010). Cultivo de camarón de río *Samastacus spinifrons*: ¿una nueva alternativa para la diversificación de la acuicultura chilena? *Latin american journal of aquatic research*, 38(2), 254-264.

Sakthivel, M., Abdul Nazar, A. K., Tamilmani, G., Kalidas, C., Ramamoorthy, N., Ashok Maharshi, V., Srinivasa, R. and Gopakumar, G. (2012). Embryonic development of cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) in controlled conditions. *Journal of the Marine Biological Association of India*, 54(2), 29-32.

Shaffer, R. V., & Nakamura, E. L. (1987). Synopsis of biological data on the cobia *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae). *Laguna*, 3, S6.

Stieglitz, J. D., Benetti, D. D., Hoenig, R. H., Sardenberg, B., Welch, A. W., & Miralao, S. (2012). Environmentally conditioned, year-round volitional spawning of cobia (*Rachycentron canadum*) in broodstock maturation systems. *Aquaculture Research*, 43(10), 1557-1566.

Valdebenito, I. I., Sánchez, R. R., Effer, B. R., & Ubilla, A. M. (2012). Morphometric characterization of the first blastomeres of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Zygote*, 20(04), 327-331.



Porción de cobia, Restaurant Amares de Antofagasta.



Siembrado de *Salicornia* regado con el efluente, en torno a la piscicultura.

# Magíster en Medio Ambiente



Visita la página web <http://mma.ucsc.cl/>; email: [mma@ucsc.cl](mailto:mma@ucsc.cl)  
Roxana Torres: F: 412345329; email: [rtrtorres@ucsc.cl](mailto:rtrtorres@ucsc.cl)



## Descripción

El Magíster en Medio Ambiente es un programa multidisciplinario desarrollado por la Facultad de Ciencias y de Ingeniería, que entrega el conocimiento y las herramientas necesarias para:

- Resolver problemas ambientales.
- La identificación temprana de cambios ambientales por contaminación
- Proponer procesos de remediación
- Diseñar programas de vigilancia ambiental.
- Desarrollar evaluación de impactos y gestión ambiental, entre otras áreas del postgrado.

Este postgrado tiene una duración de 4 semestres, el cual considera una certificación intermedia después del primer año aprobado, una vez que el estudiante opte por los módulos de especialidad, obteniendo el Diploma en Gestión Ambiental o el Diploma en Medio Ambiente y Procesos Químicos. El programa considera una parte conceptual disciplinaria y otra interdisciplinaria en el enfoque científico-técnico de los sistemas naturales, interacción del medio natural y económico. Con ello se busca comprender y dimensionar los problemas ambientales para la toma de decisiones, viabilidad de proyectos y el análisis de estudios de evaluación de impacto ambiental.

Salidas a terreno a plantas de tratamiento de agua, muestreos oceanográficos y de ríos, laboratorios de análisis de suelo, agua y medición de calidad de atmósfera.

Las clases son realizadas en la ciudad de Concepción, en salas habilitadas para el programa, los días viernes de 17:00 a 22:00 hrs y sábados de 08:30 a 13:00 hrs., horarios que permiten trabajar y especializarse.

El postgrado lo constituyen académicos con postgrado en especialidades relacionadas con gestión ambiental, calidad de agua, contaminación de suelo y atmósfera, desarrollo del borde costero sustentable, cambio climático, ecohidráulica, remediación y conservación ambiental.

El estudiante debe desarrollar en el último semestre un Proyecto de Habilitación de Grado, en el cual aborda una problemática ambiental que es analizada con una propuesta de solución o gestión, estudio que les permitirá defenderlo y presentarlo como requisito para su obtención de grado. Esta asignatura está diseñada de manera que los postgraduados se titulen al final la asignatura, logrando así en dos años alcanzar el grado de Magíster en Medio Ambiente.

## Becas

El Magíster otorga a los ex alumnos de la Universidad Católica de la Santísima Concepción un 25% de descuento sobre el arancel anual y en el valor de la matrícula. A los funcionarios públicos un 10% de descuento sobre el arancel anual.

El programa de Magíster en Medio Ambiente, otorga una Beca de pasantía en una Universidad Latinoamericana, de manera de incentivar el proceso de vinculación entre la experiencia nacional, con la de investigadores internacionales, en la aplicación de las ciencias para la resolución de problemas medioambientales. En el tercer semestre considerando el tema de Proyecto de Habilitación de Grado a desarrollar. La Beca consiste en cobertura de gastos en pasaje ida y vuelta, y estadía por un máximo de 15 días.





## Requisitos de postulación

Para postular al programa, se debe contar con un título profesional o Licenciatura. Para ello, deben presentar:

- Certificado otorgado por la institución en que cursó sus estudios, que acredite la posesión de un Título Profesional o de un grado de Licenciatura.
- Currículum vitae en extenso.
- Carta de Intención personal fundamentando su postulación dirigida al Jefe de Programa donde plantee una problemática ambiental posible a desarrollar en la habilitación de grado.
- En caso de ser dependiente laboralmente, deberá presentar Carta de Recomendación confidencial de un superior directo.

Los antecedentes son revisados por el Comité de Programa antes de iniciar el proceso de evaluación de los postulantes. Los postulantes sostendrán una entrevista con el Jefe de Programa.

## Requisitos para grados intermedios o salidas intermedias

El programa posee dos opciones de salidas intermedias: Diplomado en Gestión Ambiental y Diplomado en Medio Ambiente y Procesos Químicos, y el requisito para ellas es aprobar los créditos mínimos del primer (18) y segundo semestre (6) equivalente a 24 créditos, y los optativos de profundización que se imparten en el segundo semestre, equivalentes a 10 créditos, totalizando 34 créditos.

En el segundo semestre se ofrecen tres cursos optativos de profundización por cada área de especialización de los cuales sólo podrá optar por dos cursos optativos.

Cabe destacar que los estudiantes ingresan y se matriculan en el programa de Magister en Medio Ambiente y no a los Diplomados, ya que éstos están considerados como salidas intermedias en la eventualidad de que, por razones de fuerza mayor, el estudiante no pueda continuar sus estudios en el segundo año.

## Requisitos de titulación

Una vez aprobados los créditos acumulados (mínimos y optativos) al tercer semestre, el estudiante deberá inscribir el curso de Proyecto de Habilitación de Grado, cuyo objetivo es abordar un problema ambiental que surge del desarrollo de las actividades industriales en el país. Esta actividad curricular permite a los estudiantes aplicar los conocimientos teóricos, herramientas técnicas,

capacidad de síntesis y análisis para proponer soluciones técnicas, y económicamente viables.

Los requisitos de graduación del Magíster en Medio Ambiente son: Aprobar las actividades curriculares de los tres primeros semestres, Aprobar el Informe de Habilitación y el Examen de Grado.

## Plan de estudio

01 Semestre	02 Semestre	03 Semestre	04 Semestre
Introducción a las Cs. Ambientales	Optativo de profundización 1	Optativo de profundización 3	Proyecto de Habilitación de Grado
Fundamentos científicos de las Cs. Ambientales	Contaminación	Conservación y Remediación Ambiental	
Gestión Ambiental	Optativo de profundización 2	Optativo de profundización 4	
Epistemología y Bioética		Ética y Responsabilidad Social	

## Nómina de cursos Optativos

Sem	Nombre	Carácter
2	Planificación Territorial	Opt. Profund (GA)
2	Sistema de Gestión Ambiental	Opt. Profund (GA)
2	Economía y Valoración Ambiental	Opt. Profund (GA)
2	Evaluación de Impacto Ambiental	Opt. Profund (GA)
2	Ecofisiología y Ecotoxicología	Opt. Profund (PQ)
2	Diseño de Muestreo y Análisis de Laboratorio	Opt. Profund (PQ)
2	Sistemas Naturales y Línea Base	Opt. Profund (PQ)
3	Tecnologías Limpias	Opt. Profund
3	Taller de Estadística para el Medio Ambiente	Opt. Profund
3	Energías Renovables no Convencionales	Opt. Profund
3	Evaluación de Impacto Ambiental	Opt. Profund
3	Hidroecología	Opt. Profund
3	Cambio Climático Global	Opt. Profund

Nota. (GA): optativos de profundización para salida intermedia Diploma en Gestión Ambiental; (PQ): optativos de profundización para salida intermedia Diploma en Medio Ambiente y Procesos Químicos.

# Implementación de Paquetes Tecnológicos para el Cultivo de Hortalizas y Peces (Acuaponía)

## GENERANDO UN PRODUCTO DE VALOR A TRAVÉS DE UN SUBPRODUCTO DESECHABLE PARA SER TRANSFERIDO A LOS AGRICULTORES DEL SECANO COSTERO DE LA OCTAVA REGIÓN DEL BIOBÍO



Marcelo Pavez C., Luis Bustos E., Daniel Saavedra Q., René Marabolí R.,  
María Lorena González H., Carlos Arriagada S. y Dagoberto Arcos R.

Centro Regional de Estudios Ambientales, Universidad Católica de la Santísima Concepción (CREA-UCSC).  
mpavez@ucsc.cl

### Introducción.

La acuaponía es una técnica de cultivo en la cual se obtienen peces y plantas en un mismo sistema de producción. La acuaponía es la integración del cultivo de peces (acuicultura) y del cultivo de vegetales en un sistema hidropónico (hidroponía), basados en la reutilización del agua a través de la biorremediación y recirculación de la misma. El principio teórico de estos sistemas es que el cultivo de peces en sistemas semicerrados produce aguas con desechos metabólicos enriquecidos en compuestos nitrogenados, principalmente amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), el cual resulta tóxico para los peces en altas concentraciones. Sin embargo, estos compuestos nitrogenados pueden ser reutilizados como nutrientes para el crecimiento de plantas, las que utilizan principalmente  $\text{NO}_3^-$  para su crecimiento y el cual es el compuesto nitrogenado menos tóxico para los peces (Rakocy et al., 2006). El papel de las bacterias es convertir los desechos de los peces en compuestos utilizables por las plantas y menos tóxicos para los peces. Un esquema se observa en la figura 1.

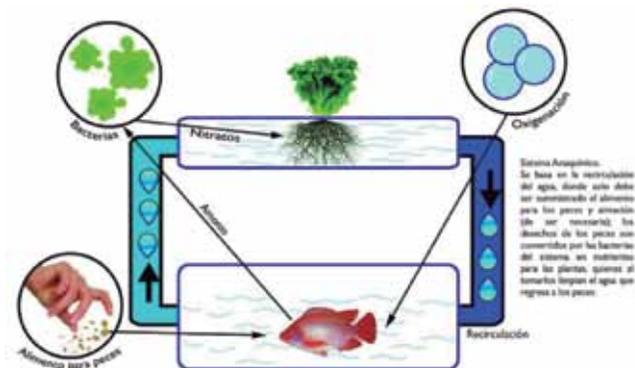


Figura 1. Esquema de un sistema acuapónico (Ex. <http://190.85.246.40/observatorio-medio-ambiente/columnas-medio-ambiente-28.htm>).

Este sistema de cultivo ha sido ampliamente explotado a nivel comercial y casero alrededor del mundo debido a sus ventajas: A) Reduce el consumo del agua en los cultivos a través del sistema de recirculación; B) Genera una mayor sanidad de las hortalizas porque no se pueden utilizar agroquímicos debido a la presencia de peces en el sistema; C) Representa un ahorro en el proceso productivo pues la mayoría de los nutrientes para las hortalizas son producidos por los peces a través de sus productos de excreción.

La acuaponía representa no solo una fuente completa de alimentos de alta calidad, sino también una oportunidad para mejorar las condiciones socioeconómicas de las personas, contribuyendo a la vez con la seguridad alimentaria. A pesar de las ventajas que representa este sistema de producción alimentaria, en Chile dicha tecnología ha sido poco explorada. En el país existe la experiencia de la "Granja Agro-Acuícola Diaguitas" la cual nace en Julio de 2012, en pleno corazón del Valle del Elqui, en el histórico Pueblo de Diaguitas (IV Región). Por medio del proyecto denominado "Cultivo integrado de peces de agua dulce y vegetales con tecnología de recirculación de agua" PYT-2012-0048 cofinanciado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

### Antecedentes del Proyecto

La actual iniciativa lleva por título "Implementación de paquetes tecnológicos para el cultivo de hortalizas y peces (acuaponía): generando un producto de valor a través de un subproducto desechable para ser transferido a los agricultores del secano costero de la octava región del Biobío" (Código 15.70 TC.DTE) y es financiado por el Comité de Desarrollo Productivo Biobío, organismo que integra el accionar de Corfo, Innova Bío Bío y Sercotec en la región, y es ejecutado por la Universidad Católica de la Santísima Concepción (UCSC), a través del Centro Regional

de Estudios Ambientales, (CREA). El proyecto busca transferir y difundir la tecnología de la acuaponía para poder disminuir las brechas que no permiten a los beneficiarios de las comunas del territorio del Valle del Itata dar un salto en su crecimiento y desarrollo. Dentro de las brechas que se identifican se encuentran:

- a) Limitada diversificación en la matriz productiva de las comunas beneficiadas.
- b) Escasa capacidad de auto-sustentabilidad para los pequeños agricultores de la zona del secano costero.
- c) Carencia de conocimientos en técnicas en el manejo integral de peces y plantas.
- d) Reducidas posibilidades de vinculación con tecnología de circulación de agua.
- e) Falta de desarrollo de iniciativas turístico-gastronómico que incorporen producción limpia de desarrollo local.

La propuesta posee el apoyo de la Asociación de Municipalidades del Valle del Itata, y participan directamente las municipalidades de: Coelemu, Quirihue, Trehuaco y Cobquecura, como una alternativa para dar respuesta a las múltiples necesidades del territorio, y de buscar diversificar su matriz productiva ha definido ejes de desarrollo, donde el borde costero si bien tiene importancia por las comunas que presentan actividad pesquera artesanal, no ha podido dar un salto sustantivo, considerándose solo una actividad de subsistencia, teniendo potencialidades para desarrollar actividades que desde el punto de vista cultural pueden ser de gran aporte a la comunidad. En este contexto, se espera potenciar sus rubros agrícolas, el hecho de contar con costa le da la oportunidad de potenciar las actividades actuales en las zonas de Coelemu, Trehuaco y Cobquecura, sobretodo esta última que cuenta con playas muy apetecidas desde el punto de vista turístico. Por lo anterior, el presente proyecto para el territorio abre la oportunidad de desarrollar este sector para las comunas costeras del secano, considerando que los sectores beneficiados son reconocidas caletas que pueden diversificar sus actividades mejorando sus ingresos y calidad de vida, ello porque permitirá desarrollar con tecnología el cultivo de peces y hortalizas a nivel piloto.

### Objetivo General

Establecer un cultivo integrado de peces y plantas (acuaponía) a escala piloto doméstico para diversificar la matriz productiva e incrementar la eficiencia de uso de agua en zona del secano costero de la octava región del Biobío.



Figura 2. Visita tecnológica a la “Granja agroacuícola Diaguita”, en la cuarta región, en abril de 2016, junto a los beneficiarios del proyecto.



Figura 3. Lanzamiento oficial del proyecto en la comuna de Quirihue. De izquierda a derecha: Tomás Iribarra (Concejal Quirihue), Marcelo Pavez (Director del proyecto), Dagoberto Arcos (Director del CREA-UCSC), Richard Iribarra (Alcalde Quirihue), Carolina Piderit (Vicerrectora de vinculación con la sociedad UCSC), Verónica Silva (Directora Extensión Académica y de Servicios UCSC).

### Objetivos Específicos

- Capacitar a los beneficiarios del proyecto en técnicas básicas de cultivo de peces, cultivo hidropónico de hortalizas y nociones básicas de circulación y aprovechamiento del agua, a través de charlas, cursos teórico-práctico y visitas a lugares que exhiben experiencias exitosas en el desarrollo de la acuaponía.
- Reducir los costos de producción de un sistema acuapónico conociendo en detalle sus requerimientos básicos.
- Determinar estrategias de comercialización, distribución y venta de peces y hortalizas para los beneficiarios, promoviendo el escalamiento comercial.
- Vincular los resultados del proyecto con la educación técnica en la zona (transferencia científico-tecnológica en los liceos).

### Desarrollo del proyecto

El proyecto comenzó sus operaciones en enero del presente año y se realizaron una serie de acciones previas a las actividades principales estipuladas en la programación, como reuniones entre el equipo técnico del Centro Regional de Estudios Ambientales de la Universidad Católica de la Santísima Concepción (CREA-UCSC), Alcaldes de las comunas de Quirihue, Trehuaco, Coelemu y Cobquecura, con funcionarios municipales, Jefes de Prodesal, actores relevantes de la industria etc., y se lograron concretar acciones relevantes para el logro de los objetivos impuesto en el proyecto.

Importante fueron las primeras reuniones con Alcaldes y funcionarios municipales de cada comuna realizadas en el mes de enero donde se realizó la difusión del programa, sus objetivos y alcances de estos, que implicó la coordinación con los departamentos principales de los municipios (DAEM, Fomento Productivo, Prodesal). Además se realizaron reuniones con cada uno de los directores de los liceos de las cuatro comunas para coordinar la implementación de los sistemas acuapónicos en los establecimientos educacionales. Adicionalmente se realizaron visitas en terreno junto con profesionales encargados del diseño e implementación de estos sistemas.



**Figura 4.** Taller de transferencia teórico N°1, realizado en las comunas participantes del proyecto, con alrededor de 30 beneficiarios por comuna.

Un hito importante del proyecto fue la visita tecnológica que se realizó en Abril de este año a la “Granja Agroacuícola Diaguitas” en la cuarta región, que contó con la presencia de 10 beneficiarios directos, entre Funcionarios municipales, Prodesales y profesores de los establecimientos educacionales de cada comuna. Esta actividad resultó bastante exitosa ya que no solamente se logró captar el interés en el arte de la acuaponía, sino que también se pudo realizar la transferencia en técnicas acuapónicas hacia los beneficiarios directos a través del curso dictado en la zona, el trabajo en terreno y la entrega de material concreto. Por otro lado también se potenció la vinculación entre la universidad y los beneficiarios. (Fig. 2)

Como actividad de difusión, se realizó el lanzamiento oficial del Proyecto en la comuna de Quirihue, contando con la presencia de autoridades municipales, universitarias y beneficiarios del proyecto. (Fig. 3).

Se establecieron coordinaciones entre el equipo técnico y municipios con el fin de obtener el Registro Nacional de Acuicultura (RNA) en calidad de “Centro Experimental de Acuicultura”. El día 10 de agosto del presente año se nos notificó que las comunas beneficiarias del proyecto ya fueron codificadas dentro del RNA. Esto permitirá cumplir con la normativa vigente para adquisición, traslado y mantención de los peces. Se debe mencionar también que se realizó la solicitud formal a través de Carta emitida en oficina de Partes de cada municipio, sobre el uso del espacio físico para la implementación en los establecimientos designados y se establecerá un convenio entre las municipalidades beneficiadas y la UCSC para el buen uso y tránsito libre del personal técnico y beneficiarios en los liceos donde se ubiquen los sistemas acuapónicos.

Actualmente el proyecto se encuentra en el desarrollo de la etapa de transferencia a través de capacitaciones teóricas sobre temáticas de inducción respecto a la acuaponía, para los beneficiarios de las comunas en donde se implementa el programa. Estos beneficiarios alcanzan al menos a 100 personas en total (25 por comuna), correspondientes al área del agro, pescadores artesanales y estudiantes de nivel secundario de cada una de las comunas. Ya se han realizado 3 talleres donde se han abarcado aspectos

teóricos de base como el cambio climático, los ciclos biogeoquímicos y aspectos generales de acuicultura e hidroponía, dictado por el staff técnico del CREA-UCSC (Fig. 4), además de un taller práctico realizado en dependencias de la piscicultura “Salmones Pangué”, donde los beneficiarios de cada comuna pudieron observar el proceso completo desde los estadios tempranos de las truchas hasta la obtención de adultos para consumo (Fig. 5).

En cuanto a los sistemas acuapónicos, estos están en etapa de instalación en cada una de las comunas. Están compuestos por un invernadero donde se ubica una bandeja de PVC, la cual tiene una capacidad de sostener alrededor de 80 – 100 unidades de hortalizas, en un sistema de cultivo en ausencia de tierra (hidroponía). Este invernadero se conecta con un estanque que tiene una capacidad de 2000 L de agua, donde se ubicarán las truchas, en un número aproximado de 80 animales. Entre estos dos sistemas se ubicará un filtro que generará una asociación de bacterias que permitirá transformar el amonio del desecho de los peces en nitrato para fertilizar las hortalizas. El agua que se utilizará corresponde a agua potable, la cual tendrá un primer filtro para eliminar el cloro presente y así disminuir el riesgo para los peces en el estanque. Los peces serán alimentados según su peso y la ración diaria será calculada según tablas de alimentación estándar. Los beneficiarios serán capacitados para poder realizar tareas cotidianas tales como alimentación de truchas, control de parámetros sensibles, chequeo del funcionamiento de los sistemas y control de las hortalizas en cultivo. En las comunas de Quirihue y Coelemu ya han sido implementados los dos primeros sistemas, los cuales están en etapa de generar el filtro biológico bacteriano, que toma entre 45-60 días para un óptimo funcionamiento (Fig. 6). Posterior a esto ya podrían incorporarse tanto los peces como las hortalizas.

Las actividades que quedan en carpeta son el desarrollo de la segunda parte de los talleres de transferencia, los cuales estarán directamente dirigidos a la acuaponía, tanto en sus aspectos básicos como en el funcionamiento detallado de la técnica y de cada uno de los componentes de los sistemas. Además se abarcarán aspectos de negocio, escalamiento comercial y legislación con respecto a la acuaponía y las perspectivas a futuro para los beneficiarios. Por último se desarrollarán los talleres prácticos con los sistemas ya instalados y funcionando con los peces y



**Figura 5.** Taller de transferencia práctico N°1. Visita a la piscicultura “Salmones Pangué”, con charla guiada por su propietario Don Ricardo Quiroz junto al equipo técnico del CREA-UCSC.



Figura 6. Sistemas acuapónicos en etapa de "marcha blanca" en las comunas de Quirihue y Coelemu.

hortalizas, para que los beneficiarios puedan ver in situ el proceso de crecimiento de ambos cultivos y poder profundizar en terreno aspectos claves del funcionamiento de esta tecnología. El proyecto tiene como fecha de término el mes de Junio de 2017.

### Bibliografía.

Rakocy, J.E., Masser, M.P. & Losordo, T.M. 2006. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics-Integrating Fish and Plant Culture. SRAC Publication.

<http://190.85.246.40/observatorio-medio-ambiente/columnas-medio-ambiente-28.htm>

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

Revista Técnica Semestral · Calendarios Técnicos de Escritorio  
Agendas Técnicas Corporativas · Cuadernos Técnicos Corporativos · Artículos de Escritorio

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

# 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

## FONDEF ID15I10598

Evaluación del rol de la luz y el fotoperiodo sobre la reproducción del congrio colorado *Genypterus chilensis* y del congrio dorado *Genypterus blacodes* en condiciones de cultivo en el sur de Chile.

## FONDEF 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.



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

# Efecto de Futerpenol® sobre la respuesta inmune frente a los patógenos

## *Piscirickettsia salmonis* y el Virus de la Necrosis Pancreática infecciosa



### INTRODUCCIÓN

La formulación del producto FUTERPENOL® es una combinación de un extracto botánico y de algas pardas. El extracto botánico contiene diterpenos, flavonoides y estigmasteroles siendo los labdanos diterpenos el principal principio activo aislado. Se le describen propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas, anti-trombóticas; hepatoprotectoras, actividad anti-VIH (Chang et al., 1991), anti-diabética (Zhang et al., 2009) y antitumorales (Rao et al., 2007). Respecto al formulado de algas marinas, el principal principio activo corresponde a los fucooidianos, polisacáridos sulfatados que poseen actividad terapéutica contra enfermedades virales, propiedades anticoagulante, antitumoral (Chapman y Chapman, 1980) y demostró tener potencial como un modulador inmune (Myers et al., 2011).

Para la evaluación de las propiedades inmunoestimulantes de FUTERPENOL® se procedió a analizar en células SHK-1 la expresión de marcadores de inmunidad innata asociada a mecanismos antibacterianos y antivirales. Asimismo, se evaluó en este mismo tipo celular el efecto protector de estas formulaciones en un desafío *in vitro* con *P. salmonis* e IPNV.

En el caso de los marcadores de inmunidad analizados, éstos corresponden a IL-12 e IFN-I. La expresión del mRNA de estos marcadores ha sido analizada en el laboratorio tanto *in vitro* e *in vivo*, evidenciando cambios en su expresión por efecto de moléculas bacterianas y virus de peces (Arguedas et al., 2014).

La interleuquina 12 es una citoquina pro-inflamatoria heterodímera central en infecciones bacterianas y virales. Posee 2 subunidades, p35 y p40. Es sintetizada predominantemente por células B y células presentadoras de antígenos como células dendríticas y macrófagos, ejerciendo su efecto en células NK y células T. IL-12 promueve la proliferación de linfocitos T y células NK activados, aumentando en esta última la actividad lítica. Inductor potente de INF- $\gamma$  por las células T y NK en reposo o activadas (Wang y Husain 2014). Las citoquinas tipo interferón IFN IFN $\alpha\beta$  o tipo-I e IFN $\gamma$  o tipo II, son los principales actores de la inmunidad innata contra infecciones virales, que activan varias vías intracelulares de señalización, capaces de interferir con algunos

de los pasos de la replicación viral, o bien desarrollan funciones inmunomoduladoras que promueven la respuesta inmune específica y reclutan y activan las células naturales citotóxicas (tipo NK en peces), capaces de matar y lisar células infectadas por virus (Larsen, 2004).

Considerando el potencial efecto la formulación presentada en este proyecto sobre la expresión de IL-12 e IFN-I, ambas moléculas con demostrada actividad efectora en el sistema inmune de peces, se procedió a evaluar además su efecto sobre la infectividad de dos importantes patógenos de peces *P. salmonis* e IPNV. El virus de la necrosis pancreática infecciosa (IPNV) es responsable de la grave enfermedad del mismo nombre que afecta salmónidos y otras especies de peces. Esta patología ha sido una gran preocupación desde principios del siglo 20, inicialmente en Norteamérica en criaderos de trucha de arroyo, *Salvelinus fontinalis*, trucha arcoíris, *Oncorhynchus mykiss* (M'Gonigle, 2011; Mcallister y Bebak, 1997) y posteriormente en Europa (Dorson y Touchy, 1981). Actualmente este virus sigue siendo una importante causa de mortalidad (70%) en la primera alimentación de alevines de la mayoría de las especies de salmónidos, ya que puede ser transmitida verticalmente a través de las ovas, donde toma gran importancia los peces portadores reproductores (Wolf et al., 1963). Los brotes de IPNV se pueden producir en el salmón juvenil hasta cuatro semanas después del inicio de la alimentación exógena. La mortalidad en esta etapa puede ser tan alta como 90% y alevines infectados pueden mostrar signos típicos como un oscurecimiento del color de la piel, la natación anormal y la hiperventilación (Roberts y Pearson, 2005). La mortalidad en la etapa de Parr tiende a no ser tan grave como en alevines y está normalmente en el orden de 10 - 20%.

En el caso de *P. salmonis*, esta bacteria presenta la estructura protoplásmica típica de procariotas y pared celular de una bacteria Gram-negativa (Fryer et al., 1990; Cvitanich et al., 1991; Fryer y Lannan, 1996) y fue la primera bacteria patógena Gram-negativa intracelular aislada desde peces y causante de alta tasa de mortalidad en salmónidos (Fryer y Hedrick, 2003). Es intracelular facultativa, aerobia, inmóvil, no capsulada, pleomórfica y predominantemente cocoide con un tamaño variable entre 0,5-

1,5  $\mu\text{m}$  de diámetro y que puede observarse individualmente o en grupos (Fryer et al., 1990). *P. salmonis* es el agente etiológico causante de la Piscirickettsiosis o Septicemia Rickettsial del Salmón (SRS). La enfermedad fue descrita por primera vez en Chile en 1989 en salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) cultivado en agua de mar, durante la fase de engorda, en Calbuco cerca de Puerto Montt (Bravo y Campos, 1989), donde la anemia, causada por la infección sistémica y replicación de una bacteria intracelular, era su principal característica (Cvitanich et al., 1991). La Piscirickettsiosis es considerada endémica del país (Sernapesca) y a llegado a ser uno de los mayores problemas de la industria chilena productora de salmón, causando mortalidades significativas y dando cuenta de pérdidas anuales por sobre US\$ 100 millones sólo por éste concepto (Smith et al., 1997; Bravo y Midtlyng, 2007), sin considerar el gasto asociado al uso de vacunas y la aplicación de tratamientos antibióticos, el que corresponde al 72% del total de antibióticos utilizados por la industria del salmón en la actualidad (Sernapesca).

Ambos patógenos pueden ser cultivados en líneas celulares de peces como RTG-2 (trucha), CHSE214 (salmón chinook), SHK-1 (salmón del Atlántico), pero con diferente rendimiento y efecto citopático originado. Por esta razón, elegimos células SHK-1 como la línea celular donde se evaluara en ensayos funcionales el efecto protector de la formulación sobre la infección con estos patógenos. En este sentido, antecedentes preliminares desarrollados por investigadores parte del equipo técnico del proyecto, señalan que dosis del orden nanomolar de uno de los componentes de la formulación, activan selectivamente marcadores de la respuesta inmune innata, en líneas celulares de peces salmonídeos, fortaleciendo la respuesta inmune celular específica, frente a desafíos con patógenos intracelulares y disminuyendo las mortalidades celulares.

En relación al estudio *in vivo* se evaluó las propiedades inmunostimulantes del producto, fue administrado a Trucha arcoíris, considerando dos etapas, una para determinar variables productivas por un periodo de 30 días y otra para evaluar la sobrevivencia de peces desafiados con *Piscirickettsia salmonis*, simulando la vía de infección natural del agente, mediante protocolo de cohabitación.

## RESULTADOS

### *In vitro*:

Al evaluar el efecto de FUTERPENOL® como modulador de la respuesta inmune se determinó que es dosis dependiente. Se analizó a dosis de 1, 0,1 y 0,01  $\mu\text{g}/\text{ml}$  asociado a los marcadores moleculares IFN-1, IL-12 en la línea celular SHK-1. Para la concentración de 1  $\mu\text{g}/\text{ml}$  de FUTERPENOL®, los aumentos más significativos fueron a las 6, 24 y 48 horas post tratamiento respecto al control, mientras que para la concentración de 0,1  $\mu\text{g}/\text{ml}$  los aumentos significativos se dieron a las 6 horas y por último, a concentración de 0,01  $\mu\text{g}/\text{ml}$  se dio a las 6 y 48 horas post tratamiento.

Al determinar el efecto de los componentes de la formulación en términos de su efecto asociada a los marcadores moleculares de respuesta inmune, IFN-1, IL-12 en la línea celular SHK-1 se concluyó que en dosis de 1  $\mu\text{g}/\text{ml}$ , existe un efecto significativo sobre

la expresión de IL-12, a las 6h y 24h de tratamiento, siendo el mayor efecto a las 24 h, alcanzando un cambio de casi 4 veces respecto del control. A su vez, en el caso de IFN-1, cabe señalar que si se observó una diferencia significativa de más de dos veces de cambio respecto de las células control.

En el caso del desafío con *P. salmonis*, los resultados obtenidos al evaluar FUTERPENOL® indican un efecto protector sobre las células pre-tratadas por 6 horas hasta el día 8 pos-infección. Cabe destacar que las células correspondientes al control sin tratamiento comenzaron a exhibir una diferencia en el porcentaje de citotoxicidad a partir del día 6 pos-infección. Adicionalmente, se pudo observar el efecto citopático en las células control sin tratamiento e infectadas con *P. salmonis* al día 8 post infección, evidenciándose células en suspensión y desprendimiento y/o interrupción de la monocapa en comparación con las células tratadas.

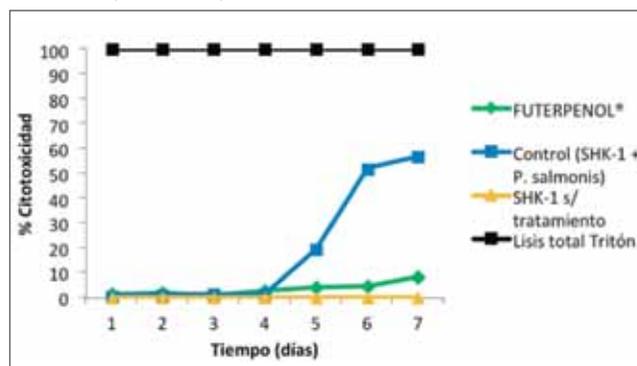


Figura 1. Análisis de la citotoxicidad en células SHK-1 tratadas con FUTERPENOL® e infectadas con *P. salmonis*.

Paralelamente, en el sobrenadante de las células sobrevivientes a la infección, se evaluó la presencia de *P. salmonis* detectándose, en base al análisis de las diferencias del valor de Ct, que en promedio hay 7 veces menos bacterias, en aquellas células tratadas con FUTERPENOL® en comparación a las células control sin tratamiento e infectadas con *P. salmonis*.

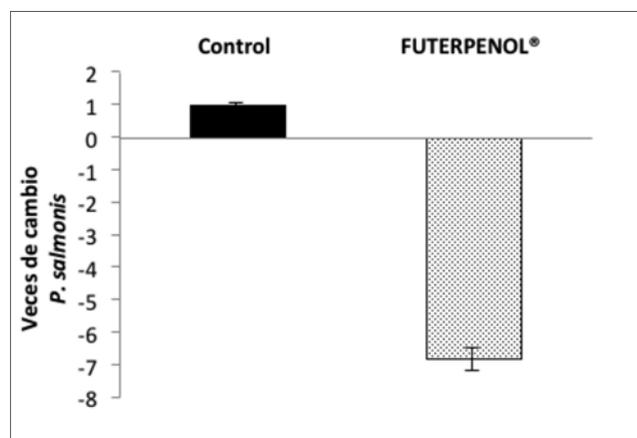


Figura 2. Detección de *P. salmonis* en células sobrevivientes a la infección. Se determinó las veces de cambio de la bacteria en células SHK-1 tratadas con FUTERPENOL®. Este análisis se determinó en base a las diferencias de Ct. Las diferencias fueron estadísticamente significativas con respecto al control de célula sin tratamiento e infectadas con *P. salmonis*.

Al evaluar FUTERPENOL® en un desafío con IPNV, se pudo observar un efecto retardador de la lisis en las células SHK-1 pre-tratadas por 6 horas hasta las 233 horas post infección. Cabe destacar que las células correspondientes al control sin tratamiento comenzaron a exhibir una diferencia en el porcentaje de citotoxicidad a partir de las 65 horas post infección, lo cual se mantuvo hasta las 184 horas, al compararlo con la infección en las células tratadas. A partir de las 184 horas, se observa un aumento del porcentaje de citotoxicidad en las células tratadas, no observándose diferencias con las células control.

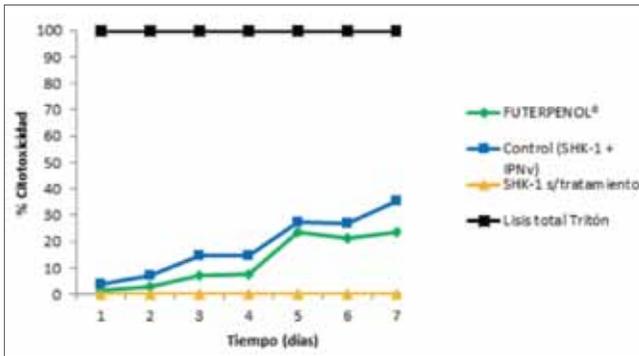


Figura 3. Análisis de la citotoxicidad en células SHK-1 tratadas con FUTERPENOL® e infectadas con IPNV.

Paralelamente, en el sobrenadante de las células sobrevivientes a la infección, se evaluó la presencia de IPNV. En base a un análisis de las diferencias del valor de Ct, en promedio se detectaron 0,3 -0,4 veces menos virus en las células tratadas con FUTERPENOL® respecto de las células control.

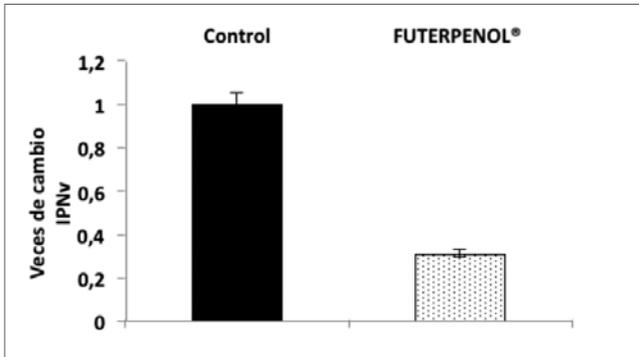


Figura 4. Detección de IPNV en células sobrevivientes a la infección. Se determinó las veces de cambio del virus en células SHK-1 tratadas con FUTERPENOL®. Este análisis se determinó en base a las diferencias de Ct. Las diferencias fueron estadísticamente significativas con respecto al control de células sin tratamiento e infectadas con el virus.

#### In vivo (Etapa desafío con *P. salmonis*)

La mortalidad acumulada promedio entre réplicas fue de 78,3% en troyanos, 35% en el control y un 15% en el grupo tratado al término del desafío. La Fig. 19 presenta la evolución de la mortalidad diaria para cada grupo y la Fig. 20 los resultados de mortalidad acumulada para cada grupo al término del desafío.

Respecto al % de supervivencia del grupo tratado y control a distinto tiempo post desafío. La mortalidad se inicia a tiempo similar

en ambos grupo (día 15 y 16), sin embargo, el grupo tratado presenta mayor supervivencia durante todo el periodo de evaluación, alcanzando un 85% al término del desafío, mientras que el control alcanza un 65%.

Respecto a la comparación entre los grupos evaluados, el grupo tratado presentó diferencias significativas ( $p < 0,005$ ) en el tiempo de ocurrencia de muerte con el grupo control.

Los resultados del grupo tratado con FUTERPENOL® obtuvieron mayor peso promedio, factor de condición y % de crecimiento acumulado al término del desafío.

Los resultados del cálculo de eficacia fueron expresados en Porcentaje Relativo de Supervivencia (RPS) y se calculó con mortalidad acumulada del grupo control al día 60 post desafío y al término del ensayo (día 80).

El RPS al día 60 fue de 62,3% para luego disminuir al día 80 post desafío con un 57,14%.

## CONCLUSIONES

En el caso del efecto como modulador de la respuesta inmune de FUTERPENOL®, se observó que a concentraciones de  $1\mu\text{g/ml}$  del producto, existe efecto modulador sobre la expresión de IL-12 a las 6h y 24 horas de tratamiento, siendo el mayor efecto a las 24 horas. Mientras que para el caso de IFN-I se observó el mismo efecto tanto a las 6 como a las 24 horas.

En el caso del efecto de los elementos activos frente al desafío con *P. salmonis*, se observó un efecto protector de FUTERPENOL® frente a un desafío *in vitro* en células SHK-1 infectadas con la bacteria. Asimismo, se observó que FUTERPENOL® reduce la carga de *P. salmonis* hasta en 7 veces, luego de los 6 días post infección, lo cual fue medido utilizando las diferencias de Ct determinadas en las células. Concomitante a este hallazgo, en las células sobrevivientes a la infección se observó efecto sobre la expresión de IL-12 e IFN-I a los 9 días post infección.

En el caso del efecto de los elementos activos frente al desafío con IPNV, se observó un efecto protector parcial a tiempos iniciales de FUTERPENOL®, frente al desafío *in vitro* en células SHK-1 infectadas con el virus.

Los resultados señalan que FUTERPENOL® produce un incremento de marcadores moleculares de inmunidad IL-12 e IFN-I y que a su vez producen un efecto funcional que disminuye la mortalidad celular en un desafío con *P. salmonis* y en el caso de IPNV, retardaría esta mortalidad a nivel celular.

Mediante el estudio *in vivo* se demostró que existían diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el análisis de supervivencia respecto al tiempo de ocurrencia de muerte entre los grupos evaluados, es decir, la supervivencia del grupo suplementado fue mayor a la del grupo no tratado durante el periodo de tiempo que duró el ensayo (80 días).

La eficacia medida en Porcentaje Relativo de Supervivencia (RPS), fue de 62.3% al día 60 post desafío y de 57.1% al término del desafío (día 80), lo cual sugiere que la eficacia del producto comienza a disminuir luego de los 60 días post administración. Respecto a índices productivos registrados al término del desafío, el grupo tratado con inmunostimulante presentó mayor peso promedio, factor de condición (K) y mayor crecimiento acumulado (%) que el grupo que no fue tratado, observando diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para estas variables.

Los resultados de este estudio muestran que la incorporación de FUTERPENOL® en la dieta, mejoró sustancialmente la supervivencia de los peces al ser expuestos a *Piscirickettsia salmonis* por la vía de infestación natural (cohabitación), obteniendo diferencias significativas respecto al grupo que no fue suplementado con el aditivo. Por otra parte, a nivel productivo no se observaron diferencias significativas en el consumo de alimento, conversión, incremento en peso y tasa de crecimiento específica, comportándose en forma similar a una dieta normal sin el aditivo. Sin embargo el factor de condición de los peces y ganancias de peso de los sobrevivientes al desafío son significativamente superiores en los peces que recibieron la dieta suplementada con FUTERPENOL®. En el caso del peso final, hay una variación entre 320 - 600 grs para el grupo control mientras que para los peces tratados fue entre 560 - 620 grs. Para el factor de condición (K), el grupo control tuvo una variación entre 1,11 - 1,45 y en el grupo tratado fue de 1,26 - 1,48. Por lo tanto, cabe mencionar la disminución significativa que existe en el % de dispersión del peso corporal y el factor de condición de los peces tratados con FUTERPENOL® respecto al control.

## RESUMEN

FUTERPENOL® está compuesto de extractos botánicos y algales ricos en Labdanos diterpenos y fucooidianos. En el presente estudio fue evaluado el efecto de FUTERPENOL® asociado a marcadores moleculares de respuesta inmune IFN-1, IL-12 en la línea celular SHK-1 de peces salmonídeos y además se realizó desafío con *Piscirickettsia salmonis* e IPNV. Adicionalmente, se realizó evaluación in vivo con FUTERPENOL® para determinar su efecto sobre la respuesta inmune frente a un desafío con patógenos intracelulares (*Piscirickettsia salmonis* e IPNV). Los resultados obtenidos en líneas celulares señalan que los elementos activos ensayados producen un incremento de marcadores moleculares de inmunidad IL-12 e IFN-I y que a su vez producen un efecto funcional que disminuyen la mortalidad celular en un desafío con *P. salmonis* y en el caso de IPNV, retardarían esta mortalidad a nivel celular. Los resultados mencionados anteriormente, fueron corroborados en un desafío por cohabitación con *P. salmonis*, donde se obtuvo un Porcentaje Relativo de Supervivencia (RPS) de un 62.3% al día 60 post desafío y de 57.1% al término del desafío (día 80).

## BIBLIOGRAFÍA

Chang, R.S., Ding, L., Chen, G.Q., Pan, Q.C., Zhao, Z.L. and Smith, K.M. (1991) Dehydroandrographolide succinic acid monoester as an inhibitor against the human immunodeficiency virus. Proc. Soc. Exp. Biol.

Med., 197(1):59-66.

Zhang, Z., Jiang, J., Yu, P., Zeng, X., Larrick, J. and Wang, Y. (2009) Hypoglycemic and beta cell protective effects of andrographolide analogue for diabetes treatment. J. of T. Medicine, 7:62.

Rao, S., Suseno, G., Matthews, C., Sazali, A., Haji, L., Said, Saad, M., Stevens, M. and Stanlas, J. (2007) Semisynthesis and in vitro anticancer activities of andrographolide analogues. Phytochemistry, 68: 904-912.

Chapman VJ, Chapman DJ. 1980. Seaweed and Their Uses. In: Chapman and Hall (eds). London, p 327.

Myers SP, O'Connor J, Fitton JH, Brooks L, Rolfe M, Connellan P, Wohlmut H, Cheras PA, Morris C. (2001). A combined Phase I and II open-label study on the immunomodulatory effects of seaweed extract nutrient complex. Research Cluster for Health and Wellbeing, Southern Cross University, Lismore, NSW, Australia; 5:45-60.

Arguedas D., Romero A., Enriquez R., Martínez J., Ortega C. 2014. Temperature effect on the expression of genes IFN-1( $\alpha$ ), STAT-1 and Mx-1 in fry rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) challenged with low virulence IPNV strain. Enviado Veterinary immunology and Immunopathology.

Wang and Husain, 2014. Differential expression, modulation and bioactivity of distinct fish IL-12 isoforms: Implication towards the evolution of Th1-like immune responses.

Larsen, R., Røkenes, T., Robertsen, B., 2004. Inhibition of infectious pancreatic necrosis virus replication by Atlantic salmon Mx1 protein. J. Virol. 78, 7938-7944.

M'Gonigle, R.H., 2011. Acute Catarrhal Enteritis of Salmonid Fingerlings. Trans. Am. Fish. Soc. 70, 297-303.

McAllister, P.E., Bebak, J., 1997. Infectious pancreatic necrosis virus in the environment : J. Fish Dis. 20, 201-207.

Dorson, M., Touchy, C., 1981. Influence of fish age and water temperature on mortalities of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, caused by a European strain of infectious pancreatic necrosis. J. Fish Dis. 213-222.

Wolf, K., Quimby, M.C., Bradford, A.D., 1963. Egg-Associated of IPNV Virus of Trout. Virology 21, 317-321.

Robertsen, R., Pearson, M., 2005. Clinical review: infectious pancreatic necrosis in Atlantic salmon. *Salmo salar* L. J. Fish Dis. 2, 383-390.

Fryer, J.L., Lannan, C.N., Garcés, L.H., Larenas, J.J. and Smith, P.A. 1990. Isolation of a rickettsial-like organism from diseased coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) in Chile. Fish Pathology. 25:107-114.

Cvitanich, J.D., Garate N.O. and Smith, C.E. 1991. Isolation of a rickettsial-like organism causing diseases and mortality in Chilean salmonids and its confirmation by Koch's postulate. Journal of Fish Diseases 14:121-145.

Fryer, J.L. and Lannan, C.N. 1996. Rickettsial infection in fish. Annual Review of Fish Diseases. 6:3-13.

Fryer, J.L. and Hedrick, R.P. 2003. *Piscirickettsia salmonis*: a gram-negative intracellular bacterial pathogen of fish. Journal of Fish Diseases. 26:251-262.

Bravo, S. and Campos, M. 1989. Coho salmon syndrome in Chile. American Fisheries Society. Fish Health Section Newsletter. 17:3.

Smith PA, JR Contreras, J Larenas, JC Aguillon, L Garces, B Perez, JL Fryer. 1997. Immunization with bacterial antigens: Piscirickettsiosis. Fish Vaccinology 90, 161-166.

Bravo S, PJ Midtlyng. 2007. The use of fish vaccines in the Chilean salmon industry 1999-2003. Aquaculture 270, 36-42.

# La potencialidad de las Macroalgas como Biomateriales Funcionales:

## Papel Algal Bioactivo con Propiedades Antimicrobianas



Nicolás Troncoso<sup>1</sup>, Álvaro Valdebenito<sup>1</sup>, Sergio San Martín<sup>1</sup>, Jorge Farias<sup>1</sup>, Andrés Agurto<sup>1</sup>, Regis Teixeira<sup>2</sup>, Miguel Pereira<sup>3</sup> y Cristian Agurto<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Departamento de Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción;

<sup>3</sup>Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción.

Contacto: cagurto@udec.cl

En el marco del proyecto “Desarrollo de papeles bioactivos en base a mezclas de pulpa de algas y fibras secundarias” (D111-1226) financiado por Conicyt a través de su programa Fondef, ejecutado por el GIBMAR del Centro de Biotecnología de la Universidad de Concepción (CB-UdeC) en colaboración con el Laboratorio de Productos Forestales (Depto. de Ingeniería Química, UdeC), junto con las empresas Indugras S.A., Innocon S.A. y Terra Natur S.A., ha logrado un producto para la protección, embalaje y durabilidad de frutas de exportación. Se trata de un papel desarrollado a partir de macroalgas y celulosa el cual posee propiedades bioactivas contra microorganismos complejos de controlar como *Botrytis cinerea* que afectan a la industria frutícola. Lo anterior constituye un hito en el desarrollo de biomateriales funcionales de origen marino a nivel nacional y mundial, que ofrece una alternativa para mantener la calidad de la fruta fresca y disminuir las pérdidas económicas de esta relevante industria.

### Los embalajes

Los embalajes son elementos desechables que tiene por objeto salvaguardar la integridad de los productos durante el transporte hasta el consumidor, es por ello que la elección correcta de estos es un factor clave. El tipo y material de embalaje dependerá del producto a proteger, así como también del lugar de destino, dado que, existen restricciones propias de cada país importador y de sus costos. Es por esta razón que existen numerosos esfuerzos orientados al uso de nuevos materiales y al desarrollo de sistemas más seguros. Los principales materiales para la elaboración de estos productos son derivados de hidrocarburos como termoplásticos, y de la celulosa como papel y cartón. En este sentido, los materiales termoplásticos permiten la elaboración de embalajes versátiles, no obstante, éstos se han visto afectados por la

vigencia de políticas medioambientales en pro del reciclaje, la sustentabilidad y elementos biodegradables. Lo anterior, ha generado una ventaja aparente por el uso de embalaje elaborados a partir de celulosa, ya que, proviene de fuentes sustentables, *per se* son biodegradables y pueden ser reciclados constituyendo fibras secundarias.

### La industria frutícola

La comercialización de frutas frescas depende de la prevención de daños durante toda la cadena productiva desde el huerto a la mesa; cosecha, almacenamiento, embalaje, comercialización y transporte (Nunes et al, 2009). Por lo tanto, la mantención de la calidad e integridad de la fruta en la cadena productiva es compleja, ya que, las frutas son elementos vivos que respiran,

maduran y por consecuencia cambian su composición química, por esta razón, muchos de los problemas se deben a cambios en las condiciones ambientales al interior de los sistemas de almacenamiento o transporte. Un manejo deficiente de estos factores, puede generar la pudrición de las frutas producto de la proliferación de microorganismos fitopatógenos oportunistas postcosecha. En este sentido los productos de embalaje ofrecen protección contra golpes, raspaduras o aislación térmica, pero no contra los microorganismos, por lo que es necesario el desarrollo de embalajes bioactivos capaces de prevenir la pudrición generada por los microorganismos.

La industria frutícola chilena pierde anualmente entre el 3 y 5 % del total de las exportaciones de fruta fresca debido exclusivamente al ataque de fitopatógenos postcosecha. Si consideramos que las exportaciones chilenas de fruta fresca durante la temporada 2012-2013 fue de 2,7 millones de toneladas equivalentes a USD 4.411 millones, las pérdidas son millonarias (Agurto et al, 2014).

### Los fitopatógenos

Los principales microorganismos fitopatógenos son hongos tales como *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*, *Alternaria alternata* y *Pezizula malicorticis* (Prusky, 2011; Coulomb 2008). El moho gris o *B. cinerea* es complejo de controlar debido a que tiene la capacidad de crecer al interior de las cajas almacenadas o transportadas a bajas temperaturas y afecta a más de 200 especies de cultivo en el mundo durante el periodo de post-cosecha, incluyendo; uvas, manzanas, peras y frutillas, entre otras (Elad & Shtienberg, 1995). Para el control de este patógeno son empleados agentes químicos sintéticos, tales como: benzimidazoles, ditiocarbamatos, estrobilurinas, guanidinas, imidazoles, piperazinas triforine, pirimidinas, ftalimidias, sulfaminas y triazoles (Njombolwana et al, 2013).

No obstante, el uso de estos compuestos a largo plazo ha generado microorganismos resistentes y daños en el ambiente debido a que por lo general son difíciles de degradar. En respuesta a esto, los países importadores de fruta han establecido límites máximos de residuos químicos en los frutos (Ippolito & Nigro, 2000) lo cual también es una oportunidad para aquellos compuestos de origen natural capaces de hacer frente a estas problemáticas.

### Las macroalgas

La búsqueda de nuevos compuestos bioactivos antioxidantes y antimicrobianos ha motivado el estudio de las macroalgas como materia prima, debido a la riqueza química que ellas poseen, las que han demostrado ser una efectiva fuente natural de compuestos contra microorganismos tales como bacterias y hongos (Troncoso et al., 2015a; Felicio et al., 2010). Por otro lado, existen algas como las de los géneros *Rhizoclonium* y *Gracilaria* que presentan fibras adecuadas para la manufactura de un papel con las características estructurales tradicionales, pero con nuevas características funcionales basadas en los compuestos biológicamente activos presentes en ellas, es decir, permiten el desarrollo de un papel bioactivo.

### El Papel Algal Bioactivo (PAB)

El producto desarrollado por GIBMAR-CBUdeC corresponde a un papel con propiedades biológicamente activas, elaborado a partir de fuentes renovables tales como fibras secundarias de celulosa y macroalgas chilenas (Troncoso et al. 2015b). El producto puede ser utilizado para envolver y con ello proteger a frutas y vegetales contra el estrés oxidativo del aire, el ataque bacteriano y principalmente frente a hongos fitopatógenos, permitiendo la prevención de daños durante su almacenamiento y transporte de la fruta de exportación (Agurto et al, 2014).

Las principales características diferenciadoras sobre otros productos existentes en el mercado son sus propiedades biológicamente activas como lo son la capacidad antioxidante, actividad contra el crecimiento de bacterias tales como *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *P. syringae*, pero por sobre todo destaca en la capacidad para inhibir el crecimiento de los hongos fitopatógenos *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* y *Penicillium sp.*

Al producir papeles algales bioactivos para proteger frutas y vegetales contra el ataque de microorganismos fitopatógenos o contra el estrés oxidativo presente en el aire, contribuye con dar un uso no tradicional a la biomasa macroalgal, diversificando su matriz económica, además el producto en sí promueve el reciclaje al hacer uso de fibras secundarias de celulosa para su elaboración. Finalmente se trata de un material 100% biodegradable que no presenta las restricciones propias de los productos plásticos empleados para dar protección a frutas de exportación.

### Verificación de la funcionalidad del Papel Algal Bioactivo

La capacidad antioxidante fue verificada utilizando el método del radical catión ABTS<sup>+</sup> el cual consiste en medir la decoloración del radical a una longitud de onda de 734 nm por medio de un espectrofotómetro. La decoloración fue expresada como el porcentaje de inhibición en función de la concentración y del tiempo de reactividad de Trolox empleado como estándar. Los valores fueron expresados como Capacidad Antioxidante Equivalente a

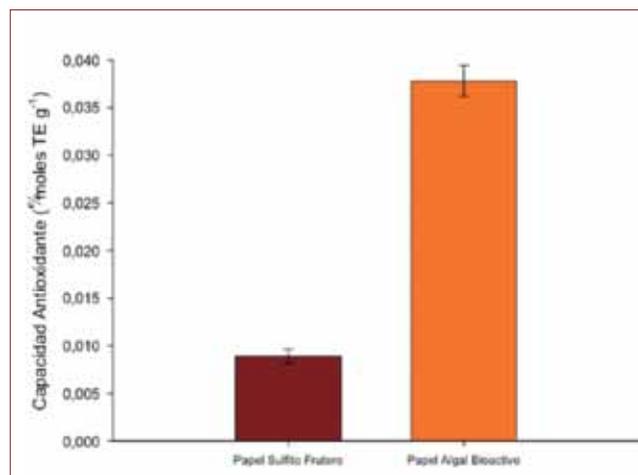
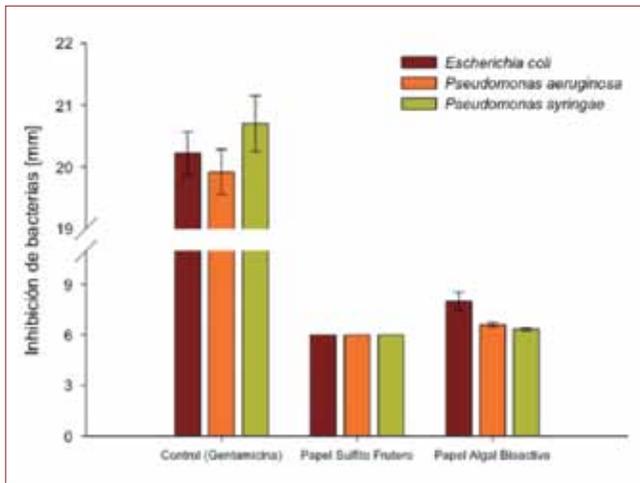


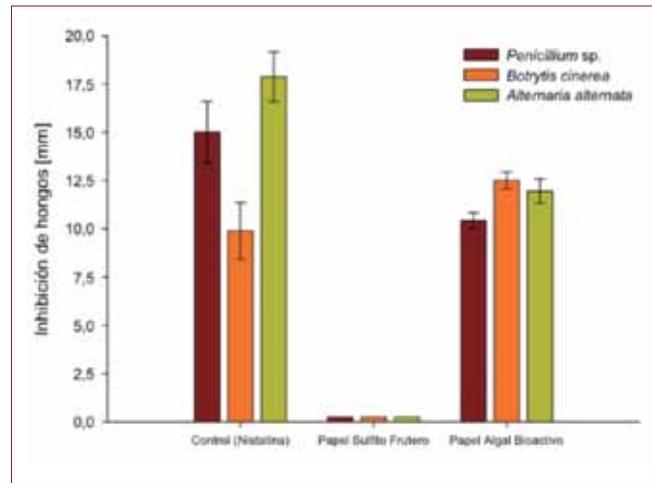
Figura 1. Capacidad antioxidante entre el Papel Sulfito Frutero y el Papel Algal Bioactivo expresado como TEAC.



**Figura 2.** Comparación del potencial antibacteriano expresado como diámetro de inhibición contra a tres cepas bacterianas empleado Papel Sulfito Frutero, Papel Algal Bioactivo y un control

Trolox (TEAC). El Papel Algal Bioactivo (PAB) desarrollado por GIBMAR - CBUdeC presentó un valor TEAC de  $0,0378 \pm 0,002 \mu\text{mol}$  de TE  $\text{g}^{-1}$  de papel. En contraste al valor obtenido por el Papel Sulfito Frutero (PSF) con un TEAC de  $0,0089 \pm 0,0007 \mu\text{mol}$  de TE  $\text{g}^{-1}$  (Fig. 1). Estos valores presentan diferencias estadísticamente significativas (ANOVA HSD Tukey  $p < 0,0001$ ) entre el PAB y PSF. Este positivo resultado demuestra que el producto PAB desarrollado es capaz de proteger a frutas y vegetales contra el estrés oxidativo, evitando el posterior asentamiento de microorganismos oportunistas.

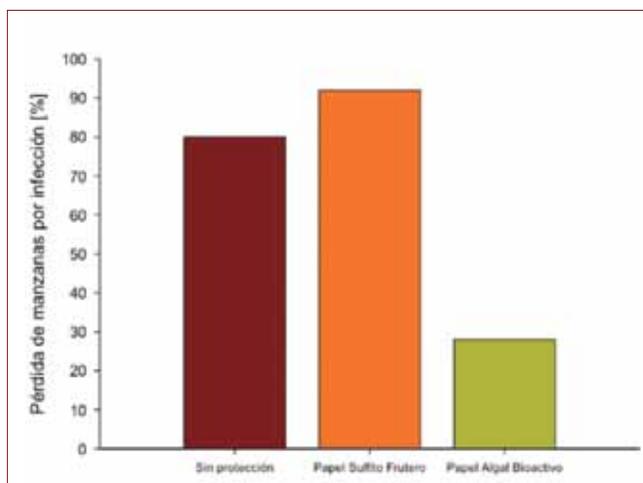
La capacidad antibacteriana fue verificada por medio de un ensayo por discos de difusión en placas Petri con medio de cultivo Mueller-Hinton Agar inoculadas con  $100 \mu\text{L}$  de cultivo bacteriano a  $10^5 \text{ UFC mL}^{-1}$ . Luego, fueron dispuestos discos de 6 mm de diámetro obtenidos desde el Papel Algal Bioactivo, discos de Gentamicina (compuesto antibacteriano) empleado como control positivo y discos de Papel Sulfito Frutero como control negativo. Las cepas bacterianas utilizadas fueron: *Escherichia coli* (K12), *Pseudomonas aeruginosa* (PA01) y *Pseudomonas psyringae* (DC300), facilitadas por el Laboratorio de Biopelículas y Microbiología Ambiental del CBUdeC. Finalmente, las placas fueron incubadas aeróbicamente a  $37^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$  por 36 horas. Los discos de Papel Sulfito Frutero mostraron una capacidad contra la adherencia bacteriana, pero no una capacidad inhibitoria del crecimiento. Por otro lado, los disco de PAB, presentaron halos de inhibición del crecimiento bacteriano de  $8 \pm 1,4 \text{ mm}$  contra *E. coli*, de  $6,6 \pm 0,3 \text{ mm}$  contra *P. aeruginosa*, y de  $6,4 \pm 0,2 \text{ mm}$  contra *P. psyringae*, todas con diferencias altamente significativas con respecto al PSF (ANOVA HSD Tukey,  $p < 0,001$ ). Los valores observados en el control con antibiótico fueron notablemente superiores ( $20,3 \pm 0,8 \text{ mm}$ ) a los obtenidos por PAB (Fig. 2). A pesar de la gran diferencia, el PAB posee capacidad antibacteriana, si bien es baja respecto del control positivo (gentamicina), es estadísticamente significativa y superior a la lograda por el PSF, por lo tanto, es factible su uso para dar protección a frutas y vegetales susceptibles al ataque de estos patógenos.



**Figura 3.** Capacidad antifúngica expresada como diámetro de inhibición contra a tres cepas de hongos empleando Papel Sulfito Frutero, Papel Algal Bioactivo y un control

La capacidad antifúngica fue verificada por medio de un ensayo por discos de difusión en placas Petri con medio de cultivo Agar Papa Dextrosa inoculadas por dispersión empleando tómulas. Luego, fueron dispuestos discos de 6 mm de diámetro obtenidos desde el Papel Algal Bioactivo, discos con Nistatina y discos de Papel Sulfito Frutero como grupos control. Las cepas fúngicas utilizadas fueron: *Botrytis cinerea* (Bo C12), *Penicillium sp.* (RGM 902) y *Alternaria alternata* (RGM 408), facilitadas por el Laboratorio de Patología Forestal (CB-UdeC) y por el Banco de Recursos Genéticos y Microbianos (INIA-Quilamapu). Finalmente, las placas fueron incubadas aeróbicamente a  $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$  por 6 días. El control realizado con discos de PSF no presentó actividad inhibitoria del crecimiento fúngico, ya que, los discos fueron cubiertos por completo por los hongos. Los valores obtenidos (Fig. 3) demuestran que el PAB posee capacidad antifúngica de  $12,5 \pm 1,1 \text{ mm}$  contra *B. cinerea*, de  $12 \pm 1,5 \text{ mm}$  contra *A. alternata* y de  $10,4 \pm 0,6 \text{ mm}$  contra *Penicillium sp.*, por lo tanto, el uso del PAB contra el ataque de estos hongos es factible. Los valores obtenidos por el control positivo Nistatina fueron semejantes a los obtenidos por el PAB con la excepción del valor logrado contra *B. cinerea*, donde fue estadísticamente superior la actividad de PAB (ANOVA HSD Tukey  $p < 0,001$ ). Este resultado promueve el uso del PAB para conferir protección a frutas y vegetales de manera eficiente.

La validación *in vivo* del Papel Algal Bioactivo (PAB) consistió en un experimento con 300 manzanas de exportación de la variedad Royal Gala. Las manzanas poseen un peso promedio de  $174,6 \pm 7,5 \text{ gramos}$ , una firmeza de pulpa de  $14,6 \pm 0,5 \text{ lb}$  y un dulzor de  $11,4 \pm 0,3 \text{ }^\circ\text{Brix}$ , demostrando que se trata de fruta estándar, madura, lista para consumo y en condiciones propicias para la infección por microorganismos oportunistas. El experimento consistió en la realización de incisiones a cada manzana para facilitar el ingreso de patógenos oportunistas. Luego, fueron dispuestas en bandejas para 25 unidades, constituyendo 3 grupos experimentales. Estos grupos fueron protegidos con Papel Sulfito Frutero, Papel Algal Bioactivo y sin protección (control).



**Figura 4.** Porcentaje de manzanas (n=300) perdidas producto de la infección ocasionada por patógenos oportunistas, comparando fruta sin protección, con Papel Sulfito Frutero y con Papel Algal Bioactivo. Se destaca significativamente el nivel de protección en la fruta con

Las cajas fueron almacenadas a  $16 \pm 1,6$  °C por 75 días, controlando cada 15 días. Transcurridos 75 días de incubación el

tratamiento más afectado por el desarrollo de microorganismos fitopatógenos fue el protegido por PSF mostrando una pérdida por infección de un 92% de las manzanas bajo este tratamiento. Por otro lado, las manzanas sin protección mostraron una pérdida por infección de un 80% del total. Al contrario, las manzanas protegidas por el PAB presentaron el menor nivel de pérdida por infección con un 28% del total de las manzanas (Fig. 4). Los valores observados fueron significativamente diferentes (HSD Tukey,  $p < 0,004$ ) y claramente a favor del uso del Papel Algal Bioactivo desarrollado.

El Control Medio de la Infección (CMI) es definido como el tiempo en que la contaminación de un patógeno afecta al 50% de las manzanas bajo evaluación. En este sentido, los resultados muestran que el CMI para las manzanas sin protección fue de 59 días, ligeramente mayor al obtenido por el tratamiento con PSF con 54 días. En contraste, fue obtenida una CMI de 94 días para las manzanas protegidas con PAB aproximadamente 1,7 veces más duradera que el tiempo de protección observado en los otros casos. Por lo tanto, cuando se pierde el 100% de las manzanas protegidas con PSF o sin protección, las manzanas con PAB aún no llegan al 50% de pérdida.

Finalmente, el producto PAB desarrollado por el Grupo Interdisciplinario de Biotecnología Marina (GIBMAR - CBU-deC) posee la capacidad de proteger eficientemente a especies frutales de exportación, ejemplificado a través del uso de manzanas, contra el ataque de microorganismos patógenos oportunistas, otorgando durabilidad y calidad a la fruta, y reduciendo significativamente las mermas económicas de la industria.

## Referencias

- Agurto C., N. Troncoso, J. Farias, S. San Martín. 2014. Papeles bioactivos de pulpa de algas y fibras secundarias: Una potencial solución para industria frutícola nacional. *Revista Versión Diferente*. 21 (2), 120-122.
- Coulomb D. 2008. Refrigeration and cold chain serving the global food industry and creating a better future: two key IIR challenges for improved health and environment. *Trends in Food Science & Technology*. 19, 413-417.
- Elad Y; Shtienberg D. 1995. *Botrytis cinerea* in greenhouse vegetables: chemical, cultural, physiological and biological controls and their integration. *Integrated Pest Management Reviews* March 1995. 1(1), 15-29.
- Everett K. R., S. G. Owen, J. G. M. Cutting. 2005. Testing efficacy of fungicides against postharvest pathogens of avocado (*Persea americana* cv. Hass). *N. Z. Plant Prot.* 58, 89-95.
- Felicio R, Albuquerque S, Marx MC, Yokaya NS & Debosi HM. 2010. Tripanocida, potencial leishmanicida y antifúngica de alga roja marina *Bostrychia tenella* J. Agardh (Rhodomelaceae, Ceramiales). *Journal of Pharmaceutical and Análisis Biomédica*. 52 (5), 763-769.
- Ippolito A., Nigro. Franco. 2000. Impact of preharvest application of biological control agents on postharvest diseases of fresh fruits and vegetables. *Crop Protection*. 19, 715-723.
- Njombolwana N. S., A. Erasmus, P. H. Fourie. 2013. Evaluation of curative and protective control of *Penicillium digitatum* following imazalil application in wax coating. *Postharvest Biol. Tec.* 77, 102-110.
- Nunes M., N. Cecilia, J. P. Emond, M. Rauth, S. Dea, K. V. Chau, 2009. Environmental conditions encountered during typical consumer retail display affect fruit and vegetable quality and waste. *Postharvest Biology and Technology*. 51, 232-241.
- Prusky D. 2011. Reduction of the incidence of postharvest quality losses, and future prospects. *Springer Science. Food Sec.* 3, 463-474.
- Troncoso N., R. Saavedra, A. Olivares, J. Farias, S. San Martín, H. Urrutia, C. Agurto. 2015a. Identificación de compuestos antibacterianos en macroalgas presentes en la Región del Biobío. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 50 (1), 199-204.
- Troncoso N., S. San Martín, J. Farías, S. Vera, R. Teixeira, M. Peireira, C. Agurto. 2015b. Avances en el desarrollo de biomateriales funcionales: Papel de pulpa algal y fibra secundaria. *Revista Versión Diferente*. 23(2), 82-84.

# Actualidad y Proyecciones del Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA)



L. Furet (\*), G. Mendoza (\*), M. Delannays (\*), C. Salas (\*\*), S. Vasquez (\*\*), S. Nuñez (\*\*), A. Sepulveda (\*\*).

(\*), Departamento de Medio Ambiente, (\*\*) Departamento de Pesquería, Instituto de Investigación Pesquera.

lfuret@inpesca.cl



Figura 2: Muestreos de biotopos en el centro Vicuña, Blumar S.A. en la región de Aysén.

## Introducción

El Instituto de Investigación Pesquera VIII Región S.A. (INPESCA) es una entidad de carácter privado, fundada en mayo de 1989, dedicada fundamentalmente a la investigación científica y técnica con énfasis en recursos acuícolas, actividades de la pesquería pelágica y demersal de Chile centro-sur, acuicultura y procesamiento de pesca, manteniendo un estrecho vínculo de información con la industria pesquera (arrastre y cerco) que opera desde los puertos de la Octava Región, así como de la problemática ambiental.

Su objetivo principal es desarrollar investigación científica multidisciplinaria orientada a la evaluación, diagnóstico, predicción y análisis de las principales pesquerías bajo explotación en la región centro-sur de Chile, así como evaluar el impacto ambiental que tiene el proceso productivo a través de una gestión oportuna y eficiente.

El desarrollo científico de INPESCA se realiza a través de los departamentos de Estudios Ambientales y Pesquerías. Este último, cuenta con programas observacionales bajo diferentes escalas de tiempo (privilegiando la escala diaria/semanal), con el propósito de obtener información biológica-pesquera de recursos bajo explotación, información operacional de las flotas de cerco y arrastre del centro-sur de Chile así como también información

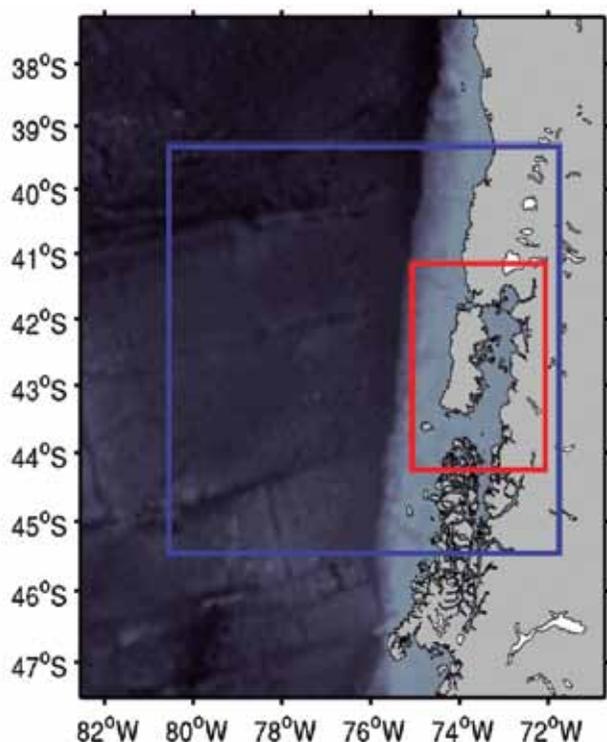
del entorno ambiental donde se desarrollan estas pesquerías, lo que en conjunto con los programas observacionales rutinarios asociados al impacto ambiental costero del quehacer productivo local, (ejecutados por el Departamento de Estudios Ambientales), otorga a INPESCA ventajas comparativas para realizar investigaciones de carácter científico y tecnológico.

La misión de INPESCA es buscar la excelencia en la investigación científica aplicada en las ciencias del mar, el desarrollo sustentable de las pesquerías y el mejoramiento de la gestión ambiental del sector productivo industrial.

A través de su Departamento de Estudios Ambientales, el Instituto ha efectuado numerosos estudios, considerando y compatibilizando la preocupación ambiental, entre las que se cuentan las principales industrias de la Región del Bío Bío.

Sólo en la Región del Bío Bío, estos estudios han comprendido empresas e industrias de diversos rubros tales como pesquerías, papeleras, siderúrgicas, metal-mecánicas, químicas, petroquímicas, textiles, terminales marítimos y mineras.

Por otra parte, en la actualidad se desarrollan extensos Programas de Monitoreo o Vigilancia Ambiental en ecosistemas de ba



**Figura 1:** Dominios espaciales del modelo hidrodinámico. En azul se marca el dominio padre de 4 km de resolución y en rojo el dominio hijo de 1.5 km de resolución espacial.

hías y de algunos cuerpos de agua dulce, en la Región del Bío Bío y en diversas regiones del territorio nacional, especialmente en la XII, XIV y XV Región, los que incluye entre otros muchos aspectos: 1) estudios de línea de base ambiental y de vigilancia, 2) estudios específicos en oceanografía y dinámica costera, 3) dinámica de la columna de agua y sedimentos litorales y sublitorales, 4) ensayos de toxicidad aguda y crónica, 5) estudios de dragado, entre otros.

Nuestra institución posee una estructura orgánica que privilegia la gestión y la investigación científica-técnica aplicada, que le otorga ventajas comparativas para realizar estudios y proyectos específicos y llevar a cabo programas de investigación en el área de los recursos hidrobiológicos y el medio ambiente, con un alto nivel de gestión, lo que le ha permitido consolidarse como un buen organismo intermediador o articulador entre las necesidades del sector productivo (usuarios), la realización de estudios técnicos de alto nivel, la difusión de los resultados de forma útil al usuario para una mejor toma de decisiones, y la gestión de la asesoría científica hacia la comunidad incluyendo a la autoridad administrativa sugiriendo incluso cambios normativos y adecuación de la misma.

En el ámbito pesquero INPESCA tiene más 25 años de trayectoria en la investigación científica aplicada a los recursos pesqueros, la que se ha verificado principalmente a través de los programas de seguimiento de recursos y evaluación de stocks de peces (evaluación directa o indirecta), el monitoreo de aspectos

operacionales hacia la pesca, la asesoría científica para el manejo (que incluye propuestas de medidas de administración pesquera), así como también con aspectos relacionados con la variabilidad espacio-temporal en la distribución y abundancia de recursos, historia de vida, estudios de distribución y abundancia del plancton marino (incluido los estados larvales de peces), oceanografía pesquera, modelación biofísica y variabilidad climática y pesquerías. Posee una estructura orgánica que privilegia la gestión y la investigación científica-técnica aplicada, y sus programas establecen un estrecho vínculo entre la investigación científica y el sector productivo en el área de las pesquerías y el medio ambiente con un alto nivel de gestión.

### Difusión del conocimiento de INPESCA.

Este nivel de competencias en la investigación científica aplicada en ciencias del mar de nuestros profesionales y técnicos, se verifica también en la gestión, organización y desarrollo de eventos científicos nacionales e internacionales, tales como congresos, seminarios, talleres y cursos de especialización y entrenamiento, donde destacan la organización y desarrollo del Congreso Nacional de Ciencias del Mar en el año 2009, Simposios y Seminarios internacionales en los recursos jurel y pelágicos pequeños, Seminarios internacionales en variabilidad climática y recursos marinos, Cursos de entrenamiento en acústica de peces y modelación biofísica, Talleres integrantes de proyectos del Fondo de Investigación Pesquera con participación de destacados expertos internacionales, entre muchos otros eventos, los que por una parte han generado un crecimiento relevante en ciencias del mar en el plano regional y nacional, así como también han otorgado una experiencia invaluable al Instituto en la organización y desarrollo de este tipo de eventos que le han permitido enfrentar de buena forma, por ejemplo proyectos de gestión y apoyo logístico hacia las pesquerías bentónicas y las comunidades ribereñas del Golfo de Arauco.

En la actualidad, nuestros profesionales participan activamente de la investigación marina nacional, siendo parte de la mayoría de los Comités Científicos que coordina la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, de Grupos de Trabajo específicos organizados por dicha autoridad administrativa, del Comité Científico de la Organización Regional de Pesca en el Pacífico Sur, de la Sociedad Chilena de Ciencias del Mar, del Comité Oceanográfico Nacional como miembro permanente del Grupo de Trabajo ENVAC (El Niño-Variabilidad Climática), del Comité de Clasificación de Especies del Ministerio de Medio Ambiente, entre muchas otras instancias científicas, que incluye la participación del Instituto en numerosos congresos, seminarios y talleres realizados en el plano nacional como en el internacional. Este nivel de competencias en la investigación científica aplicada en ciencias del mar de nuestros profesionales y técnicos, se verifica también en la gestión, organización y desarrollo de eventos científicos nacionales e internacionales como cursos de especialización y entrenamiento, congresos, simposios, seminarios, talleres, con expertos internacionales y cursos de entrenamiento de alto nivel en hidroacústica, y modelación biofísica, entre muchos otros.

## Enlace con la comunidad de INPESCA.

Desde hace algunos años, INPESCA se encuentra participando activamente en líneas de investigación que incluye la generación de Planes de Manejo con usuarios del borde costero, donde el Instituto ha podido interactuar con los usuarios y la autoridad administrativa, ganar experiencia en la detección de necesidades específicas e interacción con las comunidades ribereñas usuarias del borde costero, lo cual ha permitido un mayor acercamiento a las problemáticas del sector, y motivado a nuestros profesionales a abordar mecanismos que están enfocados hacia la conservación y sustentabilidad. Asimismo, la interacción con los usuarios o grupos de interés, con la autoridad administrativa y la comunidad en general, se ha visto fortalecida con el desarrollo de un Comité de Manejo compuesto por todos los agentes del sector, con una participación importante de los pescadores artesanales, con los cuales se ha fortalecido el vínculo de confianza y colaboración, lo que ha facilitado una mayor cercanía con la autoridad.

La síntesis anterior, permite establecer al Instituto de Investigación Pesquera como una institución sólida y responsable en la asesoría científica y técnica, bien calificada tanto en la detección de necesidades y gestión hacia el sector productivo, como en el desarrollo de investigaciones y proyectos científicos y técnicos de alto nivel.

## Líneas de investigación reciente de INPESCA.

En el INPESCA se ha implementado recientemente (5 años) una línea de desarrollo en modelación numérica, como respuesta innovadora a las necesidades de conocimiento en el campo de la variabilidad ambiental y las relaciones ambiente-recursos, que se demandan cada vez más a través de enfoques de trabajo multidisciplinarios y ecosistémicos.

## MODELACIÓN HIDRODINÁMICA Y BIO-FÍSICA.

Esta línea de investigación ha necesariamente debido incorporar a profesionales capacitados para desarrollar modelación hidrodinámica compleja, y modelación biofísica, así como también la arquitectura computacional de alto rendimiento necesaria para el cumplimiento de requerimientos en este ámbito de acción.

El acoplamiento entre modelos hidrodinámicos con otros de tipo biológico, se conoce comúnmente como modelos biofísicos, y son utilizados para indagar en el ámbito de las relaciones entre los recursos marinos y la variabilidad de su entorno ambiental, especialmente en la historia de vida temprana de las especies, posibilitando estudiar la distribución espacial de la abundancia/biomasa, el grado de conectividad espacio-temporal entre procesos, la identificación de regiones fuentes y sumideros, así como la determinación de zonas de reclutamiento y/o asentamiento, lo cual es de suma utilidad hacia un enfoque para el manejo de recursos.

En el marco del estudio de la hidrodinámica del mar interior de Chiloé, el INPESCA ha desarrollado un modelo hidrodinámico regional tridimensional con variabilidad interanual ROMS (Regional Oceanic Modeling System) en su versión AGRIF (Penvel et al, 2006; Debreu et al, 2011; [www.romsagrif.org](http://www.romsagrif.org)) para el periodo

entre 1993-2013 y una modelación biofísica con el propósito inicial de abordar la problemática del desove y el asentamiento larval de *Mytilus chilensis* en esta región, que mostró una baja considerable en la colecta de semillas durante el año 2011.

La modelación biofísica es una herramienta poderosa y altamente utilizada para el estudio de la dispersión larval, que permite describir las trayectorias de huevos y larvas de la especie, y construir mapas espaciales de probabilidad de encontrar lugares con mayor asentamiento larval. Este tipo de modelación (biofísica) que acopla modelos hidrodinámicos con modelos biológicos, permite asimismo analizar la dispersión y la conectividad de partículas (huevos/larvas) entre centros de reproductores (desove) y los sectores de captación de semillas. La metodología del trabajo consideró una validación del modelo, donde se evaluó el desempeño del modelo hidrodinámico mediante la comparación con datos hidrográficos y de corrientes provenientes de perfiladores de sondas oceanográficas, realizados en cruceros CIMAR Firdos, correntómetros, mareógrafos y datos satelitales. Los resultados de la validación, muestran un modelo hidrodinámico capaz de reproducir patrones de variabilidad interanual, así como procesos más locales como corrientes y mareas dentro del mar interior de Chiloé.

En el estudio de esta compleja región, la modelación hidrodinámica comprendió dos dominios espaciales, el dominio padre de 4 km de resolución (periodo 1993-2013) y el dominio hijo anidado (periodo 2009-2013) de 1.5 km resolución espacial (Figura 1). Ambos modelos ROMS tienen una escala horaria, la batimetría utilizada proviene de ETOPO2, datos propios del Inpesca y cartas electrónicas del SHOA. Los forzantes atmosféricos de obtuvieron de NCEP2, las condiciones de borde e iniciales del producto ECCO, el forzante marea se obtuvo del modelo TPX07, así mismo se incluyó la descarga de agua dulce del río Puelo. De esta manera, el dominio padre incorporó la dinámica oceánica que afecta el comportamiento de las aguas del mar interior y por su parte, el dominio hijo fue capaz de reproducir procesos locales relacionados con la marea, la variabilidad hidrográfica y dinámica dentro del mar interior de Chiloé.



Figura 3: Muestras a piscicultura Petrohue de Camanchaca Salmones S.A.

El modelo biológico que se acopló al modelo hidrodinámico ROMS dominio hijo (2009-2013), corresponde a un modelo biológico basado en el individuo (IBM por sus siglas en inglés), con el fin de estudiar los patrones de dispersión de larvas de mitílidos originadas desde los bancos naturales situados en localidades de Metri, Pichicolo y Yaldad, en el sector nororiental y suroccidental del mar interior de Chiloé. El modelo ha permitido determinar la variabilidad de los procesos que afectan al asentamiento, de las larvas de *M. chilensis*, tanto en la escala intra-estacional como en la inter-anual. La configuración del modelo biofísico requirió de condiciones realistas, obtenidas de la literatura existente, principalmente asociadas al período de desove, su extensión temporal y sincronización, densidad y distribución espacial de estados de desarrollo larval, expresión vertical de la distribución larval, tiempo de permanencia en el plancton, tasa de sobrevivencia. Las larvas de mitílidos son transportadas por las corrientes marinas durante una ventana de tiempo llamada “duración larval pelágica” en donde las larvas sufren metamorfosis hasta alcanzar el desarrollo fisiológico para asentarse en un sustrato propicio. Dentro del modelo IBM, las corrientes a las que se someten las larvas provienen del modelo hidrodinámico ROMS. Los resultados de la modelación biofísica mostraron niveles importantes de retención larval en la región nororiental del mar interior de Chiloé (localidades de Metri y Pichicolo), y por contrario una mayor dispersión en el área suroccidental (Yaldad). Se evidenció una alta variabilidad interanual en los patrones de dispersión, con dos etapas divididas por el año 2011 cuando los patrones de dispersión cambiaron, aumentando las distancias de transporte y disminuyendo la retención de larvas en los sitios aledaños a los bancos naturales. Esta situación tiene un potencial impacto para el auto-reclutamiento de los bancos naturales y para la disponibilidad de larvas que son colectadas para sustentar la mitilicultura en el área de estudio.

Cabe destacar que Inpesca cuenta con las capacidades computacionales, mediante un Cluster computacional, para abordar temáticas de modelación, así como capacidades científico-técnico necesarias para satisfacer las demandas de estos estudios.

### APOYO TÉCNICO Y PRODUCTIVO EN LA ACUICULTURA

La realidad nacional frente a los niveles de producción de recursos hidrobiológicos durante los últimos 5 años, junto a las necesidades de disminuir la incertidumbre y encontrar soluciones operacionales, ha motivado al INPESCA a realizar la contribución de su conocimiento y metodología de trabajo hacia el sector acuícola. Este lineamiento está dirigido hacia la colaboración y asociación como elementos fundamentales para alcanzar las soluciones necesarias que permitan cumplir los objetivos productivos de la misma forma como el Instituto lo ha estado desarrollando en otras áreas productivas.

Entendemos que hoy el sector requiere una revisión a su regulación y una aproximación ecosistémica que permita definir productividad y disminuir las incertezas de los sectores donde opera, para esto hemos definido un programa donde se incorporan los ele-

mentos de investigación, soporte técnico, articulación con la autoridad y vinculación con la comunidad, con una visión de proyectos asociativos de mediano y largo plazo, realizando la contribución de aspectos como: modelamiento biofísico, para entender el grado de interacción de los diferentes productores, las descripciones de procesos y patrones costeros-oceánicos, que permitan reconfigurar áreas y proponer otros sectores de producción, así como también el apoyo de temas medioambientales y de caracterización indirecta de productividad, todo esto orientado hacia un soporte técnico que permita una regulación dinámica mas sustentable y segura. Aspectos que el Instituto de Investigación Pesquera puede y propone realizar con la misma visión de ser un referente técnico en materias donde el sector productivo se desempeña.

### Algunas de las actividades en Acuicultura:

- Realización de biotopos para la industria salmicultora: 3 centros de cultivo de Blumar en la Región de Aysén, para cumplir con los requisitos de relocalización de Concesiones Acuícolas. (Figura 2)
- Asesoría y muestreos a piscicultura Petrohue de Camanchaca Salmones S.A., para cumplimiento del estándar ASC en salmones. (Figura 3)
- Asesoría a la empresa Orizon S.A. en el área de acuicultura en la Región de Los Lagos, para su programación de certificación de estándar ASC mitilidos.
- Asesoría a la empresa Blumar S.A. y su estrategia de Sostenibilidad corporativa en ámbitos de Sustentabilidad del recurso.
- Programa colaborativo con la Universidad San Sebastián para actividades de Repoblamiento del Río Tubul en, comuna de Arauco. Convenio USS- Inpesca, en trámite.

Ante los nuevos escenarios legales que se han ido generando desde la creación de la Superintendencia de Medio Ambiente, el INPESCA ha ido de la mano con estas nuevas exigencias, contando ya con la autorización de la Superintendencia de Medio Ambiente como entidad técnica de fiscalización ambiental (ETFA), por lo tanto nuestro personal está autorizado como inspector ambiental ante esta entidad, pudiendo satisfacer las necesidades y/o requerimientos de la empresa ante estas nuevas exigencias legales y medioambientales. Además estamos en proceso de acreditarnos como ETFA en todo lo que se refiere a muestreo de diversos cuerpos de agua y sedimentos.

### Bibliografía

- Debreu, L., P. Marchesiello, P. Penven, and G. Cambon, 2011: Two-way nesting in split-explicit ocean models: algorithms, implementation and validation. *Ocean Modelling*, 49-50, 1-21.
- Penven P., L. Debreu, P. Marchesiello, and J.C. McWilliams, 2006: Evaluation and application of the ROMS 1-way embedding procedure to the central california upwelling system. *Ocean Modelling*, 12, 157-187.

# Toxicidad en el agua por metales en cultivo de peces

## Filtración, Floculación y Potencial Zeta en Recirculación

**SpaFish Austral**  
by Dinotec Chile Ltda.

Por Hernán Chacón C. - hchacon@dinotec.cl

### Introducción

Considerando que los efectos de cambio climático en nuestro país ya es una realidad, se reflejan en las condiciones de calidad de agua de agua dulce que son extremadamente variables e impredecibles, según sea su ubicación geográfica o geológica. Estos efectos cambian normalmente en cuanto a su caudal, volumen o disponibilidad del agua dulce sino que consigo trae cambios en su composición fisicoquímicos lo que nos trae grandes desafíos para desarrollar procesos y tecnologías capaces de tratar y acondicionar las aguas para la producción de cultivo de peces en la industria salmonicultura.

Teniendo en cuenta estos desafíos que nos entrega el cambio climático, nos obliga a una mejor administración del recurso agua, por esta razón Spafish Austral, ha desarrollado plantas de tratamiento de agua dulce preventivas de filtración por multicapas para recirculación con la finalidad de generar calidad de agua para la producción, mediante la aplicación de tecnologías Alemanas normadas. Es importante considerar que antes de iniciar un proceso de desinfección por Ozono y/o UV, es necesaria la estabilización y conservación de este recurso hídrico para el cultivo de peces salmónidos. Es un principio básico y elemental que normalmente no se considera dentro de la industria acuícola.

Dada la experiencia recabada en esta industria con distintas geografías, geologías y distintos climas con diversas calidades de AGUA, nos encontramos principalmente con dos grandes desafíos para el acondicionamiento de agua dulce (cruda sin tratamiento u alteración de su condición fisicoquímica es decir con condición natural desde su cause o abasto) en recirculación.

### Las aguas dulces crudas en causas de ríos o lagunas

**Planta de tratamiento primaria:** A nuestro juicio el primer gran desafío es corregir los errores técnicos tanto en diseño como en la operación de diversas tecnologías aplicadas para el tratamiento de agua cruda, como también el determinar claramente, que se entiende por recirculación en esta fase del tratamiento en este recurso o simplemente como proceder con sistemas o tecnologías básicas para un eficiente, correcto o simplemente definir el tratamiento adecuado según la condición fisicoquímica para la obtención de calidad de agua en reemplazo de la tasa de renovación del agua dulce en recirculación.

### Las aguas en recirculación en cultivo de peces que ya vienen con otra condición de tratamiento distinta al de agua fresca.

**En recirculación la calidad de agua ya viene saturada:** El segundo gran desafío, es el desarrollo de procedimientos técnico en complemento con tratamientos fisicoquímicos este último con agentes naturales para acondicionar las aguas en producción por recirculación en el cultivo de peces. Considero que precisamente esta agua, es sino el factor mas importante causante de patologías que obligan a un tratamiento sanitario por su alta toxicidad por contenido entre otros de amonio, nitrato y CO2 no precisamente en el agua, sino mas bien las concentraciones se producen en líneas hidráulicas, biofiltros, filtros rotatorios acumulados en el biofilm, las que nuevamente regresan directamente al cultivo de peces.

Por esta razón nuestra propuesta es efectuar dos procesos de tratamiento de agua diferentes en recirculación en una piscicultura, considerando que tendremos dos calidades de agua distintas a tratar en forma permanente y en ambos casos con distintos desafíos. Es un error considerar que solamente el agua podría contener altas concentraciones de metales.

### Error y experiencia en tratamientos de aguas crudas en Piscicultura.

Normalmente la calidad de agua cruda de río según sea las condiciones, geográficas, geológicas y climáticas, traerán en si una concentración de materia inorgánica en minerales o metales y materias orgánicas en forma natural que son indeterminadas, que requieren de estudios y análisis constantes y permanentes con la finalidad de modular y determinar las condiciones de agua de ingreso a la red de recirculación en el proceso de producción en el cultivo de peces, para ello se debe determinar un tratamiento previo que acondicione la calidad de agua requerida para renovar la tasa de reemplazo con agua sana, fresca, limpia, nítida, transparente y estables en su condición fisicoquímicas.

Para estos efectos es importante que se registre un historial del perfil fisicoquímico del agua cruda para análisis y estudio estadístico y evaluar su comportamiento.

Es aquí donde encontramos los primeros errores. Con sorpresa nos damos cuenta que normalmente en el mejor de los casos

cuando encontramos plantas de tratamiento con simples estanques de decantación y/o acumuladores, se logra una mejor calidad de agua cruda porque gran parte del particulado en suspensión inorgánicos e orgánicos han decantado, lo que permite disponer en principio de mejor calidad de agua.

Sin embargo, se aprecian errores comunes en los diseños hidráulicos y características tecnológicas de filtración mecánica de arena por multicapas en estos procesos primarios para el tratamiento de aguas crudas, donde normalmente se detectan focos de altas concentraciones de minerales como por ejemplo el cobre, fierro y este último mineral normalmente va de la mano con aluminio.

Generalmente el procedimiento habitual de tratamiento es pasar el agua del abasto por a estanques para posteriormente ingresar a filtros rotatorios, a continuación en algunos casos pasan el flujo de agua por unidades de ozono y UV, para precipitar el mineral, en un estanque de acopio para posteriormente finalizar con unidades de filtración mecánica por capas compuestas de cargas filtrantes con piedras de lecho de río o de lagos, arenas de cuarzo crudos o en algunos casos de filtración a base de piedras de río o lago, continuando posteriormente con el flujo hidráulico hacia la producción de cultivo de peces.

Por el momento aquí nos encontramos con un procedimiento técnico de flujo abierto ya que no existe la recirculación como tal disminuyendo considerablemente las posibilidades de estabilización o tratamiento preventivo de las aguas crudas y prepararlas para su ingreso a producción de cultivo como tasa de reposición. Esto es un gran error.

### FILTRACIÓN MECÁNICA POR CARGAS DE MULTICAPAS

Esta tecnología a nuestro juicio tiene gran incidencia en el resultado de la calidad de agua, considerando que al interior de estos cilindros de filtración generan un caldo de cultivo de bacterias difíciles de controlar y que se potencian con otras condiciones propicias conforme a las alteraciones fisicoquímicas que se producen por variación del pH, esta condición normalmente tiende a ser confundir el proceso de una filtración en su función de retención del particulado en suspensión, de no comprender el trabajo físico de las multicapas de distintas configuraciones, el total desconocimiento de las aplicaciones de operación de estas tecnologías y sus efectos por una mala u error operación en relación a sus consecuencias en el resultado final de la calidad de agua y en el bienestar sanitario en el cultivo de peces.



Carga filtrante cuarzo crudo

### ERROR EN PROCESOS DE DISEÑO DE TECNOLOGÍAS DE FILTRACIÓN

Normalmente nos encontramos con dos tipos de operación en tecnologías de filtración, como son las operadas por:

- Válvulas centrales de operación de seis vías
- Válvulas vías

A su vez también nos encontramos con dos tecnologías habituales de filtración en este mercado, como son las tecnologías de filtración por Esferas o cilíndricas en ambos casos pueden contener en su interior la misma cantidad o volumen de carga filtrante, pero con distintos resultados en la calidad de agua filtrada.



Filtro con 4 válvulas de vías incorrecto.



Unidades de filtración con tecnología avanzada.

### Proceso de Filtración por multicapas

La superficie más grande de un contenedor para tratamiento de agua, es por mucho, el filtro de arena. Por cada metro cúbico de arena evidencia el tratamiento de 3000 m<sup>3</sup>. Sin embargo se sabe hace años que las arenas de filtro representan un excelente caldo de cultivo para el crecimiento de bacterias. Arena filtrante recién cargada se llenará de bacterias de diversos tipos en el lapso de pocos días. En el intertanto las bacterias producen alginatos (po

límeros orgánicos derivados del ácido algínico), una mucosidad producida para protegerse de influencias físicas y químicas externas. Estos “enlaces” se pueden generar ya dentro de los primeros 30 segundos de introducida la arena.

En general todas las superficies presentes en el ciclo se ven afectados por está bio-película o comúnmente llamado (biofilm) esto es debido a que con el tiempo el desarrollo de las mismas avanza y las hace cada vez más gruesa, resistentes y más estable. Esto provoca que los alginatos generados por las bacterias peguen los gránulos de arena entre sí, creando canales entre los granos y anulando la efectividad de los mismos. Este proceso es inevitable, y aunque se realicen numerosos retrolavados, los canales aparecerán un par de meses más adelante.

La unión de la arena por la biomasa bacteriana (alginatos polisacáridos) y su “canalización” permiten al *Cryptosporidium* (parásitos unicelulares) el paso a través del lecho de filtro, aunque el filtro de arena es el único mecanismo que puede detener el *Cryptosporidium*. Cuanto mas gruesa sea la biopelícula o biofilm, más descende el valor del pH al interior del biofilm. Esto tiende como consecuencia que en aguas no cloradas, como es en este caso, los iones de aluminio libres pasan a ser polímeros de aluminio altamente reactivos. La biomasa formada por bacterias puede representar hasta el 5% del peso total de la arena o carga filtrante.



Biofilm mineralizado

La mayoría de los problemas que afectan la calidad del agua, pueden ser atribuidos al biofilm formado en las paredes del cilindro de filtración y en la o las cargas de arena de la unidad de filtro. Un filtro de arena insertado correctamente, con los procesos de mantenimiento y operación como es el proceso post retrolavado el enjuague indicados generalmente por el fabricante funcionará bien pero, a pesar de todo la carga de arena seguirá proporcionando cierto



Saturación de biofilm filtro

riesgo, ya que la arena es un excelente hábitat para las bacterias. Se utiliza en algunos casos como filtro biológico lecho de arena fluidizado (cultivo de bacterias deseables) en el tratamiento de las aguas residuales o de producción en recirculación. Aquí se puede demostrar, que no se puede disolver cualquier bacteria de la carga filtrante, incluso realizando un enjuague a fondo del filtro. Por este motivo los países desarrollados como Alemania mantienen normas que establecen procedimientos técnicos de aplicación en tecnologías de filtración para el tratamiento de agua, donde claramente al tomar conocimiento de este proceder entenderemos porque el tratamiento para la calidad de agua eficiente, preventiva y en complemento con otras tecnologías como es la floculación optimizan resultados de calidad y sobretodo de sanidad del agua productiva.

En nuestro país aun no disponemos de norma que nos de alguna pauta u orientación de que metodología podemos emplear para mejorar nuestra capacidad de producción para el cultivo de peces salmónidos.

#### La alternativa a la utilización de arena de cuarzo cruda en filtros multicapas es la utilización de cargas filtrantes activas

Las cargas filtrantes activas, dificulta mucho más el desarrollo de colonias de bacterias, de modo tal que la contaminación media, es un millón de veces más baja que en los filtros de arena o cuarzo crudo.

Las bacterias crecen a una velocidad enorme, por lo que puede doblar la población dentro de 60 minutos ( $T=25^{\circ}\text{C}$ ). Eso significaría que una sola bacteria puede hacer crecer la población hasta 8 millones de bacterias en 24 horas y luego a las 48 horas se plantearía una biomasa de 140 Kg.! Especialmente cuando hay casos como en la piscicultura donde hay gran cantidad de alimento y materias fecales disponibles en el agua.

#### La floculación como complemento efectivo

El rendimiento de la filtración se puede mejorar en gran medida por la correcta selección de los agentes para la floculación eficiente. Esto permite que incluso se filtren los sólidos finos y las sustancias disueltas. El uso específico de los agentes de coagulación y floculación adecuados priva de nutrientes a las bacterias y por lo tanto se desacelera su proliferación.



Retención irregular

Muy eficiente es el uso de productos químicos para la eliminación de fosfato en la piscicultura. El objetivo primordial no es matar la bacteria, sino que la eliminación de sus nutrientes (fosfato

y oligoelementos) por medio de la utilización de productos químicos que eliminan los fosfatos y estén cargados positivamente y convertir estos nutrientes eliminados en precipitados insolubles. Dado que la carga filtrante activa, tiene una carga negativa, una función impecable y eficaz que está garantizada.

La combinación de carga filtrante activa es para prevenir el biofilm en el interior del filtro, en complemento la floculación para el retiro de las fuentes de alimento y productos des-fosfatizantes para el retiro de nutrientes del flujo de agua en recirculación, hace que prácticamente desaparezcan los cultivos de bacterias.

### Floculación y Potencial ZETA

**Que es el Potencial Zeta / Zeta Mixer (mezclador forzado) y ¿por que se utiliza para el tratamiento de calidad agua?**

El potencial Zeta se define como el potencial eléctrico que actúa sobre el plano de corte de una partícula. Cuando se suministra un voltaje a una solución con partículas dispersas, las partículas son atraídas por el electrodo de polaridad opuesta, acompañados de la capa fija y parte de la doble difusión.

El potencial en el límite entre la unidad, en el plano mencionado de corte, entre la partícula con su atmósfera iónica y el medio que lo rodea, se denomina **Potencial Zeta**.

El **Potencial Zeta**, es una función de carga de la superficie cargada de una partícula, cualquier capa absorbida en la interfase y la naturaleza y composición del medio en el que la partícula está suspendida.

La mayoría de los materiales cuando se sumergen en el agua presentan un potencial zeta. La mayoría de los contaminantes de agua desmineralizada, incluyendo la mayoría de los coloides, partículas, bacterias y fragmentos de bacterias, están cargados negativamente. Las cargas filtrantes se pueden modificar químicamente para dar lugar a un potencial zeta positivo.

Los elementos con potencial zeta positivo ofrecen ventaja muy importante, ya que remueven organismos muy pequeños cargados negativamente, muy por debajo del rango de micrones. El mecanismo para la eliminación, es la atracción electrostática, y es efectiva en el agua teniendo en cuenta agua ya tratada con floculantes naturales en la eliminación de Cu, Fe o Al, con rangos de pH 5-8.

En las porosidades activas que se ocupan por las partículas recogidas, disminuye la eficiencia de eliminación por medio de la atracción electrostática. En todo caso, la eficiencia del sistema nunca será menor que la efectividad de un filtro, claro esta, dependiendo de las características de sus cargas filtrantes y regulaciones de presión de entrada y de salida. Dado que la membrana es muy porosa, el área total de la membrana con un Potencial Zeta positivo es mayor que el área de retención efectiva del filtro. Por esta razón, la capacidad para la adsorción electrostática de partículas finas es muy alta.

El plano de corte se encuentra a una corta distancia de la superficie de la partícula. Las partículas y bacterias se encuentran fi-

namente distribuidos en el agua y están eléctricamente cargadas gracias a sus características iónicas y de bipolaridad.

El desarrollo de una carga neta en la superficie de la partícula influye en la distribución de iones de la región interfacial vecina. Esto provoca una concentración de iones de carga contraria a las partículas cerca de la superficie. Cada partícula dispersa en una solución se rodea de iones cargados con carga opuesta que se denomina capa fija.

Existen distintas composiciones de iones de polaridad opuesta, formando un área nebulosa. Así se crea una capa doble eléctrica en la región de interfase de partícula- líquido. Esta doble capa puede ser considerada como dos partes.

Una región interna que incluyen iones unidos fuertemente a la superficie y una región externa donde la distribución de iones se determina por un balance de fuerzas electrostáticas y movimiento térmico aleatorio. El potencial en esta región decae al aumentar la distancia desde la superficie, hasta que a cierta distancia se vuelve cero.

La turbidez del agua es como se definió anteriormente nada más que “una función directa de la densidad de voltaje (potencial zeta) entre las partículas en solución”. Si en el potencial zeta se ejerce energía mecánica (agitación, remoción, compresión, etc) se mueve el potencial zeta, de modo tal que un par de las partículas cargadas negativamente se vuelven positivas.

### Conclusiones

Cuando no se cuenta con personal idóneo o capacitado en procesos de mantención y de operación en sistemas de filtración mecánica por multicapas o simplemente el personal a cargo solo sabe como operar las válvulas de vías o la de centrales sin entender las consecuencias en la calidad de agua para el proceso productivo se tiene por reacción una contaminación cruzada por variación del pH y por ende liberación de metales desde el biofilm acumulados en paredes interiores como las cargas de los cilindros de filtración, líneas hidráulicas, biofiltros, este último también errores en su operación y en los SRA.

### Bibliografía

- Chacón, H Enríquez R, SpaFish Austral**, Tratamiento de agua por recirculación para la floculación y control del pH, en forma automatizada en agua de cultivo para peces salmónidos, Versión Diferente, 2012 año 9, N° 16: pg, 26 – 27.
- Chacón, H, SpaFish Austral**, Tratamiento preventivo de agua por floculación hidráulica, Versión Diferente 2014 año 11, N°20: pg, 38 – 40.
- Chacón, H. Pessot, C, Spafish Austral**, Aplicación de floculante hidráulica y mecánica como alternativas de estabilización y corrección de la calidad de agua para la industria acuícola en Chile. Versión Diferente 2014 año 11: N° 21, pg, 42 – 45.
- Chacón, H, Pessot, C, SpaFish Austral**, Pretratamiento y estabilización para la calidad del agua en sistemas de recirculación con tecnología Oxy Ozono, 2014 : año 11, N° 21 , pg 50 – 55.
- Chacón, H, SpaFish Austral**, Reducción del biofilm por floculación hidráulica, Versión Diferente 2015 año 12: N° 23, pg 102–103.
- Chacón, H, SpaFish Austral**, Floculación hidráulica por recirculación, Versión Diferente, 2016, año 13: N°24, pg 100–103.



# 7PLAGAS

Pest Control



*Matamos por Encargo...*

## SERVICIOS

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



Fono Fax (65) 2 253203 / 2 480625 Cel. 6830 1662 / 6830 1647

Av. Presidente Ibáñez 352 - Puerto Montt

Info@7plagas.cl - www.7plagas.cl



Empresa certificada ISO 9001:2008

Empresa acreditada SAG

Contamos con Seguro de Responsabilidad Civil

Temuco Valdivia Osorno Puerto Montt  
Chiloé Coyhaique Puerto Aysén

# UTILIDAD POR VENTA DE BIENES INMUEBLES

## La transformación de estar exento a estar exento con tope y condiciones ¿Qué es lo que ha cambiado?



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

Utilidad por venta de Bienes inmuebles, la transformación de estar exento a estar exento con tope y condiciones. ¿Qué es lo que ha cambiado?

Para aclarar este artículo y no llevar a la confusión hablaremos sólo de personas naturales, esto debido que para las empresas la explotación de bienes raíces está siempre afecta a impuesto renta, pero para las personas naturales que no se dedican a la comercialización de estos, se ha generado un cambio que nos sitúa en una posición distinta.

Antes de la implementación de la reforma se tenían dos escenarios respecto de la tributación en la comercialización de bienes raíces al obtener una utilidad por la venta:

- La regla general era que para las personas naturales el mayor valor era un ingreso no renta, por lo cual no estaba afecta a impuesto, siempre que entre la fecha de compra y venta del bien raíz pase más de un año y la venta no se efectúe entre relacionados (Se entiende relacionado cuando se posee más del 10% de participación en sociedades o de acciones).
- Para las personas que tenían incluidos estos bienes en sus contabilidades cancelaban el impuesto de primera categoría y global complementario o adicional según correspondía.

Hoy, esto ha cambiado, ahora la regla general es que el mayor valor (utilidad) en la enajenación de bienes raíces es renta, pero si cumplen ciertos requisitos esta ganancia no pagará impuesto hasta el tope de 8.000 UF (MM\$210), beneficio para cada persona por todas las operaciones efectuadas por esta.

### REQUISITOS:

Los siguientes Requisitos se deben cumplir

- No determinar impuesto de primera categoría
- Restricción en el plazo de venta, 1 año o 4 años en el caso de subdividir el terreno.
- Que el comprador no sea relacionado, la reforma agrega en esta condición a cónyuge, padres, abuelos, hijos y nietos.

### MAYOR VALOR SUPERA LAS 8000 UF

Si cumpliendo los requisitos y el mayor valor obtenido supere las 8000 UF de la o las ventas se pagará un impuesto de acuerdo a lo siguiente:

- Las personas con residencia en Chile podrán elegir pagar impuesto global complementario en el periodo percibido, en el año que se devenga con la posibilidad de reliquidar el pago hasta por 10 años, o bien un impuesto único del 10% sobre base percibida .  
Las personas sin residencia en Chile, impuesto adicional tasa 35%.

### NO CUMPLEN REQUISITOS DE EXENCION

De no cumplir alguno de los requisitos, el mayor valor obtenido queda afecto a:

- Personas con Residencia en Chile:
  - Impuesto de Primera Categoría 25% año 2017 e Impuesto Global Complementario con tasa que puede llegar al 35% según sea tramo.
- Personas sin Residencia en Chile:
  - Por relacionado o venta antes del plazo (1 o 4 años): Impuesto adicional 35%, con la opción de elegir sobre base percibida o devengada.
  - Determina Impuesto de Primera Categoría regimen general: Impuesto de Primera Categoría 25% año 2017 e impuesto adicional tasa 35%.

### DETERMINACION MAYOR VALOR:

Al valor de venta del bien se debe descontar una de las siguientes opciones de determinación de costo:

- Costo corregido por variación del IPC más las mejoras que se han informado al servicio de Impuestos Internos.
- Avalúo fiscal al 01/01/2017 corregido por IPC.
- Tasación informada al SII hasta el 30 de Junio 2016.

### PREGUNTAS A LA HORA DE VENDER:

Antes de vender es necesario conocer en que situación nos encontramos para saber que impuestos podrían afectar la operación, generando un impacto en los flujos esperados.

*¿Cumpló todos los requisitos para que el mayor valor de la venta sea ingreso no renta?*

*¿Es preferible vender este año o el próximo?*

*¿Tiene alguna incidencia en el precio de venta los impuestos?*

*¿Me afecta tributariamente si le vendo mi propiedad a un familiar?*

*¿Qué otros ingresos percibe en el año la persona que vende?*

*¿En que fecha compré la propiedad?*

La Reforma Tributaria, (Leyes N° 20.780 y N° 20.899)



# Gestión Sanitaria en Acuicultura y producción intensiva de recursos hidrobiológicos

## UN NUEVO CAMPO PROFESIONAL PARA LA MEDICINA VETERINARIA EN EL PERÚ

Autor: Dr. Juan Battaglia Aljaro DMV

(Presentación en el marco del XXII CONCIVET 2016 HUANUCO PERÚ, organizado por el Colegio Médico Veterinario del Perú y el Colegio Médico Veterinario Departamental Huánuco. 7-9 Septiembre 2016, Huánuco, Perú).



### Resumen

La actividad de los cultivos acuáticos de peces, moluscos y crustáceos, a partir de mediados del siglo pasado se ha venido planteando como la fuente más sustentable de obtención de proteínas para la alimentación humana, es la Acuicultura la actividad pecuaria que ha mostrado el mayor dinamismo en los últimos 30 años, situación no ajena a la realidad del Perú.

El desarrollo de la acuicultura local ha sido grande en estos últimos 10 años, sin embargo esta actividad requiere hoy la incorporación de profesionales que se encarguen de los nuevos desafíos que ella plantea, básicamente Sanidad e Inocuidad, aquí es donde los Médicos Veterinarios disponen de un campo de desarrollo importante en esta no tan nueva "Producción Animal". Así el campo de acción profesional que ofrece la acuicultura hoy en el Perú a las nuevas generaciones de veterinarios es grande pero requiere el replantear los modelos curriculares y la inclusión de temas vinculados a la acuicultura, de manera de garantizar formalmente que el futuro Médico Veterinario que se titula de las universidades peruanas posee entre sus capacidades y competencias conocimientos teóricos prácticos como para formar parte de los grupos y equipos profesionales que tradicionalmente han estado cerca de esta industria, inicialmente concebida como una actividad productiva de traspatio pero que hoy representa especialmente en el caso de comunidades como las del norte, las de la costa, de la sierra y del Alto Andino, una fuente importante de ingresos.

Sin embargo el desarrollo de la acuicultura en el Perú no ha sido ordenado y es hoy cuando el sector ha visto y dimensionado la importancia de la sanidad e inocuidad, condiciones que deben ser garantizadas profesionalmente para poder entregar un producto de calidad tanto al mercado nacional como al internacional.

Este trabajo revisa algunos de los desafíos y proyecciones para los Médicos Veterinarios formados en las universidades peruanas, en el ejercicio profesional de la carrera en este campo productivo de interés nacional.

### Acuicultura en el Perú

La Acuicultura se está convirtiendo en una actividad de desarrollo importante para el Perú con un crecimiento del 20% anual. Sus niveles de producción fueron estimados en alrededor de 125.000 toneladas anuales en el 2015, se estiman en alrededor de 125.000 toneladas anuales en el 2015, por sobre las 115.000 del 2014 (tabla 1), cifras oficiales últimas que son entregadas por el PRODUCE, Ministerio que vela por los intereses pesqueros y acuícolas del país.

Las proyecciones de crecimiento estimadas para el año 2015 señalan que los niveles de cosecha podrían encontrarse entre las 125 y 135 mil toneladas y las tendencias de desarrollo y crecimiento se estarían enfocando a la piscicultura marina, el crecimiento de la acuicultura amazónica, el fortalecimiento de los

cultivos de trucha arco iris, el mejoramiento de los sistemas de sanidad y la inserción del enfoque ecosistémico en la acuicultura.

**Tabla 1.** Perú: Producción acuícola 2010-2015, (PRODUCE 2016).

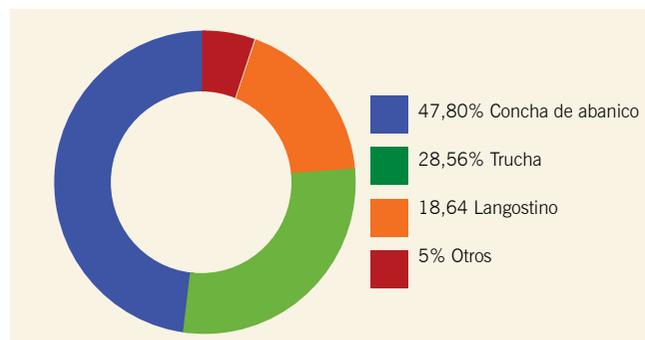
Ambito/ Especies	2010	2011	2012	2013	2014	2015 (*)
Total	89.021	92.201	72.293	125.693	115.269	125.000
Continental	17.320	23.609	29.546	40.068	38.683	47.000
Marítimo	71.701	68.592	42.747	85.625	76.586	78.000

(\*) Estimado

Las especies más representativas de la actividad acuícola peruana corresponden de mayor a menor volumen de producción a Conchas de Abanico, Peces (específicamente Truchas) y Langostinos (figura 1), además de otras especies de interés como emergentes o para cautivar con productos nuevos a otros mercados, destacándose en el caso de Perú especies como: Paco, Gamitana, Tilapia y Paiche.

Esta industria ofrece una fuente de empleo directo e indirecto a más de 82.000 personas aproximadamente.

El Perú, ofrece muchas ventajas comparativas para el desarrollo de la acuicultura, con una extensión superficial de 2.238.566 km<sup>2</sup>, de los cuales 927.536 km<sup>2</sup> corresponde a la superficie marítima, 1.285.216 km<sup>2</sup>, 3,080 km de litoral marino, dos corrientes marinas importantes con una alta productividad natural, 0,87% de la superficie terrestre, 3,5 % de las aguas dulces del mundo, representa ser un país mega diverso con diferentes climas, gran diversidad de especies marinas y dulceacuícolas.



**Figura 1.** Perú 2014: Cosecha de recursos hidrobiológicos procedentes de la actividad de acuicultura según especie (PRODUCE 2016).



Además el Perú, pese a los colapsos de las pesquerías tradicionales, situación de la que ningún país pesquero se salva, sigue siendo uno de los principales productores mundiales de materias primas de alto valor para la acuicultura como lo son harina y aceite de pescado. Además de disponer de condiciones administrativas y políticas de fomento del intercambio comercial con grandes consumidores de estos productos favorecido por un auge económico y varios TLC para la promoción de inversionistas y el comercio.

Si bien se estima que para el 2015 la producción acuícola del Perú supere las 130 mil toneladas, hay situaciones aun no resueltas que son piedra angular en el desarrollo de acuiculturas y que con la experiencia de otros países tradicionalmente acuicultores y las condiciones de globalización actuales se den en un futuro.

### Situación sanitaria global y nacional

Según proyecciones de la FAO, la acuicultura crecería a un ritmo de 8% anual en los próximos años, sin embargo junto con el enfoque de sustentabilidad señala como importante la sanidad de las producciones y es así como hoy no se habla de sanidad animal y salud humana por separado, utilizando un nuevo concepto apadrinado y desatacado por la OIE (Organización Mundial de la Sanidad Animal) y compartido además por la OMS (Organización mundial de la Salud) "ONE HEALTH", es decir una sola salud que partiendo desde los animales cubre también las necesidades de las personas en términos de inocuidad y sanidad de los recursos alimentarios, incluyendo en estos a los recursos hidrobiológicos provenientes de la acuicultura.

Debido principalmente al carácter intensivo de los sistemas de producción acuícola que involucra la mantención en confinamiento de altas densidades poblacionales, las enfermedades infecciosas representan una amenaza permanente para esta industria. Se estima que no menos del 10% del total de los animales acuáticos cultivados en el mundo se pierden directamente como efecto de diversas enfermedades infecciosas ocasionadas por parásitos, bacterias, virus y hongos.

Este incremento deberá ser soportado básicamente mediante aumento en la productividad y en tal sentido, el control y prevención de enfermedades mediante el uso de vacunas representa una herramienta de cardinal importancia.



El uso de antibióticos y otros productos antimicrobianos son de indudable ayuda para el control de algunas enfermedades pero existen muchos problemas asociados al desarrollo de resistencia a estas drogas. Adicionalmente, no existe una quimioterapia efectiva para las infecciones virales y el uso de antimicrobianos en acuicultura está siendo cada vez más restringido por las autoridades sanitarias en los países desarrollados.

A nivel local, en la economía peruana, las autoridades gubernamentales sostienen que esta actividad es hoy en día prioritaria en términos de representar un polo de desarrollo tanto económico como social, y tanto es el interés, que se ha planteado todo un plan nacional de diversificación acuícola, iniciativa que se enmarca en el Plan Nacional de Diversificación Productiva, con el objetivo de sentar las bases para el desarrollo sostenible y el despegue de la acuicultura (figura 2).

- Control de enfermedades, riesgos biológicos e impacto.
- Consideraciones de inocuidad hacia mercados locales e internacionales.
- Incremento de costos en alimentos, insumos y fungibles.
- Mercado de commodities.
- Precios internacionales de los productos.
- Medidas de sostenibilidad.
- Requerimientos de capital importantes.
- Industria relativamente joven que necesita experiencia y manejo.
- Información
- Normatividad y formalización de los sistemas productivos.

Figura 2. Acuicultura en el Perú, retos y desafíos para lograr la competitividad (ítems en rojo: directa relación con la formación Médico Veterinaria).

En los últimos años, los profesionales médicos veterinarios han sido observadores de este desarrollo, sin embargo a nivel de los productores hoy se requiere de la incorporación de veterinarios en ejercicio profesional a este campo, hoy no basta con solo producir sino que se requiere incrementar la eficiencia de los sistemas productivos incorporando elementos exclusivos de la formación veterinaria a esta actividad cubriendo campos que dicen relación con la sanidad, la nutrición, el manejo y la sustentabilidad de la actividad entendiendo a la acuicultura como una producción animal más, que pone a disposición de la sociedad peruana e internacional productos de origen animal de excelente y certificada calidad sanitaria.

## Formación de Médicos Veterinarios para la Acuicultura del Perú

Las universidades tradicionales y privadas ya han comenzado a generar apoyo a la industria, sin embargo al interior de las mallas curriculares se deberán ya incorporar cursos de formación general en los temas de la acuicultura e incorporar en los ya existentes sobre todo de la línea de la sanidad y patologías capítulos relacionados a las enfermedades, la nutrición la farmacología y la sanidad de las producciones de recursos hidrobiológicos especialmente relativos a peces como: Truchas, Tilapias, Paiche, Paco y Gamitana entre otros, como también a Langostinos, Conchas de Abanico y otras nuevas especies incluyendo a los peces y otros animales acuáticos de interés (figura 3).

Temáticas Veterinarias para la Acuicultura en el Perú	Enfoque
Acuicultura en el Perú, proyecciones y requerimientos técnicos.	Gestión/análisis
Aspectos generales de las patologías en Acuicultura	Teórico/práctico
Técnicas básicas de laboratorio y normatividad sanitaria	Teórico/práctico
Principales enfermedades de las especies cultivadas	Práctica/gestión
Epidemiología de las enfermedades más frecuentes	Gestión/análisis
Anatomía patológica y necropsia de recursos hidrobiológicos	Gestión/práctico
Tratamiento y aplicación de terapias contra enfermedades	Gestión/operativo
Bioseguridad en planteles	Gestión/operativo

Figura 3. Temáticas veterinarias a incluir en mallas curriculares tradicionales para la formación de Médicos Veterinarios orientados a la Acuicultura del Perú.

Para el Perú y para los profesionales médicos veterinarios vinculados a esta industria, la acuicultura se muestra en el futuro como un amplio campo de desarrollo profesional, más aun cuando la idea para el futuro de la acuicultura es obtener productos inocuos, se deben reconsiderar técnicamente los manejos y presiones con que manejamos nuestros sistemas de producción, para evitar malas prácticas y el uso de productos “no amigables” y hacer sostenible la industria, en otras palabras se requieren profesionales capaces de administrar la Gestión Sanitaria.

Finalmente el desafío a los futuros Médicos Veterinarios de la acuicultura del Perú es grande y dice relación con que la formación Veterinaria entre otras responsabilidades colabora en el objetivo global de alimentar el mundo, para lo cual hay muchas opciones, siendo la Acuicultura una de ellas, pero esta debe ser hecha de una manera profesional, formal, responsable, sustentable y en armonía con el medio ambiente.



# Aumente su productividad optimizando su bodega

Productos adaptados a las normas vigentes en cualquier parte del mundo

**Presencia en más de 70 países**

11 Centros productivos

**6 Centros Tecnológicos**



Racks  
Compactos  
**ALIFRUT**  
Quilicura



# MECALUX



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

Cerro San Luis, 9989, Bodega 21 - Quilicura, Santiago - Fono (56-2) 2827 6000 | [comercial@mecalux.cl](mailto:comercial@mecalux.cl)

**50 años de experiencia ofreciendo soluciones de almacenamiento**

Racks para palets | Racks para picking | Soluciones automáticas para pallets y cajas | Software de gestión de bodegas Easy WMS



ENVASES IMPRESOS  
ROBLE ALTO

# Innovación

Impresión - Precisión - Producción - Medioambiente



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