

Distribución Gratuita
Consérvela

Año 13 N°24 2016

revista

versión[®] diferente

Salmón-Acuícola

ACTUALIDAD INFORMATIVA



Amebiasis Branquial · SRS · Metales Pesados en Pisciculturas

Cultivo Bacalao, Machas, Micro–Macro Algas

Oceanografía del Golfo de Arauco · Programas CORFO-SERCOTEC

Investigaciones de importantes 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
servicioalcliente@saamsa.com
600 600 7226



 **saam**[®]
DONDE NOS NECESITE



Año 13 - Nº 24
1º Semestre 2016

Distribución Gratuita a nivel Nacional
Semestral - 3.000 unidades

EDITORES

Opción Comunicaciones
Cel: +56 9 9443 3504 +56 9 9443 3076
opcionaraya@tie.cl
publicidad@opcionaraya.cl

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Verónica Etcheverry Riquelme
verdisgraf@gmail.com

FOTOGRAFÍAS PORTADA

Gentileza de:

- Gonzalo Gajardo, ULAGOS
- Pharmaq
- Osvaldo Cerda, UCN
- Marcus Sobarzo, UDEC
- Alfonso Gutierrez, ULAGOS

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

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

Una Producción de:

opción[®]
comunicaciones

SU MEJOR OPCION EN PUBLICIDAD

**Porque somos diferentes,
publique con nosotros**

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

Avisadores

7 Plagas	104
Aqua Servive	4 / 5
Corrupac	39
Efecto Visual	25
Fish Store	59
Mecalux	T3
Opción Comunicaciones	41
Roble Alto	15
SAAM	11
Surlux	T4
Terramar	38
VeHiCe	14

Contenidos

Indice de Universidades	02
Editorial	03
Ferias Internacionales	04
Fases Lunares	05
Ferriados Internacionales	06
Mareas Puerto Montt	07
Mareas Puerto Chacabuco	09
Amebiasis Branquial	13
I+D evaluando la nueva vacuna atenuada SRS.	22
Programa de fomento productivo para la Industria de los mitífidios	70
Sociedad Chilena de Ciencias del Mar	74
Floculación Hidráulica en Recirculación	100
Hoja de Ruta programa estratégico regional para la Industria de la Mitilicultura.	105

Índice de Universidades

SUS ESTUDIOS E INVESTIGACIONES

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

Biorremediación aplicada a los antiparasitarios empleados para el control del Piojo de Mar 16

Dirección de Investigación y Desarrollo 46

Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos De Altas Latitudes (IDEAL): Respondiendo a los desafíos del cambio global en los mares del sur 47

Instituto de Acuicultura - Sede Puerto Montt 51

UNIVERSIDAD DE CHILE

Selección de enzimas de restricción para la detección específica de *Piscirickettsia salmonis* por 16S rDNA PCR-RFLP 40

Avances en Chile en el cultivo de Bacalao del Atlántico (*Gadus morhua*) 56

UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE

Uso eficiente de marcos estimadores de biomasa para el control de peso y crecimiento de Salmón del Atlántico (*Salmo salar L.*) en centros marinos 26

Desarrollo de una tecnología para el repoblamiento de la macha (*Mesodesma donacium*) y su seguimiento post-siembra 61

Red nacional de Estaciones de Autoatención (VISAMÁTICOS) para la acreditación de origen y visación de recursos pesqueros artesanales 66

UNIVERSIDAD DE CHILE - UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Doctorado en Acuicultura 60

UNIVERSIDAD DE ANTOFAGASTA

Alpha Desert- Biofertilizante de origen Microalgal 42

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

Los linfocitos T CD4+ de Salmónidos 34

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

Avances en el estudio oceanográfico del Golfo de Arauco 79

Centro de Microscopía Avanzada: Apoyando la investigación en acuicultura a través de microscopía láser de última generación 82

Polyastax: Mejoramiento genético vía poliploidización artificial de la microalga *Haematococcus pluvialis* para aumentar la productividad de Astaxantina 84

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO

Metales Pesados en Pisciculturas de La Araucanía, Chile 30

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA

Centro de Excelencia en Investigación Biotecnológica Aplicada al Medio Ambiente 55

UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS

Desarrollo de tecnologías de cultivo y repoblamiento de *Durvillaea antarctica*, "cochayuyo": Implicancias para la diversificación de la acuicultura y manejo de poblaciones naturales 88

Laboratorio de Servicios de Análisis en Acuicultura 93

El Crustáceo *artemia*: Más que una dieta viva para larvicultura de peces marinos 94

UNIVERSIDAD ARTURO PRAT

La UNAP aporta al desarrollo sustentable de la acuicultura en la región de Los Lagos 97



Con el objetivo de seguir enriqueciendo nuestros contenidos en materia de investigación, seguimos manteniendo el cambio de fecha de publicación, siendo para esta edición Primer Semestre 2016. De esta manera damos más tiempo a nuestros panelistas, proveedores e investigadores que publiquen sus más recientes productos y servicios, además de proyectos de investigación más recientes. 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 primer semestre 2016, traemos artículos de investigación relacionados con la salmónica, mitilicultura,

micro-macro algas, nuevas especies, estudios oceanografía, tecnología y asesoramiento entre otros temas de interés.

Continuamos en la senda de buscar temas relevantes en investigación para la industria salmón-acuícola y para el desarrollo de una acuicultura sustentable y viable en el tiempo. Para lo cual hemos incluido los siguientes temas de interés: Amebiasis Branquial; Biorremediación en Piojo de Mar; Estudios de Biomasa; Metales Pesados en Piscicultura; Cultivo Bacalao; Micro-Macro Algas; Estudio Oceanográfico del Golfo de Arauco; Tecnología en Machas; Floculación Hidráulica; Programas de estrategias y asesoramiento en la Industria de Mitílicos SERCOTEC-CORFO; entre otros de interés.

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 2º Semestre 2016.

**(09) 9 443 3504 - (09) 9 443 3076 - opcionaraya@tie.cl - publicidad@opcionaraya.cl
www.opcioncomunicaciones.cl**

Ferias Internacionales 1º SEMESTRE 2016

ENERO

Global Seafood Market Conference
Internatinal Miami Hotel
 19 al 21 de Enero, Florida - USA

20th edition India Internacional Seafood Show
 22 al 24 de Enero, Chennai - India

The 2nd International Conference Innovation in Feeling Technologies and Comercial Fish Farming 26 al 28 de Enero, Moscú - Rusia

Global Seafood Market Conference 27 al 29 de Enero, Las Vegas - Nevadas - USA

FEBRERO

Sea Web Seafood Summit
 01 al 03 de Febrero, St.Julian - Malta

Fish International 14 al 16 de Febrero, Messe Bremen - Germany

Fish China New China International Exhibition Center 18 al 20 de Febrero, Beijing - China

67th Annual Pacific Fisheries Technologists Conference 21 al 24 de Febrero, Blaine - Washington - USA

Aquaculture 2016 (All in for Aquaculture)
Paris Hotel and Convention Center 22 al 26 de Febrero, Las Vegas - Nevada - USA

MARZO

North Atlantic Seafood Forum Conference
Radisson Blu Royal Hotel 01 al 03 de Marzo, Bergen - Norway

Seafood Expo - Seafood Processing North America 06 al 08 de Marzo, Boston - Massachusetts - USA

ABRIL

Seafood Expo Global - Seafood processing Global 26 al 28 de Abril, Brussels - Belgium

APA Asia Pacific Aquaculture 2016
 26 al 29 de Abril 2016, Surabaya - Indonesia

MAYO

SIAL China - Shanghai New International Expo Centre Hall 05 al 07 de Mayo, Shanghai - China

7th World Fisheries Congress
 23 al 27 de Mayo 2016, Busan - South Korea

Aquaculture UK 2016

Macdonald Aviemore Highland Resort
 25 al 26 de Mayo, Scotland - United Kingdom

World of Seafood

25 al 29 de Mayo, Bangkok - Thailand

JUNIO

Meaf Middle East Aquaculture Forum 2016
 02 al 04 de Junio, Izmir - Turkey

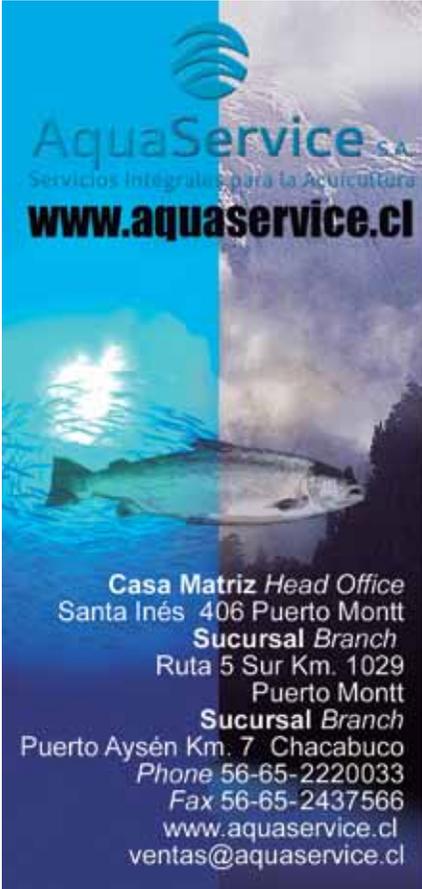
17 th International Symposium on Fish Nutrition and Feeding Conference 05 al 10 de Junio, Idaho - USA

7th World Fisheries Congress Challenge to Sustainable Fishinries and Safe Seafoods
 06 al 11 de Junio, Busan - Korea

Aquavision

13 al 15 de Junio, Stavanger - Norway

International Conference of Fish & Shellfish Immunology 26 al 30 de Junio, Portland - USA



AquaService S.A.
 Servicios Integrales para la Acuicultura
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
ventas@aquaservice.cl



arriendos

a. Generadores
 Desde 3 kva hasta 750 kva
 b. Packs hidráulicos
 c. Mesas conteo
 d. Embarcaciones
 Motores fuera de borda
 e. Contador de peces
 f. Luces fotoperiodo
 g. Cámaras submarinas
 h. Selecciónadoras
 Desde 1 gr hasta 10 kilos
 i. Compresores de tornillo
 j. Columnas de oxigenación
 k. Alimentadores de tornillo
 l. Bombas para Peces
 Desde 1 gm hasta 3 kilos

Consulte por otro tipo de equipamiento

Fases Lunares 1º SEMESTRE 2016

	 NUEVA	 CRECIENTE	 LLENA	 MENGUANTE
ENERO	09 21:31 hrs	16 19:26 hrs	23 21:46 hrs	02/31 01:30 hrs / 23:28 hrs
FEBRERO	08 10:39 hrs	15 03:46 hrs	22 14:20 hrs	—
MARZO	08 21:54 hrs	15 13:03 hrs	23 08:01 hrs	01/31 19:11 hrs / 11:17 hrs
ABRIL	07 07:24 hrs	13 23:59 hrs	22 01:24 hrs	29 23:29 hrs
MAYO	06 15:30 hrs	13 13:02 hrs	21 17:14 hrs	29 08:12 hrs
JUNIO	04 23:00 hrs	12 04:10 hrs	20 07:02 hrs	27 14:19 hrs

En hora Oficial de Chile Continental, Z + 4

Gerente 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
Estánques
Fibra de Vidrio
Acero Inoxidable

División Plásticos
Fono 65-2-437545
Santa Inés 406
Puerto Montt

SERVICIOS
HDPE-Termofusión
Arriendo de Equipos
Mecánica
Oleo-hidráulica
Mantenimiento Industrial

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



materia prima para el uso responsable de todos

www.aquaservice.cl Info@aquaservice.cl 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
www.qppstudio.net
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 Canadá		●				
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 1º SEMESTRE 2016

Enero						Febrero						Marzo					
DIA	HORA H. M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H. M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H. M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H. M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H. M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H. M.	ALTURA METROS
01	0556	4.94	16	0555	5.61	01	0047		01	0546	4.48	16	0142	2.27			
V	1220	2.49	S	1218	1.71	L	0651	4.41	M	0812	4.73	M	1152	2.91	MI	0802	4.67
	1845	4.74		1836	5.46		1304	2.92		1426	2.45		1823	4.64		1411	2.60
							1952	4.61		2059	5.29					2039	5.16
02	0053	2.82	17	0051	2.08	02	0221	3.14	17	0345	2.30	02	0054	3.11	17	0328	2.23
S	0702	4.66	D	0702	5.23	M	0822	4.27	MI	0958	4.80	MI	0702	4.21	J	0948	4.80
	1325	2.67		1325	2.02		1426	3.02		1605	2.36		1300	3.15		1553	2.46
	1959	4.69		1950	5.35		2112	4.73		2227	5.57		1950	4.58		2209	5.40
03	0216	2.88	18	0214	2.26	03	0355	2.96	18	0506	1.91	03	0244	3.12	18	0446	1.87
D	0821	4.54	L	0827	5.00	MI	0950	4.37	J	1116	5.19	J	0853	4.20	V	1100	5.22
	1439	2.71		1447	2.18		1547	2.89		1716	2.01		1445	3.15		1702	2.05
	2110	4.81		2114	5.42		2217	5.02		2332	6.00		2124	4.77		2312	5.79
04	0336	2.74	19	0348	2.17	04	0456	2.61	19	0602	1.46	04	0416	2.78	19	0539	1.45
	1545	2.60		1611	2.09	J	1052	4.64	V	1209	5.63	V	1019	4.50	S	1149	5.65
L	0935	4.60	M	0958	5.05		1647	2.61		1808	1.62		1614	2.83		1750	1.63
	2208	5.05		2232	5.72		2307	5.42					2233	5.19		2358	6.16
05	0435	2.49	20	0506	1.84	05	0541	2.19	20	0020	6.40	05	0511	2.27	20	0620	1.12
M	1033	4.79	MI	1114	5.34	V	1140	5.01	S	0645	1.10	S	1114	4.96	D	1228	5.99
	1636	2.41		1720	1.82		1735	2.23		1251	5.97		1712	2.33		1830	1.30
	2254	5.35		2336	6.11		2351	5.86		1850	1.32		2325	5.73			
06	0520	2.18	21	0606	1.44	06	0621	1.71	21	0100	6.66	06	0555	1.69	21	0036	6.41
MI	1119	5.02	J	1212	5.70	S	1222	5.41	D	0722	0.88	D	1158	5.49	L	0655	0.91
	1719	2.17		1815	1.51		1819	1.80		1327	6.18		1759	1.74		1301	6.21
	2334	5.67								1927	1.16					1905	1.10
07	0600	1.87	22	0028	6.48	07	0032	6.30	22	0134	6.76	07	0010	6.28	22	0109	6.52
J	1200	5.28	V	0654	1.11	D	0700	1.25	L	0755	0.82	L	0636	1.12	M	0726	0.83
	1758	1.92		1259	5.99		1302	5.80		1358	6.25		1240	6.01		1331	6.31
				1900	1.29		1901	1.39		2000	1.13		1844	1.17		1937	1.02
08	0012	5.99	23	0112	6.72	08	0113	6.67	23	0205	6.72	08	0054	6.75	23	0140	6.51
V	0637	1.56	S	0736	0.93	L	0739	0.86	M	0825	0.89	M	0716	0.63	MI	0754	0.88
	1238	5.53		1340	6.16		1342	6.14		1428	6.19		1320	6.46		1359	6.30
	1836	1.67		1941	1.18		1943	1.05		2030	1.22		1927	0.70		2006	1.05
09	0050	6.28	24	0150	6.80	09	0154	6.93	24	0234	6.55	09	0136	7.07	24	0209	6.39
S	0715	1.28	D	0813	0.90	M	0818	0.59	MI	0852	1.06	MI	0756	0.31	J	0821	1.02
	1317	5.75		1416	6.19		1422	6.38		1455	6.06		1401	6.77		1426	6.20
	1915	1.45		2017	1.21		2025	0.82		2059	1.39		2009	0.41		2034	1.17
10	0128	6.50	25	0224	6.72	10	0235	7.02	25	0302	6.30	10	0218	7.18	25	0237	6.19
D	0754	1.05	L	0847	0.99	MI	0858	0.47	J	0918	1.30	J	0836	0.21	V	0846	1.24
	1356	5.91		1449	6.09		1502	6.48		1522	5.86		1441	6.89		1452	6.05
	1956	1.29		2050	1.35		2108	0.76		2127	1.62		2052	0.34		2102	1.36
11	0207	6.63	26	0256	6.53	11	0316	6.92	26	0329	5.98	11	0300	7.04	26	0305	5.92
L	0833	0.92	M	0917	1.19	J	0938	0.54	V	0944	1.59	V	0916	0.33	S	0912	1.52
	1436	6.01		1520	5.91		1543	6.44		1549	5.62		1522	6.81		1518	5.84
	2037	1.20		2121	1.57		2151	0.87		2155	1.91		2136	0.50		2131	1.62
12	0248	6.65	27	0326	6.24	12	0358	6.63	27	0357	5.62	12	0342	6.68	27	0333	5.60
M	0913	0.88	MI	0947	1.44	V	1019	0.79	S	1009	1.92	S	0957	0.66	D	0937	1.84
	1517	6.03		1550	5.67		1626	6.26		1617	5.36		1605	6.55		1544	5.60
	2120	1.21		2152	1.84		2237	1.15		2226	2.22		2221	0.86		2200	1.92
13	0329	6.55	28	0356	5.90	13	0443	6.18	28	0427	5.23	13	0427	6.16	28	0403	5.25
MI	0954	0.96	J	1016	1.74	S	1102	1.17	D	1037	2.26	D	1040	1.16	L	1004	2.17
	1600	5.97		1621	5.41		1714	5.97		1648	5.09		1651	6.15		1611	5.33
	2204	1.32		2224	2.15		2327	1.56		2301	2.56		2311	1.36		2233	2.23
14	0413	6.33	29	0427	5.52	14	0534	5.63	29	0501	4.84	14	0519	5.56	29	0435	4.91
J	1038	1.13	V	1046	2.05	D	1152	1.66	L	1109	2.60	L	1129	1.74	M	1034	2.51
	1645	5.83		1656	5.14		1811	5.62		1726	4.84		1747	5.69		1644	5.07
	2252	1.52		2300	2.47					2345	2.88					2311	2.54
15	0500	6.00	30	0503	5.12	15	0030	2.02				15	0013	1.90	30	0516	4.59
V	1125	1.39	S	1120	2.38	L	0640	5.09				M	0626	4.99	MI	1113	2.82
	1736	5.65		1738	4.88		1256	2.14					1234	2.29		1729	4.83
	2345	1.79		2345	2.79		1925	5.34					1901	5.29			
			31	0547	4.73										31	0007	2.78
			D	1203	2.68										J	0621	4.35
				1835	4.68											1214	3.06
																1842	4.67

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

Abril						Mayo						Junio					
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	2.87	16	0405	1.90	01	0221	2.32	16	0410	1.84	01	0401	1.52	16	0452	1.88
V	0759	4.30	S	1024	5.21	D	0845	4.83	L	1028	5.40	MI	1017	5.88	J	1109	5.70
	1353	3.12		1631	2.13		1450	2.60		1641	2.01		1636	1.58		1730	1.83
	2022	4.73		2236	5.45		2102	5.16		2240	5.33		2242	5.88		2327	5.31
02	0315	2.65	17	0500	1.58	02	0337	1.96	17	0457	1.62	02	0500	1.19	17	0531	1.72
S	0933	4.59	D	1113	5.59	L	0954	5.28	M	1111	5.71	J	1114	6.33	V	1146	5.96
	1534	2.81		1721	1.73		1605	2.09		1726	1.69		1735	1.13		1808	1.59
	2148	5.09		2324	5.75		2213	5.60		2324	5.53		2340	6.18			
03	0426	2.17	18	0542	1.29	03	0438	1.47	18	0536	1.43	03	0554	0.91	18	0006	5.48
D	1037	5.09	L	1153	5.92	M	1050	5.83	MI	1148	5.96	V	1206	6.72	S	0606	1.59
	1642	2.24		1801	1.40		1704	1.48		1804	1.43		1828	0.77		1221	6.18
	2251	5.63					2311	6.08								1844	1.40
04	0518	1.57	19	0003	5.99	04	0531	0.99	19	0002	5.70	04	0034	6.40	19	0042	5.60
L	1126	5.68	M	0618	1.09	MI	1140	6.37	J	0610	1.31	S	0644	0.75	D	0640	1.49
	1734	1.58		1226	6.15		1756	0.91		1221	6.16		1255	6.97		1254	6.34
	2342	6.20		1836	1.16					1838	1.24		1918	0.57		1918	1.27
05	0604	0.99	20	0038	6.13	05	0003	6.49	20	0037	5.80	05	0123	6.48	20	0117	5.68
M	1211	6.25	MI	0649	1.00	J	0619	0.62	V	0641	1.25	D	0731	0.73	L	0714	1.44
	1821	0.95		1257	6.28		1227	6.81		1252	6.29		1342	7.04		1328	6.44
				1909	1.03		1845	0.48		1911	1.14		2006	0.54		1953	1.20
06	0029	6.69	21	0110	6.17	06	0052	6.75	21	0110	5.83	06	0211	6.41	21	0153	5.71
MI	0648	0.53	J	0719	1.01	V	0704	0.41	S	0712	1.27	L	0816	0.85	M	0750	1.44
	1254	6.72		1326	6.34		1313	7.08		1323	6.35		1426	6.95		1403	6.45
	1906	0.45		1939	1.00		1932	0.24		1943	1.11		2051	0.68		2029	1.19
07	0114	7.00	22	0140	6.12	07	0138	6.81	22	0143	5.80	07	0256	6.22	22	0230	5.69
J	0730	0.24	V	0746	1.10	S	0748	0.40	D	0742	1.34	M	0859	1.10	MI	0826	1.49
	1336	7.03		1354	6.31		1357	7.15		1353	6.34		1509	6.70		1438	6.39
	1951	0.17		2009	1.05		2018	0.24		2015	1.17		2135	0.94		2105	1.23
08	0158	7.08	23	0210	5.99	08	0224	6.66	23	0216	5.70	08	0340	5.94	23	0308	5.62
V	0811	0.19	S	0813	1.27	D	0832	0.60	L	0813	1.48	MI	0942	1.44	J	0905	1.59
	1418	7.12		1421	6.21		1441	7.00		1424	6.25		1552	6.34		1516	6.27
	2035	0.13		2038	1.19		2104	0.43		2048	1.28		2219	1.27		2144	1.31
09	0242	6.92	24	0240	5.80	09	0310	6.36	24	0249	5.56	09	0425	5.61	24	0348	5.54
S	0853	0.38	D	0841	1.49	L	0916	0.94	M	0845	1.66	J	1027	1.81	V	0946	1.72
	1500	7.00		1449	6.05		1525	6.69		1455	6.10		1636	5.93		1556	6.10
	2119	0.33		2108	1.39		2150	0.79		2122	1.45		2304	1.61		2226	1.43
10	0326	6.56	25	0311	5.55	10	0357	5.96	25	0325	5.38	10	0514	5.29	25	0432	5.45
D	0935	0.76	L	0909	1.76	M	1001	1.39	MI	0919	1.87	V	1116	2.17	S	1032	1.86
	1543	6.68		1516	5.84		1611	6.26		1529	5.91		1724	5.52		1642	5.90
	2205	0.73		2140	1.65		2239	1.22		2159	1.63		2355	1.92		2312	1.56
11	0413	6.05	26	0343	5.28	11	0448	5.52	26	0403	5.20	11	0612	5.04	26	0522	5.37
L	1019	1.27	M	0939	2.06	MI	1050	1.86	J	0958	2.09	S	1214	2.47	D	1124	2.00
	1630	6.22		1546	5.60		1702	5.79		1607	5.70		1822	5.16		1734	5.69
	2255	1.23		2213	1.91		2333	1.65		2240	1.80						
12	0505	5.50	27	0418	5.00	12	0548	5.14	27	0448	5.04	12	0055	2.15	27	0005	1.69
M	1110	1.83	MI	1012	2.35	J	1149	2.28	V	1043	2.29	D	0720	4.90	L	0620	5.33
	1724	5.72		1620	5.35		1802	5.35		1654	5.49		1327	2.64		1226	2.12
	2356	1.74		2253	2.16					2330	1.95		1932	4.92		1837	5.49
13	0612	5.02	28	0501	4.77	13	0039	1.98	28	0542	4.95	13	0204	2.25	28	0106	1.80
MI	1215	2.34	J	1054	2.62	V	0701	4.90	S	1140	2.43	L	0832	4.95	M	0727	5.37
	1835	5.27		1705	5.11		1305	2.55		1752	5.32		1446	2.60		1338	2.17
				2345	2.36		1916	5.06					2046	4.86		1950	5.36
14	0115	2.11	29	0601	4.60	14	0156	2.12	29	0030	2.02	14	0310	2.20	29	0217	1.84
J	0740	4.76	V	1154	2.82	S	0822	4.89	D	0649	4.95	M	0936	5.15	MI	0840	5.52
	1346	2.61		1810	4.94		1432	2.56		1250	2.47		1554	2.39		1459	2.07
	2004	5.06					2036	4.99		1903	5.24		2150	4.96		2109	5.39
15	0249	2.14	30	0056	2.45	15	0310	2.05	30	0140	1.99	15	0406	2.06	30	0330	1.75
V	0915	4.87	S	0721	4.59	D	0934	5.10	L	0803	5.11	MI	1027	5.42	J	0951	5.81
	1523	2.49		1318	2.85		1546	2.33		1410	2.34		1647	2.11		1616	1.80
	2131	5.17		1936	4.92		2146	5.11		2022	5.32		2243	5.13		2223	5.56
										31	0253						
										M	0914						
											1528						
											2136						

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 1º SEMESTRE 2016

Enero						Febrero						Marzo					
DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS
01	0008	1.23	16	0610	2.27	01	0213	1.26	16	0218	0.82	01	0104	1.19	16	0159	0.79
V	0625	2.08	S	1227	0.72	L	0754	1.76	M	0830	2.02	M	0649	1.72	MI	0813	1.97
	1303	1.12		1902	2.24		1400	1.24		1419	0.91		1226	1.23		1350	1.00
	1931	1.98					2031	2.10		2053	2.50		1916	2.15		2025	2.51
02	0134	1.30	17	0107	0.91	02	0326	1.16	17	0335	0.70	02	0228	1.13	17	0316	0.72
S	0737	1.94	D	0725	2.16	M	0913	1.76	MI	0949	2.07	MI	0810	1.69	J	0931	2.02
	1414	1.16		1340	0.79		1458	1.20		1526	0.87		1347	1.24		1501	0.98
	2039	2.02		2013	2.31		2129	2.19		2158	2.63		2023	2.19		2133	2.58
03	0301	1.27	18	0234	0.86	03	0415	1.00	18	0434	0.55	03	0332	0.99	18	0416	0.62
D	0854	1.88	L	0845	2.12	MI	1018	1.83	J	1054	2.19	J	0931	1.75	V	1036	2.13
	1511	1.14		1450	0.79		1546	1.11		1624	0.78		1456	1.18		1604	0.90
	2140	2.11		2122	2.45		2216	2.31		2255	2.77		2126	2.28		2233	2.67
04	0405	1.15	19	0349	0.71	04	0453	0.83	19	0523	0.42	04	0418	0.82	19	0504	0.52
L	1003	1.90	M	1002	2.16	J	1105	1.93	V	1144	2.32	V	1033	1.88	S	1127	2.27
	1555	1.09		1550	0.73		1629	1.00		1716	0.68		1553	1.06		1659	0.81
	2226	2.23		2223	2.63		2258	2.45		2344	2.88		2220	2.41		2325	2.74
05	0450	1.00	20	0448	0.53	05	0527	0.64	20	0607	0.33	05	0458	0.63	20	0547	0.45
M	1055	1.96	MI	1106	2.27	V	1144	2.05	S	1228	2.42	S	1118	2.03	D	1210	2.39
	1632	1.00		1643	0.65		1710	0.86		1804	0.60		1644	0.89		1748	0.72
	2303	2.36		2315	2.81		2337	2.59					2309	2.55			
06	0525	0.84	21	0539	0.36	06	0602	0.47	21	0030	2.93	06	0536	0.45	21	0011	2.76
MI	1134	2.04	J	1158	2.38	S	1219	2.17	D	0648	0.29	D	1158	2.19	L	0626	0.42
	1706	0.91		1734	0.56		1752	0.71		1308	2.49		1731	0.71		1249	2.48
	2336	2.48								1849	0.55		2355	2.69		1834	0.66
07	0556	0.67	22	0004	2.95	07	0017	2.72	22	0112	2.91	07	0614	0.29	22	0052	2.74
J	1208	2.12	V	0624	0.25	D	0638	0.32	L	0728	0.31	L	1236	2.35	M	0704	0.42
	1741	0.80		1243	2.46		1255	2.28		1347	2.51		1817	0.54		1326	2.53
				1821	0.49		1834	0.57		1932	0.57					1916	0.64
08	0009	2.61	23	0049	3.02	08	0057	2.81	23	0151	2.83	08	0039	2.79	23	0130	2.66
V	0628	0.51	S	0707	0.20	L	0716	0.21	M	0806	0.37	M	0654	0.17	MI	0739	0.46
	1240	2.19		1325	2.50		1333	2.37		1425	2.49		1315	2.48		1401	2.54
	1816	0.69		1906	0.46		1917	0.46		2012	0.63		1902	0.41		1955	0.66
09	0042	2.72	24	0131	3.02	09	0139	2.85	24	0228	2.68	09	0122	2.83	24	0204	2.54
S	0701	0.38	D	0750	0.22	M	0756	0.16	MI	0842	0.49	MI	0735	0.11	J	0812	0.54
	1314	2.25		1406	2.49		1413	2.43		1503	2.43		1356	2.58		1435	2.52
	1854	0.59		1949	0.49		2000	0.41		2051	0.73		1948	0.33		2031	0.71
10	0119	2.80	25	0212	2.95	10	0222	2.83	25	0302	2.50	10	0206	2.80	25	0237	2.40
D	0738	0.29	L	0830	0.31	MI	0837	0.17	J	0915	0.63	J	0816	0.12	V	0842	0.63
	1349	2.29		1447	2.44		1457	2.46		1540	2.36		1440	2.64		1507	2.48
	1933	0.52		2030	0.58		2046	0.42		2129	0.85		2034	0.33		2107	0.78
11	0157	2.83	26	0251	2.80	11	0306	2.73	26	0336	2.31	11	0251	2.69	26	0308	2.25
L	0816	0.25	M	0910	0.45	J	0921	0.24	V	0946	0.78	V	0859	0.20	S	0909	0.74
	1429	2.31		1529	2.35		1546	2.45		1616	2.29		1527	2.65		1538	2.43
	2014	0.49		2110	0.72		2134	0.51		2209	0.97		2123	0.41		2142	0.85
12	0238	2.81	27	0329	2.61	12	0354	2.58	27	0410	2.12	12	0339	2.53	27	0339	2.10
M	0858	0.27	MI	0948	0.62	V	1006	0.37	S	1016	0.92	S	0943	0.34	D	0936	0.84
	1513	2.30		1612	2.26		1638	2.43		1653	2.23		1617	2.63		1610	2.38
	2058	0.52		2151	0.88		2228	0.63		2254	1.08		2218	0.53		2220	0.93
13	0322	2.72	28	0407	2.39	13	0448	2.39	28	0450	1.95	13	0434	2.33	28	0415	1.96
MI	0942	0.34	J	1025	0.80	S	1055	0.54	D	1046	1.05	D	1030	0.54	L	1004	0.94
	1603	2.27		1655	2.17		1734	2.41		1732	2.19		1710	2.58		1645	2.34
	2145	0.61		2236	1.05		2333	0.76		2349	1.16		2320	0.66		2305	1.00
14	0410	2.59	29	0447	2.18	14	0553	2.20	29	0541	1.81	14	0539	2.14	29	0501	1.83
J	1029	0.45	V	1103	0.97	D	1154	0.72	L	1125	1.15	L	1125	0.74	M	1038	1.04
	1658	2.23		1740	2.10		1835	2.39		1818	2.16		1808	2.53		1727	2.29
	2239	0.73		2330	1.18												
15	0505	2.43	30	0534	1.99	15	0051	0.84	30	0034	0.77	15	0034	0.77	30	0003	1.05
V	1123	0.59	S	1147	1.12	L	0709	2.07	M	0654	2.01	M	0654	2.01	MI	0602	1.74
	1758	2.22		1830	2.06		1305	0.86		1232	0.92		1232	0.92		1125	1.14
	2346	0.85					1943	2.42		1914	2.49		1914	2.49		1819	2.25
			31	0043	1.27										31	0120	1.05
			D	0637	1.84										J	0716	1.70
				1247	1.21											1241	1.21
				1927	2.06											1926	2.23

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 1º SEMESTRE 2016

Abril						Mayo						Junio					
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	0241	0.96	16	0352	0.73	01	0301	0.80	16	0413	0.83	01	0413	0.55	16	0501	0.90
V	0841	1.74	S	1014	2.09	D	0917	1.91	L	1041	2.20	MI	1043	2.40	J	1131	2.42
	1409	1.19		1544	1.02		1453	1.06		1628	1.03		1644	0.65		1744	0.84
	2039	2.27		2210	2.51		2115	2.32		2244	2.32		2259	2.41		2353	2.16
02	0341	0.81	17	0441	0.66	02	0356	0.64	17	0456	0.78	02	0501	0.43	17	0535	0.84
S	0956	1.87	D	1107	2.23	L	1020	2.09	M	1126	2.34	J	1131	2.63	V	1203	2.52
	1521	1.07		1643	0.92		1601	0.88		1720	0.91		1737	0.44		1817	0.72
	2146	2.37		2305	2.54		2219	2.43		2334	2.33		2353	2.50			
03	0427	0.63	18	0523	0.61	03	0442	0.48	18	0533	0.73	03	0546	0.34	18	0026	2.19
D	1051	2.04	L	1150	2.37	M	1110	2.31	MI	1202	2.46	V	1216	2.83	S	0606	0.78
	1621	0.90		1734	0.83		1658	0.68		1803	0.81		1826	0.26		1233	2.60
	2243	2.50		2352	2.55		2315	2.54								1848	0.62
04	0509	0.45	19	0601	0.57	04	0526	0.34	19	0014	2.34	04	0042	2.55	19	0056	2.21
L	1135	2.24	M	1227	2.48	MI	1154	2.53	J	0608	0.69	S	0632	0.28	D	0636	0.73
	1714	0.70		1819	0.74		1749	0.47		1235	2.55		1301	2.98		1302	2.67
	2334	2.63								1840	0.72		1913	0.16		1918	0.52
05	0550	0.29	20	0033	2.54	05	0005	2.62	20	0048	2.33	05	0129	2.56	20	0125	2.22
M	1216	2.43	MI	0637	0.55	J	0608	0.23	V	0639	0.67	D	0717	0.27	L	0707	0.68
	1802	0.51		1302	2.55		1236	2.73		1305	2.61		1346	3.05		1331	2.72
				1859	0.69		1837	0.30		1913	0.65		2000	0.13		1949	0.45
06	0021	2.73	21	0109	2.49	06	0053	2.66	21	0119	2.30	06	0215	2.52	21	0156	2.22
MI	0631	0.18	J	0710	0.56	V	0652	0.18	S	0708	0.66	L	0801	0.31	M	0739	0.64
	1256	2.61		1335	2.59		1319	2.88		1334	2.65		1431	3.05		1403	2.74
	1849	0.35		1936	0.66		1925	0.20		1945	0.59		2047	0.18		2023	0.42
07	0106	2.76	22	0142	2.41	07	0139	2.64	22	0148	2.26	07	0303	2.43	22	0229	2.20
J	0713	0.12	V	0741	0.60	S	0735	0.18	D	0737	0.66	M	0846	0.42	MI	0813	0.62
	1338	2.74		1405	2.59		1403	2.96		1402	2.67		1516	2.97		1439	2.73
	1936	0.26		2009	0.66		2012	0.18		2016	0.56		2135	0.31		2100	0.43
08	0151	2.73	23	0212	2.32	08	0226	2.55	23	0218	2.21	08	0353	2.31	23	0308	2.16
V	0755	0.12	S	0809	0.65	D	0819	0.25	L	0805	0.67	MI	0930	0.58	J	0851	0.64
	1422	2.82		1434	2.58		1449	2.97		1431	2.67		1602	2.83		1518	2.67
	2023	0.25		2042	0.68		2101	0.23		2048	0.56		2225	0.48		2140	0.48
09	0237	2.62	24	0242	2.22	09	0315	2.43	24	0249	2.14	09	0448	2.19	24	0354	2.12
S	0838	0.21	D	0835	0.70	L	0903	0.39	M	0835	0.69	J	1017	0.76	V	0933	0.71
	1508	2.83		1503	2.56		1536	2.91		1504	2.65		1651	2.65		1602	2.57
	2113	0.31		2115	0.71		2152	0.35		2124	0.58		2318	0.67		2226	0.56
10	0327	2.46	25	0312	2.11	10	0409	2.28	25	0326	2.07	10	0545	2.08	25	0447	2.07
D	0922	0.35	L	0903	0.76	M	0949	0.57	MI	0909	0.74	V	1110	0.96	S	1022	0.81
	1556	2.79		1534	2.53		1625	2.80		1540	2.59		1745	2.46		1653	2.44
	2206	0.43		2151	0.76		2247	0.51		2204	0.64					2318	0.66
11	0422	2.28	26	0348	2.00	11	0509	2.13	26	0411	1.99	11	0019	0.85	26	0547	2.05
L	1008	0.55	M	0933	0.84	MI	1038	0.77	J	0948	0.82	S	0646	2.01	D	1123	0.92
	1647	2.71		1609	2.48		1718	2.66		1623	2.51		1217	1.13		1754	2.31
	2305	0.58		2232	0.82		2348	0.68		2251	0.71		1848	2.28			
12	0526	2.11	27	0433	1.90	12	0613	2.02	27	0506	1.92	12	0132	0.98	27	0023	0.75
M	1100	0.76	MI	1008	0.93	J	1136	0.96	V	1036	0.92	D	0753	1.99	L	0652	2.06
	1743	2.62		1650	2.41		1817	2.52		1714	2.40		1340	1.22		1242	0.99
				2322	0.88					2349	0.79		2000	2.15		1906	2.21
13	0013	0.71	28	0530	1.81	13	0059	0.82	28	0611	1.89	13	0243	1.02	28	0137	0.78
MI	0636	2.00	J	1054	1.03	V	0720	1.96	S	1139	1.03	L	0906	2.05	M	0804	2.14
	1203	0.95		1741	2.33		1248	1.10		1817	2.30		1504	1.20		1409	0.96
	1846	2.53					1923	2.40					2115	2.09		2023	2.17
14	0133	0.79	29	0027	0.92	14	0217	0.88	29	0102	0.83	14	0338	1.00	29	0246	0.74
J	0750	1.95	V	0639	1.77	S	0833	1.97	D	0722	1.91	M	1008	2.16	MI	0915	2.28
	1319	1.06		1201	1.13		1409	1.16		1303	1.08		1613	1.10		1528	0.82
	1956	2.48		1846	2.27		2035	2.33		1931	2.25		2222	2.09		2139	2.20
15	0251	0.79	30	0148	0.90	15	0322	0.87	30	0219	0.78	15	0423	0.95	30	0344	0.66
V	0906	1.98	S	0757	1.80	D	0944	2.06	L	0839	2.01	MI	1054	2.30	J	1016	2.49
	1436	1.07		1331	1.15		1524	1.12		1430	1.01		1704	0.97		1632	0.61
	2106	2.48		2001	2.26		2144	2.31		2047	2.26		2313	2.12		2246	2.28
									31	0322	0.68						
									M	0947	2.18						
										1543	0.85						
										2157	2.32						

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 salmoneeras, de mitilicultores 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

Amebiasis Branquial



Carlos Sandoval Hurtado^{1,2}, Enrique Paredes Herbach³.

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

² Investigación & Desarrollo Laboratorio Veterquímica S.A.

³ M.V., Dr. med.vet. Instituto de Patología Animal, Universidad Austral de Chile.

Epidemiología

La amebiasis branquial ha sido registrada en varias especies cultivadas en ambientes marinos tales como diferentes especies de salmónidos, Turbot (*Scophthalmus maximus*), European seabass (*Dicentrarchus labrax*) y Sharpnose seabream (*Diplodus puntazzo*) (Dyková & Novoa, 2001).

Respecto a la distribución geográfica, la amebiasis branquial ha sido registrada alrededor de todo el mundo, en países tales como Noruega, Francia, Irlanda, España, Australia, Nueva Zelanda, Norte América y Chile (Powell & Dyková, 2001).

Los brotes de amebiasis branquial, están influenciados primariamente por la salinidad y temperatura del agua (Adams y Nowak, 2003), siendo las infecciones de mayor duración y severidad a altas concentraciones salinas (Munday et al., 2001). En relación a la temperatura se han registrado brotes entre 12 a 20° C (Munday et al., 2001), aunque se han presentado brotes a temperaturas menores de hasta 9° C (Kent et al., 1988).

Etiología

A partir de los análisis morfológicos y moleculares en nuestro país se ha determinado que la amebiasis branquial es producida en Chile por amebas de la especie *Neoparamoeba perurans*, siendo el Salmón del Atlántico (*Salmo salar*), la especie más susceptible en nuestro país, sin embargo se han visto infestaciones severas en Salmon Coho (*O. kisutch*) y Trucha Arcorís (*O. mykiss*)

Los integrantes del género *Neoparamoeba* pertenecen a la familia *Vexilliferidae*, se ubican en ambientes marinos y de estuarios, son

pequeños, poseen dactilopodios y subseudopodios, poseen uno o más cuerpos intracelulares perinucleares conocidos como “parasomas” (Young et al., 2007).

Las amebas poseen pseudopodios digitiformes cuando están libres y de tipo mamilliformes cuando están adheridas y poseen una forma de trofozoito de 41-56 μm . Además poseen uno o más Perkinssiella amoebae-like organisms (PLOs) (5.3-8.0 μm) adyacentes al núcleo (Young et al., 2007).

Paramoeba sp. presenta vida libre y parasítica, sobrevive en sedimentos y mallas de jaulas, con una diseminación en agua de mar mayor a 1 km, con sobrevivencia en agua de mar al menos por 14 días.

Signos Clínicos

Entre los signos clínicos asociados a la amebiasis branquial se encuentran letargia, distrés respiratorio con aumento de la ventilación, natación superficial, inapetencia, anorexia y predisposición a mortalidades por condiciones medioambientales o de manejo, disminución del crecimiento y rendimiento. A la inspección visual de las branquias, estas se observan pálidas con zonas blancas focalizadas llamadas “parches mucosos” (white mucous patches), los cuales son engrosamientos de las laminillas branquiales por una hiperplasia severa de distribución multifocal. Esta patología se ha asociado a peces con bajo crecimiento y aumento de mortalidad.

Histopatología

A nivel branquial se observa hiperplasia focal y multifocal severa de laminillas primarias y secundarias, con fusión de éstas y formación de vesículas interlamelares conteniendo en su interior

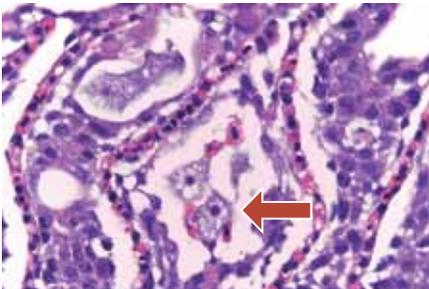


Imagen 1. Histopatología de Branquia. Se evidencia formación de vesículas en cuyo interior se observa la presencia de amebas (flecha).

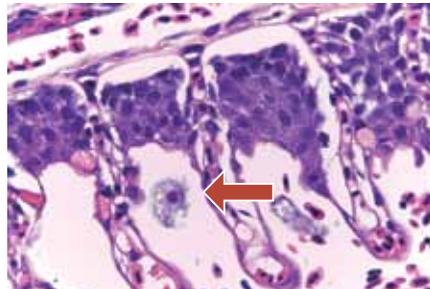


Imagen 2. Histopatología de Branquia. Se observa la presencia de amebas entre las laminillas branquiales (flecha).

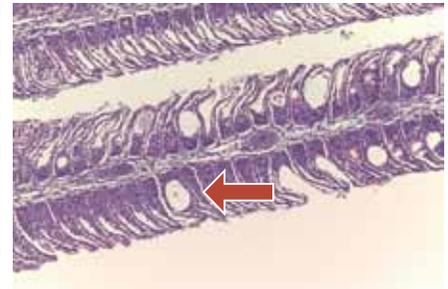


Imagen 3. Histopatología de Branquia. Se observan una hiperplasia lamelar severa con reacción a cuerpo extraño, consistente con la formación de vesículas vacías y amebas en su interior (flecha).

las *Neoparamoebas perurans*, esto último asociado a hipertrofia de células epiteliales superficiales. Estas amebas se encuentran además localizadas entre laminillas primarias y secundarias.

Diagnóstico

El diagnóstico se realiza principalmente por análisis histológico, en el cual además se realiza una cuantificación de la intensidad de lesión y área o superficie comprometida a través de un score histológico branquial, además se usa biología molecular (PCR) para la detección de amebiasis.

Prevención y Control

Entre las medidas eficaces para el control de amebiasis branquial se ha descrito los baños con agua dulce en jaulas con peces afectados, sin embargo esta práctica es económica y técnicamente difícil de realizar, debido a que se requieren grandes cantidades de agua dulce para la realización de los tratamientos (Adams & Nowak, 2004).

Otros tratamientos experimentales descritos son baños con peróxido de hidrógeno los cuales han sido poco efectivos, los baños con Cloramina T realizados en agua de mar y agua dulce reducen la densidad de amebas sobre las branquias y mitigan los efectos respiratorios de la patología, sin embargo en otros ensayos no han sido tan efectivos. Hay documentación que el uso de Levamisol en baños en agua dulce aumenta la resistencia a una infección a amebiasis branquial, debido a la estimulación del sistema inmune no específico.

Experimentalmente se considera el uso de baños, en agua de mar, con Bithionol para el tratamiento de amebiasis branquial obteniendo buenos resultados, también en forma experimental se considera el uso de este fármaco por vía oral observándose que retrasa la aparición de la enfermedad y disminuye la severidad de las lesiones producida por amebas.

Score histopatológico branquial

Score Patológico	Hiperplasia Lamelar	Fusión Lamelar	Anomalias Celulares	Edema Lamelar
0: No	Sin significancia – sin hallazgo a muy leve	Sin significancia – sin hallazgo a muy leve	Sin hallazgo	Sin hallazgo
1: Leve	Leve incremento de células epiteliales. < 10% tejido branquial afectado.	Ocasional fusión focal de filamentos. < 10% tejido branquial afectado.	Ocasional dispersión de células necróticas o degeneradas o áreas focales de desprendimiento	Separación epitelio-capilar con fluido proteináceo en el espacio epitelio capilar: < 10% tejido branquial afectado
2: Moderada	Hiperplasia multifocal a moderada distribución. Afectando 10-50% del tejido.	Área multifocal de fusión. Moderada distribución de hiperplasia. Afectando entre 10-50% de tejido branquial, intercalado con tejido normal.	Células degenerativas, necróticas y desprendidas en áreas multifocales a través del tejido.	10-50% del tejido branquial afectado.
3: Severa	Extensiva hiperplasia lamelar. > 50% de tejido branquial afectado.	Extensiva fusión y pérdida normal de arquitectura. > 50% de tejido branquial afectado.	Necrosis, degeneración y/o exfoliación con distribución visible a través de la sección.	> 50% de tejido branquial afectado.

Criterio Auxiliar – score para presencia (1) y ausencia (0)

Inflamación: presencia de células inflamatorias fuera de los vasos sanguíneos / **Células Granulares Eosinofílicas (CGEs):** Número más alto que el normal de CGE en filamento. / **Disturbios circulatorios:** trombo, telangiectasia, congestión, score=1 si > 10% de tejido branquial afectado. / **Hipertrófia celular:** degeneración hídrica de células lamelares / **Bacteria** - Tenacibaculum spp. (cluster de filamentos de bacterias sobre la superficie lamelar). / **Bacteria** - Epitheliocystis / **Otras bacterias** / **Parásitos Protistas** - Neoparamoeba / **Parásitos Protistas** - Costia / **Parásitos Protistas** - Trichodina / **Otros parásitos**

Ref: Susan O. Mitchell, et al, 2012, Aquacult Int. 20:813-825.

Se están desarrollando vacunas para la amebiasis branquial con el fin de reducir la carga parasitaria sobre las branquias y con ello reducir la frecuencia de baños para el tratamiento de ésta enfermedad. Actualmente se están realizando aplicaciones con dietas especiales para la protección del tejido branquial.

Score macroscópico de daño branquial

Infection level	Gill score	Gross description
Clear	0	No sign of infection and healthy red colour
Very light	1	1 white spot, light scarring or undefined necrotic streaking
Light	2	2-3 spots/small mucous patch
Moderate	3	Attached thickened mucous patch or spot groupings up to 20% of gill area
Advanced	4	Lesions covering up to 50% of gill area
Heavy	5	Extensive lesions covering most of the gill surface

Ref: Taylor, R.S., Muller, W.J., Cook, M.T., Kube, P.D., Elliot, N.G., 2009, Aquaculture 290, 1-8.

Impacto productivo

Se observa aumento de mortalidad si el score branquial observado es mayor a 2, o si los peces no han recibido tratamientos. En países afectados se ha observado mortalidades de hasta un 60% sobre sitios afectados y mortalidades diarias de un 3%. Los peces afectados oscilan entre los 150g – 5 k, siendo más grave en peces más pequeños.

Otros impactos productivos son la reducción del volumen de cosecha a futuro, con cosecha temprana de los peces más pequeños y los costos de los tratamientos asociados a estos cuadros, como también la dificultad de tratamientos en peces afectados con pijo de mar.



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 0423
E-mail: info@vehice.cl

WWW.VEHICE.CL



ENVASES IMPRESOS
ROBLE ALTO

Innovación

Impresión - Precisión - Producción - Medioambiente



www.envases.cl

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

Biorremediación aplicada a los antiparasitarios empleados para el control del Piojo de Mar



Dra. Patricia Aguila¹ · Dra. Sandra Bravo²

¹ Escuela de Tecnología Médica

² Instituto de Acuicultura, Universidad Austral de Chile

Una de las principales actividades económicas en Chile es la salmicultura, la cual no ha estado exenta de problemas patológicos y ambientales desde sus inicios. La parasitosis causada por el piojo de mar *Caligus rogercresseyi* ha sido desde 1997 uno de los principales problemas sanitarios que ha debido enfrentar la industria del salmón en Chile en las regiones X y XI donde esta actividad se concentra, lo que ha generado significativas pérdidas producto de la disminuida calidad de los peces, una continua tasa de mortalidad debido a la inmunodepresión provocada, sumado al costo económico que representa el control de estos parásitos a través de los tratamientos impartidos. A partir del 2007, cuando las cargas de *Caligus* alcanzaron los niveles más altos debido a la pérdida de sensibilidad al benzoato de emamectina, único producto autorizado para su control a partir del 2000 (Bravo et al., 2008), el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca) incorporó a la Caligidosis en la Lista 2 de las enfermedades de Alto Riesgo, implementando el Programa Sanitario Específico de Vigilancia y Control (PSEVC-caligidosis) (Res. Ex. 2015), el cual ha tenido una serie de actualizaciones a través del tiempo, en busca de un control efectivo, lo que no ha sido posible en Chile, y tampoco en los otros países en donde el piojo de mar es una amenaza, debido a la capacidad que tiene este parásito para adaptarse a condiciones adversas y a desarrollar resistencia a todos los productos hasta hoy disponibles en el mercado. En la Figura 1 se muestra el nivel de infestación que produce el parásito *Caligus* sobre el salmón.



Figura 1. Pez severamente infectado con *Caligus rogercresseyi*.

Caligidosis: Un problema no resuelto para la industria

Desde comienzos de los años 70's el piojo del salmón ha sido una amenaza para la fase marina de la industria del salmón a nivel global, llegando a ser el parásito marino más patógeno por su impacto en la sobrevivencia (Burka et al., 2012). Existe una variedad de especies de amplia distribución mundial, siendo la especie *Caligus rogercresseyi*, la más importante para la salmicultura chilena (Boxshall y Bravo, 2000). Este copépodo parásito que afecta al salmón del Atlántico (*Salmo salar*) y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), presenta una amplia distribución en el área ocupada por la salmicultura en las regiones X y XI, pero también ha sido reportada en el sur de Argentina infectando a la trucha anádroma café (Bravo et al., 2006) y en el norte del Perú infectando a la tilapia (Bravo et al., 2011). Los niveles de infestación más severos reportados corresponden a 200 parásitos por pez (Bravo, 2003), aunque en peces severamente infectados las cargas pueden superar los 500 piojos por pez. Los efectos patológicos descritos implican necrosis de tejido, lesiones de la piel, pérdida del epitelio, sangramiento, pérdida de función microbiana y física (Figura 2), lo que les provoca estrés y disminución del apetito, dejándolos inmunodeprimidos, propensos a otras enfermedades bacterianas y virales (Costello, 2006, Helgesen et al., 2014). Se ha reportado que este parásito puede también actuar como un potencial vector de transmisión del virus ISA (Oelckers et al., 2014). Los costos de esta parasitosis reportados para la industria a nivel global son del orden de los \$480 millones de dólares al año y un 6% del valor del producto (Costello, 2009), mientras que Intesal de SalmonChile reportó en el 2013, costos del orden de los \$300 millones de dólares al año para la industria del salmón en Chile.

Control del piojo de mar en base a productos antiparasitarios

Los primeros productos usados para el control de *Caligus* en Chile fueron aplicados por baño, hasta que en los años 1980s hicieron su aparición los tratamientos aplicados oralmente a través del alimento. La ivermectina fue aplicada en Chile por un período de 10 años hasta que fue reemplazada por el Benzoato de Emamectina (Slice®), ambos productos, con efecto sobre todos los estados de desarrollo del parásito. La ivermectina, fue prohibida a fines de los años 1990s, posterior a la aparición del Slice® en el mercado internacional, por su elevada toxicidad y efecto dañino sobre el medioambiente marino. En el período 2000-2007



Figura 2. Daño provocado por *Caligus rogercresseyi*

solamente el benzoato de emamectina fue autorizado para el tratamiento de *Caligus* en Chile. Posterior a la evidencia de resistencia desarrollada por *C. rogercresseyi* al benzoato de emamectina, en el año 2007 fue autorizado el piretroide Deltametrina (AlphaMax®); en el 2009 el inhibidor de quitina Diflubenzuron; en el 2010 el piretroide Cipermetrina (Betamax®), y en mayo del 2013 fue autorizado el organofosforado Azametifos.

En Chile, los fármacos autorizados para la acuicultura se encuentran en el “Reglamento de Productos Farmacéuticos de uso exclusivamente Veterinario” (Decreto N°139/1995 del Ministerio de Agricultura). En la figura 3 se muestran los quimioterapéuticos utilizados por la industria acuícola nacional. En la Tabla 1 se registran los volúmenes de ingrediente activo de los pesticidas usados para el control de *Caligus* para el período 2000-2014. La información presentada para el período 2000-2003 fue generada a través del proyecto FIP 2003-28 (Bravo et al., 2003). La información para el período 2007-2014 fue proporcionada por Sernapesca. En tanto que los volúmenes de benzoato de emamectina (EMB) utilizados en el período 2004-2007 fue obtenida de laboratorios farmacéuticos.

Según los datos obtenidos de Sernapesca y de compañías farmacéuticas, en el año 2013 el costo de los quimioterapéuticos utilizados para el control de *Caligus* alcanzó los 80 millones de dólares (USD) (Bravo et al., 2015; Agusti et al., 2016). Además, ese mismo año se utilizaron 7.612 kg de pesticidas para combatir a *Caligus* en los cultivos de salmones en Chile (Tabla 1). Estos pesticidas químicos implican no sólo un alto costo económico asociado, sino que incluyen efectos tóxicos sobre la vida marina y la salud humana (Kakko et al., 2004). Adicionalmente, generan resistencia transformándose en un círculo vicioso y un ejemplo paliativo ineficiente.

El benzoato de emamectina es una lactona macrocíclica, perteneciente a la clase de las avermectinas, introducida en Chile en 1999 (Bravo et al., 2008) y fue la principal droga utilizada para el tratamiento del piojo de mar *Lepeophtheirus salmonis* en salmón

del Atlántico (Olsvik et al., 2008; Torrissen et al., 2013). Además, es utilizada como insecticida en plantas (Singh et al., 2013). El diflubenzuron es un pesticida de benzoilurea, persistente, que actúa inhibiendo la síntesis de quitina (Coppen y Jepson, 1996). Los azametifos son pesticidas organofosforados que actúan como un inhibidor de la colinoesterasa (Pfenning et al., 1999).

Los piretroides sintéticos (deltametrina y cipermetrina), aplicados por baño (Fig. 4), fueron los antiparasitarios más utilizados para los tratamientos tendientes a controlar al piojo de mar en Chile en el período 2007-2013 (Arriagada et al., 2014), interfieren con la transmisión del impulso nervioso estimulando los canales de sodio en células neuronales lo que produce parálisis espástica y posterior muerte del parásito (Burka et al., 2012; Corner et al., 2008; Torrissen et al., 2013). Estos productos farmacológicos tienen como blanco estadios juveniles y adultos del piojo de mar (Helgesen et al., 2014; Senturk et al., 2009; Bravo et al., 2013).

Desarrollo de resistencia de *Caligus rogercresseyi* a los antiparasitarios usados para su control

Los malos resultados de eficacia frente a un tratamiento pueden ser atribuidos a la mala aplicación de un tratamiento y/o al desarrollo de resistencia hacia el producto. El desarrollo de resistencia es propiciado por el solo hecho de usar un producto para su control. Los ejemplares sensibles mueren y los resistentes sobreviven, transmitiendo sus genes de resistencia a la prole, tal cual se observa en la figura 5. Por lo que la rotación de productos con diferente composición molecular es recomendado para prolongar la vida útil de estos escasos fármacos actualmente disponibles en el mercado.

Al igual que el piojo de mar *Lepeophtheirus salmonis* que parasita a los salmones en el hemisferio norte, *Caligus rogercresseyi* se caracteriza por desarrollar resistencia a los pesticidas usados para su control. A partir del 2005 se comenzó a registrar resistencia en *C. rogercresseyi* al benzoato de emamectina, producto que fue usado por más de cinco años sin alternación de tratamientos (Bravo et al., 2008; Bravo et al., 2012) y a partir del 2008 al piretroide deltametrina, después de sólo un año de su introducción al mercado Chileno (Helgesen et al., 2014; Bravo et al., 2014). Actualmente el organofosforado azametifos, introducido en Mayo del 2013, es el producto que ha mostrado mayor eficacia en el control de *Caligus* en Chile. Sin embargo, al igual que en Noruega, se ha reportado el desarrollo de resistencia a este producto (Marín et al., 2015; Agusti et al., 2016).

De acuerdo a estudios de campo realizados por Agusti et al.

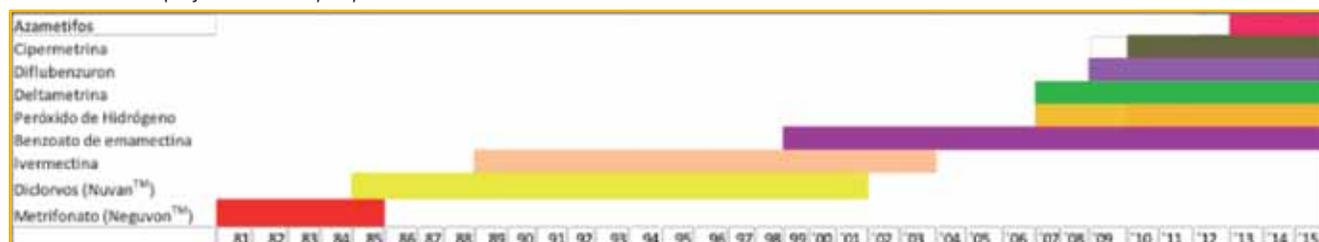


Figura 3: Medicamentos usados para el control de *Caligus* en Chile (1981-2015)

Tabla 1: Volúmenes de antiparasitarios usados para el control de *Caligus* (2000-2014)

I.A. (kg)	2000	2001	2002	2003	2004*	2005*	2006*	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
EMB	52	77	121	127	149	212	326	906	285	65	47	49	219	164	529
Ivermectina	20	10	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diflubenzuron	0	0	0	0	0	0	0	0	162	3,878	3,639	2,815	2,167	3,504	587
Cipermetrina	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	29.7	341.6	677	585	170
Deltametrina	0	0	0	0	0	0	0	5.2	105.2	31.7	34.3	39.9	197	152	36
Nuvan	1.6	3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Azametifos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,207	5,183
Total	73.6	90.4	124	136	149	212	326	911.2	552.2	3,974	3,750	3,245	3,260	7,612	6,505
Salmon (ton)	342	504	482,39	488,25	569,14	614,13	647,26	600,83	630,64	473,57	423,12	613,21	804,00	793,40	842,10
Chile															

**Figura 4:** Tratamiento por baño para el control de *Caligus*

(2016), las hembras de *C. rogercresseyi* han mostrado ser más resistentes que los machos, y esta resistencia es transmitida a la progenie (Bravo et al., 2010). De hecho, después de la aplicación de un tratamiento la proporción de machos en los peces es alrededor de 30% versus 70% de hembras (con saco y sin saco), lo que indica que las hembras son las responsables de las altas tasas de infección. Esto tiene que ver con la evolución de las especies. Las hembras son las encargadas de la reproducción, por lo tanto son las que presentan los mecanismos para lograr una mayor supervivencia frente a eventos adversos, como es en este caso, cuando son expuestas a pesticidas.

Biorremediación

Los productos utilizados para el control del piojo de mar, corresponden a pesticidas que fueron inicialmente desarrollados

para el control de parásitos en la ganadería. Todos estos tienen efectos adversos para el ambiente acuático si no son usados apropiadamente. Estos pesticidas deben tener la propiedad de matar al parásito, sin provocar toxicidad en el hospedador y deben ser inocuos para el medio ambiente, a las concentraciones y períodos de aplicación recomendados por los laboratorios que desarrollaron el producto. Sin embargo, el mal uso de estos productos pueden provocar problemas en el ambiente acuático y en los organismos vivos que habitan en las zonas circundantes.

Estos compuestos son persistentes y tóxicos para el ambiente, afectan la biodiversidad de invertebrados acuáticos y también la salud humana. De aquí que su presencia en sedimentos de agua y suelo sea preocupante por el efecto bioacumulativo y por su bio-magnificación en la cadena alimenticia. Por lo que la biorremediación se ha convertido en una importante herramienta enfocada a eliminar estos contaminantes mediante métodos biológicos, utilizando las capacidades degradadoras de los microorganismos para la limpieza de ambientes contaminados. Dentro de la biorremediación se encuentra la bioaumentación que consiste en la inoculación de cepas de bacterias específicas o consorcios de microorganismos, de manera de incrementar la capacidad degradadora del sistema (Navia y Seeger, 2006), estrategia que ha sido utilizada exitosamente con otros contaminantes (Hernández et al., 2008a, Ponce et al., 2011, Fuentes et al., 2014). En la figura 6 se ilustra la biorremediación mediante la bioaumentación con cepas bacterianas nativas con alto potencial degradador de pesticidas.

Un claro ejemplo de biorremediación es la degradación de la cipermetrina, producto que ha sido detectado en sedimentos de

**Figura 5:** Mecanismos de transmisión de resistencia. Fuente: Dr. Tor Horsberg

agua y suelo (McKinlay et al., 2008, Sundaram et al., 2013). Existen estudios que muestran los problemas medioambientales y de salud que causan el excesivo y continuo uso de pesticidas e insecticidas, siendo los más utilizados los del tipo piretroides (Cuthbertson y Murchie, 2010; Cuthbertson et al., 2010), para los cuales se ha reportado efecto cancerígeno (Cabral y Galendo, 1990, Kakko et al., 2004), toxicidad acumulativa (Liu et al., 2010), toxicidad reproductiva (Abdallah et al., 2009), toxicidad neurotoxicológica (Wolansky y Harrill, 2008) y efectos dañinos en el sistema endocrino (McKinlay et al., 2008). Los residuos de piretroides han probado ser tóxicos para la vida acuática y para la salud humana mediante la bioacumulación y biomagnificación en la cadena alimenticia (Chen et al., 2011, Sundaram et al., 2013). La Cipermetrina ha sido clasificada como un posible carcinógeno humano por la agencia de protección medioambiental (EPA), presentando una DL50 de 250 mg/kg en ratas (Sundaram et al., 2013), en tanto que la Deltametrina es considerada moderadamente peligrosa según la EPA, presentando una DL50 de 31 a >5000 mg/kg en ratas.

Zhang y col. en el 2010 en China reportaron que la bacteria *Serratia* spp. jC1jCN13 fue capaz de degradar y utilizar beta-cipermetrina como fuente de carbono y energía. También se ha reportado que extractos libres de células de *Micrococcus* sp. CPN1 crecidos sobre cipermetrina contienen las actividades enzimáticas de esterasa, 3-fenoxibenzaldehído deshidrogenasa, 3-fenoxibenzoato dioxigenasa, fenol hidroxilasa, protocatecuato-3,4-dioxigenasa y catechol-1,2-dioxigenasa, no así crecidos sobre glucosa (Tallur et al., 2008). La Biorremediación también ha sido reportada para deltametrina y su producto de hidrólisis 3-fenoxibenzaldehído, en la cual se utilizó la cepa *Streptomyces aureus* HP-S-01, la que fue capaz de degradar 50-300 mg L⁻¹ en 7 días (Chen et al., 2011).

Actualmente, en Chile no hay reportes sobre la búsqueda de cepas nativas que sean capaces de degradar los productos antiparasitarios utilizados para el control del piojo de mar, por lo que es altamente relevante incentivar este tipo de estudios para aminorar en parte, los problemas medioambientales generados por la salmonicultura, a través de la implementación de técnicas de bajo costo y amigables con el medio ambiente, como lo es la biorremediación con bacterias nativas, para no ocasionar un desequilibrio ecológico en la microbiota del sitio a remediar.

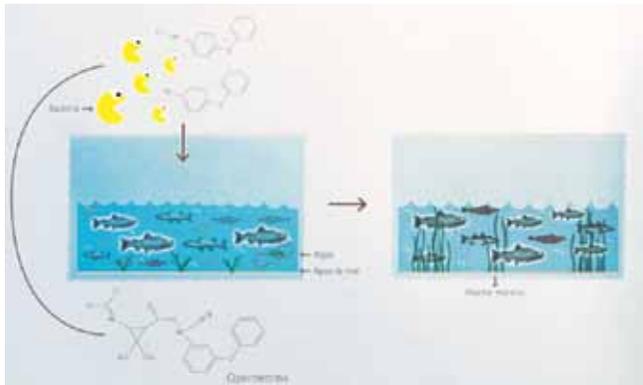


Figura 6. Biorremediación de aguas marinas contaminadas con cipermetrina mediante el empleo de cepas bacterianas nativas.

Referencias

- Abdallah FB, Hamden K, Galeraud-Denis I, Feki AE, Keskes-Ammar L (2009) An in vitro study on reproductive toxicology of deltamethrin on rat spermatozoa. *Andrologia* 42:254–259
- Agusti C., Bravo S, Contreras G., Bakke M. J., Helgesen K.O., Winkler C., Silva M.T., Mendoza J., Horsberg T.E. 2016. Sensitivity assessment of *Caligus rogercresseyi* to anti-lice chemicals in relation to treatment efficacy in Chilean salmonid farms. *Aquaculture*. 458: 195-205.
- Arriagada G.A., Stryhn H., Campisto J.L., Sanchez J., Ibarra R., Medina M., St-Hilaire S. (2014). Evaluation of the performance of pyrethroids on different life stages of *Caligus rogercresseyi* in southern Chile. *Aquaculture* 426–427: 231–237.
- Boxshall G., Bravo S. (2000). On the identity of the common *Caligus* (Copepoda:Siphonostomatoida:Caligidae) from salmonid netpen system in southern Chile. *Contrib Zool* 69: 137-146.
- Bravo S. (2003). Sea lice in Chilean salmon farms. *Bull Eur Assoc Fish Pathol* 23: 197–200.
- Bravo S., Dolz H., Silva M.T., Lagos C., Millanao A., Urbina M. (2003). Diagnóstico del uso de fármacos y otros productos químicos en la acuicultura, 2003. http://www.fi.p.cl/FIP/Archivos/pdf/informes/inffi_nal%202003-28.pdf.
- Bravo S., Perroni M., Torres E. & Silva M.T. (2006). Report of *Caligus rogercresseyi* in the anadromous brown trout (*Salmo trutta*) in the Río Gallegos Estuary, Argentina. *Bull Eur Assoc Fish Pathol* 26: 185–192.
- Bravo S., Sevatdal S. & Horsberg T. (2008). Sensitivity assessment of *Caligus rogercresseyi* to emamectin benzoate in Chile. *Aquaculture* 282: 7–12.
- Bravo S., Sevatdal S.; Horsberg T. 2010. Sensitivity assessment in the progeny of *Caligus rogercresseyi* to emamectin benzoate. *Bulletin of the European Association of Fish pathologists* 30: 92-98.
- Bravo S., Boxshall G.A. & Conroy G. (2011). New cultured host and a significant expansion in the known geographical range of the sea louse *Caligus rogercresseyi*. *Bull Eur Assoc Fish Pathol* 31: 160–164.
- Bravo S., Silva M. T., Monti G. (2012). Efficacy of emamectin benzoate in the control of *Caligus rogercresseyi* on farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Chile from 2006 to 2007. *Aquaculture* 364-365: 61–66.
- Bravo S., Nunez M. and Silva M. T. (2013). Efficacy of the treatments used for the control of *Caligus rogercresseyi* infecting Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in a new fish-farming location in Region XI, Chile. *J Fish Dis* 36: 221–228.
- Bravo S., Sepulveda M., Silva M.T., Costello M.J. (2014). Efficacy of deltamethrin in the control of *Caligus rogercresseyi* using bath treatment. *Aquaculture* 432(20) 175-180. DOI: 10.1016.
- Bravo S., Pozo V., Silva M.T. 2015. Evaluación de la efectividad del tratamiento con agua dulce para el control de *Caligus rogercresseyi* Boxshall & Bravo, 2000. *Lat. Am.J.Aquat. Res.* 43(2). 322-328.
- Burka J.F., Fast M.D., Revie C.W. (2012). *Lepeophtheirus salmonis* and *Caligus rogercresseyi*. In: Woo, P.T.K., Buchmann, K. (Eds.), *Fish Parasites: Pathobiology and Protection*. Wallingford, Oxfordshire, Cambridge, MA: CAB, pp. 350–370.
- Cabral J.R., Galendo D. (1990). Carcinogenicity study of the pesticide fenvalerate in mice. *Cancer Lett* 49 (1), 13–1.
- Chen H., Yang L., Hu M., Liu J. (2011). Biodegradation of fenvalerate and 3-phenoxybenzoic acid by a novel *Stenotrophomonas* sp. strain ZS-S-01 and its use in bioremediation of contaminated soils. *Appl Microbiol Biotechnol* 90: 755-767.
- Coppen GDA, Jepson PC. (1996). The effects of the duration of exposure on the toxicity of diflubenzuron, hexaflumuron and teflubenzuron to various stages of II instar *Schistocerca gregaria*. *Pestic Sci* 46:191–197.
- Corner R.A., Marshall J., Hadfield B., Gowrie K., Wallace C., Davies P., Price C., Telfer T.C. (2008). A review of the sea lice bath treatment dispersion model used for discharge consenting in Scotland. Final Report to the Scottish

Aquaculture Research Forum. Project No. SARF 023 (54 pp., Available at: <http://www.sarf.org.uk/projects/SARF023.php> Accessed on April 2014).

Costello M.J. (2006). Ecology of sea lice parasitic on farmed and wild fish. *Trends in Parasitol* 22: 10.

Costello M.J. (2009). How sea lice from salmon farms may cause wild salmonid declines in Europe and North America and be a threat to fishes elsewhere. *Proc Biol Sci series B*. 276, 3385–3394.

Cuthbertson A. G. S.; Murchie A. K., (2010). Ecological benefits of *Anystis baccharum* in an orchard ecosystem and the need for its conservation. *Int J Environ Sci Tech* 7 (4): 807-813.

Cuthbertson A. G. S., Blackburn L. F., Northing P., Luo, W., Cannon R. J. C., Walters K. F. A., (2010). Chemical compatibility testing of the entomopathogenic fungus *lecanicillium muscarium* to control *bemisia tabaci* in glasshouse environment. *Int J Environ Sci Tech* 7 (2): 405-409.

Fuentes S., Mendez V., Aguila P., Seeger M. (2014). Bioremediation of petroleum hydrocarbons: catabolic genes, microbial communities, and applications (2014). Mini-review. *Appl Microbiol Biotechnol*. DOI 10.1007/s00253-014-5684-9.

Helgesen K. O., Bravo S., Sevatdal S., Mendoza J., Horsberg T. E. (2014). Deltamethrin resistance in the sea louse *Caligus rogercresseyi* (Boxhall and Bravo) in Chile: bioassay results and usage data for antiparasitic agents with references to Norwegian conditions. *J Fish Dis* doi:10.1111/jfd.12223.

Hernandez M., Villalobos P., Morgante V., Gonzalez M., Reiff C., Moore E. & Seeger M. (2008a). Isolation and characterization of a novel simazine-degrading bacterium from agricultural soil of central Chile, *Pseudomonas* sp. MHP41. *FEMS Microbiol Lett* 1-7.

Hernandez M., Morgante V., Avila M., Villalobos P., Miralles P., Gonzalez M., Seeger M. (2008b). Novel s-triazine-degrading bacteria isolated from agricultural soils of central Chile for herbicide bioremediation. *Elect J Biotechnol* 11(5): 1-7.

Kakko, I.; Toimela, T.; Tahti, H., (2004). Oestradiol potentiates the effects of certain pyrethroid compounds in the MCF7 human breast carcinoma cell line. *Altern Lab Anim* 32 (4): 383–390.

Liu PY, Liu YJ, Liu QX, Liu JW (2010) Photodegradation mechanism of deltamethrin and fenvalerate. *J Environ Sci* 22(7):1123–1128

Marín, S.L., Ibarra, R., Medina M.H., Jansen, P.A., 2015a. Sensitivity of *Caligus rogercresseyi* (Boxshall and Bravo 2000) to pyrethroids and azamethiphos measured using bioassay tests-A large scale spatial study. *Prev. Vet. Med.*, 8. pii: S0167-5877(15)30022-2. doi: 10.1016/j.prevetmed.2015.09.017.

McKinlay R., Plant J.A., Bell J.N., Voulvoulis N. (2008). Endocrine disrupting pesticides: implications for risk assessment. *Env Int* 34, 168-183.

Navia, R. y Seeger, M. 2006. Biorremediación de suelos contaminados con

compuestos organicos persistentes (COPs), Vol. 1, pag. 7. Editorial Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

Oelckers K., Vike S., Duesund H., Gonzalez J., Wadsworth S., Nylund A. (2014). *Caligus rogercresseyi* as a potential vector for transmission of Infectious Salmon Anaemia (ISA) virus in Chile. *Aquaculture* 420–421: 126–132.

Olsvik P. A., Lie K., Mykkeltvedt E., Samuelsen O. B., Petersen K., Stavrum A., Lunestad B.T. (2008). Pharmacokinetics and transcriptional effects of the anti-salmon lice drug emamectin benzoate in Atlantic salmon. *BMC Pharmacol* 8:16.

Pfenning A. P., Roybal J. E., Turnipseed S., Gonzales S. A., Hurlbu J. A. (1999). Determination of residues of azamethiphos in salmon tissue by liquid chromatography with fluorescence detection. *J AOAC Int* 82(5).

Ponce B. L., Latorre V. K., Gonzalez M., Seeger M. (2011). Antioxidant compounds improved PCB-degradation by *Burkholderia xenovorans* strain LB400. *Enzyme Microb Technol* 49: 509–516.

SAG (2014). Register of pharmaceutical products approved for veterinary use. Government of Chile, Ministry of Agriculture, Agricultural and livestock Service (in Spanish)(Available at: <http://www.sag.cl> Accessed on April 2014).

Sernapesca (2012). Resolution No. 1141. Official program for the surveillance and control of caligidosis (PSEVC-CALIGIDOSIS). Government of Chile, Ministry of Economy, Development and Tourism, Undersecretary of Fisheries, Fisheries and Aquaculture Service (Available at: <http://www.sernapesca.cl/> Accessed May 2014).

Singh G., Chahil G. S., Jyot G., Battu R. S., Singh B. (2013). Degradation dynamics of emamectin benzoate on cabbage under subtropical conditions of Punjab, India. *Bull Environ Contam Toxicol* 91:129–133.

Soderlund, Clark D.M., Sheets J.M., Mullin L.P., Piccirillo L.S., Sargent D., Stevens J.T., Weiner M.L. (2002). Mechanisms of pyrethroid neurotoxicity: implications for cumulative risk assessment. *Toxicology* 171, 3–59.

Sundaram S., Das M. T., Thakur I. S. (2013). Biodegradation of cypermethrin by *Bacillus* sp. in soil microcosm and in-vitro toxicity evaluation on human cell line *Int Biodeterior Biodegrad* 77:39-44.

Tallur P., Megadi V., Ninnekar H. (2008). Biodegradation of Cypermethrin by *Micrococcus* sp. CPN 1. *Biodegrad* 19:77–82.

Torrissen O., Jones S., Asche F., Guttormsen A., Skilbrei O.T., Nilsen F., Horsberg T.E., Jackson D. (2013). Salmon lice—impact on wild salmonids and salmon aquaculture. *J Fish Dis* 36, 171–194.

Wolansky MJ, Harrill JA (2008) Neurobehavioral toxicology of pyrethroid insecticides in adult animals: a critical review. *Neurotoxicol Teratol* 30:55–78

Zhang C., Jia L., Wang S., Qu J., Li K., Xu L., Shi Y., Yan Y. (2010). Biodegradation of beta-cypermethrin by two *Serratia* spp. with different cell surface hydrophobicity. *Bioresour Technol* 101: 3423–3429.



17 al 20 de Enero 2017
Viña del Mar - Chile
www.vicna2017.cl





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, físicoquímico, 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 labref@uach.cl metrologia@uach.cl
Teléfonos 56 63 222 1619 / 222 1245 / 222 1175 Av. Julio Sarrazin s/n Campus Isla Teja Valdivia

I+D evaluando la nueva vacuna atenuada SRS

PHARMAQ

La *septicemia rickettsial del salmón* (SRS) o *Piscirickettsiosis* es causada por la bacteria llamada *Piscirickettsia salmonis* y se considera uno de los problemas de salud más devastadores en la industria de cultivo de salmón en Chile. También se estima que la *Piscirickettsiosis* representa una de las más graves amenazas a la sustentabilidad de la industria salmonera Chilena (Ibieta y colaboradores, 2011). La *Piscirickettsiosis* ha evolucionado con el tiempo, mostrando un aumento en su virulencia, una mayor gravedad en la presentación clínica y patológica y diversas formas de presentación dependiendo de la especie, edad y manejo (Leal y Woywood, 2007; Marshall y otros, 2007).

La industria salmonera ha orientado su estrategia de control de la enfermedad hacia terapias antimicrobianas y vacunas. El uso de antibióticos en forma terapéutica durante las primeras etapas de la infección pueden controlar el agente patógeno, pero muchas veces estos han demostrado ser en parte ineficaces para detener brotes avanzados de la enfermedad (Cabello, 2006). La cantidad de tratamientos a efectuar por ciclo varía dependiendo de la especie, del tipo de agua y del tamaño del pez, sin embargo, la cantidad de tratamientos efectuados ha aumentado en los últimos 5 años alcanzando niveles de uso de 590 gramos por tonelada de biomasa. En el caso de los peces sobrevivientes pueden generarse úlceras o cicatrices en la piel, lo que genera pérdidas enormes por pérdida de calidad de los productos terminados, e incluso las lesiones pueden generar una barrera de entrada a algunos mercados importantes para las empresas salmoneras Chilenas.

Una reciente publicación sobre SRS (Rozas y Enríquez, 2014) sugirió que sería un gran avance el poder desarrollar y evaluar una vacuna viva-atenuada contra *Piscirickettsia salmonis*. En Febrero de 2016 Pharmaq obtuvo la autorización provisoria del mercado para la primera vacuna viva-atenuada contra SRS en el mundo, aportando así con tecnología de vanguardia que se alinea con el objetivo del sector de generar un ciclo de produc-

ción cada vez más sustentable. Tenemos confianza en que esta nueva vacuna se convertirá en una valiosa herramienta para apoyar la estrategia de los productores de salmón y su objetivo de disminuir significativamente el uso de antibióticos en el ciclo de cultivo.

ALPHA JECT LiVac® SRS: Resultados documentados SEGURIDAD

La vacuna ALPHA JECT LiVac® SRS ha sido sometida a minuciosas pruebas y ensayos que garantizan un producto seguro y eficaz. El aislado de *Piscirickettsia salmonis* usado en esta vacuna fue atenuado, lo que en otras palabras quiere decir que fue tratado en laboratorio de manera tal que perdiera su virulencia.

Las pruebas de seguridad llevadas a cabo en vacunas inactivadas tradicionales se han basado principalmente en la evaluación de efectos secundarios y toxicidad en peces inoculados con dosis simples y dobles.



Vacunación con ALPHA JECT LiVac® SRS



Fotografías de signos de SRS: lesiones internas y manifestaciones cutáneas.

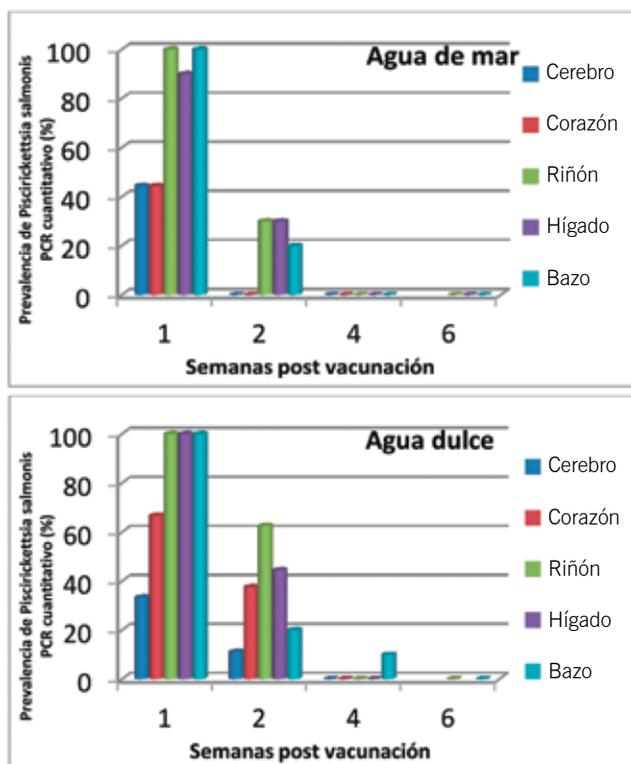


Imagen 1: La cantidad de ácido ribonucleico (ARN) contenido disminuye rápidamente en el pez luego de la vacunación. La mayor prevalencia se observa en el riñón anterior, hígado y bazo hasta 7 días después de la vacunación.

En el caso de la documentación para la vacuna atenuada, se ha incluido una serie de estudios que demuestran su seguridad de acuerdo con las normativas de la Unión Europea, las directrices del SAG y exigencias adicionales requeridas por la autoridad Chilena. En resumen, la vacuna ha demostrado ser segura para el pez y el consumidor y no revertirá a formas virulentas.

Los hitos más importantes en materia de seguridad son:

- No se ha observado ningún efecto negativo sobre el crecimiento de los peces, comportamiento ni efectos secundarios, incluidos depósitos de melanina, después de la vacunación con hasta diez veces la dosis recomendada.
- No se ha producido mortalidad ni observado signos clínicos de SRS después de la vacunación, incluso tras estresar los peces o transferir homogenado de tejidos de peces infectados a otros grupos de peces, lo que avala la certeza de que la cepa utilizada en la vacuna no revierte a formas virulentas.
- Después de vacunación, la cantidad de tejidos positivos, prevalencia (porcentaje de peces positivos) y cantidad (según cuantificación de ácido ribonucleico, ARN) disminuyen rápidamente tras la vacunación. Los peces que arrojan positividad pueden detectarse hasta 4 semanas después de la vacunación (véase Imagen 1).
- Antibióticos: no se han introducido ni modificado genes de resistencia a antibióticos a la cepa utilizada para fabricar la vacuna. Por lo tanto, no existe riesgo de propagar ninguna clase de gen resistente desde el pez inoculado hacia el medioambiente.

EFICACIA

Durante los últimos 10 años, PHARMAQ ha desarrollado modelos de desafío adecuados y confiables para evaluar el SRS, requisito esencial para la correcta evaluación de la eficacia de la vacuna.



Las pruebas de desafío con inyecciones intraperitoneales (i.p.) de *Piscirickettsia salmonis* han sido comparadas con aquellas en cohabitación donde algunos peces son desafiados con inyecciones intraperitoneales, y se deja que trasmitan *P. salmonis* al estanque con la intención de infectar peces vacunados cohabitantes (transmisión horizontal de la bacteria).

Ambos modelos arrojan resultados similares (véase Imagen 2). En ambos modelos los peces han sido vacunados (a un peso de al menos 20 g) de acuerdo a la recomendación, inmunizados por 456 grados día, y luego desafiados con cada modelo de desafío. Los peces control presentan signos clínicos de SRS, la mortalidad se registró diariamente y se confirmó *Piscirickettsia salmonis* como causa de muerte.

La eficacia de ALPHA JECT LiVac® SRS ha sido evaluada considerando los siguientes parámetros:

- **Respuesta a la dosis:** la cantidad mínima de *Piscirickettsia salmonis* viva requerida para conseguir buenos resultados están documentadas.
- Los peces vacunados que sobrevivieron a los estudios de desafío muestran escasos o ningún signo clínico y los valores Ct obtenidos después de cuantificar específicamente el ARN

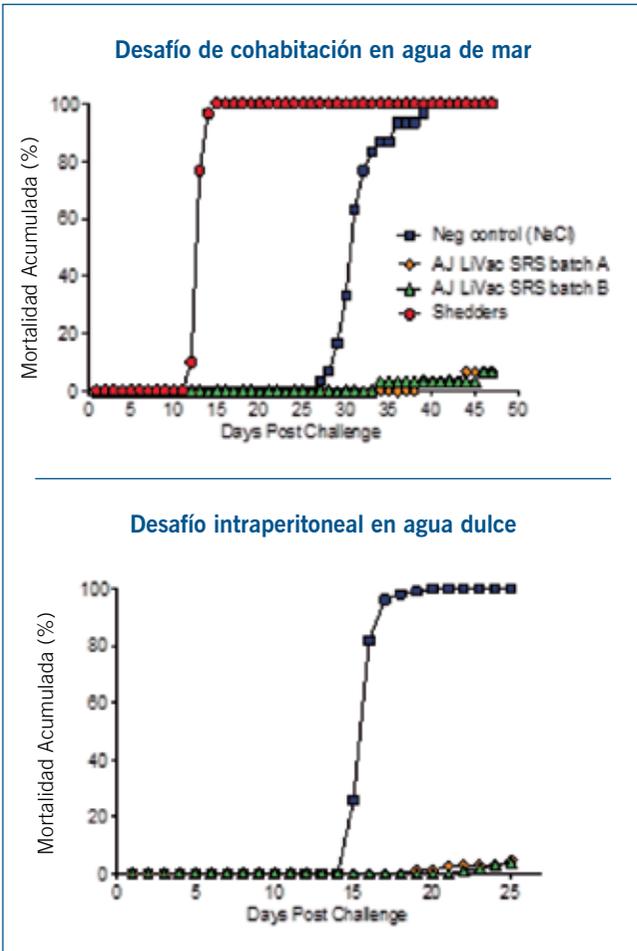
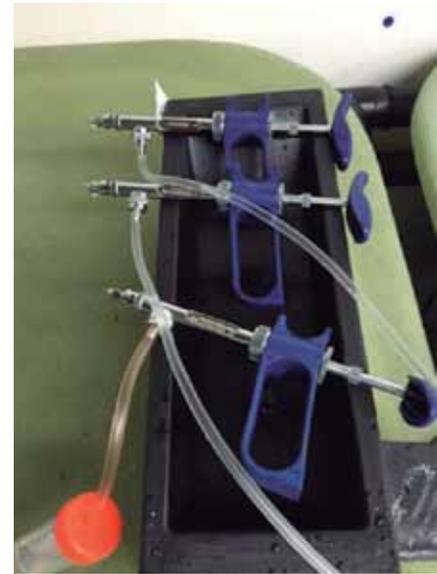


Imagen 2: Eficacia obtenida después de las pruebas de desafío con *Piscirickettsia salmonis* virulenta por desafío i.p. en agua dulce (izquierda inferior) y por cohabitación en agua de mar (izquierda superior).



de *Piscirickettsia salmonis* por PCR cuantitativo, son altos, lo que indica un bajo nivel de presencia de *Piscirickettsia salmonis* virulenta en los peces vacunados. Por lo tanto, la vacuna ha eliminado la cepa virulenta usada para el desafío.

- **Reversión a las formas virulentas:** La inyección inicial contiene la concentración de antígeno señalada por las especificaciones para la dosis recomendada. Se llevaron a cabo pasajes seriados por medio de la inoculación de homogenado de tejido en los peces de prueba. No se observó reversión a formas virulentas.



Vacuna en su presentación producto terminado para distribución.



LOGRE LO IMPOSIBLE

Impresione a su audiencia, realizamos impactantes tomas aéreas, entregándole un producto de primera calidad.

2 drones de **alta gama** capaces de capturar fotografías de hasta 24Mpx y video de resoluciones hasta 4K.

Somos expertos audiovisualistas, contamos con todo el equipamiento para un **producto final excepcional.**



Contáctenos!

Tel. +56 63 2217805

Cel.: 9 6429634

bgonzalez@efectovisual.cl

www.efectovisual.cl

www.olitec.cl

Valdivia - Chile



Uso eficiente de marcos estimadores de biomasa para el control de peso y crecimiento de Salmón del Atlántico (*Salmo salar L.*) en centros marinos



César López Riveros^{1 2 3}

¹M.V., Msc(c). Programa de Magíster en Acuicultura, Fac. de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte.

²Sub Gerente Técnico VAKI Chile Ltda.

³Consultor Freelance Nutrición en Acuicultura.

cesar_lopez@ucn.cl – clopez@vaki.cl – www.aquanutrition.cl



Imagen 1. Centro cultivo

INTRODUCCIÓN

El control exacto de la biomasa es uno de los grandes desafíos actuales para la industria del salmón a nivel mundial (Haugholt et al., 2010). Las empresas necesitan un alto nivel de certeza respecto al conteo de peces, medición del peso promedio, factor de conversión y tasa de crecimiento de sus sistemas productivos. El desarrollo de un sistema de control confiable del número y biomasa de peces cultivados es fundamental para una acuicultura sostenible y rentable (Little et al., 2015).

No obstante lo anterior, la industria salmonicultora nacional enfrenta diferencias de inventario y control de la biomasa que persisten hasta el día de hoy. Información obtenida entre los años 2006 y 2008, reporta diferencias de inventario en Salmón del Atlántico durante todos los meses de producción (Solis, 2009). Perder el control de la existencia y biomasa de peces, es atribuible a una serie de factores, entre los cuales se pueden mencionar: errores en el registro del ingreso de peces, incorrecta estimación del peso corporal, falta de supervisión en el transporte de peces, problemas en los equipos contadores de peces, robo de peces en las jaulas, escapes de peces por roturas de las redes peceras y ultimamente eventos de floraciones algales nocivas que impiden una cuantificación exacta de la biomasa muerta. (Solis, 2009; Aunsmo et al., 2013; AQUA, 2016). Por mencionar solo un ejemplo, el año 2013, en la industria chilena se presentó el mayor registro de escape de peces de los últimos 5 años; donde sólo en la Región de Aysén, se perdieron 1,28 millones de salmones. (Sernapesca, 2014).

Crecimiento de peces en un sistema productivo

El crecimiento es un parámetro de interés central en las operaciones de producción de la industria del salmón (Aunsmo et al., 2014). Áreas importantes de mejora y gestión del crecimiento de peces incluyen: identificación de los factores causales, cuantificando efectos que predicen el crecimiento del pez, así como la evaluación comparativa entre el crecimiento de jaulas, sitios, cepas genéticas y empresas (Aunsmo et al., 2014).

Los millones de peces cultivados en los centros productivos de la industria, no hacen posible la medición del peso corporal de la totalidad de los individuos como en otras producciones animales, por lo cual se debe recurrir a métodos de muestreo que permiten estimar el peso promedio y crecimiento de una unidad productiva a través de una muestra representativa de la población de peces (Beddow et al., 1996; Zion, 2012; VAKI, 2016).

Los métodos de medición utilizados para estimar el peso y distribución de los peces en las jaulas marinas de la industria del salmón son:

1. Balanza.
2. Marcos Estimadores de Biomasa.
3. Estimadores por imagen.

Características del muestreo de peso con Balanza

En la etapa de engorda en agua de mar, las empresas salmonicultoras muestrean el peso de los peces de una jaula de pro-

ducción con métodos tradicionales, que desde un punto de vista estadístico y grado de confianza de la información, no siempre poseen un alto nivel de exactitud (Haugholt et al., 2010; Aunsmo et al., 2013).

El método de muestreo ampliamente utilizado y aceptado por los salmicultores, es la medición de peso total individual del pez con una balanza. Si bien, el muestreo manual con balanza ha sido un método de medición usado desde los comienzos de la acuicultura, no está carente de errores e imprecisiones. Sin embargo, la principal ventaja por la cual se ha mantenido vigente a través del tiempo, es que permite inspeccionar la condición corporal y condición sanitaria de los peces (Forsberg, 1995; Pennel y Barton, 1996; Jones et al., 1999).

Entre las desventajas que presenta el muestreo con balanza, se encuentra la baja frecuencia del muestreo que impide llevar un registro continuo del peso y detectar a tiempo las diferencias reales de inventario o deficiencias productivas (bajo crecimiento, alto factor de conversión), alto estrés y manipulación de los peces que no hace recomendable este muestreo en situaciones sanitarias adversas, reducción de los consumos de alimento pre

y post-muestreo, permanente calibración de la balanza con pesos patrones, imposibilidad de muestrear el peso con malas condiciones climáticas que en algunos casos pueden pasar 2 ó más meses sin poder muestrear, alto requerimiento de horas hombre, error humano en el registro y digitación de los datos de peso,

utilización de alimento para atraer a los peces durante el lance lo cual incrementa el grado de error en la muestra, bajo número muestral que no supera el 1% de la población total de la jaula (Haugholt et al., 2010).

Metodología de muestreo con Marcos Bioestimadores

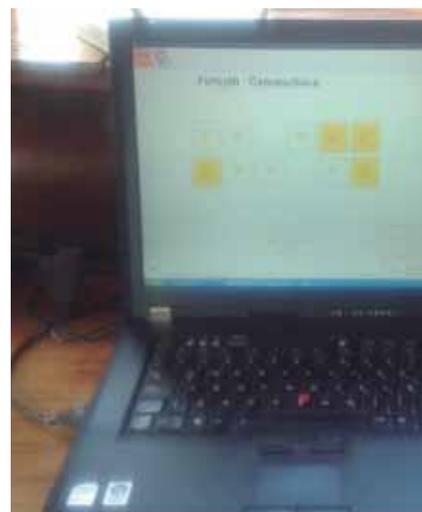
Los estimadores de biomasa, bioestimadores o marcos estimadores de peso, son instrumentos de medición especializados, que han sido utilizados desde hace varios años en la acuicultura mundial (Løvik, 1987) y en Chile, aprox. desde el año 2002 (VAKI, 2016). A nivel global existen dos principales empresas que fabrican y comercializan marcos estimadores de biomasa para la acuicultura. Una de ellas es de origen islandés y la otra es de origen noruego. Los principios electrónicos de funcionamiento de ambos fabricantes son muy similares, sin embargo, el proveedor de tecnología islandesa cuenta con un sistema de transmisión de datos inalámbrica desde los marcos, que permite el acceso instantáneo a la información de peso diario en un sitio web al que pueden ingresar todos los usuarios desde cualquier computador con conexión a internet (VAKI, 2016).

El marco estimador de peso es un instrumento de medición de forma cuadrada que está compuesto por los siguientes componentes: cuatro caras rectangulares que contienen un conjunto de diodos de luz infraroja, un armazón de acero inoxidable que ensambla y protege estas caras de golpes, una barra de sujeción metálica, casquillo de sujeción y un cable submarino de conexión (VAKI, 2016). En las jaulas marinas de producción, los marcos se deben instalar a través de un cabo de sujeción y se sumergen a una profundidad y ubicación estándar en la jaula que se desea muestrear (Folkedal et al., 2012).

Cuando el equipo queda ubicado correctamente y los salmones nadan y pasan a través del escáner de rayos infrarrojos, se obtiene una imagen instantánea de los peces, la cual a través de un software de análisis automático de imagen, permite estimar su tamaño (Lekang, 2007; Haugholt et al., 2010; Zion, 2012).



Imagen 2. Muestreo balanza



Imágenes 3, 4 y 5. Tecnología biomassdaily



> Imágenes 6 y 7. Instalación de marco en la jaula de mar.



^ Imagen 8. Salmones nadando a través de marco estimador.

En el caso de la tecnología VAKI Biomassdaily, el equipo se mantiene sumergido fijo en la jaula desde la siembra hasta la cosecha para obtener muestras de peso diariamente (Folkedal et al., 2012), con el fin de construir una tendencia de crecimiento histórico de la población (Ver gráfico de crecimiento en el tiempo). Al estar el marco durante todo el ciclo de engorda en la misma jaula, permite recopilar información productiva confiable y en tiempo real para que el productor pueda saber con certeza la evolución de crecimiento, factor de condición, distribución de pesos e incluso analizar la evolución del factor de conversión de la unidad productiva.

El muestreo de peso con estimadores de biomasa, a diferencia del muestreo con balanza; para lograr una alta exactitud y representatividad de la muestra, requiere del compromiso por parte del centro productor de mover los marcos y lograr un alto N muestral o número de muestras válidas (Folkedal et al., 2012). Por la experiencia lograda con estos equipos en Chile, la cantidad mínima para asegurar un dato de peso con una exactitud > 97% es de un 1% de peces diarios respecto al total de la población de peces de la jaula (VAKI, 2016). Por ej. una unidad productiva de 45.000 peces, requiere de unos 600 peces diarios pasando por el marco (VAKI, 2016).

Factores a considerar para lograr un alto n° de muestras por el marco

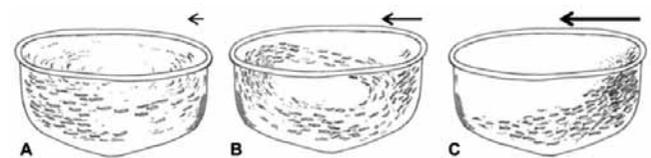
Para que el acuicultor logre una óptima ubicación del marco y un

alto número de muestras de peces, debe tomar en consideración algunos factores o variables que afectan el patrón de nado y comportamiento de los salmones en las balsas jaulas (Dempster et al., 2009; Bui et al., 2013).

Las variables del cultivo que más impactan la conducta natatoria de los salmones y, por ende, el número de muestras obtenidas con los marcos estimadores, son: la alimentación (Smith et al., 1993; Fernö et al., 1995), la dirección y velocidad de las corrientes (Johansson et al., 2014), el fotoperíodo (Juell et al., 2004; Oppedal et al., 2007; Davidsen et al., 2008; Føre et al., 2013) y la densidad de los peces en la jaula (Juell et al., 2003; Folkedal et al., 2012).

Perspectivas futuras

En Chile, a diferencia de la industria del salmón en Noruega y Escocia, la tecnología de estimadores de biomasa, pese a comercializarse por años en la acuicultura local, no ha logrado masificarse como método de alta exactitud en la estimación de peso por sobre el muestreo tradicional. Las razones detrás de esto pueden deberse a: una mala reputación de los estimadores producto de malas

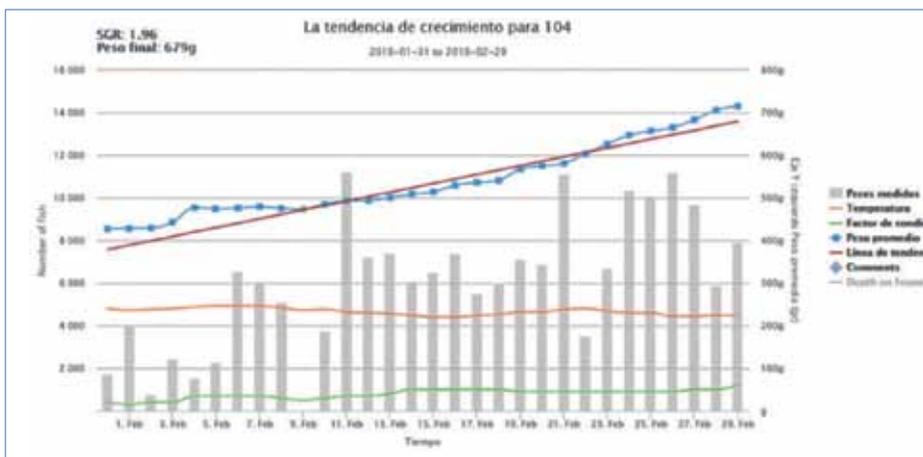


^

Imagen 9. Estructura de nado de salmones de cultivo observadas a distintas velocidades de corrientes de marea. Nado circular (A, movimiento circular), Nado mixto (B, circular y contra-corriente) y Nado contra-corriente (C, nado estático).

Dibujo por Stein Mortensen (Trabajo de Johansson et al., 2014).

Gráfico de tendencia de crecimiento en base a la medición del peso promedio diario.



experiencias anteriores, viejos paradigmas aún no resueltos, la ausencia de estudios o bases de datos sólidas y objetivas de los resultados de exactitud por parte de los usuarios, una excesiva confianza en el muestreo con balanza por ser un método conocido y aceptado empíricamente por la industria, factor humano de no familiarizarse con el uso de los equipos en los centros, desconocimiento del correcto uso de la tecnología, poca transparencia y exactitud de los métodos de pesaje en las plantas de proceso posterior a las cosechas; así como también, a opinión del autor, la sesgada y desinformada visión de que los marcos bioestimadores son un gasto innecesario y más trabajo para el centro (el arriendo de 4 marcos no alcanza al 1% de los costos operacionales mensuales de un centro de cultivo de mar) v/s la incorporación de una tecnología de control exacto de la evolución del peso y biomasa durante los meses de engorda, evitando las grandes variaciones existentes entre la biomasa viva declarada y la biomasa real disponible para cumplir con los compromisos comerciales.

Aspirando a una acuicultura de alta productividad y competitividad, cada vez se hará más necesario contar con herramientas que midan con absoluta exactitud la biomasa de peces en las jaulas de mar, por esta razón; en la actualidad, ya existen empresas salmicultoras operando en Chile que se encuentran validando esta tecnología con el fin de incorporarla como un estándar de control productivo. En un futuro no tan distante, los bioestimadores debieran convertirse en un instrumento de medición que reemplace a la vieja escuela de muestreo tradicional en los centros de cultivo, dejando estos manejos sólo para ciertos hitos de confirmación durante el ciclo.

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., Krontveit R., Steinar Valle P., Bohlin J. 2014. Field validation of growth models used in Atlantic salmon farming. *Aquaculture* 428–429, 249–257.
- Beddow T. A., Ross L. G., Marchant J. A. 1996. Predicting salmon biomass remotely using a digital stereo-imaging technique. *Aquaculture* 146, 189–203.
- Bui S., Oppedal F., Korsøen ØJ., Sonny D., Dempster T. 2013. Group Behavioural Responses of Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) to Light, Infrasound and Sound Stimuli. *PLoS ONE* 8(5): e63696, 1–9.
- Dauidsen J. G., Plantalech Manel-la N., ØKland F., Diserud O. H., Thorstad E. B., Finstad B., Sivertsgård R., McKinley R. S., Rikardsen A. H. 2008. Changes in swimming depths of Atlantic salmon *Salmo salar* post-smolts relative to light intensity. *Journal of Fish Biology*, 73, 1065–1074.
- Dempster T., Korsøen O., Folkedal O., Juell J. E., Oppedal F. 2009. Submergence of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in commercial scale sea-cages: A potential short-term solution to poor surface conditions. *Aquaculture* 288, 254–263.
- Fernö A., Huse I., Juell J. E., Bjordal Å. 1995. Vertical distribution of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in net pens: trade-off between surface light avoidance and food attraction. *Aquaculture* 132 (3–4), 285–296.
- Folkedal O., Stien L.H., Nilsson J., Torgersen T., Fosseidengen J.E., Oppedal F. 2012. Sea caged Atlantic salmon display size-dependent swimming depth. *Aquatic Living Resources* 25, 143–149.
- Føre M., Dempster T., Alfredsen J.A., Oppedal F. 2013. Modelling of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) behaviour in sea-cages: Using artificial light to control swimming depth. *Aquaculture* 388–391, 137–146.
- Forsberg O.I. 1995. Empirical investigations on growth of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in land-based farms — evidence of a photoperiodic influence. *Aquaculture* 133, 235–248.
- Johansson D., Laursen F., Fernö A., Fosseidengen J. E., Klebert P., Stien L. H., Vagseth T., Oppedal F. 2014. The Interaction between Water Currents and Salmon Swimming Behaviour in Sea Cages. *PLoS ONE* 9(5): e97635, 1–4.
- Jones R. E., Petrell R. J., Pauly D. 1999. Using modified length-weight relationships to assess the condition of fish. *Aquac. Eng.* 20, 261–276.
- Juell J. E., Oppedal F., Boxaspen K., Taranger G. L. 2003. Submerged light increases swimming depth and reduces fish density of Atlantic salmon *Salmo salar* L. in production cages. *Aquaculture Research* 34, 469–478.
- Juell J. E., Fosseidengen J. E. 2004. Use of artificial light to control swimming depth and fish density of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in production cages. *Aquaculture* 233, 269–282.
- Lekang O. I. 2007. *Aquaculture Engineering*. Blackwell, Oxford, UK, pp. 277–280.
- Little C., Felzensztein C., Gimmon E., Muñoz P. 2015. The business management of the Chilean salmon farming industry. *Marine Policy* 54, 108–117.
- Løvik A. 1987. Biomass estimation in aquaculture facilities. Modelling, identification and control, vol.8, no. 1, 1–10.
- Oppedal F., Juell J. E., Tarranger G. L., Hansen T. 2001. Artificial light and season affects vertical distribution and swimming behaviour of post-smolt Atlantic salmon in sea cages. *Journal of Fish Biology*, 58, 1570–1584.
- Oppedal F., Juell J. E., Johansson D. 2007. Thermo- and photoregulatory swimming behaviour of caged Atlantic salmon: Implications for photoperiod management and fish welfare. *Aquaculture* 265, 70–81.
- Pennel M., Barton B. 1996. *Principles of Salmonid Culture, Developments in Aquaculture and Fisheries Science, Volume 29*. Elsevier Amsterdam, The Netherlands, pp. 569–608.
- Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. 2014. *Estadística de Escapes de Peces*.
- Smith I. P., Metcalfe N. B., Huntingford F. A., Kadri S. 1993. Daily and seasonal patterns in the feeding-behavior of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a sea cage. *Aquaculture* 117, 165–178.
- Solis A. 2009. *Sistema de Control de Inventario de Peces Vivos para la Industria Salmicultora*. Tesis para optar al grado de Magíster en Gestión y Dirección de Empresas, Universidad de Chile, pp. 26–32. [Consulta 6 de enero 2016 en www.cybertesis.uchile.cl/tesis/uchile/2009/solis_a/sources/solis_a.pdf]
- Haugholt K. H., Kavli T., Knappskog V., Løvhaugen O., Pedersen A., Pedersen G. 2010. EXACTUS Project Technical Report. T1.1. Technology Survey, SYNTEF Fisheries and Aquaculture, pp. 1–37.
- VAKI Aquaculture Systems. 2016. *Biomassdaily User's Manual*, pp. 5–15.
- Zion B. 2012. The use of computer vision technologies in aquaculture – A review. *Computers and Electronics in Agriculture* 88, 125–132.

Metales Pesados en Pisciculturas de La Araucanía, Chile



UNIVERSIDAD
CATOLICA DE
TEMUCO

Alfonso Mardones^{1,3}, Rolando Vega^{1,3}, José Zamorano⁵, Claudia Jara,
César Villalobos, Catalina Zerené & Francisco Encina^{2,4}

¹Escuela de Ciencias de la Acuicultura, Universidad Católica de Temuco

²Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Católica de Temuco

³Núcleo de Investigación en Producción Alimentaria, Universidad Católica de Temuco

⁴Núcleo de Investigación en Ciencias Ambientales, Universidad Católica de Temuco

⁵Empresa FaroVerde

marbolaz@uct.cl, rvega@uct.cl, jzamorano@faroverde.cl, fencina@uct.cl

Es probable que los metales pesados sean la causa de smolt poco competentes para osmoregular e inmunodeprimidos y la generación de ovas y alevines con malformaciones.

En Chile, algunos productores de salmón en agua dulce, tienen problemas episódicos agudos o crónicos por toxicidad de metales pesados (Zerené, 2009; Zamorano, 2011; Aspé *et al.*, 2012; Vega *et al.*, 2015), los que generalmente se presentan en condiciones naturales a bajas concentraciones (Hopkins *et al.*, 2003). En nuestro país hay dos fuentes importantes de emisiones de metales pesados, la gran cantidad de volcanes y los estratos geológicos naturales (Alloway & Ayres, 1993). Los numerosos volcanes, favorecen la intoxicación por metales pesados, ya que periódicamente los lanzan al medio ambiente y terminarán en los diferentes cursos de agua (Atland & Bjerkness, 2009; Villalobos, 2010) que abastecen a un importante número de pisciculturas cordilleranas de la Araucanía, exponiendo la producción de salmónes a diversos efectos crónicos producidos por estos metales.

Peces expuestos a metales pesados presentan un cambio en el patrón de nado, los cuales van desde la hipoactividad y letargia a una reacción de hiperactividad a dosis subletales de aluminio (Rondon *et al.*, 2007), un aumento del ritmo opercular, cambio de color, natación en espiral, generación de pseudo heces, muerte súbita, hígado pálido y hepatomegalia (Blazer, 2000). En su presencia, se afecta principalmente las branquias de los peces, por ser los primeros órganos en tener contacto con todo elemento tóxico disuelto en el agua (Aspé *et al.*, 2012). Los metales pesados aumentan la permeabilidad branquial, la que puede ser causada por desplazamientos de iones de Ca^{2+} (Booth *et al.*, 1988; McDonald *et al.*, 1991), inhibe la absorción de iones activos, como resultado del daño o alteración de las células de cloro (Booth *et al.*, 1988) y disminuye la actividad del $Na^+ K^+ ATPase$ branquial (Staurnes *et al.*, 1993).

Exposiciones por períodos prolongados a bajas concentraciones pueden afectar el crecimiento y la tolerancia al agua de mar (Atland & Bjerkness, 2009). Especies anádromas tales como *Salmo salar*, pueden resultar particularmente vulnerables a la exposición de metales pesados, ya que en su migración al mar

los smolt no tienen la capacidad de mantener la homeostasis de iones (Kroglund & Staurnes, 1999), reduciendo su tolerancia al agua salada (Magee *et al.*, 2001), afectando el crecimiento y su supervivencia (Kroglund & Finstad, 2003). En el sistema reproductivo, los metales pesados ejercen un efecto negativo, ya sea disminuyendo la capacidad de movimiento de los espermatozoides (Cosson *et al.*, 1999, Lahnsteiner *et al.*, 2004), reduciendo el crecimiento embrionario (Duis & Oberemm, 2000; Keinanen *et al.*, 2003) o aumentando el tiempo de reabsorción del saco vitelino (McKim & Benoit, 1971). Cabe mencionar, que frente a la exposición por metales pesados, se liberan metalotioneínas hepáticas, como mecanismo de detoxificación. Además afecta marcadores de estrés oxidativo en los peces (Farmen *et al.*, 2010), lo cual radica finalmente en que estos bajen sus defensas y estén susceptibles a diversas enfermedades.

Una encuesta realizada por Zerené, (2009), reveló que el 38% de las pisciculturas ubicadas en la Región de la Araucanía admitieron tener mortalidades agudas atribuidas a metales pesados, por lo que el 62% restante podría eventualmente presentar efectos crónicos, los cuales serán observados en las distintas etapas productivas (Figura 1).

Exposiciones subletales en reproductores, deprimen las hormonas reproductivas como resultado del bloqueo del olfato, lo que

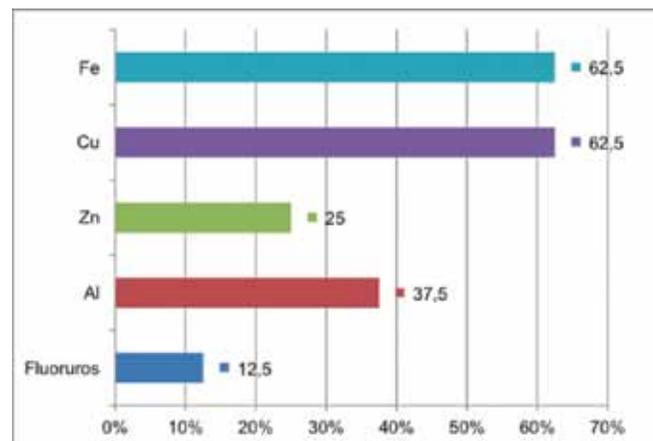


Figura 1. Principales metales pesados asociados a las mortalidades en las pisciculturas de la Araucanía.



finalmente repercutirá en el volumen del semen y en la maduración final de los ovocitos (Olsen *et al.*, 1998). Además, afecta la calidad de los gametos, produciendo por ejemplo malformaciones en el espermatozoide (Khan & Weis, 1987). Durante el proceso embrionario se generan malformaciones, mortalidades o eclosiones prematuras (Giles & Klaverkamp, 1982; Jezierska *et al.*, 2009). Sin embargo, a pesar de estos efectos, se ha dispuesto por SERNAPESCA (D.S. 319/2001), trasladar los reproductores a agua dulce, como medida sanitaria preventiva ante lo que fue la presencia del virus ISA en los centros de mar durante el año 2008 en el sur del país, sin considerar la bioacumulación de metales pesados y sus posteriores consecuencias en el proceso reproductivo, que puede ser catastrófico para la futura producción salmonera nacional, si no se considera y previene.

En el alevinaje, ante la exposición de metales, hay retrasos en la absorción del saco vitelino y presencia del 100% de mortalidad hasta cuatro meses posteriores a la exposición (McKim & Benoit, 1971). Durante la esmoltificación, una exposición crónica a metales pesados disminuye la actividad de la ATPasa branquial reduciendo la tolerancia de los smolt al agua de mar, ya que no son capaces de osmoregular (Brooks & Mahnken, 2003; Monette *et al.*, 2008), afecta el apetito (Staurnes *et al.*, 1993), y aumenta la susceptibilidad a las infecciones provocadas por *Caligus rogercresseyi* (Kristensen *et al.*, 2009).

Un rol importantísimo cumple la calidad del agua utilizada en el proceso de esmoltificación, así quedó demostrado en un estudio realizado por Kroglund & Staurnes, (1999), donde evaluaron los efectos en *Salmo salar* de pequeñas concentraciones de aluminio

Tabla 1. Concentraciones de calcio y niveles de pH en los tratamientos diseñados para determinar el tiempo de protección que brinda 5 mg Ca L⁻¹, a alevines de trucha arco iris expuestas a una concentración de 500 µg Al L⁻¹.

T1	T2	T3	T4	T5	T6	Control
pH	5	6	7	5	6	7
Ca mg L ⁻¹	5	5	5	0	0	0
Al µg L ⁻¹	500	500	500	500	500	0

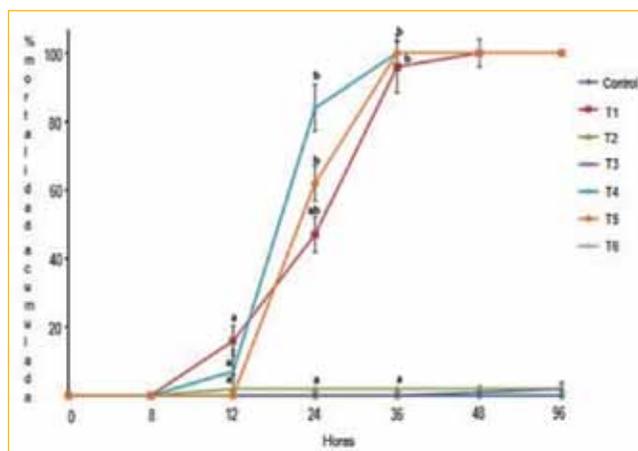


Figura 2. Porcentaje de mortalidad acumulada en peces durante 96 h sometidos a diferentes tratamientos. Los datos representados son promedios acumulados \pm DE (n = 5). Las letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas en relación al control y entre los tratamientos (P < 0,05).

en conjunto con distintos pH; los resultados fueron concluyentes, los peces expuestos a un pH de 5,8 a 6,2 presentaron menos actividad de Na⁺ K⁺ ATPasa branquial y menor capacidad osmoregulatoria una vez llevados al mar, que aquellos con pH sobre 6,5, mientras que smolt expuestos a un pH menor a 5,2 fueron incapaces de sobrevivir en agua salada. Resultados similares obtuvo Monette *et al.*, (2008), donde se concluyó que exposiciones de smolt a una mezcla de aluminio en conjunto con pH bajos comprometía su sobrevivencia una vez trasladados al mar.

Durante la producción de alevines de salmón en la región de la Araucanía, se han registrado eventos de mortalidad aguda sin rasgos patológicos aparentes. El problema se focaliza en ejemplares de 0,2 a 1,0 g de peso y las causas apuntan a una reducción del pH del agua y a la presencia de ciertos metales pesados, entre los cuales destaca el aluminio. En estos eventos se ha observado que la concentración de aluminio en el agua supera el rango de tolerancia de los alevines de 20 µg/L (Staurnes *et al.*, 1993). La literatura indica que concentraciones de calcio de 5 mg L⁻¹ en el afluente, son suficientes para mantener a salvo los peces del efecto tóxico del aluminio. Sin embargo, los repetidos sucesos de mortalidad aguda de alevines, sugieren la necesidad de más investigaciones que den soporte al desarrollo de tecnologías para el tratamiento de afluentes bajo las condiciones naturales de las aguas de la Araucanía (Zamorano, 2011). Vega *et al.*, (2015) evaluaron el efecto de 4 concentraciones de calcio: 0, 5, 10 y 20 mg CaL⁻¹, sobre la toxicidad aguda de 500 µg L⁻¹ de aluminio en alevines de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) de 0,1 g en agua con tres niveles de pH (5, 6 y 7) (Tabla 1), para determinar la concentración de calcio requerida para reducir una intoxicación aguda y establecer algunas consideraciones para reducir la toxicidad de este metal en afluentes de piscicultura.

Los resultados (Figura 2), indican que antes de 8 h de exposición a una concentración tóxica de aluminio los piscicultores deberían asegurar en el agua de cultivo una dosis superior a 10 mg Ca L⁻¹ y un pH superior a 6,0 como medida remedial para reducir

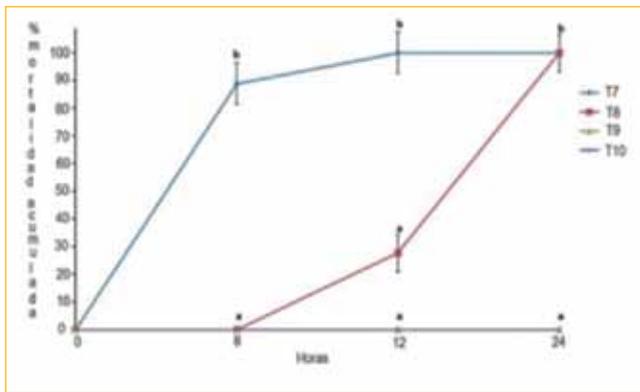


Figura 3. Porcentaje de mortalidad acumulada en peces durante 24 h sometidos a diferentes tratamientos a pH 5. Los datos presentados son promedios acumulados \pm DE ($n = 5$). Las letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$).

el efecto de intoxicación aguda del aluminio. En los tratamientos con 10 mg Ca L^{-1} (T9 y T10, Fig. 3) no se registraron mortalidades de alevines, debido a que la concentración los protegió del efecto tóxico del aluminio. Sin embargo, la concentración de 5 mg Ca L^{-1} (T7 y T8) no sería suficiente para protegerlos frente a la concentración de $500 \mu\text{g Al L}^{-1}$. Estos resultados confirman lo expuesto por Linbo *et al.* (2009) y García-Gamero (2002), en el sentido que la toxicidad aguda del aluminio decrece en los peces hasta desaparecer con el incremento de la dureza del agua, debido a que se genera un efecto protector en los peces contra la pérdida de iones desde la membrana branquial (Atland & Bjerknes, 2009). Por otra parte, se planteó que para el diseño de tecnologías de reducción de toxicidad del aluminio en afluentes de piscicultura, deberá considerarse un monitoreo en tiempo real del pH de los afluentes, de tal forma que la detección de episodios de acidificación, estén vinculados a sistemas de protección a los peces basado en el suministro de calcio al agua. La efectividad de estas consideraciones deben ser evaluadas a partir de la presencia de sintomatología en los peces tales como: Coagulación de mucus branquial, hiperplasia, inicio de mortalidad, lesiones sobre tejido de hígado y riñón y una conducta natatoria errática.

Villalobos (2010), estimó la toxicidad aguda ($\text{LC}_{50-96\text{h}}$) y se analizaron biomarcadores de morfología externas por Zinc inorgánico (Zn^{+2}) en alevines de $3,1 \pm 0,6 \text{ g}$ de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), a pH 4,9 y 7,6. Para los ensayos se utilizó agua dulce reconstituida de tipo blanda ($40\text{-}48 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$), y las concentraciones de Zn^{+2} se prepararon a partir de Sulfato de Zinc pro-análisis ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ p.a.). Los peces fueron expuestos a $30\text{-}75\text{-}150\text{-}300\text{-}600 \mu\text{g L}^{-1}$ de Zn^{+2} , a pH 4,9 y 7,6, con cinco réplicas por tratamiento y un control. Los peces fueron mantenidos en vasos precipitados de vidrio calidad Pyrex de 1 L, flujo cerrado, condiciones de penumbra a temperatura de $11 \pm 0,3^\circ\text{C}$, con una concentración de oxígeno de $8 \pm 0,3 \text{ mg L}^{-1}$ y saturación de $77 \pm 1,2\%$. El LC_{50-96} , se estimó mediante el programa Microsoft Excel 2007, con intervalo de confianza de 95% y los biomarcadores morfológicos externos se analizaron a través del programa Microsoft Excel XLSTAT 2007.

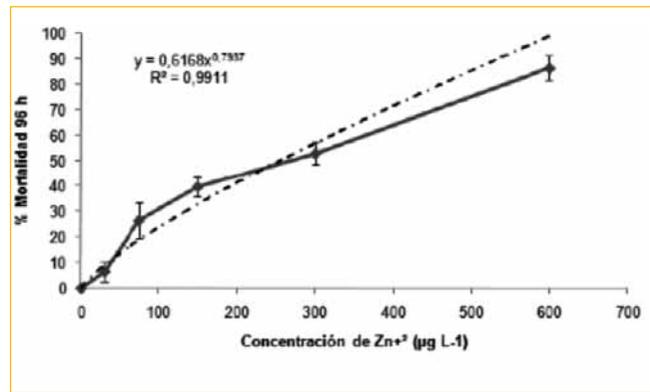


Figura 4. Gráfica de regresión potencial. Relación entre concentración de Zn^{+2} y mortalidad a las 96 h de ensayo a pH 4,9.

Los alevines de trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss* mostraron un $\text{LC}_{50-96\text{h}}$ de $255 \mu\text{g L}^{-1}$ de Zn^{+2} a pH 4,9 (Figura 4). A pH 7,6 no se registró mortalidad. Los biomarcadores morfológicos externos son: mortalidad aguda y movimientos de nado nervioso. En conclusión a pH levemente ácido 4,9 se producen mortalidades por Zn^{+2} a diferencia del pH neutro donde no se registró mortalidad. La gráfica de regresión potencial permite establecer un modelo entre ambas variables de estudio (relación entre concentración de Zn^{+2} y mortalidad a las 96 h de ensayo). A partir de la ecuación obtenida, $y = 0,6168x^{0,7937}$, se puede predecir el valor de la concentración tóxica de Zn^{+2} que en 96 h provoca la mortalidad del 100% de los individuos expuestos al ensayo (Tabla 2).

Concentración Zn^{+2} ($\mu\text{g L}^{-1}$)	% Mortalidad
30	9
75	19
150	33
255	50
300	57
600	99
612	100

Tabla 2. Valores de mortalidad a 96 h de ensayo a pH 4,9, calculados a través de la ecuación de regresión obtenida.

Para evitar los efectos de metales pesados sobre la producción de salmones, es necesario implementar tecnologías de tratamiento del agua del afluente que neutralicen estos metales mejorando su calidad. Para un menor uso de agua y costo una alternativa es el uso de los sistemas acuícolas de recirculación (RAS), los cuales proporcionan un ambiente óptimo para el cultivo (Kristensen *et al.*, 2009; Nieto *et al.*, 2010).

BIBLIOGRAFIA

Alloway, B. J. & D.C. Ayres. 1993. Chemical principles of Environmental Pollution. Blackie Academic & Professional. Chapman & Hall, Glasgow. 291 pp.

Aspé, E., M. Roeckel & K. Fernández. 2012. Use of biomass for the removal of heavy metals at low concentrations from freshwater for Chilean Atlantic salmon farms. *Aquacultural Engineering*. 49: 1 – 9.

- Atland, A. & V. Bjerkness. 2009. Calidad de agua para cultivo de smolts en Chile. Niva Chile. 130 pp.
- Blazer V. S. 2000. Histopathologic Assessment. Biomonitoring of environmental status and trends (BEST) program: selected methods for monitoring chemical contaminants and their effects in aquatic ecosystems. Schmitt CJ & GM Dethloff. Editors. 81 pp.
- Booth, C.E., M.D. McDonald, B.P. Simons & C.M. Wood. 1988. Effects of aluminum and low pH on net ion fluxes and ion balance in the brook trout (*Salvelinus fontinalis*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 45: 1563 – 1574.
- Brooks, K. & C. Mahnken. 2003. Interactions of Atlantic salmon in the Pacific Northwest environment: III. Accumulation of zinc and copper. Fisheries Research, 62: 295 – 305.
- Cosson, J., R. Billard, C. Cibert, C. Dreanno & M. Suquet. 1999. Ionic factors regulating the motility of fish sperm. In: Gagnon C. (ed). The Male Gamete: From basic knowledge to clinical applications. Cache River Press, Paris, France, 161 – 186 pp.
- Duis, K. & A. Oberemm. 2000. Sensitivity of early life stages of vendace, *Coregonus albula*, to acid pH in postmining lakes: An experimental approach. Environ. Toxicol., 15: 214 – 224.
- Farmen, E., P. A. Olsvik, M. H. Berntssen, K. Hyalland, & K. E. Tollefsen. 2010. Oxidative stress responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) hepatocytes exposed to pro-oxidants and a complex environmental sample. Comparative Biochemical and Physiology. Toxicology & Pharmacology 151: 431 – 438.
- García-Gamero, J.P. 2002. Estado actual de la contaminación por metales pesados y pesticidas organoclorados en el Parque Nacional de Monfrague. Tesis Doctoral de Medicina Veterinaria, Universidad de Extremadura, España, 334 pp.
- Giles, M. & J. Klaverkamp. 1982. The acute toxicity of vanadium and copper to eyed eggs of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Water Res., 16: 885 – 889.
- Hopkins, W., C. Tatara, H. Brant & C. Jagoe. 2003. Relationships between mercury body concentrations, standard metabolic rate and body mass in eastern mosquitofish (*Gambusia holbrooki*) from three experimental populations. Environ. Toxicol. Chem., 22: 586 – 590.
- Jeziarska, B., K. Lugowska & M. Witeska. 2009. The effects of heavy metals on embryonic development of fish (A Review). Fish. Physiol. Biochem. 35: 625 – 640.
- Keinanen, M., C. Tigerstedt, K. Alax & P. Vuorinen. 2003. Fertilization and embryonic development of whitefish (*Coregonus lavaretus lavaretus*) in acidic low-ionic-strength water with aluminum. Ecotoxicol. Environ., 55: 314 – 329.
- Khan, AT. & J. Weis. 1987. Effects of methylmercury on sperm and egg viability of two populations of killifish (*Fundulus heteroclitus*). Arch. Environ. Contam. Toxicol., 16: 499 – 505.
- Kristensen, T., A. Atland, T. Rosten, H.A. Urke & B.O. Rosseland. 2009. Important influent – water quality parameters at freshwater production sites in two salmon producing countries. Aquacultural Engineering, 41: 53 – 59.
- Kroglund, F. & M. Staurnes. 1999. Water quality requirements of smolting atlantic salmon (*Salmo salar*) in limed acid rivers. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 56: 2078 – 2086.
- Kroglund, F. & B. Finstad. 2003. Low concentrations of inorganic monomeric aluminum impair physiological status and marine survival of Atlantic salmon. Aquaculture, 222: 119 – 133.
- Lahnsteiner, F, N. Mansour & B. Berger. 2004. The effect of inorganic and organic pollutants on sperm motility of some freshwater teleosts. J. Fish. Biol., 65: 1283 – 1297.
- Linbo, T., D. Baldwin, J. McIntyre & L. Scholz. 2009. Effects of water hardness, alkalinity and dissolved organic carbon on the toxicity of copper to lateral line of developing fish. Environ. Toxicol. Chem., 28(7): 1455-1461.
- Magee, J.A., T.A. Haines, J.F. Kocik, K.F. Beland, & S.D. McCormick. 2001. Effects of acidity and aluminum on the physiology and migratory behavior of Atlantic salmon smolt in Maine. USA. Water Air Soil Poll., 130: 881 – 886.
- McDonald, D.G., C.M. Wood & R.G. Rhem. 1991. Nature and time course of acclimation to aluminum in juvenile brooktrout (*Salvelinus fontinalis*). I. Physiology. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48: 2006 – 2015.
- McKim, J.M. & D.A. Benoit. 1971. Effects of long-term exposures to copper on survival, growth, and reproduction of brook trout (*Salvelinus fontinalis*). J. Fish. Res. Bd. Canada, 28: 655 – 662.
- Monette, M., B. Thrandur & S. McCormick. 2008. Effect of short – term acid and aluminum exposure on the parr – smolt transformation in atlantic salmon (*Salmo salar*): Disruption of seawater tolerance and endocrine status. General and Comparative Endocrinology, 158: 122 – 130.
- Nieto, D., R., Norambuena, E., González, L., González & D., Brett. 2010. Sistemas de producción de smolts en Chile. Análisis de alternativas desde la perspectiva ambiental, sanitaria y económica. Valdivia, Chile. 48 pp.
- Olsen, K. H., T. Järvi, I. Mayer, E. Petterson, & F. Kroon. 1998. Spawning behavior and sex hormone levels in adult and precocious brown trout (*Salmo trutta*) males and effect of anosmia. Chemoecology, 8: 9 – 17.
- Rondón, I., W. Ramirez, P. Barato & P. Eslava. 2007. Importancia del ciclo biogeoquímico del aluminio con relación a la acidez de los suelos en la producción piscícola y la salud pública. Orinoquia, 11: 81 – 94.
- Staurnes, M., P. Blix & O.B. Reite. 1993. Effects of acid water and aluminum on parr smolt transformation and seawater tolerance in Atlantic salmon, *Salmo salar*. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 50: 1816 – 1827.
- Vega R., J. Zamorano, F. Encina & A. Mardones. 2015. Efecto del calcio sobre la toxicidad aguda de aluminio en alevines de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) expuestas en aguas de diferente pH. Lat. Am. J. Aquat. Res. 43(2): 337-343.
- Zamorano, J. 2011. Efecto del calcio sobre la toxicidad aguda del aluminio en larvas de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) expuestas en aguas de diferente pH. Tesis para optar al grado de Magíster en Ingeniería Ambiental. Universidad Católica de Temuco, Facultad de Ingeniería.
- Zerené, C. 2009. Toxicidad y respuesta de trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss*, expuestas a sulfato de aluminio en ensayos de toxicidad aguda. Tesis para optar al grado de Licenciado en Ciencias de la Acuicultura. Universidad Católica de Temuco, Facultad de Recursos Naturales. 60 pp.

Los linfocitos T CD4+ de Salmónidos



Kevin Maisey y Mónica Imarai

Laboratorio de Inmunología, Centro de Biotecnología Acuícola (CBA),
Departamento de Biología, Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile
kevin.maisey@usach.cl / monica.imarai@usach.cl

Mucha discusión se genera respecto a si los peces tienen mecanismos de inmunidad adaptativa como los conocidos en los mamíferos y respecto de su relativa importancia con los mecanismos de inmunidad innata. No cabe duda que nuestros argumentos requieren de evidencia experimental y nuevo conocimiento. En nuestro grupo, y desde hace ya varios años, hemos estudiado si la presencia de genes que sugieren la existencia de los clásicos linfocitos T cooperadores o *helper* de la inmunidad adaptativa se correlaciona con la existencia efectiva de tales células en los peces salmónidos (trucha arcoíris y salmón del Atlántico).

Los linfocitos T *helper*: principales reguladores de la inmunidad adaptativa

Los linfocitos comprenden varios subtipos celulares entre los que se encuentran los linfocitos B, los linfocitos T *helper*, los linfocitos T citotóxicos, los linfocitos T reguladores. La morfología celular de los linfocitos es característica y corresponde a una célula pequeña de 7 μm que no presenta granulosidad. Para distinguir entre los subtipos de linfocitos es necesario identificar moléculas (proteínas) presentes en la superficie celular que sirven de marcadores, lo que se hace con anticuerpos específicos de cada molécula (Tabla 1). En algunos casos es necesario discriminar entre subpoblaciones examinando la presencia de proteínas que se secretan como algunas citoquinas o proteínas que son factores de transcripción.



Los linfocitos T *helper* en los mamíferos tienen una función estimuladora que es fundamental para la generación de la respuesta inmune celular y humoral. Estos linfocitos T tienen en su superficie las moléculas del receptor antigénico TCR, CD3 que es un complejo responsable de la transducción de señales para el receptor TCR y CD4 que es el co-receptor característico de este tipo celular (Figura 1).

CD4 es una glicoproteína de membrana con cuatro dominios extracelulares tipo Ig, un dominio transmembrana (TM) y un dominio citoplasmático corto (CY). El peso molecular de las moléculas de ratón y humano es de aproximadamente 55 kDa [1]. En los linfocitos T, CD4 se une al complejo MHC de clase II/péptido (pMHC) a través del dominio D1 (Figura 2) [2]. Como consecuencia del reconocimiento de antígenos del TCR y la interacción CD4/pMHC, se produce activación linfocitaria, las células proliferan y se diferencian a células de memoria y efectoras [3]. Los linfocitos T CD4+ se diferencian en una variedad de linfocitos T efectoras, tales como Th1, Th2, Th17 y Treg (Figura 2) [4-5]

Linfocitos T *helper* en trucha arcoíris

Los peces teleosteos son unos de los primeros vertebrados en desarrollar el sistema inmune adaptativo y comparten un grado importante de similitud con los vertebrados superiores como los mamíferos [6]. Con estos últimos, el sistema inmune de los peces teleosteos tiene en común la presencia del timo y el bazo como principales órganos linfoides [7-8]. Sin embargo, en los peces el riñón anterior es también un órgano linfoide. Las branquias incluyen también un abundante tejido linfoide responsable de la vigilancia inmunológica a nivel de mucosas. Los peces teleosteos no poseen médula ósea, sistema linfático, ni placas de Peyer [7].

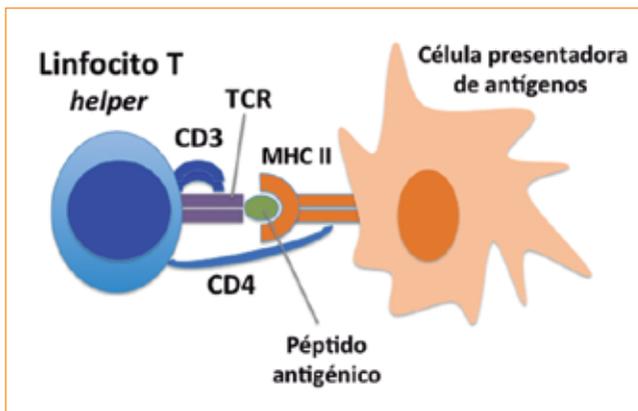


Figura 1. Las células presentadoras de antígeno presentan el péptido antigénico unido a las moléculas de MHC de clase II (MHC II). Los linfocitos T *helper* reconocen el complejo molecular péptido/MHC a través del receptor antigénico TCR y del co-receptor CD4 (CD4+). El reconocimiento del complejo activa una cascada de señalización en el linfocito a través de CD3 que provoca la proliferación y la secreción de citoquinas.

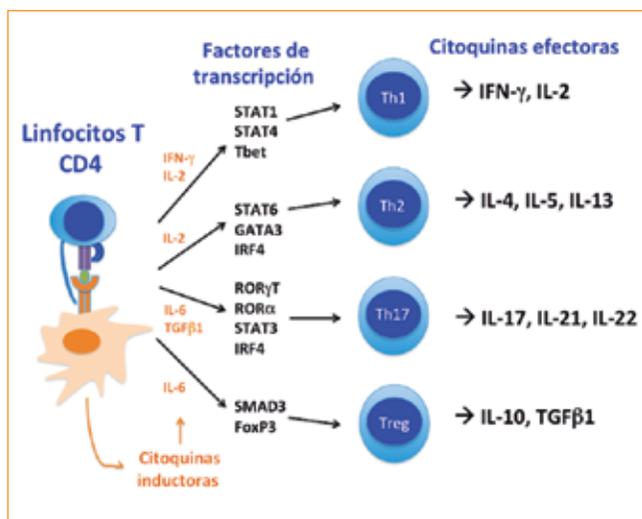


Figura 2. Diferenciación de linfocitos T CD4. En presencia de un antígeno o un patógeno, linfocitos T CD4+ vírgenes se diferencian a distintas poblaciones, Th1, Th2, Th17 o Treg, dependiendo de la activación por las células presentadoras y los factores solubles que ellas secreten. (Modificado de Clin and Develop Immunol. Volume 2012, Article ID 715190).

Respecto a los linfocitos T *helper*, los genes del coreceptor CD4 se han identificado en una gran variedad de especies de peces incluyendo *Takifugu rubripes* (fugu), *Oncorhynchus mykiss* (trucha arcoíris), *Ictalurus punctatus* (bagre de canal), *Dicentrarchus labrax* (róbalo), *Cyprinus carpio* (carpa), *Salmo salar* (salmón del Atlántico) e *Hippoglossus hippoglossus* (halibut del Atlántico) lo que sugiere células CD4+ están presentes en peces [9-15]. En trucha se han descrito dos genes, uno de los genes (CD4-1) codifica los 4 dominios de inmunoglobulina (Ig) como en mamíferos, mientras el otro, CD4-2, codifica 2 dominios de Ig [16].

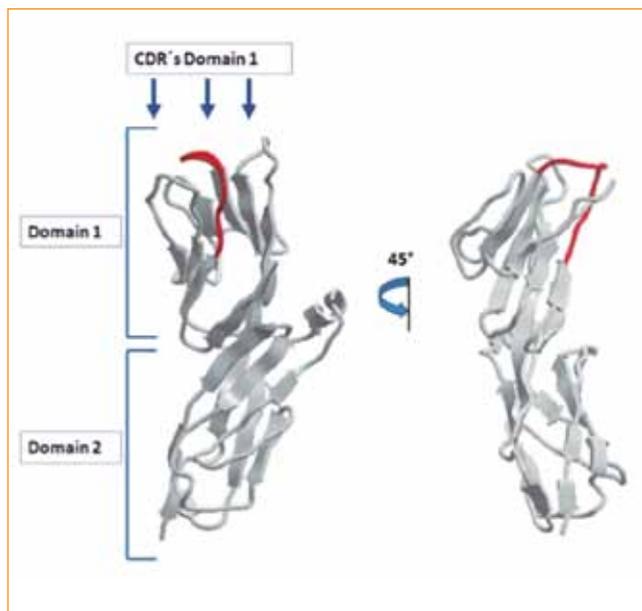


Figura 3. Modelamiento de los dominios 1 y 2 (D1 y D2) del CD4 de trucha utilizando como templado la estructura del CD4 humano, en rojo la zona donde se localiza el péptido seleccionado como antígeno, el que corresponde al segmento en más expuesto del dominio D1.

El modelamiento por homología del CD4 de salmón muestra que el plegamiento y la interacción con el MHC es muy similar al descrito para los mamíferos durante el reconocimiento de células T [17]. Recientemente, Toda et al. 2011 describió la presencia de células CD4+ con morfología linfoide en carpa mostrando la capacidad para proliferar por efecto de la estimulación antigénica [18]. La presencia de genes homólogos de un gran número de citoquinas sugiere que los peces podrían tener al igual que los mamíferos los clásicos linfocitos T cooperadores y las subpoblaciones Th1, Th2 y Th17 y Treg [19-21].

Para determinar si los linfocitos T *helper* existían en la trucha arcoíris, nosotros produjimos un anticuerpo policlonal en conejo contra un péptido sintético de 10 aminoácidos de la secuencia del coreceptor de linfocitos T llamado CD4-1. La secuencia peptídica se eligió sobre la base de un modelamiento molecular de los dos dominios más externos (D1 y D2) de CD4 salmón (Figura 3). La secuencia del péptido elegido para la inmunización corresponde a un segmento situado en un *loop* de la secuencia más expuesta del dominio D1 y es idéntico entre el CD4 de salmón y trucha [16].

El antisuero desarrollado en conejo fue purificado por afinidad y la especificidad fue confirmada por *western blot* utilizando la proteína CD4 recombinante de trucha.

Para la identificación de los linfocitos T CD4+ se realizó un análisis por citometría de flujo y por microscopía confocal utilizando los anticuerpos anti-CD4 purificados por afinidad. Estas técnicas permiten identificar las células marcadas con el anticuerpo mediante la detección de señales fluorescentes. Los ensayos se realizaron en leucocitos de bazo y riñón anterior de trucha. El análisis de las células aisladas del bazo de truchas mediante microscopía confocal mostró la presencia de células CD4+ de apariencia linfoide, es decir, células de aproximadamente 7 μm de diámetro que contienen un núcleo redondo y citoplasma escaso. No se detectó marca positiva en otros tipos celulares incluyendo eritrocitos (Figura 4). Células de igual características se encontraron en el riñón anterior de la trucha.

Para demostrar que estas células efectivamente corresponden a los linfocitos T CD4+ de la trucha, se realizó un doble marcaje para detectar de manera simultánea la presencia de CD3 ϵ (el

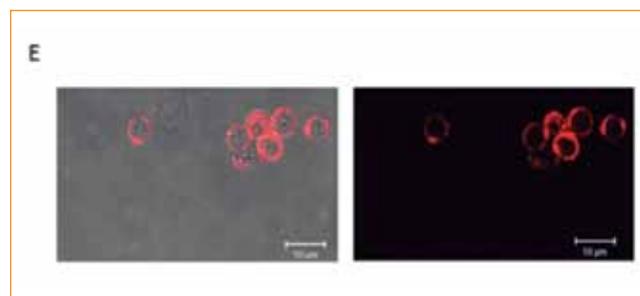


Figura 4. Inmunofluorescencia indirecta de células de bazo de trucha arcoíris incubadas con suero policlonal anti-CD4 (1:200) y un anticuerpo secundario anti-ratón-PE (ficoeritrina). Las células CD4+ se observan en rojo y tienen un tamaño promedio de 7 μm . El análisis corresponde a una microscopía confocal.

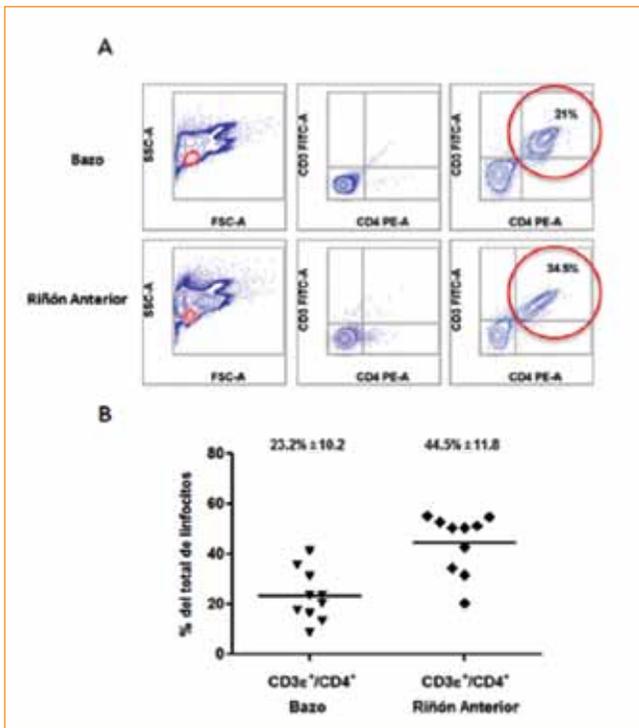


Figura 5: Detección mediante citometría de flujo de linfocitos CD3 ϵ +CD4+ en bazo y riñón anterior de trucha. (A) La selección de las poblaciones celulares mediante forward scatter/side scatter se muestra en el panel izquierdo y la selección en rojo representa la población linfocítica; el control del anticuerpo secundario se muestra en el panel central; las células CD3 ϵ +CD4+ se muestran en el panel de la derecha (círculo rojo). (B) Porcentaje de células CD3 ϵ +CD4+ en bazo y riñón anterior. Los datos representan el promedio y el error estándar de las células positivas sobre el total de linfocitos de al menos 10 peces.

complejo responsable de la transducción de señales) y CD4 (el co-receptor) (Figura 1). Se analizaron células aisladas del bazo y riñón anterior de truchas y se marcaron usando utilizando los anticuerpos anti CD4 y anti CD3 ϵ .

Los resultados muestran dos poblaciones celulares, una población celular es doble positiva (CD3 ϵ +CD4+) y correspondiente a un 23% y un 45% de la población linfocítica en el bazo y el riñón anterior respectivamente (Figura 5); la segunda es una población celular doble negativa (CD3 ϵ -CD4-) (Figura 5). Tanto en bazo como riñón anterior no se detectaron células CD3 ϵ +CD4- (po-

sibles células T CD8 citotóxicas). Estos resultados sugieren que la población de linfocitos T en el bazo y el riñón anterior son mayoritariamente células CD3 ϵ +CD4+.

Hasta este punto habíamos identificado por primera vez a los linfocitos T CD4+ en la trucha (Figura 2). Para poder concluir que esta población de linfocitos efectivamente corresponde a la población de linfocitos T *helper* de la trucha fue necesario hacer una mayor caracterización. Para ello, se aislaron los linfocitos T CD4+ de las otras poblaciones celulares del bazo de la trucha. Mediante inmunoseparación por *cell sorting*, se aislaron las células CD4+ y CD4- de bazo para realizar un estudio de los perfiles de expresión de genes descritos como específicos de células T. Las células CD4+ y CD4- de bazo fueron separadas resultando una población CD4+ con una pureza de aproximadamente 98%. En estas células se analizó la presencia de los transcritos de los genes correspondientes a TCR α , TCR β , CD3 ϵ , CD4, CD8 α , CD8 β , CD28, CD40L, CD152, Lck-1, STAT1, GATA-3, T-bet, IgM e IgT. Como se muestra en la Tabla 2, los linfocitos CD4+ purificados expresan los genes CD3 ϵ , CD4, TCR α , TCR β , CD8 α , CD8 β . Estos linfocitos expresaron además genes como Lck1, CTLA-4, CD28 y CD40L, lo que demostró que las células aisladas son efectivamente linfocitos T.

Además, estos linfocitos también expresan los factores de transcripción relacionados con la diferenciación de linfocitos T *helper* (T-bet, GATA-3 y STAT-1) e interleuquina (IL)4/13, lo que indica que estos linfocitos son efectivamente la población análoga a la extensamente población homóloga en mamíferos. En estas células no se detectaron transcritos de IgT, Ikaros, ni de perforina (Tabla 2), genes propios de linfocitos B y linfocitos T citotóxicos (LTC).

Finalmente, nosotros también demostramos que los linfocitos T CD4+ de la trucha proliferan y producen citoquinas tipo T *helper* en respuesta a la estimulación con un antígeno, lo que constituye un sello propio de estos linfocitos. En conjunto, los resultados indican que las células linfocíticas CD4+ aisladas a partir del bazo de la trucha son linfocitos T *helper*, ya que tienen los marcadores fenotípicos de las células T largamente descritas en los mamíferos y responden a la estimulación antigénica de manera similar a lo que ocurre en los vertebrados superiores. Esta es la primera vez que se describe y caracteriza esta importante línea de linfocitos en los peces.

	LT										Th2		Th1		LB			LTC
	CD4	CD3	CD8a	CD8b	TCRa	TCRb	CD40L	CD28	CTLA-4	Lck-1	IL4/13	GATA3	T-bet	STAT-1	IgM	IgT	Ikaros	Perforina
CD4+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
CD4-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-

Tabla 1. Perfil transcripcional de células CD4+IgM- y CD4-IgM- analizadas mediante PCR en tiempo real. Se analizaron genes marcadores de poblaciones linfocitarias y factores de transcripción.



Fuente: Laboratorio de inmunología-USACH

Actualmente, estamos estudiando otros aspectos funcionales de estos linfocitos, como su capacidad de fagocitar y de diferenciarse en presencia de citoquinas como IL-4/13 e interferón gama (IFN- γ) a linfocitos Th1 y Th2, entre otros. Además, estamos desarrollando nuevos anticuerpos contra marcadores de superficie como CD4-1 y CD4-2 y contra citoquinas que permitirán identificar subpoblaciones de linfocitos homólogas a las ya descritas y otras no descritas previamente.

Conocer y caracterizar los linfocitos T *helper* de los peces salmónidos y disponer de nuevos anticuerpos marcadores de subpoblaciones linfocitarias permitirá evaluar la respuesta de los peces frente a las infecciones, identificar las respuestas protectoras y mejorar el diseño de vacunas, muchas de las cuales no producen la protección necesaria.

Fondecyt 1130882 (MI),
Beca Doctorado Conicyt (KM) y Gastos Operacionales
Grant 21110476 (KM), DICYT (MI).

REFERENCIA PRINCIPAL

Maisey et al., J Immunol.
2016 Apr 6. pii: 1500439. [Epub ahead of print]

REFERENCIAS GENERALES

- Littman DR. The structure of the CD4 and CD8 genes. Annual review of immunology. 1987 5:561-84.
- Van der Merwe PA, Davis SJ. Molecular interactions mediating T cell antigen recognition. Annual review of immunology. 2003 21:659-84.
- Abbas AK, Littman DR, Pillai S. Chapter 9: Activation of T Lymphocytes. 6 th ed ed: Saunders; 2007.
- Sallusto F, Lanzavecchia A. Heterogeneity of CD4+ memory T cells: functional modules for tailored immunity. European journal of immunology. 2009 39:2076-82.
- Zhou L, Chong MM, Littman DR. Plasticity of CD4+ T cell lineage differentiation. Immunity. 2009 30:646-55.
- Flajnik MF, Du Pasquier L. Evolution of innate and adaptive immunity: can we draw a line? Trends Immunol. 2004 25:640-4.
- Rombout JH, Huttenhuis HB, Picchietti S, Scapigliati G. Phylogeny and ontogeny of fish leucocytes. Fish & shellfish immunology. 2005 19:441-55.
- Zapata A, Diez B, Cejalvo T, Gutierrez-de Frias C, Cortes A. Ontogeny of the immune system of fish. Fish & shellfish immunology. 2006 20:126-36.
- Suetake H, Araki K, Suzuki Y. Cloning, expression, and characterization of fugu CD4, the first ectothermic animal CD4. Immunogenetics. 2004 56:368-74.
- Laing KJ, Wang T, Zou J, Holland J, Hong S, Bols N, et al. Cloning and expression analysis of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* tumour necrosis factor-alpha. Eur J Biochem. 2001 268:1315-22.
- Edholm ES, Stafford JL, Quiniou SM, Waldbieser G, Miller NW, Bengten E, et al. Channel catfish, *Ictalurus punctatus*, CD4-like molecules. Developmental and comparative immunology. 2007 31:172-87.
- Buonocore F, Randelli E, Casani D, Guerra L, Picchietti S, Costantini S, et al. A CD4 homologue in sea bass (*Dicentrarchus labrax*): molecular characterization and structural analysis. Molecular immunology. 2008 45:3168-77.
- Sun XF, Shang N, Hu W, Wang YP, Guo QL. Molecular cloning and characterization of carp (*Cyprinus carpio* L.) CD8beta and CD4-like genes. Fish & shellfish immunology. 2007 23:1242-55.
- Patel S, Overgard AC, Nerland AH. A CD4 homologue in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*): molecular cloning and characterisation. Fish & shellfish immunology. 2009 26:377-84.
- Moore LJ, Dijkstra JM, Koppang EO, Hordvik I. CD4 homologues in Atlantic salmon. Fish & shellfish immunology. 2009 26:10-8.
- Laing KJ, Zou JJ, Purcell MK, Phillips R, Secombes CJ, Hansen JD. Evolution of the CD4 family: teleost fish possess two divergent forms of CD4 in addition to lymphocyte activation gene-3. Journal of immunology. 2006 177:3939-51.
- Maisey K, Imarai M. Diversity of teleost leukocyte molecules: role of alternative splicing. Fish & shellfish immunology. 2011 31:663-72.
- Toda H, Saito Y, Koike T, Takizawa F, Araki K, Yabu T, et al. Conservation of characteristics and functions of CD4 positive lymphocytes in a teleost fish. Developmental and comparative immunology. 2011 35:650-60.
- Castro R, Bernard D, Lefranc MP, Six A, Benmansour A, Boudinot P. T cell diversity and TcR repertoires in teleost fish. Fish & shellfish immunology. 2011 31:644-54.
- Secombes CJ, Wang T, Bird S. The interleukins of fish. Developmental and comparative immunology. 2011 35:1336-45.
- Wang T, Gorgoglione B, Maehr T, Holland JW, Vecino JL, Wadsworth S, et al. Fish Suppressors of Cytokine Signaling (SOCS): Gene Discovery, Modulation of Expression and Function. J Signal Transduct. 2011 2011:905813.



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



CORRUPAC
Soluciones de embalaje en cartón corrugado

EXPERIENCIA

EN LA INDUSTRIA DEL SALMÓN

OFRECEMOS **EL MEJOR SERVICIO** DE LA INDUSTRIA A TRAVÉS DE:

- ✓ **Equipo comercial en la zona**
- ✓ **Oficinas en Llanquihue**
- ✓ **Servicio de armado mecanizado**
- ✓ **Asesoría técnica en terreno**
- ✓ **Información oportuna y confiable**
- ✓ **Calidad de producto**

- 👤 **CONTACTO: Cristian Ruiz Silva**
- 📍 **Sub-Gerente de Ventas zona sur**
- ✉ **cruiz@corrupac.cl**
- ☎ **Tel: (+56-65) 2 242956**
- 📍 **Parcela 11, Ruta V-500 Llanquihue**



La Oración 1285, Parque de Negocios Enea, Pudahuel, Santiago. F. (56 2) 2797 6500

www.corrupac.cl

Selección de enzimas de restricción para la detección específica de *Piscirickettsia salmonis* por 16S rDNA PCR-RFLP



Dinka Mandakovic¹, Benjamín Glasner¹, Verónica Cambiazo^{1, 2} y Rodrigo Pulgar^{1, 2}

¹ Laboratorio de Bioinformática y Expresión génica

Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA) – Universidad de Chile.

² Laboratorio de Genómica Aplicada – Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA) - Universidad de Chile.



UNIVERSIDAD DE CHILE
Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos
Doctor Fernando Monckeberg Barros

Piscirickettsia salmonis es el agente etiológico de la Sepsis Rickettsial Salmonídea (SRS), enfermedad que causa importantes pérdidas económicas en la industria productora de salmones. A pesar de los esfuerzos para controlar esta enfermedad, la alta frecuencia de nuevos brotes indica que los tratamientos antibióticos y vacunas tienen una eficacia limitada, por lo que los enfoques preventivos y de diagnóstico deben ser mejorados. Recientemente hemos publicado [Mandakovic et al, 2016] la evaluación de algunas metodologías utilizadas para identificar *P. salmonis* y el diagnóstico de SRS, las cuales mostraron deficiencias en su capacidad para detectar específicamente a la bacteria. Por esta razón, tomando en consideración la relevancia que tiene un método de detección molecular específico para *P. salmonis*, tanto para su investigación como para el desarrollo de vacunas y diagnóstico clínico, hemos desarrollado un método bioinformático basado en genómica, para seleccionar endonucleasas comerciales que generan patrones de restricciones únicos de *P. salmonis* diferenciables de los ob-

servados en otras bacterias. Con esta información, se diseñó un ensayo de PCR-RFLP (Reacción en Cadena de Polimerasa de Fragmentos de Restricción de Longitud Polimórfica) usando las enzimas de restricción seleccionadas, luego de una amplificación por PCR usando partidores universales de bacterias. De esta manera, el método permite determinar en un único ensayo la presencia de *P. salmonis* y simultáneamente la de otras bacterias cohabitantes con ella en los medios de cultivo (determinación de contaminantes, fundamental para la investigación y desarrollo de vacunas) como también en diferentes tejidos de peces (determinación de coinfección, fundamental para la detección de falsos positivos).

El desarrollo de esta herramienta se basó en la evaluación de 4379 enzimas de restricción (Base de datos REBASE) y su capacidad de generar cortes en la secuencia del gen 16S rDNA de *P. salmonis*. Sólo 65 enzimas cortaron en nucleótidos conservados de todas las cepas publicadas de la bacteria (generando el mismo patrón en todas las cepas de *P. salmonis*) obtenidas desde las bases de datos Greengenes, Ribosomal Database Project, SILVA y NCBI 16S ribosomal database. De las 65 endonucleasas seleccionadas, sólo 13 (y sus isoesquizómeros) fueron capaces de generar patrones de digestión distinguibles de los generados en el resto de las bacterias, representadas en 5.030.478 de secuencias del gen 16S rDNA analizadas. Para la selección de estas 13 enzimas se realizaron 86.361.688 comparaciones entre patrones de restricción, a través de ensayos de simulación informática.

Para validar la predicción *in silico* y la capacidad de discriminación de estas enzimas, seleccionamos la endonucleasa PmaCI, que genera cortes en el gen 16S rDNA de *P. salmonis* de $97,0 \pm 0,0$; $280,9 \pm 0,4$; $395,2 \pm 1,6$ y $731,9 \pm 2,1$ pb, y experimentalmente comparamos este patrón con el de otras bacterias aisladas de campo, que cohabitan con *P. salmonis* o que son capaces de contaminar sus medios de cultivo en laboratorios (Figura 1).

Además de la especificidad del ensayo, dado que su desarrollo



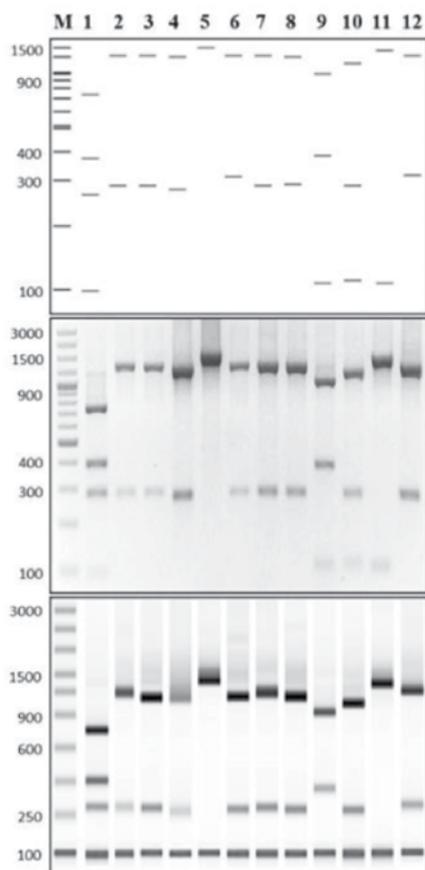


Figura 1. Validación experimental de la metodología PCR-RFLP. Arriba. Patrón de predicción *in silico*. Centro. Electroforesis en geles de agarosa al 1%. Abajo. Electroforesis en microchips (Bioanalyzer). En todos los casos se muestra la validación experimental de la técnica de PCR-RFLP con *PmaCI* (una de las enzimas seleccionadas que permiten distinguir específicamente a *P. salmonis*). (M) Marcador de tamaño molecular; (1) *Piscirickettsia salmonis*; (2) *Vibrio anguillarum*; (3) *Aeromonas salmonicida*; (4) *Flavobacterium psychrophilum*; (5) *Renibacterium salmoninarum*; (6) *Shewanella frigidimarina*; (7) *Photobacterium phosphoreum*; (8) *Psychrobacter sp.*; (9) *Arthrobacter sp.*; (10) *Staphylococcus saprophyticus*; (11) *Microbacterium aurum*; (12) *Escherichia coli*.

contempla la amplificación por PCR del gen 16S rDNA, es una prueba sensible (límite de detección de 0.25 ng en Bioanalyzer), rápida (permite en 3 horas determinar la presencia del patógeno y/o la pureza en una muestra) y económica, puesto que no se necesita instrumental de alto costo ni insumos de alto valor (basado en PCR convencional y electroforesis que puede ser en geles de agarosa). Finalmente, este ensayo fue validado en tejidos infectados (riñón proximal, hígado, bazo y cerebro) de salmónidos tales como salmón del Atlántico, trucha arcoiris y salmón coho. De esta forma, este método puede ser establecido en laboratorios a lo largo del mundo como una tecnología estándar para monitorear cultivos bacterianos de *P. salmonis* y para tecnologías de control epidemiológico de esta bacteria ya que es una técnica rápida, sensible, específica, reproducible y de bajo costo para la identificación y determinación de pureza de este patógeno. Los resultados de esta publicación se encuentran protegidos en el Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

Referencias

Dinka Mandakovic, Benjamín Glasner, Jonathan Maldonado, Pamela Aravena, Mauricio Gonzalez, Verónica Cambiazo and Rodrigo Pulgar. Genomic-based restriction enzyme selection for specific detection of *Piscirickettsia salmonis* by 16S rDNA PCR-RFLP. *Front. Microbiol.* doi: 10.3389/fmicb.2016.00643.

CONTACTO:

+56 9 9443 3504

+56 9 9443 3076

opcionaraya@tie.cl

publicidad@opcionaraya.cl

www.opcioncomunicaciones.cl

opción[®]
comunicaciones



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

Alpha Desert- Biofertilizante de origen Microalgal



Durán Sebastián, Sayes Juan y Sepulveda Claudia

Unidad de Microbiología Aplicada, Facultad Ciencias del Mar y Recursos Biológicos, Universidad de Antofagasta.
Av. Universidad de Antofagasta 02800, Antofagasta, Chile.



Sistemas de cultivo masivo outdoor tipo raceways de 28 m³

Introducción

El planeta tierra registra un aumento considerable de población y a su vez, un incremento en las enfermedades relacionadas principalmente con el uso de sustancias químicas en la industria agrícola, correspondientes a uno de los sectores de mayor producción de contaminación ambiental. Los problemas generados a raíz del uso de productos químicos, han hecho que tanto agricultores como personas naturales busquen alternativas más amigables con el medio ambiente y ecológicamente sostenibles a la hora de agregar nutrientes dentro de un cultivo, ya sea frutal o floral (Yassi, 2002).

La intensificación que está viviendo la actividad agrícola está relacionado principalmente con el uso y demanda de fertilizantes químicos, definidos según la legislación Chilena como: “toda sustancia o producto destinado a mejorar la productividad del suelo o las condiciones nutritivas de las plantas” (Decreto de Ley 3557, Ministerio de Agricultura). Aunque el efecto que tienen sobre el rendimiento en cuanto a crecimiento y calidad de productos agrícolas, es notoriamente positivo, existe otra arista que va de la mano del efecto contaminante que ellos tienen en

el medio ambiente, como la eutroficación de las aguas, acidificación de suelos, y destrucción de hábitats naturales con bajo rendimiento posterior. Cabe señalar que el efecto que producen estas sustancias tiene incidencia en las actividades que se presentan de forma contigua a una zona agraria, como por ejemplo en la calidad de las fuentes de agua para algún poblado cercano (Fuster Gómez, 2009).

Los problemas generados por el uso de estos fertilizantes de origen químico, la contaminación difusa de las aguas que tienen su origen principal en el mal manejo de estos productos, y la remoción ineficiente de partículas de fertilizantes que se mantienen adheridas a sólidos del suelo. Todo este fenómeno se ve agravado debido a que en las zonas agrícolas existe un periodo fluvial muy largo, además de suelos muy permeables por su origen y uso.

El impacto de todo este proceso no se encuentra totalmente dimensionado en nuestro país, pero sí en Europa, donde la mayo-

ría de los países pertenecientes a la Unión Europea realizan un control estricto sobre la aplicación de fertilizantes y abonos, ya sean de origen químico u orgánico.

El uso de microalgas como organismo de estudio presenta varias alternativas como por ejemplo la producción de biodiesel o biocombustible de tercera generación, alimentación de salmónidos y biofertilizantes.

El uso de fertilizantes elaborados en base a aminoácidos, proveen a las plantas con los elementos necesarios para desarrollar sus estructuras, ahorrando energía metabólica ya que el nitrógeno no tiene que reducirse como sucede en el caso de los nitratos que deben ser reducidos a amonio antes de su incorporación y conversión a α -cetoácidos para sintetizar aminoácidos.

Objetivos

- Estandarización de las condiciones de pre tratamiento, como método de disrupción celular: para la obtención del contenido proteico (método de sonicación).
- Determinar el grado de hidrólisis que se obtiene con diferentes enzimas comerciales
- Cuantificar la cantidad de aminoácidos libres presentes en el hidrolizado.

Metodología

CULTIVO DE BIOMASA MICROALGAL

Fue realizado con un medio de cultivo desarrollado en el mismo laboratorio, siguiendo los parámetros de f/2 de Guillard. Con condiciones ambientales óptimas para el crecimiento de las microalgas, en parámetros como temperatura, aireación y luminosidad.

Posterior a la estandarización en la laboratorio, el cultivo de microalgas fue escalado en condiciones outdoor para obtener finalmente la microalga que sería considerada como materia prima para la producción de hidrolizado microalgal.

La cosecha fue realizada en base a metodologías de centrifugación.



SONICACIÓN

Cada muestra fue procesada en base a una modificación de pH, determinado previamente, en base a cambios con Hidroxido de Sodio (NaOH) y Ácido Clorhídrico (HCL).

El proceso de sonicación fue realizado por 1 hora, a una amplitud máxima para asegurar la mayor liberación de proteína intracelular.

HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA

La reacción de hidrólisis fue realizada bajo parámetros controlados de temperatura, volumen y tipo de enzimas, agitación y pH.

El protocolo utilizado consta de dos etapas, la primera con una enzima de tipo endopeptidasa y una segunda del tipo exopeptidasa.

CUANTIFICACIÓN DE AMINOÁCIDOS

La cuantificación de aminoácidos fue realizada por el INTA, una vez obtenidos los procesos de estandarización para el tratamiento de la biomasa, tanto el proceso de pre tratamiento para la disrupción celular, como en la hidrólisis misma, para la obtención del grado de hidrólisis.

Resultados

Para el caso de la disrupción celular mediante sonicación se puede apreciar que mediante la modificación de pH, la liberación de proteínas es altamente variable, donde el mejor resultado se obtuvo acondicionando la biomasa a pH 12. De esta manera se pudo establecer que el proceso de disrupción se debía trabajar durante todas sus etapas a este pH.

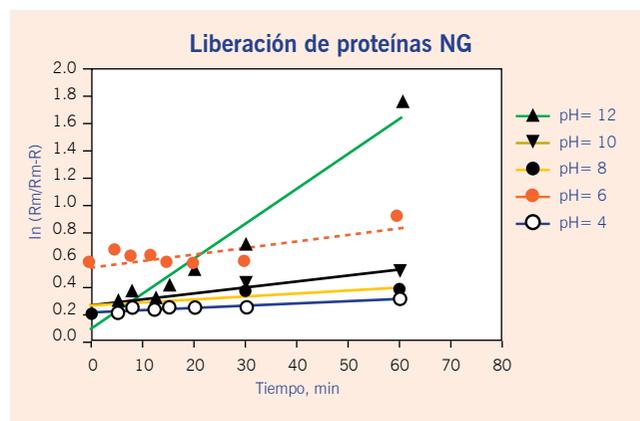


Gráfico 1. Liberación de proteínas por métodos de sonicación a diferente pH con la cepa NG (*Nannochloropsis gaditana*).

Una vez estandarizado el pH de trabajo se procedió a realizar la disrupción celular mediante el método de sonicación, de lo cual se pudo obtener como resultado sobre 40 g de proteína libre por litro de materia prima (pulpa de biomasa a una concentración de 15%).

Una vez cuantificada la proteína en la materia prima pre tratada, se realizó la hidrólisis enzimática resultado se obtuvo probando diferentes enzimas, de las cuales el mejor resultado se obtuvo

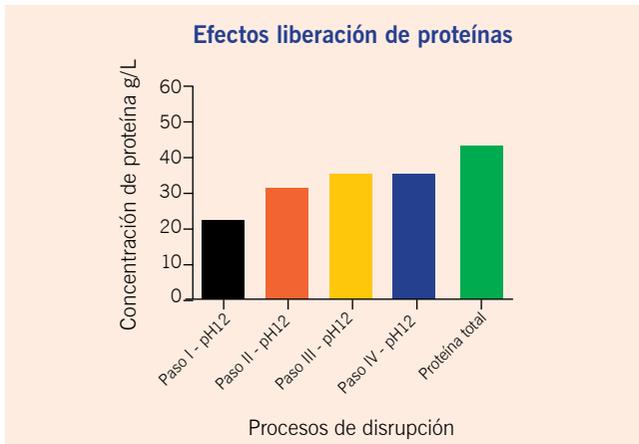


Gráfico 2. Efecto de proceso de disrupción sobre la proteína total de una biomasa de NG (*Nannochloropsis gaditana*).

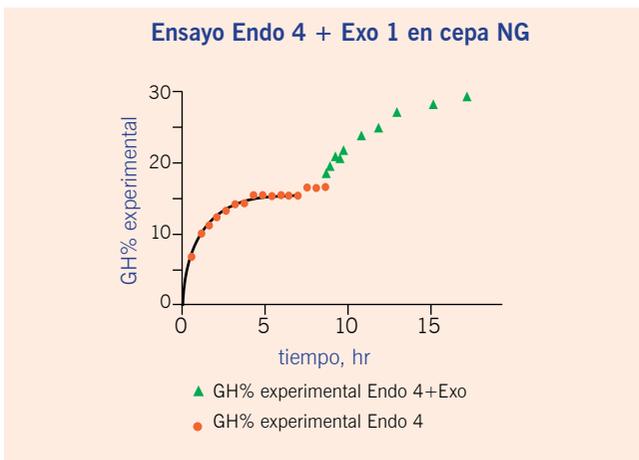


Gráfico 3. Hidrólisis enzimática sobre biomasa microalgal de *Nannochloropsis gaditana* con enzimas Endo 4 + Exo 1.

utilizando simultáneamente ENDO 4 + EXO 1, cuyo grado de hidrólisis (%GH) fue cercano al 30%

Posterior a la estandarización de todo el proceso de hidrólisis enzimática, a través de la determinación del grado de hidrólisis, se analizó el componente aminoacídico del hidrolizado resultante, mediante un aminograma, el cual señala que existe una concentración de 64,7 g/L de aminoácidos totales del cual 24,56 g/L correspondió a aminoácidos libres.

De este último, el 50,5 % corresponde a aminoácidos no esenciales, mientras que el 49,5 corresponde a aminoácidos esenciales.

Una vez determinadas las condiciones óptimas para la obtención de hidrolizado a partir de biomasa microalgal, se buscó la validación de este producto mediante pruebas experimentales con lechugas realizadas en cultivos hidropónicos correspondientes a sistemas NFT, utilizando diferentes concentraciones de biofertilizantes durante todo su desarrollo. La cosecha de las lechugas se realizó, midiendo largo y peso de la raíz, además del número, largo y peso de las hojas. Se promediaron los valores correspondientes a cada sistema, para comparar el efecto de la adición del producto sobre la cosecha de los sistemas, donde se resumen las diferencias respecto al control, como se muestra en la tabla 1.

Posterior a estos resultados se realizaron nuevas pruebas experimentales evaluando nuevamente el efecto del biofertilizante de origen microalgal en almácigos de lechuga a mayor escala cuyo objetivo se centró principalmente en evaluar el efecto de diferentes concentraciones y formas de aplicación del biofertilizante sobre la germinación de las plantas, crecimiento y desarrollo

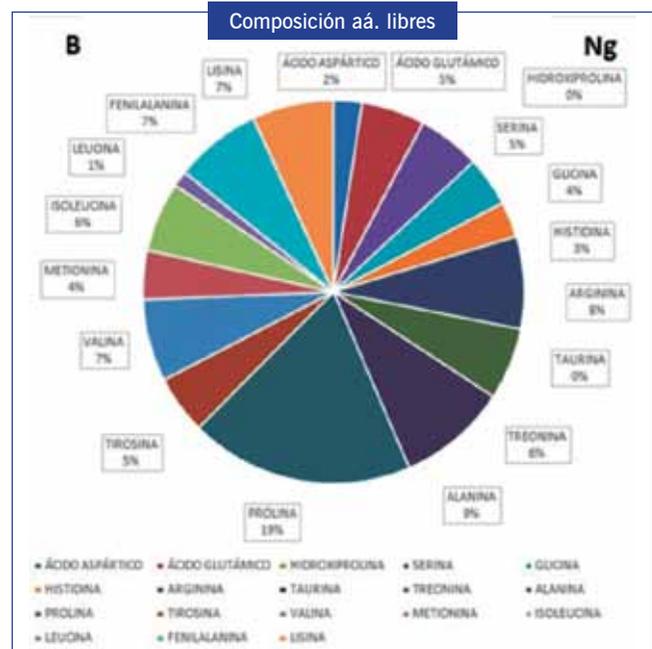
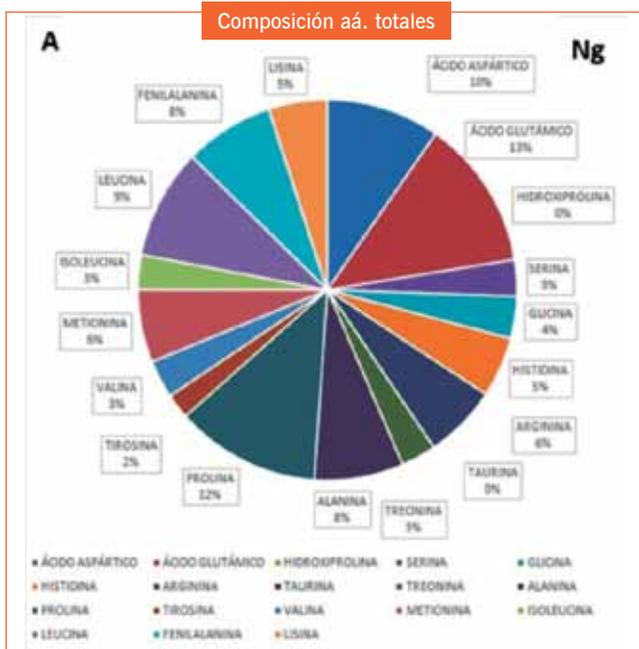


Gráfico 4. Aminoácidos totales y libres presentes en la biomasa tratada de *Nannochloropsis Gaditana*, posterior a su hidrólisis enzimática.

Tabla 1.

Dosis (ml)	Hojas			Raíz	
	Número	Largo	Masa	Largo	Masa
0	0%	0%	0%	0%	0%
1	18%	4%	22%	0%	14%
3	18%	6%	27%	-14%	31%
5	30%	5%	61%	-16%	19%

durante todo su cultivo hasta el periodo de cosecha, de cuyos resultados se pudieron desprender las siguientes conclusiones.

- La germinación de plantas de lechuga se incrementó con las aplicaciones del biofertilizante en base a microalgas, especialmente por la vía de aplicación radicular.
- El crecimiento y desarrollo de las plantas de lechuga expresado como altura y número de hojas se diferenció respecto del control. Las aplicaciones del biofertilizante en base a microalgas debieran ser recomendadas en las concentraciones estudiadas y mediante aplicación vía radicular.
- Las plantas de lechuga tratadas con el biofertilizante en base a microalgas incrementaron en hojas el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, comparadas con el control.

Proyecciones

En base a los resultados obtenidos mediante las diversas pruebas experimentales, es que nace la necesidad de crear un nuevo producto en el mercado, materializado bajo el nombre de ALPHA DESERT, un biofertilizante 100% nacional, el cual nace en la región de Antofagasta a través de fondos concursables, entregados en el año 2013 por el gobierno regional a la Universidad de Antofagasta, mediante el proyecto FIC R denominado **“Producción de biofertilizantes a partir de biomasa microalgal para productos agrícolas en la región de Antofagasta”**.



Dentro de sus principales cualidades podemos señalar que nuestro producto es elaborado mediante hidrólisis enzimática de microalgas marinas con gran potencial aminoacídico cultivadas a nivel piloto en el norte de Chile, aprovechando las condiciones lumínicas y de espacio disponibles en la región.

Referencias

Yassi, A.; Kjellström, T.; de Kok, T.; Guidotti, T. 2002. Salud ambiental básica. Programa de las naciones unidas para el medio ambiente. OMS.

Fuster Gomez, R. Et al. 2009, Estudio gestión integrada de los recursos hídricos en Chile. Facultad de ciencias agrónomas – Universidad de Chile.

Referencias

Jazmín Bazaes - Sebastián Durán
Unidad de Microbiología Aplicada
Universidad de Antofagasta
Fono: +56 55 2637536 - sebadch@gmail.com





Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza



Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica



Durante el último año la Universidad Austral de Chile se ha adjudicado relevantes e innovadoras iniciativas en el área acuícola y ciencias marinas, que permiten fortalecer la capacidad científica de sus investigadores y su vinculación con el sector productivo.

**FONDAP 2015
 Ciencia Antártica y Sub-antártica -CONICYT**

Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes IDEAL

Humberto González Estay > hgonzale@uach.cl

Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas, Facultad de Ciencias

Instituciones asociadas: UdeC; UMAG; CEQUA; CIEP; Instituto Alfred

Wegener, Centro Helmholtz de Investigación Polar y Marina (AWI); INACH



**FONDEF VIU 2015 -CONICYT
 Valorización de la Investigación en la Universidad**

Desarrollo de una vacuna contra la Septicemia Rickettsial del Salmón (SRS) en base a proteínas altamente inmunogénicas contra *P. salmonis*.

Juan Pablo Pontigo Vásquez; Alejandro Yáñez Cárcamo >

ayanez@uach.cl

Instituto de Bioquímica y Microbiología, Facultad de Ciencias



**FONDEF VIU 2015 -CONICYT.
 Valorización de la Investigación en la Universidad**

Desarrollo de un prototipo de alimento funcional contra la Septicemia Rickettsial del Salmón (SRS) en base a nano-encapsulados de anticuerpos IgY contra *Piscirickettsia salmonis*.

Cristian Oliver Hernández; Alejandro Yáñez Cárcamo > ayanez@uach.cl

Instituto de Bioquímica y Microbiología, Facultad de Ciencias



**Innova CORFO 2015
 Bienes Públicos para la Competitividad**

Modelo de gestión para el desarrollo de la Pesca Recreativa como actividad turística sustentable

Sandra Bravo S. > sbravo@uach.cl

Instituto de Acuicultura, Sede Puerto Montt



XXI Concurso Nacional de Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica Antártica INACH 2015

Código de barras genético de parásitos

Leyla Cárdenas Tavie > leylacardenas@uach.cl

Instituto de Ciencias Ambientales y Evolutivas, Facultad de Ciencias



FONDEF Ciencia Aplicada Bi Etapa 2015 -CONICYT

Investigación y desarrollo de marcadores moleculares para la gestión sustentable de las pesquerías del recurso almeja *Venus antiqua*, mediante estimación del tamaño efectivo poblacional y el diagnóstico de la estructura poblacional

Marcela Astorga Opazo > marcelaastorga@uach.cl

Instituto de Acuicultura, Sede Puerto Montt



CENTRO DE INVESTIGACIÓN DINÁMICA DE ECOSISTEMAS MARINOS DE ALTAS LATITUDES (IDEAL): Respondiendo a los desafíos del cambio global en los mares del sur



Humberto E. González, Iván Gómez, Jorge Navarro, José Luis Iriarte, Laura Nahuelhual
Centro IDEAL - www.centroideal.cl
Universidad Austral de Chile

La Patagonia sur de Chile y la península antártica constituyen áreas que enfrentan grandes amenazas debido a su vulnerabilidad bajo un escenario de exacerbado calentamiento global e impacto antropogénico. En ese contexto, se predicen impactos a escala global, a través del derretimiento del hielo continental con inundaciones en sectores costeros, y a escala local, como la disminución de la cobertura en los Campos de Hielo Patagónicos, la mayor reserva de agua en Chile. Otras importantes consecuencias, incluyen fuertes impactos en los regímenes de clima regional y local, cambios desconocidos en las especies clave (incluyendo especies de importancia comercial) y en consecuencia, cambios en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas. Todas estas alteraciones, conllevan impactos sociales, políticos y económicos a lo largo de ecosistemas antárticos y sub-antárticos.

En respuesta a estos desafíos, surge el **Centro de Investigación Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL)**, financiado por CONICYT, a través de su programa FONDAP. El Centro IDEAL es una propuesta de investigación multidisciplinaria e integral, que aglutina diferentes aspectos como investigación científica de vanguardia en las dimensiones ecológica y social, excelencia en la formación de recursos humanos, y sólidos compromisos con aspectos ambientales, socio-económicos y políticos relevantes para Chile.

Este centro es liderado por la Universidad Austral de Chile (UACH), siendo sus instituciones asociadas la Universidad de Concepción (UdeC) y el Centro de Estudios del Cuaternario, Fuego-Patagonia y Antártica (CEQUA) en Punta Arenas. Participan además, investigadores del Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP) en Coyhaique y el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA). El apoyo logístico es proveído por el Instituto Antártico Chileno (INACH). A nivel internacional, el Instituto Alfred Wegener para Investigaciones

Polares y Marinas (AWI), en Bremerhaven, Alemania, colaborará estrechamente con el centro, así como investigadores de otras instituciones oceanográficas de reconocido prestigio mundial, tales como el Scripps Institution y el Centro de Oceanografía Física Costera (CCPO), ambas de EEUU, y el Instituto de Investigaciones Polares de Corea (KOPRI), entre otros.

El centro IDEAL desarrollará su acción en dos áreas geográficas estratégicas: la **Patagonia sur de Chile y la península antártica**, donde identifica tres temas estrechamente relacionados entre sí y que sólo pueden abordarse con un enfoque amplio e interdisciplinario:

- **La conectividad entre las regiones antártica y sub-antártica:** para conocer cómo los organismos del plancton y bentos de los ecosistemas marinos de ambas zonas geográficas interactúan entre sí, o si constituyen zonas efectivamente aisladas por la barrera natural de la Corriente Circumpolar Antártica.
- **Los efectos del cambio global sobre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas marinos:** se estudiará cómo los organismos y sistemas marinos responden a alteraciones en su ambiente producto del cambio global, como son temperatura, salinidad y acidificación del agua, entre otras variables.
- **La dimensión humana de los efectos del cambio global sobre los servicios ecosistémicos:** para conocer cómo los impactos del cambio global en los servicios ecosistémicos que provee Magallanes y la Antártica -tales como la pesca, acuicultura, turismo y recreación, entre otros- alteran la vulnerabilidad y el bienestar humano de las poblaciones locales y nacionales.

Para abordar estos temas, el Centro IDEAL desarrolla cinco programas de investigación:



[Figura 1] La variabilidad y umbrales de los factores ambientales es clave en la distribución geográfica y migración de las especies. Si estos organismos no pueden hacer frente a los cambios ambientales producto del cambio global, podrían verse expuestos a la extinción. a) Erizo (*Sterechinus neumayeri*). Fotografía: Ignacio Garrido. / b) Nototénido (*Nototheniidae*). Fotografía: César Cárdenas.

1. Productividad marina en un océano cambiante

El estudio de las comunidades de fitoplancton es crucial para conocer la magnitud y variabilidad espacio-temporal de la biomasa autotrófica y productividad primaria, especialmente en sistemas marinos de alta latitud, que se caracterizan por una alta variabilidad en sus forzantes oceanográficos, como se observa en el mar interior del archipiélago patagónico, Paso Drake y el sistema antártico. La paradoja observada en el sector oceánico de la Antártica, con características de “alta concentración de nutrientes y baja producción primaria”, ha sido explicada a través de diversas hipótesis, entre ellas: a) estabilidad de la columna de agua y b) configuración batimétrica influenciada principalmente por la Corriente Circumpolar Antártica, generando zonas con diferentes características oceanográficas, limitación de luz, alta presión de herbivoría y limitación de hierro.

El Centro IDEAL enfocará sus esfuerzos en detectar cambios temporales en los ensamblajes del fitoplancton a escala interanual. Se hipotetiza que la co-ocurrencia de los ensamblajes de fitoplancton en condiciones de estrés ambiental “desfavorables” (luz, hierro) definirán grupos funcionales de especies con características morfológicas y fisiológicas distintivas en sistemas de altas latitudes.

2. Capacidades fisiológicas de las especies marinas: un enfoque desde la ecofisiología y genética comparada

La variabilidad y umbrales de los factores ambientales es clave en la distribución geográfica y migración de las especies, especialmente en escenarios de cambio global, en donde los patrones de biodiversidad y el desempeño fisiológico dependerán de la capacidad de los organismos para responder a las condiciones de su entorno actual y futuro. Si estos organismos no pueden hacer frente a los cambios ambientales, podrían verse expuestos a la extinción.

Esta línea de investigación se basa en una aproximación ecofisiológica-genética para estudiar especies modelos de las regio-

nes antártica y sub-antártica, considerando dos ejes temáticos: a) la conectividad entre la península antártica y la Patagonia austral y b) el efecto del cambio global sobre la respuesta fisiológica y reproductiva amalgamando análisis fisiológicos con aproximaciones moleculares (a nivel genómico y transcriptómico) con el fin de explicar mejor las diferentes respuestas de las especies a estudiar.

3. Estructura y función comparativa del plancton

La estructura y composición del plancton -desde bacterias hasta krill- ha estado sujeta a interrelaciones con múltiples estresores ambientales en las áreas de estudio, como incrementos en temperatura (calentamiento), disminución de pH (acidificación)



[Figura 2] El krill antártico (*Euphausia superba*) es un eslabón clave en la cadena trófica del ecosistema antártico, pues constituye el alimento de peces, pingüinos, ballenas, focas y albatros, entre otros. El Centro IDEAL estudiará las fluctuaciones naturales (e. g. estacionales e interanuales) de diversos grupos funcionales del plancton -desde bacterias hasta krill-, así como los cambios debido a posibles estresores ambientales. Fotografía: Rob King.



[Figura 3] Los bosques de algas pardas (*Macrocystis pyrifera*) en Magallanes y los de algas rojas, como esta *Pantoneura plocamiodes*, en la península antártica, son componentes clave de las asociaciones macrobentónicas que albergan un patrimonio de biodiversidad muy importante a nivel global. Debido al impacto del cambio climático, estos ecosistemas bentónicos serán modificados por una serie de factores ambientales. Fotografía: Ignacio Garrido.

y salinidad (descargas de agua dulce desde glaciares), cambios en la estequiometría de macro- y micronutrientes, entre otros factores. Se estudiarán las fluctuaciones naturales (e. g. estacionales, interanuales) de diversos grupos funcionales del plancton, así como los cambios debido a posibles estresores ambientales. En paralelo, se estudiará la composición biológica y características químicas de los organismos del plancton que aporten al flujo de partículas hacia el fondo del océano. Este flujo de material particulado, en parte nutre a organismos del bentos, y en parte es exportado al océano profundo donde se almacena carbono que originalmente estaba en la atmósfera, mitigando el efecto invernadero producido por el exceso de CO₂ en la atmósfera (funcionamiento de la bomba biológica de carbono). Finalmente, se estudiarán los flujos tróficos a nivel de plancton, usando grupos funcionales y especies clave en el funcionamiento de sistemas Antárticos y sub-antárticos.

4. Estructura y función comparativa del bentos

Las asociaciones macrobentónicas en la Patagonia sur de Chile y la península antártica occidental, albergan un patrimonio de biodiversidad muy importante a nivel global. La distribución y la ecología de estas comunidades son fuertemente dependientes de la Corriente Circumpolar Antártica, que ha moldeado desde su formación, muchos de los procesos a escala geológica, paleoclimática y de dispersión que ocurren en estas regiones. Debido al impacto del cambio climático, los ecosistemas bentónicos en estas dos zonas serán modificados por una serie de factores ambientales que operan a diferentes escalas espaciales y temporales.

En los sistemas bentónicos antárticos y sub-antárticos, las macroalgas son abundantes, representando más del 50% de la biomasa total. En especial las grandes algas pardas antárticas, proveen una serie de servicios ecosistémicos que son explotados por una amplia gama de organismos. Aunque en general la bio-

masa total de la comunidad disminuye a medida que se intensifican los factores de estrés, por ejemplo, cercanía a glaciares o en profundidad, las macroalgas pueden atenuar el impacto de estos gradientes físicos. Esta línea estudiará la riqueza funcional y biomasa de esta comunidad, las que están estrechamente relacionadas, buscando explicar los componentes importantes que definen su riqueza taxonómica (composición).

5. Sistemas socio-ecológicos costeros y marinos, servicios ecosistémicos y bienestar humano

Uno de los principales retos en la gestión de sistemas socioecológicos marinos y costeros (SSEMC) es asegurar su capacidad de proporcionar servicios ecosistémicos (SE), definidos como aquellos componentes de los ecosistemas que son usados, consumidos o disfrutados por las personas (ej. alimentos, regulación del clima y oportunidades de recreación) los cuales influyen en los medios de vida y el bienestar de las comunidades costeras. Las estimaciones globales indican que los ecosistemas marinos proporcionan dos tercios de los SE que componen el capital natural del planeta. Al mismo tiempo, se sabe muy poco acerca de ellos. En Chile, los SSEMC de la zona sub-antártica han sido escasamente estudiados en comparación a aquellos del centro y sur del país.

Este programa de investigación busca comprender los cambios pasados y futuros, y las respuestas de los SSEMC de la zona sub-antártica, frente a factores externos a distintas escalas espaciales, tales como el cambio climático y la expansión del turismo y acuicultura. Para ello se caracterizará el capital natural de pesquerías específicas como base de la provisión de SE; se analizarán las formas de vida locales en torno a los recursos marinos; se cuantificarán y mapearán SE seleccionados; y se modelarán cambios pasados y futuros en los flujos de SE y trayectorias de cambio de los SSECM.



[Figura 4] Los ecosistemas marinos proporcionan dos tercios de los servicios ecosistémicos que componen el capital natural del planeta. El Centro IDEAL caracterizará el capital natural de pesquerías específicas de la Región de Magallanes que proveen servicios ecosistémicos. Fotografía: Amalia Mellado.

Estos cinco programas de investigación están interconectados a través de un esfuerzo de modelación y síntesis, encargado de resumir y analizar un gran volumen de información a diferentes niveles, desde individuos (e. g. crecimiento, mortalidad) hasta



[Figura 5] La descarga de agua dulce desde glaciares en sistemas sub-antárticos (panel izquierdo) y antárticos (panel derecho), afecta la estequiometría de nutrientes, la productividad, la estabilidad de la columna de agua y finalmente la estructura y dinámica del plancton. En estos escenarios, los flujos tróficos y la exportación de material particulado hacia los sedimentos y océano profundo, se verá afectada en diversos escenarios de cambio climático.

comunidades (e. g. depredación, competencia por recursos) y ecosistemas (e. g. flujos de carbono).

Todo el conocimiento que se genere, aportará resultados e información relevante para los temas ambientales, sociales, económicos y políticos de Chile, además de contribuir a posicionar a

la región de Magallanes y a la península antártica como un gran laboratorio natural de importancia mundial.

El Centro IDEAL es patrocinado por la Universidad Austral de Chile y financiado por CONICYT a través su programa FONDAP, proyecto número 15150003. El apoyo logístico para la investigación antártica, es proveído por el Instituto Antártico Chileno.

***Artículo preparado por el equipo de Vinculación con el Medio:**
Carla Firmani, Andrea Navarro y Javier Arata.



INSTITUTO DE ACUICULTURA UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE - SEDE PUERTO MONTT

Académicos del Instituto de Acuicultura,
UACH-Puerto Montt, y sus equipos de trabajo.



17 años desde su creación: Comprometidos con la sustentabilidad de la Acuicultura y Pesquerías de Recursos Bentónicos

La Región de Los Lagos ha sido un polo de desarrollo de la acuicultura en Chile, actividad cuyo crecimiento la ha llevado a ampliarse geográficamente a las regiones de La Araucanía, Aysén y Magallanes. El crecimiento territorial de esta actividad productiva debiera ser conducido siempre bajo el enfoque del desarrollo sustentable, y aunque no es una tarea fácil, constituye una responsabilidad permanente para con las futuras generaciones. El enfoque ecosistémico para la acuicultura, establecido por la FAO como una “estrategia para el desarrollo y manejo del sector que integre la actividad de la acuicultura dentro de un ecosistema más amplio de manera que promueva un desarrollo sustentable, equidad y resiliencia de los sistemas ecológicos y sociales”, nos provee un marco sobre el cual conducir el desarrollo de esta actividad y así mantener los servicios ecosistémicos que la acuicultura y el ambiente en el que se desarrolla nos proveen, entendiendo los servicios ecosistémicos como las contribuciones directas o indirectas de los ecosistemas al bienestar humano.

El Instituto de Acuicultura de la Universidad Austral de Chile (IACUI), perteneciente a la Sede Puerto Montt, ha contribuido con este desarrollo y enfoque, promoviendo una visión integrada de la acuicultura tanto en su investigación, como su docencia dirigida a la formación de profesionales e investigadores independientes.

Para celebrar los 17 años transcurridos desde su creación en 1998, presentamos a la comunidad este resumen de nuestro quehacer académico, y especialmente el enfoque que ha tenido nuestra unidad para enfrentar el desarrollo de la acuicultura y el manejo de recursos bentónicos. IACUI nace en el contexto de la priorización de líneas de

investigación y de formación de recursos humanos para la acuicultura, desarrollando su quehacer en torno a las áreas definidas por la Universidad Austral de Chile, para las cuáles está acreditada por 6 años hasta 2021: Docencia de Pregrado, Docencia de Postgrado, Gestión Institucional, Investigación y Vinculación con el Medio.

Actualmente cuenta con nueve académicos jornada completa, todos con estudios de post-grado que lideran áreas de investigación y desarrollo que son prioritarias para el crecimiento del Instituto con enfoque en el desarrollo sustentable de la acuicultura. Cada uno de los académicos lidera también equipos de trabajo constituidos por profesionales, técnicos, estudiantes tesistas de pre y postgrado, generando un gran núcleo que de 35 personas.

INVESTIGACIÓN:

Generando conocimiento, tecnología e innovación para un mejor progreso de la Acuicultura.

Entre los años 2014 y 2015, los académicos del IACUI produjeron 35 publicaciones científicas de corriente principal y participaron en la ejecución de más de 15 proyectos en ámbitos de I&D&i que han permitido generar nuevo conocimiento y enfoques que para la acuicultura y la pesca de la región sur austral.

Las principales líneas de investigación que se desarrollan están enfocadas en generar nuevo conocimiento y herramientas para contribuir con la sustentabilidad de los principales cultivos del sur de Chile (salmones y choritos), y en la región de Atacama (macroalgas), promoviendo la diversificación acuícola y el manejo de recursos bentónicos como parte de su enfoque de sustentabilidad. Para ello cuenta

con líneas de investigación en larvicultura de invertebrados marinos, nutrición acuícola, patología de organismos acuáticos, oceanografía biológica, genética de organismos acuáticos, cultivo de macroalgas, sustentabilidad ambiental de la acuicultura, manejo de recursos bentónicos, y ecofisiología de crustáceos.



Cultivo de impregnación de esporas de Porphyra.

Las distintas líneas de investigación de los académicos se desarrollan a través de proyectos concursables entre los que destacan Fondecyt, Fondef, INNOVA-Corfo, FIC regionales (Los Lagos, Aysén, Atacama), FIPA, Subpesca, y de colaboración en proyectos financiados por la Comunidad Europea y fondos privados. Con estos proyectos el IACUI ha generado la infraestructura, equipamiento y equipos humanos que dan continua vigencia y desarrollo a su investigación.

El Programa de Investigación Pesquera, dependiente del Instituto de Acuicultura, cuenta con avanzado equipamiento para el desarrollo de sus actividades tanto en la región de Los Lagos y Aysén. Destaca la embarcación de 15 m de eslora, con habitabilidad para 6 investigadores y equipada con modernos equipos de investigación para el estudio de recursos pelágicos, demersales y bentónicos y para la realización de cruceros oceanográficos. La embarcación se encuentra disponible para apoyar las actividades de otras instituciones de investigación.

Otros tipos de proyectos en los cuales IACUI se encuentra participando corresponden a la iniciativa FONDAP: “*Centro de Investigación: Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL)*” y al Núcleo de Investigación INLARVI (*Red multidisciplinaria para el desarrollo de la larvicultura marina de especies con ciclos de vida complejo*) financiado por la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Austral de Chile.

En el año 2001, a través de IACUI, se confirió la máxima distinción académica, Doctor Honoris Causa, al Prof. Dr. Dieter Müller (Universidad de Konstanz, Alemania) por su trayectoria académica y colaboración en el desarrollo de la Botánica Marina.

DOCENCIA DE PRE Y POSTGRADO:

Formando personas altamente calificadas para enfrentar los desafíos de la Acuicultura en Chile:

Los académicos del IACUI participan activamente en la docencia a distintos programas de pregrado, postgrado y cursos de especialización de la Universidad Austral de Chile. En el pregrado el foco está en las últimas promociones de la carrera de Ingeniería en Acuicultura (descontinuada en el año 2011 por falta de demanda estudiantil), y en diferentes carreras de la Sede Puerto Montt, la Facultad de Ciencias y

la Facultad de Ciencias Veterinarias. En el postgrado IACUI imparte la docencia de su especialidad a los Programas de Doctorado en Ciencias de la Acuicultura, y en Biología Marina, y al Programa de Magíster en Medio Ambiente y Bioseguridad en Acuicultura. Sus académicos además participan dirigiendo, co-dirigiendo y evaluando Tesis Doctorales de otros programas de Doctorado en Acuicultura en Chile y en España.

Un creciente interés han despertado en estudiantes post-graduados externos y en el sector privado las asignaturas de postgrado de IACUI, pertenecientes a las mallas de los programas de Doctorado en Ciencias de la Acuicultura y de Magíster en Ambiente y Bioseguridad en Acuicultura, generándose vacantes para ellos, y contribuyendo con la capacitación de los profesionales de la Acuicultura.

INGENIERÍA EN ACUICULTURA:

Formando profesionales para el desarrollo acuícola sustentable.

La carrera de Ingeniería en Acuicultura ha titulado a aproximadamente a 200 Ingenieros en Acuicultura desde su inicio a la fecha. Aunque en la actualidad está descontinuada, sigue formando a los últimos estudiantes de la carrera. La carrera ha presentado una matrícula de 40 a 50 estudiantes en estos últimos dos años y su formación se enfoca en la producción sustentable de diversos recursos, con el sello de conocimiento y naturaleza que caracteriza a la UACH.

DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA ACUICULTURA:

Formando investigadores de excelencia para el desarrollo de una acuicultura sustentable y diversa en Chile y el mundo.

El IACUI ha liderado desde sus inicios en el año 2010 el Programa Doctorado en Ciencias de la Acuicultura, cuyo actual Director es el Dr. José Luis Iriarte. Este es un programa colegiado entre la Sede Puerto Montt, la Facultad de Ciencias y la Facultad de Ciencias Veterinarias, por lo que recibe la docencia de académicos de IACUI sumada a la de académicos de los Institutos de Ciencias Marinas y Limnológicas, Bioquímica, Microbiología, Patología Animal y Medicina Preventiva Veterinaria. Este programa se encuentra acreditado por la Comisión Nacional de Acreditación (CNA). A la fecha cuenta con 21 estudiantes en régimen, de los cuáles 13 son candidatos a Doctor, y ya ha titulado a dos doctores. Seis son las áreas de conocimiento que aborda el 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 Recurso Marinos.



Embarcación Dr. Jurgen Winter



Profesionales argentinos en curso Nutrición en Acuicultura

El Doctorado en Ciencias de la Acuicultura tiene profesores extranjeros acreditados de las Universidades Nacional Autónoma de México, Autónoma de Baja California, México, de Ghent, Bélgica, y de la Universidad de Stirling, Reino Unido; además del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España; Universidad con quienes los académicos IACUI mantienen estrecha colaboración en áreas de investigación específicas, y que pueden dirigir las unidades de investigación y Tesis Doctorales del programa. A este staff suman su experiencia los profesores invitados y colaboradores académicos del sector privado vinculado con la Acuicultura, quienes participan analizando las actuales y futuras proyecciones de la investigación en Acuicultura en Chile.

Magíster en Medio Ambiente y Bioseguridad en la Acuicultura: *Capacitando profesionales en sustentabilidad ambiental y bioseguridad en el sistema acuático del sur de Chile.*

El IACUI lidera este programa que se ha iniciado el 2016, cuyo director es el Dr. Carlos Molinet. Este programa está dirigido a fortalecer las competencias profesionales, integrando nuevo conocimiento y nuevas herramientas científicas y tecnológicas en los ámbitos del medio ambiente y bioseguridad en la acuicultura. Una vez obtenido el grado podrán integrar equipos especializados en análisis y discusión de las políticas y reglamentos para la acuicultura, en análisis de información cuantitativa que facilite y fundamente la toma de decisiones en la acuicultura, y en diseño de soluciones a problemas ambientales y sanitarios de la acuicultura y los recursos acuáticos.

IACUI a través de fondos propios ha podido otorgar una beca de manutención por 1 año, equivalente a las becas Conicyt, a un estudiante del Doctorado del ingreso 2016, y 4 becas parciales de arancel a estudiantes del Magíster.

Capacitando profesionales extranjeros:

Ampliando la formación de excelencia al mundo.

El IACUI ha impartido docencia a extranjeros desde el año 2002, a solicitud de la Escuela de Ingeniería en Acuicultura, la cual ha recibido a más de 15 estudiantes de intercambio, desde universidades extranjeras (Noruega, Argentina, Colombia, Brasil, México y Panamá), para integrarse por uno o dos semestres a la carrera de Ingeniería en Acuicultura.

En el año 2015 IACUI dictó el Diploma en Nutrición Acuícola para becarios argentinos en el marco del convenio suscrito con BEC.AR, del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de Argentina. El grupo de profesionales que cursó el Diploma estuvo integrado por biólogos, biotecnólogos, médicos veterinarios, ingenieros en alimentos e ingenieros químicos, interesados en adquirir conocimientos y herramientas nutricionales para abrir mayores oportunidades a su industria acuícola en desarrollo.

VINCULACIÓN CON EL MEDIO:

Realizando extensión científica, transferencia tecnológica, capacitación, servicios y participación en pro del desarrollo de la sociedad.

A través de visitas guiadas, durante el año 2015 IACUI abrió sus laboratorios a 514 estudiantes de enseñanza básica, media, párvulos y profesores, así como a representantes de universidades e instituciones internacionales. Se suma, la transferencia tecnológica a través de los proyectos de I+D+i y que se ha centrado, principalmente, en realizar reuniones de vinculación, talleres de trabajo y seminarios de difusión a los agentes públicos y privados relacionados con las iniciativas. De igual forma se ha realizado transferencia tecnológica a través de



Actividad de extensión científica

cursos, talleres, edición y reproducción de documentos divulgativos con los principales hallazgos de los proyectos realizados, además de capacitación en temáticas particulares solicitadas por entidades y servicios puntuales o de investigación.

REPRESENTACIÓN COMISIONES Y CONSEJOS	ACADÉMICO
Consejero del Consejo Zonal de Pesca IV Zona	Dr. Kurt Paschke
Consejero del Consejo Zonal de Pesca IV Zona	Dr. Carlos Molinet
Asesor Pesca Artesanal Islas Guaiteca	Dr. Carlos Molinet
Asesor Plan de Manejo Pesquería del Recurso Erizo	Dr. Carlos Molinet
Miembro del Comité Científico Bentónico de Subpesca	Dr. Carlos Molinet
Miembro del Grupo Técnico Asesor Mitilicultura SUBPESCA	Dr. Carlos Molinet
Miembro del Consejo de Producción Limpia Región de Los Lagos	Dra. Sandra Bravo
Experta FAO	Dra. Sandra Bravo
Inspector en salud de peces para USA y Canadá	Dra. Sandra Bravo
Miembro y presidente del Comité Científico y Sanitario	Dra. Sandra Bravo
Miembro del Consejo Consultivo Medio Ambiental Región de Los Lagos	Dra. Sandra Bravo
Miembro y presidente del Comité Científico Técnico Acuicultura- Ambiental	MSc. Sandra Marín
Miembro del Consejo Directivo del Programa Estratégico Meso Regional "Salmón Sustentable Puro de la Patagonia".	MSc. Sandra Marín
Miembro del Comité de recursos genéticos para la acuicultura de la FAO	Dra. Marcela Astorga
Panel Oceanografía y Geología de Becas de Postgrado CONICYT	Dr. José Luis Iriarte
Editor Asociado Latin American Journal of Aquatic Research (LAJAR)	Dr. José Luis Iriarte
Miembro Comisión Nacional de Algas Marinas SUBPESCA	Dr. Renato Westermeier
Miembro del Registro de Pares evaluadores de Acredita CI, S.A. y del Registro de CNA.	Dr. Iker Uriarte
Integrante del Grupo de Trabajo en Acuicultura del Comité Oceanográfico Nacional (CONA).	Dr. Iker Uriarte
Evaluador de Becas de Postgrado (Magister y Doctorado), del Programa de Formación de Capital Humano Avanzado CONICYT	Dr. Iker Uriarte

Gestión institucional unipersonal o colegiada	Académico
Vicerrector de Sede	Dr. Renato Westermeier
Director de Instituto	MSc. Sandra Marín
Director de Escuela de Graduados	Dr. Jose Luis Iriarte
Director de Escuela de Ingeniería en Acuicultura	Dra. Marcela Astorga
Director de Programa de Doctorado en Ciencias de la Acuicultura	Dr. José Luis Iriarte
Director de Programa de Magister en Ambiente y Bioseguridad en Acuicultura	Dr. Carlos Molinet
Consejera del Consejo Académico de la Universidad Austral de Chile	Dra. Ana Farías
Miembro de Comisión Central de Adscripciones y Promociones	Dr. Kurt Paschke
Miembro de Comité Asesor de Relaciones Internacionales	Dr. Kurt Paschke
Miembro de Comité Asesor de la Dirección de Investigación y Desarrollo	Dra. Ana Farías

Durante el año 2002 el IACUI organizó el Primer Taller Internacional de Larvicultura y el Simposio Internacional en Cefalópodos. En el año 2007, se organizó ACUIBIVA, encuentro regional de la FAO para expertos en bivalvos y la Séptima Conferencia Internacional sobre el Piojo de Mar (Sea Lice). El año 2013 IACUI organizó el Congreso Nacional de Acuicultura en su quinta edición.

Los académicos IACUI participan activamente en los diferentes ámbitos sectoriales que les competen. En este contexto participan de Comités Científicos, Consejos de Pesca y otras instancias asesoras público-privado.

GESTIÓN INSTITUCIONAL:

Aportando al desarrollo institucional con responsabilidad y compromiso

Los académicos IACUI también suman su permanente compromiso institucional asumiendo cargos de gestión institucional promoviendo así la excelencia académica y la naturaleza compleja de nuestra Universidad en la Sede Puerto Montt, es decir promover el desarrollo de docencia de pre y postgrado, investigación, vinculación con el medio y gestión institucional. En este contexto en la actualidad participan tanto como autoridades institucionales como miembros de cuerpos colegiados y comités asesores.

MIRANDO AL FUTURO

En estos 17 años el IACUI ha desarrollado su quehacer se ha posicionado como una de las unidades más productivas y comprometidas de la UACH, siendo la UACH, la Universidad que ha contribuido con al 73,1% de la producción científica de la región de Los Lagos. Así mismo, se ha posicionado a nivel regional y nacional contribuyendo con conocimiento y aportando a la formación de capital humano avanzado y la capacitación de profesionales de la acuicultura.

En un futuro donde hay consenso en que la acuicultura continuará creciendo y desarrollándose resulta imperativo liderar este crecimiento y desarrollo con un enfoque ecosistémico donde los intereses de todos los actores sean relevados para lograr la sustentabilidad y la conservación de los servicios ecosistémicos, que son finalmente los pilares en los que se sustenta la acuicultura. Esperamos contribuir con este enfoque y ser una plataforma para la interacción entre los diversos actores.



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS



Centro de Investigación y Desarrollo para la Gestión de Residuos Orgánicos

Centro de Excelencia en Investigación Biotecnológica Aplicada al Medio Ambiente



Líneas de I +D y Asesoría Especializada

- Biotecnología Ambiental
- Química Ecológica y Productos Naturales
- Valorización de Residuos

Laboratorio de Ensayos Ambientales (Acreditado NCh-ISO 17025 Of 2005)

Análisis físico químico y microbiológico de aguas residuales, lodo, compost y cenizas

Laboratorio de Ensayos Conductuales de Organismos Marinos

Análisis de dietas funcionales para salmónidos y ensayos de repelencia hacia el piojo de mar (*Caligus rogercresseyi*)



Contactos: +56 45 2596622 cristina.diez@ufrontera.cl andres.quiroz@ufrontera.cl

Avenida Francisco Salazar 01145 - Temuco - Chile

Avances en Chile en el cultivo de Bacalao del Atlántico (*Gadus morhua*)



Cristian Araneda¹, Carlos Ravest^{1,2}, Guillermo Atria², Clarisa Meneses¹, y Felipe Jilberto¹.

¹ Laboratorio de Genética y Biotecnología en Acuicultura, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

² Inversiones Eleutera S.A.



FONDEF
Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico



El Proyecto ID14110199 financiado por el programa IDeA en dos etapas de FONDEF y ejecutado por el Departamento de Producción Animal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile e Inversiones Eleutera S.A. busca seleccionar reproductores de bacalao del Atlántico (*Gadus morhua*) con una amplia diversidad genética para producción de larvas de la especie en el país, y en el mediano plazo escalar a la producción de juveniles.

Historia

En el 2006 Inversiones Eleutera S.A. decidió nuevamente innovar en acuicultura mediante la introducción del cultivo de bacalao del Atlántico en Chile (Figura 1), antes lo había hecho al participar de la empresa Salmosur, con quienes desarrolló el cultivo de la trucha arco iris a fines de los años 70 y principios de los 80 y que fue la primera empresa en producir salmones coho en Chiloé a mediados de los 80. Para la introducción de individuos de bacalao del Atlántico se solicitó en el 2006 un permiso para la primera importación de la especie al país y en el 2009 la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura autorizó la internación limitada de ovas para realizar un estudio sanitario con efectos de impacto ambiental, con el fin de verificar la presencia de signos de enfermedades, o la ocurrencia de deterioro del ecosistema y la evaluación de ello. En enero y marzo del 2012 arribaron a Chile las dos primeras partidas de ovas embrionadas desde Canadá (6 y 5 litros de ovas, respectivamente), dando inicio a la primera experiencia de cultivo de bacalao del Atlántico en el país (Figura 2). En diciembre del 2013 se trasladaron un grupo de 2000 individuos adultos de la especie a una balsa jaula en mar para evaluar su crecimiento y en diciembre de 2015 se trasladaron nuevamente a tierra un grupo de individuos adultos de *G. morhua* para fines experimentales. El objetivo actual de Inversiones Eleutera S.A. es, en el mediano plazo, contar con 20 a 50 reproductores seleccionados y caracterizados genéticamente que permitan producir entre 20 mil y 50 mil juveniles aptos para ser engordados en mar, y de esta forma presentar una nueva especie totalmente conocida y valorada por el mercado internacional, para diversificar la acuicultura chilena.

Crecimiento y Reproducción

Al inicio del proyecto en marzo del 2015 se contaba con un grupo de aproximadamente 1500 ejemplares adultos (población

base) de bacalao del Atlántico que fueron mantenidos en engorda experimental en balsa jaula en la zona de Calbuco, Región de Los Lagos (Figura 3). De estos ejemplares el 30% fueron muestreados para peso ($1566,63 \pm 447,90$ g) y longitud ($53,42 \pm 3,71$ cm) y trasladados a instalaciones en tierra en diciembre del 2015, a partir de éstos se seleccionaron 117 individuos de mayor tamaño para el núcleo de reproductores. Las proporciones sexuales de este grupo indicaban que a esa fecha, ya los sexos estaban en su mayoría diferenciados y emitiendo gametos viables (solo un 6% de individuos con sexo indeterminado), no así en julio del 2015 donde la proporción de peces indiferenciados alcanzaba el 39% al sexaje por ecografía (Figura 4). Ac

Tabla 1. Valores observados de Na, Ho, He, PIC y PE para cada uno de los trece SSR analizados en la población base de *Gadus morhua*.

Locus	N	Na	Ho	He	PIC	PE
GMO2	59	7	0.695	0.732	0.684	0.681
GMO8	62	11	0.774	0.855	0.831	0.466
GMO19	62	13	0.806	0.803	0.771	0.560
Gmo-C24	62	2	0.758	0.475	0.360	0.889
PGmo32	62	6	0.419	0.649	0.589	0.771
GMO34	61	5	0.639	0.669	0.599	0.762
Gmo-C42	61	8	0.770	0.784	0.744	0.610
Gmo-C52	62	14	0.484	0.753	0.725	0.621
Gmo-C90	58	6	0.190	0.616	0.562	0.794
Gmo-C121	58	4	0.155	0.377	0.344	0.928
Gmo-C122	62	7	0.468	0.677	0.626	0.740
Tch5	62	15	0.919	0.893	0.875	0.373
Tch13	62	19	0.435	0.870	0.850	0.422

N: número de ejemplares con genotipos leídos.



Figura 1. Ejemplar de bacalao del Atlántico (*Gadus morhua*) cultivado en Chile.

tualmente el proyecto mantiene 84 reproductores en el centro en tierra y aproximadamente 200 individuos de respaldo en el centro en mar. Interesantemente los individuos mantenidos en el mar mostraron resistencia a *Caligus rogercresseyi*, incluso en experimento de cohabitación con róbalo altamente infestados, y recientemente también mostraron resistencia a la marea café provocada por la floración algal nociva (FAN) de *Chattonella* sp ocurrida en el mes de enero de 2016, no detectándose ninguna mortalidad por esta causa, aun cuando hubo un 100% de mortalidad en la balsas jaulas de salmones mantenidas a no más de 500 m de nuestras instalaciones. Estas observaciones plantean nuevas preguntas de investigación para la especie en el país, que esperamos abordar en futuros proyectos de I+D.

Diversidad Genética y Parentesco

La producción larvaria de *Gadus morhua* requiere como punto de partida un grupo de reproductores que posean una amplia diversidad genética. Esto con el fin de disminuir cualquier efecto asociado a la reproducción de individuos emparentados con la consecuente producción de progenie consanguínea y depresión endogámica. Por esta razón y con el fin de conocer la diversidad genética de la población base se obtuvo ADN de una muestra de 195 individuos, de los que 62 fueron genotipados para iniciar la estimación de la diversidad genética de la primera población de *Gadus morhua* en Chile y probablemente del Hemisferio Sur. Este material genético se usó para estandarizar un panel de marcadores microsatélites (SSR) polimórficos no ligados seleccionados a partir de los marcadores SSR anclados en el mapa genético del



Figura 2. Estanques con reproductores de bacalao del Atlántico mantenidos en las instalaciones en tierra en Puerto Montt, Región de los Lagos.



Figura 3. Balsa jaula conteniendo la población base de bacalao del Atlántico en Calbuco, Región de los Lagos.

bacalao del Atlántico (Moen et al. 2009). Finalmente, quedó como panel de trabajo el siguiente grupo de 13 SSR: GMO2 (Brooker et al. 1994), GMO8, GMO19 y GMO34 (Miller et al. 2000), Gmo-C24 y Gmo-90 (Delghandi et al. 2008), Gmo32 (Jakobsdottir et al. 2006), Gmo-C42 y Gmo-C52 (Stenvik et al. 2006), Gmo-C121, Gmo-122 (Delghandi et al. 2007), Tch5 y Tch13 (O'Reilly 2000). Estos marcadores genéticos mostraron una buena calidad de amplificación, nitidez para la lectura de los distintos genotipos y un rango de los alelos entre 100 a 450 pb. Los genotipos se obtuvieron usando un equipo de electroforesis capilar Fragment Analyzer (Kit DSDNA 35-500 bp, Advanced Analytical) facilitado por GrupoBios S.A. Los posibles errores de genotipados y la presencia de alelos nulos se evaluaron con el software MICROCHECKER 2.2.3 (Van Oosterhout et al. 2004).

La diversidad genética se determinó calculando el número de alelos por locus (N_a), la heterocigosidad promedio observada (H_o), la heterocigosidad promedio esperada (H_e) según el equilibrio de Hardy-Weinberg (HWE), el contenido de información polimórfica (PIC), junto con las probabilidad de exclusión de paternidad/maternidad (PE) usando el programa Cervus 3.0 (Kalinowski et al. 2007) (Tabla 1).

El panel de 13 SSR fue altamente informativo ($PIC = 0.6585$) con una alta heterocigosidad esperada ($H_e = 0.7041$) y una probabilidad de exclusión de paternidad-maternidad de 99,997 apropiada para su uso en determinar la paternidad-maternidad en nuestra población de bacalao. Los resultados nos indican que se tiene una población base con un adecuada diversidad genética para iniciar un plantel de reproductores de bacalao del Atlántico en Chile.

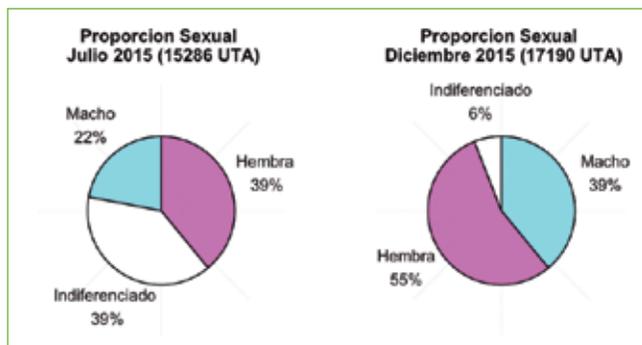


Figura 4. Evolución de la proporción sexual del bacalao del Atlántico mantenidos en Chile (Julio 2015, balsa jaula v/s Diciembre 2015, estanques en tierra).

Aun cuando la diversidad genética de la población base fue alta, también se analizó el grado de parentesco entre estos individuos por medio del coeficiente de parentesco R_{xy} de Queller y Goodnight (1989). El estadístico R_{xy} es equivalente al coeficiente de parentesco estimado desde una genealogía usando identidad por descendencia. Algunos valores de referencia para este estadístico son: padre-progenie y hermanos completos ($R_{xy}=0.50$); medios hermanos, tío-sobrino y primos hermanos dobles ($R_{xy}=0.25$); primos hermanos ($R_{xy}=0.125$); tío-sobrino en segundo grado ($R_{xy}=0.063$), primos segundos ($R_{xy}=0.031$), primos terceros ($R_{xy}=0.008$) y $R_{xy}=0,000$ para individuos no emparentados. El valor promedio de R_{xy} para los individuos analizados de la población base fue de -0.0147 , lo que indica que en promedio los individuos de la población base no están emparentados, aunque en particular se pueden observar dos clúster de individuos con mayores grados de parentesco (Figura 5), probablemente representando las dos distintas importaciones de ovas realizadas por Inversiones Eleutera el 2012. Un análisis adicional fue realizado para determinar el panel de marcadores más eficiente para asignar parentesco en este plantel de bacalao del Atlántico, que identificó los siete marcadores SSR más informativos (Figura 6), los que corresponden a: *GMO2*, *GMO8*, *GMO19*, *GMO34*, *Gmo-C42*, *Tch5* y *Tch13*.

Mercado Internacional

El bacalao del Atlántico es una especie de pez de carne blanca ampliamente conocido y consumido en el hemisferio norte. Este pescado es capturado y consumido por países como Noruega, Islandia, Canadá, EEUU y de la Unión Europea. Son también estos países los que empezaron a desarrollar su acuicultura durante los últimos 20 años generando grandes avances en el cultivo de peces marinos y mostrando también las áreas con mayores dificultades productivas como la fase larvaria y los temas sanitarios.

Desde hace algunos años los precios de comercialización del bacalao se habían desplomado debido al levantamiento de vedas y sobrestock derivado principalmente del crash económico del 2009, pero actualmente están mostrando nuevamente tendencias al alza.

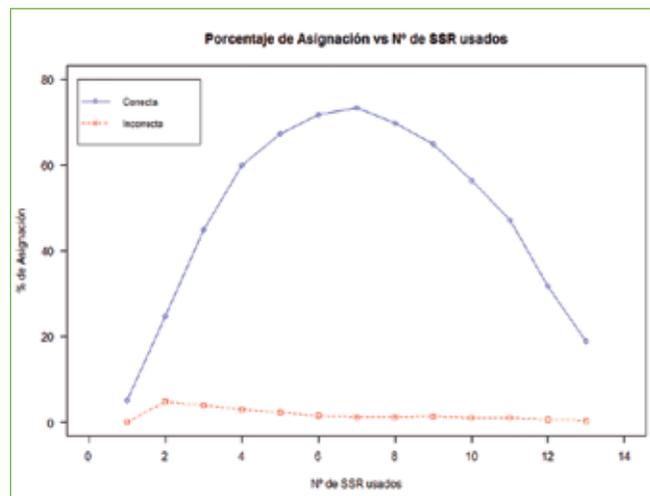


Figura 5. Dendrograma basados en valores de R_{xy} , mostrando las relaciones de parentesco de la población base, de bacalao del Atlántico mantenidos en Chile.

En el caso de los peces que podrían producirse en el país existe el interés de parte de una importante cadena de supermercados de Brasil en evaluar el producto en el formato de filete fresco, lo que abre un interesante mercado potencial para la producción de bacalao del Atlántico en Chile, ya que Brasil consume e importa (debido a su herencia portuguesa), más de 30 mil toneladas de bacalao, transformándose en un mercado objetivo estratégico de abordar.

Adicionalmente, queremos generar una demanda interna en el país, pues creemos que el cod constituye una oportunidad para diversificar la acuicultura en Chile.

Conclusiones

- Actualmente se cuenta con un grupo de reproductores sexualmente activos con una proporción sexual cercana al 1:1, caracterizados genética y reproductivamente.
- Estos reproductores serán la base para producir juveniles de la especie en el país y contribuir a diversificar la acuicultura chilena.
- Existe un panel de siete marcadores microsatélites para la identificación de individuos emparentados y así evitar la producción de progenie consanguínea.
- Brasil se abre como un mercado potencial para el bacalao del Atlántico producido en Chile.
- La especie ha mostrado total resistencia tanto al piojo de mar así como a las FAN, no detectándose hasta ahora ninguna mortalidad asociada a estas causas.

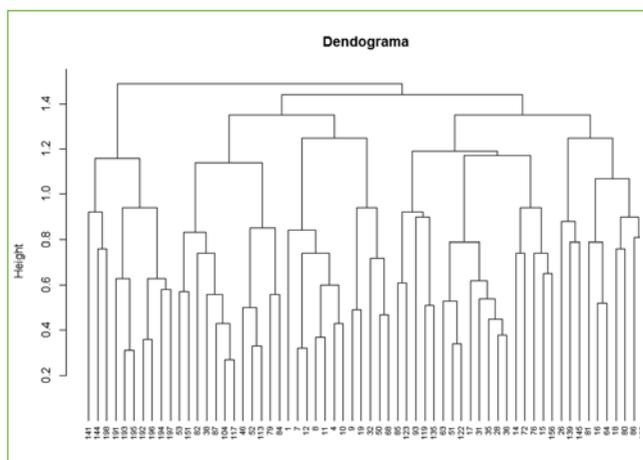


Figura 6. Porcentajes de asignación de parentesco correcta e incorrecta estimados sobre la base de 13 marcadores SSR genotipados en la población base de *Gadus morhua*.

Referencias

Brooker, A., D. Cook, P. Bentzen, J. Wright and W. Doyle, 1994 Organization of SSR differs between mammals and cold-water teleost. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 51: 1959-1966.

Delghandi, M., J. Stenvik, T. Moen, M. S. Wesmajervi, J. I. Westgard et al., 2007 Development and characterisation of microsatellite and single nucleotide polymorphism markers in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). Aquaculture 272: S250-S250.

Delghandi, M., M. S. Wesmajervi, T. Tafese and F. Nilsen, 2008 Twenty-three novel microsatellite markers developed from Atlantic cod *Gadus*

morhua L. expressed sequence tags. Journal of Fish Biology 73: 444-449.

Jakobsdottir, K. B., O. D. Jorundsdottir, S. Skirnisdottir, S. Hjorleifsdottir, G. O. Hreggvidsson et al., 2006 Nine new polymorphic microsatellite loci for the amplification of archived otolith DNA of Atlantic cod, *Gadus morhua* L. Molecular Ecology Notes 6: 337-339.

Kalinowski, S. T., M. L. Taper and T. C. Marshall, 2007 Revising how the computer program CERVUS accommodates genotyping error increases success in paternity assignment. Molecular Ecology 16: 1099-1106.

Miller, K. M., K. D. Le and T. D. Beacham, 2000 Development of tri- and tetranucleotide repeat microsatellite loci in Atlantic cod (*Gadus morhua*). Mol Ecol 9: 238-239.

Moen, T., M. Delghandi, M. S. Wesmajervi, J. I. Westgaard and K. T. Fjalestad, 2009 A SNP/microsatellite genetic linkage map of the Atlantic cod (*Gadus morhua*). Anim Genet 40: 993-996.

O'Reilly, P., 2000 Isolation of twenty low stutter di- and tetranucleotide microsatellites for population analyses of walleye pollock and other gadoids. Journal of Fish Biology 56: 1074-1086.

Queller, D., and K. Goodnight, 1989 Estimating relatedness using genetic markers. Evolution 43: 258-275.

Stenvik, J., M. S. Wesmajervi, K. T. Fjalestad, B. Damsgard and M. Delghandi, 2006 Development of 25 gene-associated microsatellite markers of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). Molecular Ecology Notes 6: 1105-1107.

Van Oosterhout, C., W. F. Hutchinson, D. P. M. Wills and P. Shipley, 2004 micro-checker: software for identifying and correcting genotyping errors in microsatellite data. Molecular Ecology Notes 4: 535-538.




FISH Store

La tienda del mar

SALMÓN · TRUCHA · MERLUZA · CONGRIO · REINETA · PANGASIU
 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

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

www.allandpurefish.cl

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





Una empresa



Doctorado



en Acuicultura



PROGRAMA ACREDITADO POR 6 AÑOS

PROGRAMA DICTADO EN CONJUNTO UCN-UCH-PUCV

MODALIDAD PRESENCIAL - COQUIMBO - SANTIAGO - VALPARAÍSO - JORNADA DIURNA

DESDE NOVIEMBRE 2013 - HASTA NOVIEMBRE 2019

En Coquimbo, 12 de Noviembre de 2004 se firmó el Convenio de Cooperación para realizar el Programa de Doctorado en Acuicultura entre la Universidad de Chile, Universidad Católica del Norte y Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

PERFIL DE EGRESO

El Doctor en Acuicultura está capacitado para realizar investigación científica e innovación tecnológica de calidad internacional. Su formación le permitirá insertarse eficientemente en posiciones de liderazgo en instituciones de investigación y docencia superior, empresas privadas o agencias públicas, contribuyendo al desarrollo sustentable de la acuicultura a nivel mundial.

ASIGNATURAS OBLIGATORIAS:

ACUICULTURA GENERAL. Responsable Dr. Nelson F. Díaz, primer semestre de cada año en la Universidad de Chile, Santiago.

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN ACUICULTURA. Responsable Dr. Alfonso Silva, segundo semestre de Cada año en la Universidad Católica del Norte, Coquimbo.

ECONOMÍA Y REGULACIÓN JURÍDICA DE LA ACUICULTURA. Responsable Dr. Felipe Hurtado, primer semestre de cada año en la P. Universidad Católica de Valparaíso.

CUERPO DE PROFESORES:

Incluyendo los colaboradores, el Cuerpo de Profesores se eleva a 49 académicos que desarrollan diversas especialidades en investigación, entre éstas la Genética, Biotecnología, Nutrición, Reproducción, Microbiología, Virología, Patología, Histopatología, Biología Celular, Endocrinología, Inmunología, Ecología, Economía Pesquera y de Recursos Naturales, Legislación, entre otras.

El desarrollo de estas investigaciones se realiza a través de proyectos de distintos fondos Concursables Nacionales y relaciones de Cooperación con grupos de investigación extranjeros mediante convenios como CAMPUS DO MAR, Universidade Federal de Lavras, Universidad Técnica de Machala, CEIMAR, Universidad de Cádiz y Universidad de Idaho, entre otras.

Las interacciones con otras universidades e instituciones han permitido la movilidad estudiantil como estadías en laboratorios y el Programa ha recibido un número importante de profesores Visitantes, que colaboran en asignaturas, co-dirección de tesis y como miembros de las comisiones informantes de tesis.

El Programa tiene una estructura académica con una duración de 4 años, y tiene entre sus exigencias más importantes la rendición de un Examen de Calificación y Defensa de Proyecto de Tesis.

El 26,1 % de los alumnos ingresados han sido extranjeros, preferentemente latinoamericanos. El 43,6 % de los alumnos han contado o cuentan con becas, la mayoría de arancel y también de tesis financiadas por CONICYT. Algunas becas de arancel corresponden a empresas privadas o agencias de otros países CONACYT-México, SENESCYT-Ecuador, CAPES-Brasil.

De los 36 Graduados a Marzo de 2016, la mayoría de ellos se encuentran trabajando en Universidades Nacionales y Extranjeras, Empresas Nacionales, Centros de Investigación en el Extranjero, entre otros.

Comité Académico del Programa Cooperativo Doctorado en Acuicultura.

<http://www.doctoradoenacuicultura.cl>

Desarrollo de una tecnología para el repoblamiento de la macha (*Mesodesma donacium*) y su seguimiento post-siembra



Jaime Aburto^{1,2}, Osvaldo Cerda¹, Carlos Moraga¹, Rodrigo Rojas¹, Paul Watt¹, Miguel Rivera¹ y Wolfgang Stotz^{1,3}

¹Grupo de Ecología y Manejo de Recursos. Departamento de Biología Marina. Universidad Católica del Norte. Sede Coquimbo.

²Núcleo Milenio Ecología y Manejo Sustentable en Islas Oceánicas. Departamento de Biología Marina.

Universidad Católica del Norte. Sede Coquimbo.

³Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), Larrondo 1281. Coquimbo.



jaburto@ucn.cl; cerda.osvaldo@gmail.com; c_moraga@ucn.cl; rrg008@alumnos.ucn.cl; pewa23@gmail.com; miriveraalvarez@hotmail.com; wstotz@ucn.cl

La pesquería de la macha (*Mesodesma donacium*) es poco selectiva, lo cual implica que se extraen en forma no intencional muchos individuos pequeños que luego son considerados descartes. Esto es, porque los pescadores deben trabajar al tacto en condiciones de mar muy rígoroso, como es la zona de rompientes de playas expuestas, que es el hábitat de este molusco enterrador que constituye un recurso de alto valor para la pesca artesanal. Ese descarte ofrece una oportunidad: puede constituir semilla para repoblar.

Los pescadores de las organizaciones asociadas a la extracción de este recurso en el área de manejo Peñuelas A, Bahía Coquimbo, donde existe el único banco a nivel nacional que mantiene un desembarque continuo durante el año, devuelven al mar los individuos bajo talla mínima de extracción (60 mm, el “descarte”). Esto ocu-

rre generalmente en un sitio diferente al de la captura, siendo, sin pretenderlo, una acción de repoblamiento en la cual se pueden movilizar cientos de kilogramos desde un lugar de la playa a otro, donde eventualmente no habían machas previamente. En ocasiones los pescadores buscan ese tipo de lugares para repoblarlos. Adicionalmente, hay años en que ocurren reclutamientos masivos, generándose sectores de playa con densidades muy altas, que pueden llegar a los 7000 ind·m⁻² registrados en la bahía de Coquimbo, quedando la playa prácticamente “pavimentada” de machas juveniles. Los pescadores, temiendo que en esa alta densidad se genere mucha mortalidad (por varamiento) y/o las machas no crezcan, las trasladan para repoblar sectores de baja densidad de individuos.

En la Bahía de Coquimbo, estas prácticas se han realizado desde hace décadas con *M. donacium* (Aburto y Stotz 2013). Respecto

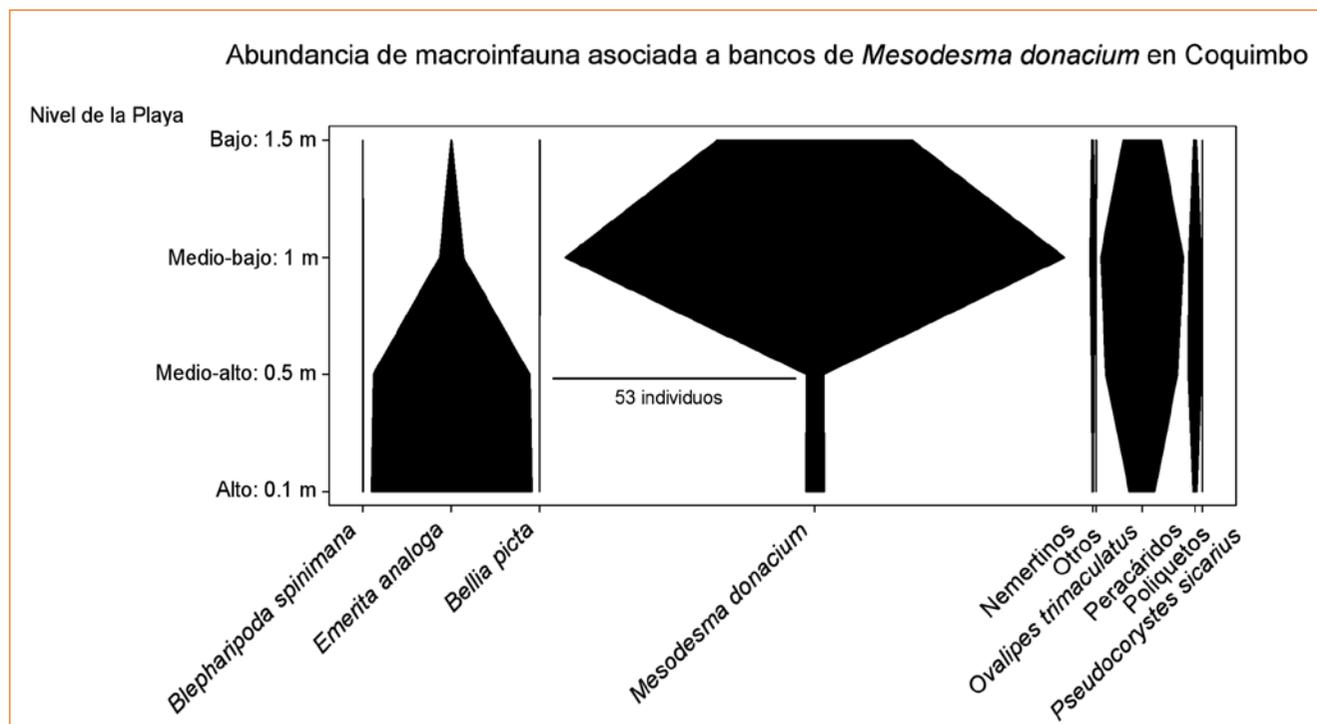


Figura 1: Abundancia relativa de los organismos pertenecientes a la comunidad asociada a los bancos de machas. Es importante notar que donde *M. donacium* es abundante (medio-bajo) las *E. analoga* son escasas; y donde las machas son escasas las *Emerita* son abundantes (alto).



Figura 2: Experimento de competencia interespecífica: *Emerita analoga* sembrada y *Mesodesma donacium* residentes. La imagen muestra a las machas residentes que fueron enterradas 12 horas antes del experimento, y a las cuales se agregó *Emerita*.

a estas acciones, realizadas en forma intuitiva por los pescadores, los cuales afirman que son beneficiosas, nunca han sido evaluadas. Y con esto la actividad de los pescadores tiene algo en común con la mayoría de las experiencias de repoblamiento que se han hecho en el país, en que los reportes se centran en el cómo obtener o producir semilla, y rara vez en la interacción que éstos tienen con el entorno en el cual se sembraron y el efecto a largo plazo en el sitio repoblado. Para conocer las condiciones que aseguren la supervivencia de los individuos trasladados y repoblados, se deben tener diversas consideraciones ecológicas respecto del lugar elegido para la relocalización. Por ejemplo, si existen otras especies competidoras o depredadoras, o si en el lugar ya hay individuos congéneres, en este caso machas, que pudieran interferir en el enterramiento de las más pequeñas producto del descarte. Para abordar esta problemática, el proyecto Fondef AQ1210006 “Desarrollo de una tecnología para el repoblamiento de la macha y su seguimiento post-siembra”, se propuso caracterizar la comunidad asociada a los bancos de *M. donacium* y también desarrollar experimentos para evaluar la interacción de las machas con sus conespecíficos, competidores y depredadores.

La comunidad asociada a los bancos de machas en Coquimbo es muy diversa, tanto en número de competidores como depredadores. De ellos, los que presentan la mayor importancia en términos de abundancia y distribución son la pulga de mar *Emerita analoga* y la jaiba *Bellia picta*, respectivamente. Los antecedentes previos sobre la relación de *Mesodesma* con *Emerita* sugieren que ambas especies compiten fuertemente por espacio (Dugan et al. 2004). Se ha descrito que, en las playas de arena de la costa centro-norte de Chile, la distribución de ambos organismos está segregada espacialmente, donde abunda una la otra es escasa; como por ejemplo ocurren en la playa de Coquimbo en sentido vertical (Figura 1). Generalmente, las mayores abundancias de machas se encuentran en la zona de rompientes y las de pulgas de mar en la zona de resaca (Jaramillo et al. 1998, Dugan et al. 2004). Sin embargo, también se observa un amplia área de superposición de hábitat de ambas especies, respecto a la cual notamos que no ocurre con todos los rangos de talla de macha. Hemos observado que las machas más pequeñas están

más cerca de la resaca, mientras que las machas que se aproximan a la adultez se encuentran más cerca de la primera rompiente. Incluso, observamos que los parches dentro del banco se mueven con el sedimento y que esto sufre variaciones diarias, observaciones que también son descritas por los pescadores. La dinámica del sedimento en playas de arena de alta energía podría permitir interacciones entre diferentes cohortes de organismos más frecuentes que lo esperado (Hacking 1998, Barros et al. 2002). Es posible entonces que solamente las machas pequeñas compitan por espacio con *Emerita*. Para poner a prueba esta hipótesis, desarrollamos series de experimentos en el laboratorio con organismos sacados de terreno y aclimatados por al menos dos semanas previo a cada experiencia.

Los experimentos se realizaron en acuarios en los cuales se adicionaron los organismos (machas/*Emerita*), en distintas densidades y diferentes tallas. En el caso de *Emerita*, sin embargo, sólo usamos hembras > 2.5 cm. Cada experimento consistió en enterrar organismos y dejarlos por 12 horas antes de adicionar un segundo grupo de individuos. El primer grupo se denominó residentes y el segundo sembrados. En total, realizamos ocho experimentos con este tipo de diseño: cuatro de competencia intraespecífica en donde residentes y sembrados fueron *M. donacium*, dos en los que las machas fueron residentes y *E. analoga* fue sembrada (Figura 2), y dos en los que *E. analoga* se consideró residente y *M. donacium* como sembrada. En los ensayos en donde se sembró machas, se cuantificaron las variaciones en los tiempos de enterramiento dependiendo de las densidades, tallas y tipo de organismo. En los experimentos en donde se sembró *E. analoga*, se contabilizó el número de machas residentes desenterradas por la propia actividad de enterramiento de *Emerita* (Figura 3).

Cuando las machas fueron residentes y sembradas (experimento de competencia intraespecífica), observamos que la competencia podría darse sólo a densidades extremadamente altas. En contraste, notamos que a densidades medias las machas se benefician de la presencia de otras machas, lo que podría ser considerado



Figura 3: *Emerita analoga* desenterrando a *Mesodesma donacium* en el experimento en que ambas especies se encontraban con altas densidades.



Figura 4: Recolección de las machas en el banco donante en el cual se extrajo el recurso, contabilizó y pesó para luego ser trasladado a la zona receptora. Aproximadamente ciento cincuenta recolectores participaron en esta actividad.

como una interacción de facilitación. El mecanismo que explica este patrón tiene dos posibles explicaciones: en primer término el movimiento de las machas incentivaría a enterrarse a aquellas que están en contacto directo (“conducta contagiosa”); y segundo, este movimiento genera la licuefacción del sedimento (especie de lubricación de granos de arena con el agua intersticial, transformándose el fondo de arena en un líquido denso – se puede observar en cualquier playa, golpeando con gran frecuencia suavemente la superficie de la arena en la parte en que se encuentra saturada de agua) lo que facilita la penetración de las machas en la arena. La licuefacción del sustrato se logra al mover la mezcla arena/agua y al inyectar, el propio molusco, una cantidad de agua al momento de coordinar el movimiento de las valvas y el pie para lograr enterrarse. La facilitación, con este mecanismo explicativo, se ha descrito anteriormente para el bivalvo enterrador *Cerastoderma edule* (Donadi et al. 2014). Cuando las machas se consideraron residentes y las pulgas *Emerita* fueron sembradas (experimento de competencia interespecífica), los resultados demostraron que estos crustáceos ejercieron un significativo efecto perturbador sólo en las machas de 2-3 cm y en densidades medias y altas. Por el contrario, las machas más grandes no fueron desplazadas del sustrato, independiente de la densidad considerada de ambas especies.

Adicionalmente, se realizó un experimento de cinco días de duración para determinar diferencias en la tasa de consumo de machas pequeñas (~ 2.5 cm) por parte de la jaiba *Bellia picta*. Los resultados de este experimento indican que existe una interacción significativa cuando hay muchos depredadores y la densidad de la macha es intermedia. El efecto desaparece cuando existe una baja densidad tanto de jaibas como de machas. También se observó que en donde había una alta densidad de jaibas el consumo de

machas aumentó a medida que pasaron los días. Durante los dos primeros días no se observa diferencia en el consumo de machas por parte de los crustáceos; sin embargo, desde el tercer y hasta el quinto día se observó un incremento significativo.

La información recopilada con los muestreos en terreno, más los experimentos de laboratorio, permitieron diseñar una metodología con instrucciones simples sobre cómo realizar la devolución del descarte al mar. En términos generales ésta consiste en: devolver las machas al mar en forma agrupada, no distribuir las, de manera de permitir la facilitación. Elegir sitios con baja abundancia de jaibas, pocas machas adultas y sin *Emerita* de tamaño grande. Estas indicaciones que surgen de nues-

tros estudios fueron complementadas con la experiencia y/o el conocimiento tradicional de los pescadores, especialmente respecto a lugares en que se darían las mejores condiciones para establecer machas y donde los depredadores y competidores son más escasos. A partir de esa experiencia, se acordó realizar actividades de translocaciones o relocalizaciones controladas en conjunto con los pescadores. Para ello se realizó un taller participativo con la comisión de área de manejo de la agrupación de orilleros y buzos, por separados. El taller tenía como objetivo conocer cómo los pescadores realizarían una acción de este tipo, basados en su experiencia práctica, de manera de definir un protocolo de trabajo con el cual ellos se sintieran identificados.

La primera experiencia de repoblamiento masivo se realizó desde la orilla de la playa y por bote, por separado. Se realizó con machas de entre 4-5 cm del tipo “descarte”, o macha verde como es llamada por los pescadores. En cada una de estas actividades se movilizaron aproximadamente dos toneladas de machas desde un banco donante (Figura 4) hacia una zona receptora; lo que implica que finalmente se trasladó un total de cuatro toneladas del recurso. Cuando se realizó el traslado por bote (Figura 5) participaron siete embarcaciones encargadas del traslado del recurso, más dos botes encargados de mantener con la mayor precisión posible la localización del área receptora. En esa ocasión, sólo se pudo revisar el número de machas que efectivamente se enterraron en el lugar a 24 horas de haber realizado la siembra. Si bien efectivamente se encontraron los individuos relocalizados, no se pudo seguir con la revisión del banco en el tiempo, debido a que las condiciones de mar no permitieron su seguimiento por un período bastante prolongado. Y después de ese período, que fue cerca de treinta días, ya no se pudo distinguir el origen de las machas en el lugar.



Figura 5: Siembra masiva de machas por bote en la primera actividad de repoblamiento. Nueve embarcaciones con sus respectivas tripulaciones participaron en el traslado.

En el traslado por orilla participaron aproximadamente 150 pescadores de Caleta San Pedro, hombres y mujeres. Después de sembrar las machas se constató la efectividad del repoblamiento luego de 30 minutos, 17 días y 27 días. En esa ocasión, efectivamente las machas relocalizadas permanecieron en la zona receptora hasta el día 17. En la revisión del día 27, sin embargo, los individuos trasladados no se encontraron en el área seleccionada (Figura 6). Aunque el destino final de estas machas es desconocido, podemos decir al menos que no murieron, puesto que en revisiones posteriores a lo largo de la playa no hubo varazón de individuos muertos. Nuestra hipótesis es que estas machas se movieron hacia otras zonas, fenómeno normal dada la dinámica propia del sedimento y del ambiente de playa en general.

La segunda actividad de repoblamiento se realizó con machas provenientes del “descarte” luego de la cosecha en la época de verano, aproximadamente nueve meses después de la primera actividad. En esta ocasión se relocalizaron dos toneladas del recurso descartado en la playa aledaña a la caleta en donde se procesa la cosecha. El traslado se realizó por orilla en la zona de las rompientes (aproximadamente a 1.5 metros de profundidad). Las machas sembradas permanecieron en la zona receptora por una semana. En los siguientes días se observó un movimiento del banco hacia el norte de la zona receptora, en la dirección de la corriente lateral dominante en la playa. En la segunda semana se observó una disminución considerable en la abundancia de las machas sembradas en la zona receptora, sin lograr observar individuos alrededor de ella. Cabe destacar que durante este traslado se constató la presencia de turistas y lugareños que extrajeron parte de las machas que se relocalizaron, impidiendo la consolidación del banco nuevo. Esta condición no es nueva y es uno de los conflictos que se generan entre los pescadores y los

recolectores ilegales del recurso.

Es interesante destacar que las primeras experiencias de traslado de machas que se realizaron incorporó la visión de los pescadores, la intención de esto era que en el futuro ellos pudieran realizar este tipo de actividades en forma autónoma, pero estableciendo un sistema de monitoreo que permitiera dar seguimiento en el tiempo a las machas trasladadas y de esta manera poder disminuir la incertidumbre asociada a este tipo de actividades. Sin embargo, esto no estuvo exento de problemas. En el caso de los traslados por mar, seguimos la recomendación de los pescadores en relación al sitio donde liberar las machas. El sitio escogido por los pescadores era de baja profundidad y relativamente cercano a la zona de rompientes, al cual sólo se puede acceder con mar en excelentes condiciones, que fueron las condiciones que encontramos en el día del repoblamiento. Sin embargo, este escenario no se repitió en el tiempo, por lo que no fue posible seguir el monitoreo con la frecuencia que se había planificado.

Otro problema asociado al traslado por mar fue la negativa, en variadas ocasiones, a poner a disposición embarcaciones para hacer los monitoreos y/o nuevos traslados de machas. Esto, porque los socios invariablemente privilegiaban sus actividades extractivas, contrario a lo dispuesto por sus dirigentes, con cuyo apoyo e interés se contaba para llevar adelante este tipo de actividades.

Algo similar ocurrió con los pescadores orilleros. Si bien los dirigentes aseguraron el apoyo a las actividades, éstas no se vieron materializadas en ayuda efectiva por parte de los pescadores. En el caso de los orilleros, la opción de trabajar con la macha de descarte fue para poder acercarnos lo más posible a la forma en la cual ellos realizan la actividad, de manera de que pudieran hacer la devolución de las machas en forma controlada y a eso adicionar un monitoreo simple, de manera de que ellos puedan verificar la consolidación del banco en el lugar repoblado. No obstante los acuerdos previos suscritos con dirigentes y comisión del área de manejo, los traslados y monitoreos tuvieron que ser realizados por el equipo de trabajo del proyecto, sin contar con la participación de pescadores en las actividades. Se manifiesta así una distancia entre los acuerdos con los dirigentes y las voluntades de aquellos y las respuestas efectivas de sus bases. Es una observación bastante común, en que muchos proyectos contemplan actividades a ser realizadas por los pescadores, y ellos formalmente se comprometen a ello para postular al financiamiento, pero terminan siendo realizados por los técnicos, que no pueden no hacerlo por los compromisos ya contraídos con la entidad que financia. Los pescadores a menudo terminan participando como meros observadores, o a lo más como colaboradores, pero sin hacerse realmente cargo de la actividad.

Este es un fenómeno interesante si se considera que éste, como muchos proyectos, nació como una necesidad planteada durante mucho tiempo por las propias organizaciones y sus dirigentes.

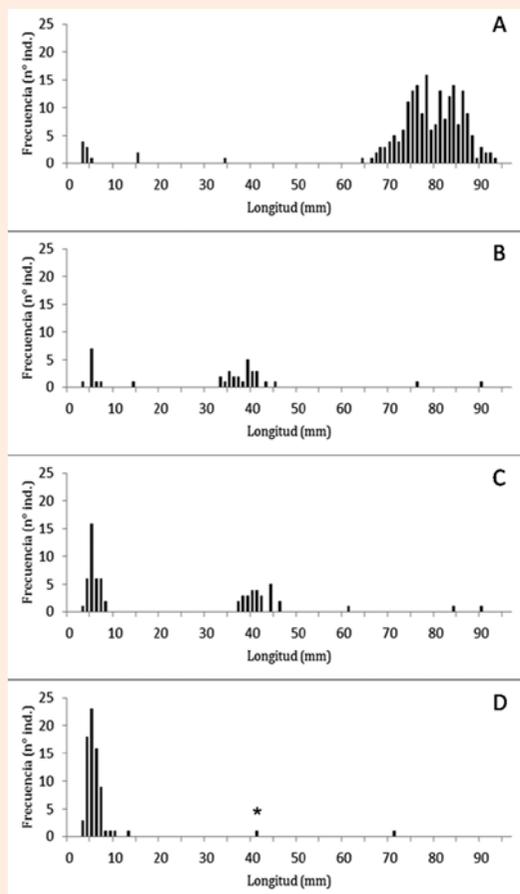


Figura 6: Estructura de tallas de la población de machas del banco receptor en la actividad de traslado por orilla. Cuantificación de la abundancia previo a la siembra en A, primer monitoreo 30 minutos después en B, segundo monitoreo 17 días después en C y tercer monitoreo 27 días después en D. El asterisco en D muestra que el rango de 40 mm desaparece al día 27.

Esa demanda se concretó con un apoyo formal de las organizaciones, firmando como instituciones asociadas al proyecto. Sin embargo, la firma de los dirigentes como tal no necesariamente asegura el contar luego en forma efectiva con la dedicación de las bases a las labores del proyecto. Esto ocurre porque en la práctica, las actividades del proyecto compiten con la pesca y el procurar ingresos.

En este caso particular, el periodo 2015-2016 fue particularmente duro en términos de las condiciones de mar. Los pescadores pasaron largos periodos de tiempo sin poder trabajar. Estas malas condiciones de tiempo también afectaron las actividades de terreno del proyecto. Así, cuando el mar presentaba condiciones adecuadas y se abría una ventana de tiempo para poder realizar las actividades, los pescadores evidentemente preferían trabajar en la pesca para procurar sus ingresos. En ese contexto, actividades de repoblamiento, que prometen un beneficio recién a futuro y por el momento aun incierto, no son incentivo suficiente para no aprovechar para la pesca las ventanas climáticas. El proyecto no consideró, porque tampoco lo permitía, incentivos

económicos para las actividades de terreno para los pescadores.

Este es un tema que requiere de atención, pero cuya solución no es trivial. El desarrollo del repoblamiento, para que avance más allá de pequeños experimentos piloto, necesita el trabajo y compromiso de los que están todos los días en el mar y en contacto con sus recursos. Mientras los pescadores no se hagan cargo directamente de esas labores, será difícil lograr desarrollar acciones de repoblamiento que tengan un efecto productivo real en el largo plazo. Pero el compensarlos económicamente por el trabajo para lograr su participación a este tipo de proyectos, no sería tampoco el incentivo correcto. Se genera ahí un círculo vicioso que requiere ser roto: si no se compensa económicamente es difícil contar con la participación efectiva y comprometida para avanzar; pero si se compensa económicamente se genera un incentivo que no implica necesariamente el compromiso necesario para lograr que luego, de concluido el proyecto, se mantenga el trabajo y siga desarrollando el tema en el tiempo. Para romper este círculo vicioso es necesario lograr que los pescadores logren visualizar y comprender, que por su propio bien, ellos deben involucrarse y de ser necesario sacrificar beneficios inmediatos, apostando a beneficios futuros aun cuando éstos sean muy inciertos. Y para los técnicos el desafío está en demostrar que la actividad de repoblamiento a desarrollar efectivamente puede producir beneficios económicos en algún futuro no demasiado lejano.

Los resultados del proyecto nos enseñan, que el tema del repoblamiento, mucho más que ser un tema técnico en lo biológico-ecológico, que generalmente se logra resolver razonablemente, es un tema social que requiere de trabajo en el ámbito organizacional y comunitario. Las grandes inversiones que el estado ya ha realizado, y probablemente se seguirán realizando para desarrollar el tema, difícilmente lograrán su objetivo, si no se atienden principalmente esos aspectos.

Bibliografía

- Aburto J, Stotz W. 2013. Learning about TURFs and natural variability: Failure of surf clam management in Chile. *Ocean Coast Manage* 71: 88-98.
- Barros F, Underwood AJ, Lindegarth M. 2002. A preliminary analysis of the structure of benthic assemblages of surf zones on two morphodynamic types of beach. *J Mar Biol Ass U K* 82: 353-357.
- Dugan JE, Jaramillo E, Hubbard DH, Contreras H, Duarte C. 2004. Competitive interactions in macrofaunal animals of exposed sandy beaches. *Oecologia*. 139:630-640.
- Donadi S, van der Zee EM, van der Heide T, Weerman EJ, Piersma T, van de Koppel J, Olf H, Bartelds M, van Gerwen I, Klemens Eriksson B. 2014. The bivalve loop: intra-specific facilitation in burrowing cockles through habitat modification. *J Exp Mar Biol Ecol* 461: 44-52.
- Hacking N. 1998. Macrofaunal community structure of beaches in northern New South Wales, Australia. *Mar Fresh Res* 49: 47-53.
- Jaramillo E, Carrasco F, Quijón P, Pino M, Contreras H. 1998. Distribución y estructura comunitaria de la macrofauna bentónica de la costa del norte de Chile. *Rev Chil Hist Nat* 71: 459-478.

Red nacional de Estaciones de Autoatención (VISAMÁTICOS) para la acreditación de origen y visación de recursos pesqueros artesanales



Julio A. Vásquez^{1,2,3}, Alejandra Vargas¹, Jaime Molina⁴, Gonzalo Donoso⁵ & Sergio Muñoz⁶

¹Departamento de Biología Marina, Centro de Investigación y ²Desarrollo Tecnológico en Algas, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica Del Norte,

³Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA). ⁴Dirección Regional de Coquimbo Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

⁵Subsecretaría de Pesca y Acuicultura Dirección Zonal de Los Lagos. ⁶AXYS SA.

jvasquez@ucn.cl

ANTECEDENTES

Actualmente en Chile, alrededor de 95.000 pescadores artesanales en las categorías de recolectores de orilla, buzos mariscadores y armadores artesanales tienen la obligación legal de dirigirse a las oficinas del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA), para obtener la acreditación de origen de los recursos marinos desembarcados, recolectados o extraídos.

El sector pesquero artesanal funciona y se articula en base a caletas pesqueras, siendo estas el centro productivo, económico y social del sector. En Chile continental, 463 caletas pesqueras se encuentran oficialmente reconocidas, de las cuales el 76% son de tipo rural, sólo el 24% es de carácter urbano. Además, otras 100 caletas no reconocidas por la autoridad, generalmente emplazadas en terrenos de particulares y mayoritariamente rurales, funcionan como unidades productivas desembarcando recursos marinos litorales. Así, cerca del 80% de las caletas de desembarque artesanal están alejadas de las oficinas del SERNAPESCA, para la declaración de la pesca y recolección de recursos del mar.

Al Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA) le corresponde fiscalizar la extracción, desembarque, transporte y comercialización de recursos hidrobiológicos y velar por el cumplimiento y control de diversas medidas de administración pesquera. Entre estas, un procedimiento de particular importancia lo constituye la **acreditación de origen**, trámite que debe ser solicitado por los usuarios (pescadores artesanales, comercializadores y elaboradores de recursos hidrobiológicos), demostrando la legalidad del origen de los recursos que pretende transportar. En conformidad a los antecedentes documentales (Formularios DA-02, DA-03, ACF o AMERB), el SERNAPESCA acredita el origen legal de los recursos, a través de la **visación** de un documento tributario, amparando el transporte de los recursos o productos. Esta acción denominada visación, consiste en estampar un timbre o una etiqueta en el reverso de la documentación tributaria

que ampara el movimiento de los recursos hidrobiológicos o productos derivados de estos. La visación debe ser solicitada por los usuarios que desean transportar los recursos desde los distintos puntos de desembarque, en la oficina del SERNAPESCA más cercana.

Para el cumplimiento de su misión, el SERNAPESCA posee una estructura de dirección centralizada y una distribución territorial que actualmente considera 13 Direcciones Regionales, 60 Oficinas Provinciales y Comunes, más dos Oficinas Insulares (Isla de Pascua y Juan Fernández) y una Oficina de Coordinación Institucional ubicada en la ciudad de Santiago.

El SERNAPESCA debe fiscalizar la consistencia de la información contenida en la "Solicitud de Visación" (información de origen-destino, identificación del solicitante, documentación tributaria presentada y volumen de recurso), además del cumplimiento de: (1) Medidas de administración (vedas y cuotas). (2) Entrega de información estadística (formulario documental) de los agentes extractores (Armadores artesanales-Formulario DA-02), buzos y recolectores de orilla (Formulario DA-03) y áreas de manejo (Formulario AMERB). (3) Autenticación de agentes extractores (Registro Pescadores Artesanales-RPA). (4) Correspondencia de las declaraciones estadísticas de los propios comercializadores (Formulario ACF), con las declaraciones de los extractores.

Anualmente a nivel nacional, el proceso de visación supera las 300.000 solicitudes, en un horario de atención restringido a horas de oficina, afectando significativamente la economía del sector pesquero artesanal y la eficacia y competitividad del SERNAPESCA. Así, se hace necesario contar con un sistema que permita agilizar el proceso de acreditación de origen y visación de recursos hidrobiológicos que entre otros: aumente la competitividad de este Servicio del Estado, aumente la competitividad

del sector pesquero artesanal, y permita contar con estadísticas de desembarque que permitan tomar decisiones en tiempo real.

SOLUCION

La Universidad Católica del Norte (UCN) en conjunto con el SERNAPESCA, se han propuesto automatizar este proceso, a través de generar una red de estaciones inteligentes o estaciones de auto-atención (VISAMÁTICOS). La implementación de una Red Nacional de Visamáticos permitirá al SERNAPESCA acercarse virtualmente a los lugares donde se realizan los desembarques de recursos pesqueros, y liberar horas hombre de funcionarios dedicados exclusivamente a recibir y digitar documentos.

Durante los últimos años, la UCN y la empresa Axys SA, por mandato del SERNAPESCA ha estado implementando en varias regiones de Chile, a través de financiamiento del Estado de diverso origen (Figura 1, Tabla 1).

El primer proyecto, financiado por Innova-Corfo en el marco del Programa Bienes Públicos para la Competitividad, "Implementación de un sistema piloto de auto-atención electrónica para la acreditación de origen de recursos pesqueros 11BPC-10060" se ejecutó durante los años 2012-2013. Este proyecto fundacional, realizado en la Región de Coquimbo permitió instalar 4 Visamáticos en cuatro caletas rurales: Pichidangui, Maitencillo,

El Sauce y Punta de Choros. Complementariamente el 2014 la UCN se adjudica recursos del Fondo de Innovación para la Competitividad (Red regional de estaciones de auto-atención para la acreditación de origen y visación de recursos pesqueros artesanales" código BIP 30137694-0) de la Región de Coquimbo, que le permite aumentar a 12 las estaciones de autoatención en las caletas urbanas y rurales: Chungungo, Los Hornos, Coquimbo, Guayacán, Tongoy, Puerto Aldea, Sierra y Chigualoco, cubriendo el 60% de los desembarques artesanales de la Región. Con el proyecto de Bienes Públicos de INNOVA Corfo, se desarrollaron inicialmente formularios básicos DA-02, DA-03, y ACF (Comercializadores en Fresco), los que se encuentran disponibles en los 4 VISAMATICOS del proyecto fundacional. Con el Proyecto financiado por el Gobierno Regional de Coquimbo a través del FIC-R, se ha desarrollado el formulario de desembarque de Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos (AMERB).

La Empresa AXYS y la UCN el año 2014 se adjudican el Proyecto Implementación de sistema de atención virtual Visamáticos en la Región de Atacama (2014-70-FAP-33) con financiamiento del Fondo de Administración Pesquera (FAP). Este proyecto ha permitido instalar 8 Visamáticos en: Pan de Azúcar, Obispito, Flamenco, Caldera, Carrizal Bajo, Los Burros Sur, Los Bronces y Chañaral de Aceituno.

Durante 2016 y mediante un financiamiento del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR), el SERNAPESCA de la Región del Bío-Bío adjudicó a la UCN el proyecto "Implementación de estaciones inteligentes de gestión de información y apoyo técnico para los pescadores artesanales de la Región del Bío-Bío. Código BIP 30140423-0". Este proyecto permite implementar visamáticos en ocho localidades: Arauco, Tubul, Tirúa, Lebu, Tumbes, Isla Santa María, Isla Mocha, y Coliumo, y desarrollar y mantener un nuevo software que permita realizar declaraciones estadísticas (DA-02, DA-03), declaraciones de comercializadores en fresco (ACF), y emisión de certificados (asociados al RPA de los usuario).

Junto a las iniciativas ya descritas, en la actualidad existen otros desarrollos de estaciones de autoatención en otras regiones como en la del Libertador Bernardo O'Higgins y de Los Lagos, las que se implementan a modo de pilotaje (Tabla 1).

Para uniformar el sistema de acreditación de origen y visación de recursos pesqueros artesanales a nivel nacional, los formularios de cosechas de AMERB y los desarrollos actualizados de formularios de desembarque artesanal (DA02, DA03) y de comercialización en frescos (ACF), realizados con fondos FNDR de la Región del Bío-Bío, serán cargados en todos los visamáticos en todas las regiones de Chile que cuenten con estaciones de autoatención. Para el funcionamiento y buen uso de esta herramienta computacional, la UCN ha mantenido en cada proyecto un programa de capacitación permanente, para pescadores artesanales y comercializadores. Para esto, se cuenta con un grupo de profesionales que capacitan a monitores de



Figura 1. Red de Visamáticos en la costa de Chile.

caletas (pescadores, presidentes/secretarios de organizaciones artesanales, entre otros), los que a su vez instruyen a sus compañeros de trabajo y faenas de pesca y recolección.

EL VISAMÁTICO

El diseño del TOTEM o Visamático responde fundamentalmente a la facilidad de operación, y a las labores de mantención y re-

cambio de insumos. En la parte superior se encuentra la pantalla "touch" y los lectores de carnet de identidad y biométricos. La parte superior cuenta con una apertura (puerta), la cual permite el acceso a las conexiones del computador, Modem de internet, hubs USB y protecciones eléctricas. También cuenta con un teclado interno en caso de que un administrador necesite ingresar a otras funciones del PC, ya que el teclado metálico externo tiene



Figura 2. Estación de autoatención o VISAMÁTICO.

BENEFICIOS PARA PESCADORES COMERCIALIZADORES

- ✓ MAYOR COMPETITIVIDAD
- ✓ MÁS RAPIDO
- ✓ MÁS SEGURO
- ✓ MENORES COSTOS EN LA ACREDITACIÓN Y VISACIÓN
- ✓ FÁCIL COMERCIALIZACIÓN
- ✓ MEJOR ACCESO A LA INFORMACIÓN

BENEFICIOS PARA SERNAPECA

- ✓ MAYOR COMPETITIVIDAD
- ✓ MODERNIZACIÓN
- ✓ MÁS EFICAZ
- ✓ FACILITA LA INFORMACION Y LAS ESTADÍSTICAS
- ✓ MAYOR TRAZABILIDAD
- ✓ INFORMACION EN TIEMPO REAL

bloqueado los botones que no sean letras y números, para proteger el software de los formularios. La sección media del tótem cuenta con el teclado metálico antivandálico y la impresora de “Boucher” e impresora de visaciones. Además, tiene una puerta tipo cajón que permite el acceso a estas dos impresoras para recambio de insumos. El Visamático cuenta, además, con lectores de huella dactilar y lectores para versión antigua y nueva de carnet de identidad, para la autenticación de los usuarios (Figura 2).

El Visamático, puede funcionar independientemente de la red de energía, para lo que incluye paneles solares fotovoltaicos Monocristalino TUV, de potencia de 100WP +/-5%, un regulador de carga Phocos Modelo CML 15, Voltaje 12/24Vdc y corriente máxima 15 Adc.

Tiene asociado un set de Batería SEC AGM de ciclo profundo, inversor de Corriente Phoenix 12/350 de potencia de 350VA. En aquellas caletas donde no se disponga de un lugar físico para su posicionamiento, los Visamáticos son instalados en cabinas de fibra de vidrio.

PERSPECTIVAS Y FUTUROS PROYECTOS

En el futuro se espera que los visamáticos estén en la mayoría de las caletas rurales del país y en aquellas urbanas alejadas de las oficinas del Servicio Nacional de Pesca. A corto plazo se espera extender el número de caletas beneficiadas en la Región de Los Lagos, generar propuestas de desarrollo para la Región de Antofagasta e instalar Visamáticos en Isla de Pascua y en Isla Juan Fernández.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, a todos los funcionarios de sus direcciones regionales, y en especial a Christian Astorquiza de la Subdirección de Pesquerías. A las diversas fuentes de financiamiento: Fondo de Administración Pesquera FAP, Fondo de Inversión para la Competitividad (FIC-R) y a los Gobiernos Regionales que han permitido la instalación de Visamáticos y el desarrollo de los programas computacionales. A Sergio Cubillos por su siempre desinteresada ayuda en el apoyo audiovisual y gráfico. A la Universidad Católica del Norte por el apoyo a esta iniciativa, si bien no científica, de un enorme impacto social y económica.

Tabla 1. Red Nacional de Visamáticos.

REGIÓN	NOMBRE DE PROYECTO	CODIGO	FUENTE DE FINANCIAMIENTO	NÚMERO DE ESTACIONES	CALETAS DE EMPLAZAMIENTO
ATACAMA	Implementación de sistemas de atención virtual “Visamáticos” en la Región de Atacama.	CUI 2014-70-FAP-33.	FAP. Fondo de Administración Pesquera.	9	Pan de azúcar, Flamen-co, Obispito, Caldera, Los Bronces, Pajonales, Carrizal bajo, Los Burros Sur y Chañaral de aceituno
COQUIMBO	Implementación de estaciones de auto-atención electrónica, para la acreditación de origen de recursos pesqueros.	11BPC-10060	Innova-Chile CORFO	4	Punta de Choros, El Sauce, Maitencillo y Pichidangui.
	Visamáticos: Red regional de estaciones de auto-atención para la acreditación de origen y visación de recursos pesqueros artesanales	BIP, 30137694-0	FIC-R. Fondo de innovación para la competitividad Regional.	8	Chungungo, Los Hornos, Coquimbo, Guayacán, Tongoy, Puerto Aldea, Sierra y Chigualoco.
DEL BIOBÍO	Implementación de estaciones inteligentes de gestión de información y apoyo técnico para los pescadores artesanales de la región del Biobío.	BIP, 30140423-0	FNDR. Fondo Nacional de Desarrollo Regional.	9	Arauco, Coliumo, Lebu, Tirúa, Tubul, Tumbes, Isla Mocha, Isla Santa María (Puerto Norte y Puerto Sur).
DEL LIBERTADOR B. O'HIGGINS	Proyecto implementación de sistema de atención virtual “VISAMÁTICOS” en la región de O'Higgins.	2014-82-FAP-45	FAP. Fondo de Administración Pesquera.	3	Bucalemu, Navidad y Matanza.
DE LOS LAGOS	Estudio de pre-factibilidad de la implementación de una red de estaciones de auto-atención (VISAMÁTICOS) para la acreditación de origen de recursos pesqueros artesanales, en la Región de los Lagos.	2014-69-FAP-32	FAP. Fondo de Administración Pesquera.	2	Bahía Mansa y Ayacara.



Junto a los Miticultores del Sur de Chile



PROGRAMA CAPITAL MEJILLÓN CHILENO

Más información en www.sercotec.cl

#mejillónchileno
#mitilidos #choritos #mipe
#miticultura #acuicultura
#productividad #mesamitilidos
#inversión #mussels
#competitividad

 @mesamitilidos



Programa de fomento productivo para la Industria de los mitílidos



Introducción

El extenso litoral chileno, con sus casi 4.700 kilómetros, bañadas por aguas limpias e influenciadas fuertemente por la corriente de Humboldt, rica en oxígeno y temperaturas frías, hacen de la costa chilena un lugar ideal para el desarrollo de la acuicultura. Sin embargo, la necesidad de operar en lugares protegidos del fuerte oleaje, reduce la zona de producción a pequeñas bahías en la zona norte del país, y en la zona sur, particularmente en la Región de Los Lagos, en donde se concentra el 95% de los cultivos de bivalvos.

El cultivo del chorito (*Mytilus chilensis*) o mejillón chileno, parte a nivel experimental en 1967, pero su cultivo a nivel industrial comenzó en 1979 y recién, a principios de la década de los noventa, se inicia la producción en mediana y gran escala, con 2.100 toneladas; volumen que en el año 2000 aumenta a 28.000 toneladas; y ya en el año 2007 se eleva a una producción de 170.000 toneladas. (Yokota-Beuret. E, 2008). En relación a las exportaciones de moluscos, se registraron retornos de US\$ 189 millones con 64.096 toneladas y US\$ 201 millones con 64.838 toneladas en 2014 y 2015 respectivamente.).

Mytilus chilensis es una especie de gran relevancia económica debido a su extracción y a su cultivo, siendo la mitilicultura una de las actividades económicas acuícolas con mayor tasa de crecimiento en los últimos años (Valenzuela, 2013). (Figura N°1)

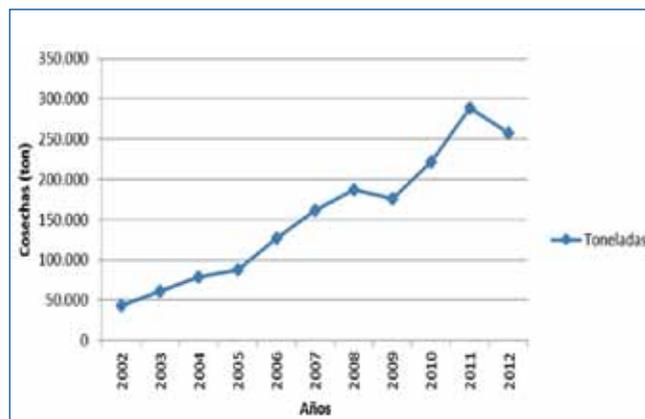


Figura 1: Variación en la cosecha de *Mytilus chilensis* entre 2002 y 2012 (fuente: SERNAPESCA)

APOYO A LA INDUSTRIA MITILICULTORA

Hace un poco más de tres años, el Servicio de Cooperación Técnica, Sercotec, con el financiamiento del Gobierno Regional de Los Lagos, comenzó a operar el “Programa de Fomento Productivo para la Industria de los Mitílidos de la Región de Los Lagos”, con aporte FNDR de M\$400.000. El objetivo de este programa ha sido promover y apoyar el mejoramiento de competitividad de la industria de los mitílidos con foco en las micro y pequeñas empresa (MIPES).

Esta iniciativa fue diseñada bajo cuatro ámbitos de acción:

1. Gestión de la industria y operación de la Mesa Público Privada
2. Formación y Capacitación empresarial
3. Asistencia Técnica
4. Proyectos colectivos



Figura N°2: Plan de trabajo Mesa Público Privada de los mitílidos (fuente: SERCOTEC)



GESTIÓN DE LA INDUSTRIA Y OPERACIÓN DE LA MESA PÚBLICO PRIVADA

La Mesa Público-Privada (MPP), que es presidida por el Intendente Regional de Los Lagos, Leonardo de la Prida, ha promovido el fomento, innovación y desarrollo de la Industria de los Mitílidos y ha impulsado el fortalecimiento de la gestión de esta actividad económica, a través de un trabajo coordinado entre los diferentes actores de la industria.

La MPP se encuentra estructurada en cinco subcomités de trabajo: Fomento, Innovación, Capital Humano, Normativo e Infraestructura, los que focalizaron sus acciones de coordinación entre entidades del sector público y privado de la industria. (SERCOTEC, 2014).

Además, bajo el alero de la MPP se han organizado diversas actividades, como el Simposio de la Industria Mitilicultora que contó con la participación de más de 200 invitados, y actividades de fortalecimiento gremial de mitilicultores en la que participaron más de 150 dirigentes de la región.

A fines de 2015, y gracias al trabajo de la Mesa Público Privada de Mitílidos, el CORE LOS LAGOS aprobó \$800 millones extras, recursos que serán destinados para apoyar la inversión y el fomento productivo del sector durante los años 2016 y 2017.

FORMACION Y CAPACITACIÓN EMPRESARIAL

Otro de los aspectos relevantes del Programa ha sido la detección de los requerimientos de capacitación para el sector, lográndose ejecutar un total de 24 cursos o talleres en temáticas como biología básica, marea roja, calidad de materia prima, formulación de proyectos e ingeniería de cultivo, participando en ellos, cerca de 350 mitilicultores de la región.

Estas se han realizado en los mismos territorios mitilicultores como una forma de llegar a sus lugares de trabajo con teoría y

práctica. Entre estos, Cochamó, Hornopirén, Calbuco, Dalcahue, Castro, Queilen, Yaldad y Quellón.

ASISTENCIA TÉCNICA

El Programa de Fomento Productivo para la Industria de los Mitílidos ha priorizado, a través de la Mesa Público Privada, la necesidad de agrupar a los mitilicultores en áreas llamadas Agrupación de Concesiones de Mitílidos (ACM).

Se trata de un conjunto de concesiones que se encuentran dentro de un área apta para el ejercicio de la acuicultura, en un sector que presenta características de inocuidad epidemiológicas, oceanográficas, operativas y geográficas que justifican su manejo sanitario coordinado por grupo de especies hidrobiológicas.

Dentro de estas agrupaciones, existen un gran número de micro y pequeños productores, y de acuerdo a la normativa vigente, para exportar a la Comunidad Europea los choritos deben provenir de un área que esté en el Listado de Áreas de Extracción del Programa Sanitario de Moluscos Bivalvos de la Unión Europea (PSMB UE).

El programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PSMB) es un componente del sistema integral de vigilancia de sanidad para los productos pesqueros establecido por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. Este programa tiene como objetivo garantizar la calidad sanitaria de los moluscos bivalvos de exportación a través de la clasificación y monitoreo de las áreas de extracción respecto a la ocurrencia de floraciones de algas nocivas (FAN o marea roja) y de microorganismos que afecten la salud humana. (Sernapesca, 2014).

Es en este contexto que SERCOTEC, en articulación con SERNAPESCA, puso a disposición de las empresas de menor tamaño los recursos necesarios para brindar asistencia técnica a diferentes agrupaciones de mitilicultores dispuestos a trabajar en esta temática.

Una de las agrupaciones beneficiadas fueron los micro y pequeños empresarios de Hornopirén, comuna de Hualaihué (Palena), quienes recibieron asistencia técnica en materia PSMB con la finalidad de mejorar los procesos productivos actuales asociados a la certificación de las aguas con el objeto de agregar valor a sus productos.



Beneficiados proyectos colectivos SERCOTEC.



La comuna de Hualaihué cuenta con dos organizaciones; la Federación Pescadores Artesanales de Hualaihué y la Asociación de Mitilicultores de Hualaihué A.G. Esta última agrupa a 32 micro y pequeños empresarios mitilicultores que desarrollaron un trabajo conjunto con SERNAPESCA y SERCOTEC, tendiente a la generación de una Macro área PSMB en Hornopirén, la cual abarca la zona comprendida por el Canal Hornopirén, y los canales Cholgo y LLancahué, donde se realizó, por ejemplo, los estudios de línea de costa en 83 kilómetros, junto a correntometrías y batimetrías entre otros.

Otro ejemplo de esto es la comuna de Calbuco, fueron cerca de 72 micros y pequeños empresarios que se vieron beneficiados con una asistencia técnica grupal en el que se realizaron los estudios para líneas de costa que no existían y la confección de un reglamento interno para los mitilicultores creando también una macro área PSMB.

PROYECTOS COLECTIVOS

En cuanto a inversión para las empresas, el 2014 se realizó el primer concurso de proyectos colectivos para mitilicultores con 126 millones en subsidios y 22 pequeñas y medianas empresas que fueron beneficiadas en los territorios de Quellón, Queilen, Dalcahue, Quemchi, Hualaihué y Cochamó.

Uno de sus mayores objetivos es incorporar tecnología (cosechadoras, sembradoras y plataformas de trabajo) en un sector en el que la actividad productiva se realiza principalmente de forma manual.

Así como también busca responder a las necesidades de la industria, como por ejemplo la captación de semillas y cambio de flotadores.

A fines del 2015 se realizó un 2do llamado de este concurso donde 8 empresarios de Calbuco fueron beneficiados con 42 millones, los cuales aportaron a la mejora productiva de la zona. La articulación y coordinación público privada es un instrumento que permite ir apoyando el desarrollo del sector, de manera

inclusiva, incorporando a los distintos actores presentes en la cadena productiva y dinamizando, por ende, los sistemas económicos locales.

En este marco, el director regional de Sercotec, Marcelo Álvarez, señaló que el apoyo a las MIPES es una de las prioridades del Gobierno de la Presidenta Michelle Bachelet. “Es por eso que durante los últimos dos años, hemos beneficiado a empresas de los distintos territorios donde se desarrolla la actividad Mitilicultora, especialmente en captación de semillas y cultivos de engorda, las que han presentado proyectos colectivos que apuntan principalmente a acortar las brechas de mecanización y por ende a mejorar la productividad”.

“En esa misma línea, lanzamos un nuevo Programa denominado Capital Mejillón Chileno, por 800 millones de pesos que financia el Gobierno Regional de Los Lagos, que ayudará de manera individual a cerca de 120 empresarios de toda la cadena productiva, sumando empresas que se dedican al proceso, a la comercialización y los servicios de esta industria”.

BIBLIOGRAFIA

Yokota-Beuret, E. 2008. Problemáticas y desafíos de la producción de bivalvos de mediana y gran escala en Chile. Taller Técnico Regional de la FAO. 20-24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. No. 12. Roma, FAO. pp. 339-341.

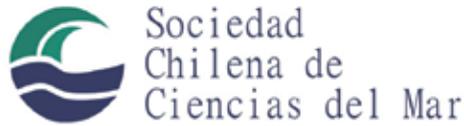
SERNAPESCA. Anuarios estadísticos de Pesca 1999; 2012 www.sernapesca.cl

SERCOTEC. 2014. Apoyo a la industria mitilicultora. Chile.

Valenzuela C. 2013. Estudio de las principales exportaciones de moluscos del Sector Acuícola y Pesquero, y la importancia de su Valor Agregado en Chile. Examen de grado para optar al título de Ingeniero en Acuicultura. Facultad de Ecología y recursos naturales. Universidad Andrés Bello. pp 28-35.

Aqua. 2016. Salmonicultura, alimentos para una nutrición inteligente. Chile. pp 63.

Sociedad Chilena de Ciencias del Mar: MÁS DE 55 AÑOS DE HISTORIA



Marcelo Campos Larraín, Margarita Pérez Valdes, Doris Oliva Ekelund, Sandra Ferrada Fuentes, Américo Montiel San Martín, Hellmuth Sievers Czischke.

Con profunda visión de lo que son las ciencias y tecnologías del mar, un grupo de 8 investigadores, entre ellos extranjeros y chilenos, liderado por el Dr. Patricio Sánchez Reyes de la Pontificia Universidad Católica de Chile, fundaron el 17 de diciembre de 1960 el Comité de Ciencias del Mar - Chile, con el objeto de promover esta área del conocimiento en nuestro país y de representar los intereses académicos de la respectiva comunidad científica.

La Personalidad Jurídica le fue otorgada al Comité de Ciencias del Mar - Chile por Decreto N° 4057, del 28 de septiembre de 1961, del Ministerio de Justicia. En sus primeros años cumplió importantes funciones, las que con el tiempo se fueron reduciendo por disminución de sus integrantes, algunos de los cuales regresaron a sus países de origen o cumplieron misiones en el extranjero.

Entre las actividades más relevantes realizadas en el período comprendido entre 1960 y 1980, se destacan: a) colaboración al antiguo Departamento de Pesca y Caza del Ministerio de Agricultura, en la elaboración de un proyecto para Naciones Unidas que sirvió como antecedente para la creación del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP); b) participación en la Comisión de Investigación de Recursos del Mar y Aguas Continentales del Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas; c) colaboración en la formulación del documento "Las Ciencias del Mar 1970-1980" que sirvió de base para elaborar el "Plan Nacional de Investigación Oceanográfica, Decenio 1970-1980", que fue presentado como documento oficial del Gobierno de Chile a la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO; d) participación en el "Grupo de Desarrollo en Ciencias del Mar" de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica

(CONICYT); y, e) coordinación de las operaciones del buque oceanográfico norteamericano "Hero" durante los cruceros en los canales y fiordos del sur de Chile y en la Antártica Chilena.

En marzo de 1980 el Prof. Nibaldo Bahamonde Navarro y los Drs. Patricio Sánchez Reyes y José Stuardo Barría, miembros del Directorio del Comité de Ciencias del Mar - Chile, que a esa fecha contaba con 61 socios, decidieron reactivar su quehacer y enviaron una circular a la comunidad científica en que se indicaba *"Las actividades de promoción de las ciencias del mar y de representación de nuestra comunidad científica no se ha efectuado a través del Comité en los últimos años. Sin embargo, consideramos que el Comité sigue siendo un instrumento válido para dichos fines, y que su existencia es particularmente necesaria en la actualidad, dada la proyección de la actividad académica en el desarrollo actual y futuro de las ciencias del mar en el país. Hemos comprobado que así piensan también muchos colegas que no han pertenecido al Comité y que reconocen que las actividades de acción del Comité se ven favorecidas por haberse logrado mantener vigente su personalidad jurídica. En consecuencia, los miembros del Directorio del Comité que estamos en Chile, y que suscriben esta comunicación, proponemos a la comunidad científica activar el Comité e invitamos Ud. a incorporarse como miembro activo de él. No dudamos que su proyección a nivel nacional e internacional puede ser comparable al de otras organizaciones similares existentes en diversos países del mundo."* (sic)

De esta manera, el sábado 30 de agosto de 1980, en el entonces Departamento de Oceanología de la Universidad de Chile (Montemar), se realizó una Junta de Socios cuyo objeto fue dar cuenta de la gestión del Directorio y que se designase a los



Figura 1:

Directorio de la SCHCM, período 2014 – 2016. De izquierda a derecha Marcelo Campos Larraín (Presidente), Doris Oliva Ekelund (Secretaria), Margarita Pérez Valdés (Vicepresidente), Américo Montiel San Martín (Director) y Sandra Ferrada Fuentes (Tesorera).

miembros de un nuevo Directorio. En la ocasión fueron elegidos: Prof. Dr. Oscar Miranda Brandt (Presidente), Prof. Hellmuth Sievers Czischke (Secretario), Dr. Patricio Bernal Ponce (Tesorero), Dr. Lisandro Chuecas Muñoz (Director) y Dr. Víctor A. Gallardo Gallardo (Director).

En la primera reunión del nuevo Directorio, efectuada en Montemar el 5 de septiembre de 1980, se procedió al estudio de los estatutos confirmándose que eran muy completos, adelantados a su época y plenamente vigentes. A su vez, para difundir los objetivos se nombraron corresponsales oficiales o socios delegados en las distintas regiones del país y se nombró como relacionador público al periodista y socio Eduardo Reyes Frías, quien durante varios años fue el editor del Boletín del Comité de las Ciencias del Mar - Chile. Asimismo, se acordó que el Comité debía ser eminentemente científico y por ningún motivo convertirse en una entidad de tipo gremial ni sociedad de ayuda mutua.

Para la segunda reunión, realizada el 10 de octubre de 1980, ya se habían recibido gran número de comunicaciones con sugerencias e ideas, demostración del interés que la reactivación del Comité de las Ciencias del Mar-Chile, había tenido en la comunidad científica.

No obstante todo lo anterior, uno de los temas más trascendentes tratado en dicha reunión fue la proposición del Secretario Prof. Sievers, en el sentido de programar "Jornadas en Ciencias Marinas", las que podrían realizarse anualmente en época de invierno, coincidente con las vacaciones de las Universidades y que la primera fuera en julio de 1981.

Tabla 1: Jornadas en Ciencias del Mar organizadas entre 1980 y 1996.

AÑO	EVENTO	INSTITUCIÓN ORGANIZADORA Y LUGAR
1981	I Jornada	Universidad de Valparaíso, Viña del Mar
1982	II Jornada	Universidad de Concepción, Concepción
1983	III Jornada	Universidad Austral de Chile, Valdivia
1984	IV Jornada	Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso
1985	V Jornada	Universidad Católica del Norte, Coquimbo
1986	VI Jornada	Instituto Profesional de Osorno, Osorno
1987	VII Jornada	Universidad de Concepción, Concepción
1988	VIII Jornada	P. Universidad Católica de Chile, Talcahuano
1989	IX Jornada	Universidad de Antofagasta, Antofagasta
1990	X Jornada	P. Universidad Católica de Chile, Santiago
1991	XI Jornada	Universidad de Valparaíso, Viña del Mar
1992	XII Jornada	Instituto de Fomento Pesquero, Santiago
1993	XIII Jornada	Universidad Católica de Valparaíso, Viña del Mar
1994	XIV Jornada	Universidad Austral de Chile, Valdivia
1995	XV Jornada	Universidad Católica del Norte, Coquimbo
1996	XVI Jornada	Universidad de Concepción, Concepción



Figura 2: Caratulas de Libros de Resúmenes de las Jornadas y Congresos de Ciencias del Mar (Foto gentileza Manuel Contreras López).

Tabla 2: Congresos en Ciencias del Mar organizados entre 1997 y 2016.

AÑO	EVENTO	INSTITUCION ORGANIZADORA Y LUGAR
1997	XVII Congreso	P. Universidad Católica de Chile, Santiago
1998	XVIII Congreso	Universidad Arturo Prat, Iquique
1999	XIX Congreso	Universidad de Antofagasta, Antofagasta
2000	XX Congreso	U. Católica de la Santísima Concepción, Concepción
2001	XXI Congreso	Universidad de Valparaíso, Viña del Mar
2002	XXII Congreso	Universidad Austral de Chile, Valdivia
2003	XXIII Congreso	Universidad de Magallanes, Punta Arenas
2004	XXIV Congreso	Universidad Católica del Norte, Coquimbo
2005	XXV Congreso	P. Universidad Católica de Valparaíso, Viña del Mar
2006	XXVI Congreso	Universidad Arturo Prat, Iquique
2007	XXVII Congreso	U. Católica de la Santísima Concepción, Concepción
2008	XXVIII Congreso	Universidad Nacional Andrés Bello, Santiago
2009	XXIX Congreso	Instituto de Investigaciones Pesqueras, Talcahuano
2010	XXX Congreso	U. Católica de la Santísima Concepción, Concepción
2011	XXXI Congreso	Universidad de Valparaíso, Viña del Mar
2012	XXXII Congreso	Universidad de Magallanes, Punta Arenas
2013	XXXIII Congreso	Universidad de Antofagasta, Antofagasta
2014	XXXIV Congreso	Universidad de Los Lagos, Osorno
2015	XXXV Congreso	Universidad Católica del Norte, Coquimbo
2016	XXXVI Congreso	Universidad de Concepción, Concepción

Para la tercera sesión del Directorio (28 de noviembre de 1980) ya se habían recibido dos ofertas para ser sede de las Primeras Jornadas de Ciencias del Mar. De ellas se aceptó, con agradecimientos, el ofrecimiento del Prof. Miguel Padilla Garrido, Director del Departamento de Oceanología de la Universidad de Chile en Montemar para las Jornadas de 1981. Asimismo se agradeció al Dr. Stuardo, su ofrecimiento para que se realizaran en el Departamento de Oceanología de la Universidad de Concepción, acordándose aceptar dicha sede para las Segundas Jornadas programadas para 1982.

Desde esa época, ininterrumpidamente de manera anual, delegando su responsabilidad a Comisiones Organizadoras de diversas

Universidades e Institutos de Investigación a lo largo del país, se han realizado 36 encuentros, que con el correr del tiempo han convertido al actual Congreso de Ciencias del Mar en el más importante evento de las Ciencias y Tecnologías del Mar en Chile y uno de los más trascendentes a nivel latinoamericano (Tablas 1 y 2).

Transcurrieron los años y ante el crecimiento del Comité de las Ciencias del Mar – Chile y sus exitosas actividades, considerando cambios normativos a nivel nacional, se acordó convertirlo en sociedad, creándose el 17 de enero de 1994 la Sociedad Chilena de Ciencias del Mar (SCHCM). Esta es una corporación de derecho privado, cuya Personalidad Jurídica le fue concedida por Decreto Supremo N° 1404, del 14 de octubre de 1994, del Ministerio de Justicia, publicado en el Diario Oficial del 10 de noviembre de 1994. Posee RUT N° 73.121-000-4 y cuenta corriente N° 2602815300 del Banco de Chile.

Los Directorios que han dirigido y administrado el quehacer de la Corporación, inicialmente como Comité de las Ciencias del Mar - Chile (15) y después como Sociedad Chilena de Ciencias del Mar (20), de acuerdo a la voluntad de las Juntas Generales Ordinarias de Asociados, siempre han estado conformados por 5 socios, quienes ocupan los cargos de Presidente, Vicepresidente, Secretario, Tesorero y Director (Tabla 3 y Figura 1).

De conformidad a sus estatutos, la SCHCM tiene los siguientes objetivos:

- Fomento y difusión de la investigación científica y tecnológica en el área de las Ciencias del Mar.
- Asesoramiento científico, docente y técnico de instituciones públicas y privadas, nacionales y extranjeras.
- Cualquier acción que tienda a la mejor comprensión, por parte de la comunidad de la importancia de las Ciencias del Mar para el desarrollo científico, económico, social y cultural de Chile.

De esta manera, la SCHCM tiene como Misión promover el desarrollo del conocimiento a través de la investigación científica y tecnológica, de la formación de nuevos investigadores, difusión del conocimiento y la observación del ambiente marino para el desarrollo científico, social y cultural de Chile. A su vez, la Visión es ser reconocida como una institución relevante y referente válido en todas aquellas actividades relacionadas con el ambi

Tabla 3: Directorio SCHCM Período 2014-2016.

Nombre	Cargo	Correo electrónico
Marcelo Campos Larraín	Presidente	mcl@acuasesorias.cl
Margarita Pérez Valdes	Vicepresidente	macepe@ulagos.cl
Doris Oliva Ekelund	Secretaria	doris.oliva@uv.cl
Sandra Ferrada Fuentes	Tesorera	sferrada@udec.cl
Américo Montiel San Martín	Director	americo.montiel@umag.cl

to marino, con la definición del conocimiento, con la formación profesional y en la relación con los entes claves del estado para la toma de decisiones tendientes a mejorar permanentemente la calidad económica, social y cultural de Chile.

Para el cumplimiento de estos principios, la SCHCM mantiene las páginas www.schcm.cl y una cuenta en Facebook. A su vez, se ha implementado un sistema de información a los socios a través del envío por correo electrónico de cartas circulares. También se patrocinan y auspician eventos organizados por socios, se difunden eventos y vacantes de trabajo y estudios, se organizan coloquios regionales y se premian los mejores poster presentados en los Congresos de Ciencias del Mar por estudiantes de pre y post grado. Además, se ha contribuido a estimular la publicación rápida de los trabajos presentados por alumnos en los Congresos, mediante la entrega de un estipendio que contribuye a costear los costos de ésta.

Los numerosos Coloquios, Simposios, Conferencias, Talleres y Mesas Redondas que han tenido lugar durante estos años, al igual que los Congresos de Ciencias del Mar, han sido trascendentes foros para la discusión de los problemas y temas contingentes en Ciencias del Mar en Chile. Además, han contribuido a difundir el quehacer en Ciencias del Mar entre los estudiantes universitarios, las autoridades y público en general. Tanto las Jornadas como los Congresos desde su origen han ejercido un especial atractivo en los estudiantes universitarios de áreas afines a las Ciencias del Mar, privilegiándolas con una masiva asistencia. Por lo tanto, estos eventos han ofrecido a varias generaciones de jóvenes estudiantes universitarios, un testimonio de cómo se genera el conocimiento en Ciencias Marinas, contribuyendo por

este medio a educar y formar nuevos profesionales que posteriormente han centrado su interés en la investigación científica del “Mar de Chile”.

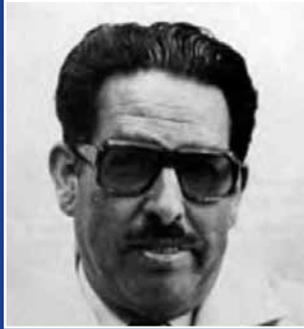
Cada Jornada y Congreso ha dado origen a un Libro de Resúmenes, todos los cuales -gracias a un trabajo realizado por el socio Manuel Contreras López- se encuentran disponibles para su consulta en las páginas www.schcm.cl (Figura 2).

En la actualidad, la SCHCM realiza sus actividades bajo el alero de la Academia Chilena de Ciencias. Además está adscrita al Consejo de Sociedades Científicas de Chile y es miembro permanente del Comité Oceanográfico Nacional (CONA). De conformidad al artículo 94 de la Ley General de Pesca y Acuicultura tiene un representante titular y un suplente que integran el Consejo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (FIPA – SUBPESCA) y conforme a la Ley N° 20.500, sobre asociaciones y participación ciudadana en la gestión pública, tiene un representante en el Consejo de la Sociedad Civil del Instituto Antártico Chileno (CO-SOC – INACH). Recientemente, se está trabajando en la conformación del Grupo de Trabajo “Acuicultura” en el CONA.

Con el propósito de reconocer a un(a) socio(a) que haya tenido una clara y destacada participación en las actividades de la Sociedad, en su misión de fomentar y promover el desarrollo de las Ciencias del Mar en Chile, desde 2010 se entrega anualmente, durante la Ceremonia de Inauguración del Congreso de Ciencias del Mar, el Premio “*Honor in Scientia Marina*”. Este Premio que constituye el máximo reconocimiento otorgado a la trayectoria profesional de los miembros de la SCHCM, ha sido concedido a Germán Pequeño Reyes (2010), Vivian Montecino Banderet



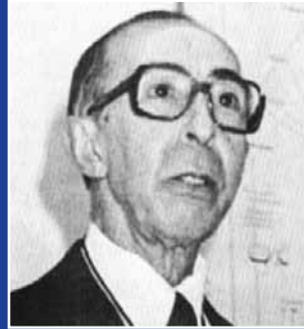
Figura 3: Socios a quienes se les ha otorgado el Premio “*Honor in Scientia Marina*” 2010 a 2015.



Nivaldo Bahamonde Navarro
1983



José Stuardo Barría
1984



Héctor Etcheverry Daza
1987



Juan Carlos Castilla Zenobi
2003



María Teresa López Boegeholz
2006



Hellmuth Sievers Czischke
2006

Figura 4: Socios homenajeados por Comité de las Ciencias del Mar – Chile y Sociedad Chilena de Ciencias del Mar, con anterioridad al año 2010.

(2011), Anelio Aguayo Lobos (2012), Carlos Moreno Meier (2013), Víctor Ariel Gallardo Gallardo (2014) y Patricio Arana Espina (2015) (Figura 3).

Con anterioridad a la institucionalización de este Premio, en las épocas del Comité de las Ciencias del Mar – Chile, fueron homenajeados por su importante aporte a las Ciencias del Mar, los socios Nivaldo Bahamonde Navarro (1983), José Stuardo Barría (1984) y Héctor Etcheverry Daza (1987). Posteriormente, ya constituida la SCHCM, lo fueron los socios Juan Carlos Castilla Zenobi (2003), María Teresa López Boegeholz y Hellmuth Sievers Czischke (ambos en 2006) (Figura 4).

La gran mayoría de los socios de la SCHCM, que corresponden a profesionales nacionales y extranjeros de las más diversas áreas y disciplinas relacionadas con las ciencias y tecnologías del mar, desarrollan sus actividades de investigación, docencia y/o difusión en centros de investigación, casas de estudios, sector público o empresas, por lo que su quehacer no solo contribuye al desarrollo científico y/o tecnológico de nuestro país, sino también de manera directa a mejorar la calidad de la formación de pre y post grado en Ciencias y Tecnologías del Mar.

Los socios se clasifican en:

Socios Activos:

Personas naturales que, previa solicitud de ingreso, sean admitidas por el Directorio, paguen su cuota de incorporación y se obliguen a pagar las cuotas ordinarias y extraordinarias que fije la Asamblea de Socios.

Socios Honorarios:

Aquellas personas naturales o jurídicas, que en atención a merecimientos o servicios distinguidos prestados a la Corporación o a la investigación en Ciencias del Mar, se hagan acreedores a esta distinción por decisión de la Asamblea Ordinaria de Socios.

Socios Especiales:

Aquellas personas naturales o jurídicas, agrupaciones o instituciones que se interesen por las Ciencias del Mar y que en virtud de haber prestado servicios destacados a la Corporación sean designados como tales por el Directorio.

Socios Pasivos:

Aquellos socios que, siendo originalmente activos, perdieron tal calidad.

Socios Eméritos:

(propuesta para modificación estatutos).

Las modalidades de ingreso a la SCHCM pueden efectuar a través de uno de los siguientes mecanismos:

- Mediante publicación donde el postulante sea el autor principal; excepcionalmente también podrá aceptarse que sea coautor en tres publicaciones.
- Mediante presentación oral de un trabajo en el Congreso de Ciencias del Mar.
- Mediante sometimiento por parte del Directorio de los antecedentes curriculares del postulante.

El formulario de postulación a la SCHCM, como asimismo sus estatutos y reglamentos, se encuentran disponibles en la página www.schcm.cl

Avances en el estudio oceanográfico del Golfo de Arauco



Universidad de Concepción
CHILE

Marcus Sobarzo^{1,2}, Fabián Tapia^{1,2,3} y Gonzalo Saldías⁴.

¹ Dpto. Oceanografía. Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas. Universidad de Concepción.

² Interdisciplinary Center for Aquaculture Research (INCAR), Universidad de Concepción.

³ Programa COPAS Sur-Austral, Universidad de Concepción

⁴ College of Earth, Ocean, and Atmospheric Sciences, Oregon State University. USA.

Basta mirar un mapa de la costa chilena para observar que el golfo de Arauco (GA) representa el sector costero semicerrado más extenso del país entre Arica y el canal de Chacao. Su superficie de casi 2000 km² podría contener dos ciudades de Santiago completas, con dimensiones de 50 km desde Arauco hasta punta Cullinto y de 40 km desde bahía Coronel hasta punta Lavapié (Fig.1). Otras puntas prominentes de la costa de Chile, tales como Lengua de Vaca, Curaumilla o Mejillones, no superan los 25 km en dirección Este-Oeste.

Desde un punto de vista oceanográfico, en este golfo confluyen una serie de factores físicos y topográficos que lo convierten en un lugar único en el mundo. En este contexto, en esta breve revisión presentamos avances científicos en materia de circulación e hidrografía costera, tópicos que pueden llegar a ser determinantes en los planes de uso y desarrollo de su borde costero.

1. La influencia del río Biobío

Al noreste del GA se localiza la desembocadura del río Biobío

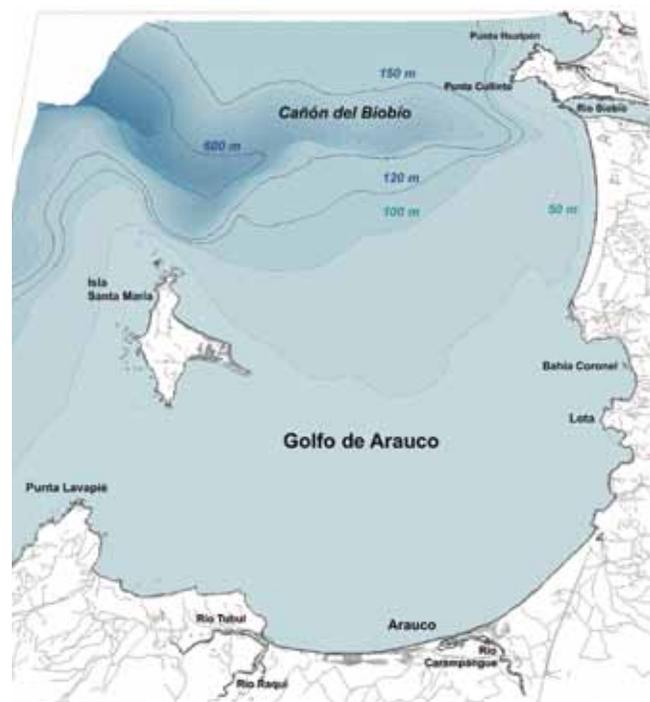


Figura 1. El golfo de Arauco y su límite norte constituido por el prominente cañón submarino del Biobío (Gentileza del señor Aldo Hernández. Programa de Doctorado en Manejo de Recursos Acuáticos Renovables. Universidad de Concepción).

cuyos caudales medios mensuales oscilan entre 300 y 2000 m³/s, entre verano e invierno, respectivamente (Sobarzo et al., 1993). Este río, junto con los aportes de los ríos Tubul, Raquí y Carampangue, localizados en la cabecera del golfo constituyen las principales entradas de agua dulce a este sector costero. Los cambios estacionales en la radiación solar, viento y caudales de ríos modifican fuertemente las condiciones hidrográficas del GA entre verano e invierno.

En invierno la capa superficial se diluye debido al aumento de caudales y precipitaciones, aumentando la estratificación de la columna de agua y generando plumas de aguas livianas y de alta turbidez que flotan sobre el océano más denso (Fig. 2). Por otra parte, la intensificación del viento invernal aumenta la mezcla vertical y la turbulencia incrementando la dispersión de las plumas de ríos. La combinación de estos dos factores (vientos y ríos), por tanto, determinarán las condiciones de estratificación y mezcla en distintos lugares del golfo durante el invierno.



Figura 2. Imagen satelital (rango visible) mostrando plumas de ríos en Chile central. En la parte inferior se observan las plumas de los ríos Biobío y Carampangue (16 de Agosto de 2008).

Durante esta época del año predomina el Agua Subantártica, caracterizada por aguas bien oxigenadas y con bajas concentraciones de nutrientes (nitrato y fosfato).

Durante el verano, la disminución del aporte de agua dulce restringe las plumas de ríos a sectores costeros próximos a desembocaduras de ríos y esteros. Además, se incrementa la influencia en la costa de aguas subsuperficiales de origen ecuatorial, pobres en oxígeno, ricas en nutrientes y alta salinidad. En esta época del año las condiciones de mezcla y estratificación del GA dependen de la intensidad del viento y de la radiación solar entrante los cuales tenderán a mezclar y estratificar, la columna de agua, respectivamente.

2. La influencia del viento

Los cambios en la dirección e intensidad del viento a escalas diaria, sinóptica (3 a 15 días) y estacional determinan las condiciones de mezcla y transporte de aguas en la costa. Contrario a lo que se podría pensar, en profundidades mayores a 20-40 m y a más de 5-10 km de la costa, aproximadamente, el viento paralelo a la costa tiende a generar corrientes transversales a ésta. Dependiendo de la dirección e intensidad del viento, las aguas superficiales (hasta unos 20 m, aproximadamente) pueden desplazarse hacia la costa (convergencia) o trasladarse costa afuera (divergencia) dependiendo del balance dinámico que se establece entre el viento y la rotación de la Tierra (denominado balance de Ekman en honor a un oceanógrafo sueco de comienzos del siglo pasado). Por continuidad de volumen, estos desplazamientos horizontales de agua superficial inducen ascensos o descensos de aguas en la zona costera. Durante primavera-verano la intensificación del viento desde el suroeste, llamado comúnmente "surazo", induce divergencia de aguas superficiales desde la costa favoreciendo el ascenso de aguas subsuperficiales, fenómeno conocido como surgencia costera. Esto resulta en el arribo a la superficie de aguas frías (Fig. 3 izquierda), que además son pobres en oxígeno disuelto y ricas en nutrientes. Cuando el viento favorable a surgencia se relaja y, especialmente cuando cambia a viento desde el norte, se produce el arribo a la costa de aguas cálidas (Fig. 3 derecha), con mayor contenido de oxígeno disuelto y menor concentración de nutrientes. Por otra parte, hacia los lugares más someros del GA y especialmente en el borde costero o plataforma interior (primeros 5-10 km desde la costa, aproximadamente), las corrientes marinas tienden a seguir la dirección del viento, especialmente en superficie.

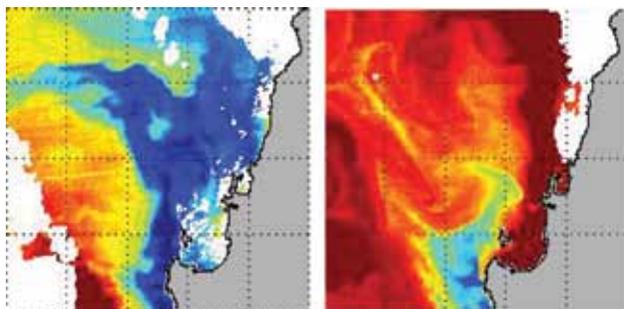


Figura 3. Imágenes satelitales de temperatura superficial del mar en °C (TSM). Izquierda: 7 de Enero de 2008. Derecha: 2 de Febrero de 2008.

Además, debido a que el GA está más protegido del viento desde el sur, el fenómeno de surgencia costera ocurre con mayor intensidad al oeste de la isla Santa María y de punta Lavapié (Figura 3 izquierda). En cambio, como el GA está expuesto directamente al viento norte, la convergencia costera afecta directamente sus costas con el arribo de aguas cálidas hacia su interior (Fig. 3 derecha).

De este modo, cambios sinópticos en el régimen de vientos pueden hacer variar la temperatura superficial del mar al interior del GA desde 12°C a 18°C, aproximadamente, en breves períodos de tiempo (3 a 15 días) y entre lugares muy cercanos. Fluctuaciones estacionales de la temperatura superficial del mar han mostrado diferencias cercanas a 5.5°C (Sobarzo et al., 1993). En el caso de fluctuaciones diurnas de la estructura térmica de la columna de agua asociados al ciclo diario del viento (brisa Tierra-Mar, Urrutia et al., 1996) son menos documentados.

3. La influencia del cañón submarino del Biobío

Sin lugar a dudas el cañón submarino del Biobío es lo más desconocido del GA en términos de su rol oceanográfico. Nuevas investigaciones, sin embargo, han permitido esclarecer su rol notable en la dinámica costera local (Sobarzo et al., enviado). Hasta ahora se pensaba que la surgencia costera en esta región sólo podía ocurrir debido a la acción del viento, aunque Figueroa y Moffat (2000) mostraron cómo las puntas prominentes de la costa de Chile pueden intensificar este fenómeno. Aunque en un estudio anterior Sobarzo et al., 2001 habían señalado que alteraciones en el balance geostrófico (relación entre el gradiente de presión horizontal en la columna de agua y la rotación de la Tierra) del flujo que pasa sobre este cañón podría causar enfriamientos subsuperficiales el mecanismo no había sido claramente dilucidado ni observado. Por tanto, es a partir de la última investigación iniciada el año 2013 con recursos del proyecto FONDECYT No. 1130648 que se logra demostrar que, bajo determinadas circunstancias, el cañón submarino del Biobío puede inducir surgencia topográfica de aguas profundas hacia el sector costero del GA.

En dos épocas del año (Noviembre-Diciembre 2013 y Agosto-October 2014) se instalaron perfiladores acústicos de corrientes (ADCP) en el eje del cañón submarino del Biobío en profundidades cercanas a los 150 m y hacia el sector de la cabecera. Junto a estos ADCPs y en ambas oportunidades se instaló, además, una cadena termistores con sensores de temperatura a diferentes profundidades. Con esto se logró caracterizar enfriamientos subsuperficiales forzados por el paso de ondas que se desplazan junto a la costa en dirección al sur (conocidas como ondas "atrapadas a la costa"), las cuales al pasar por sobre el cañón del Biobío generan ascensos de aguas frías, pobres en oxígeno y ricas en nutrientes desde profundidades del cañón cercanas a 200-300 m hacia el sector costero (Fig. 4, inferior). Estos ascensos se pudieron verificar a partir del desplazamiento vertical de las isotermas de 10°C y 10.5°C las cuales subieron a profundidades de 29 a 137 m. Durante los dos períodos de estudios (69 días en total) se registraron 9 eventos de enfria

miento subsuperficial en la cabecera del cañón, con duraciones que fluctuaron entre 20 y 109 horas (0.8 a 4.5 días). En promedio esto significó un enfriamiento por semana, aproximadamente. Tres características fueron comunes a estos eventos de enfriamiento: i) No se relacionaron directamente con la intensificación de vientos locales favorables a surgencia costera; ii) con la excepción del primer evento, el resto de los enfriamientos estuvieron asociados con corrientes superficiales hacia el norte por sobre el cañón; y iii) los eventos ocurrieron con niveles del mar bajo el promedio en la costa (con la excepción del evento 1).

Al graficar las variaciones en el nivel del mar desde Caldera hasta Lebu, se pudo constatar que el enfriamiento subsuperficial ocurrido entre el 14 y 16 de Noviembre de 2013 obedeció al paso de una onda atrapada a la costa, que se propagó desde el norte con una velocidad de fase igual a 200 km/día (Fig. 4, paneles superiores). Luego de remover el efecto de las mareas desde los registros de corrientes y temperatura, observamos que los flujos Norte-Sur en 30 m de profundidad explicaron cerca del 65% de las fluctuaciones en la temperatura a 150 m de profundidad, con un desfase de 15 – 20 horas. Este resultado fue consistente con la teoría que los gradientes de presión transversales a la costa controlan la intensidad de la surgencia inducida por el cañón submarino. Este mecanismo físico fue originalmente descrito por

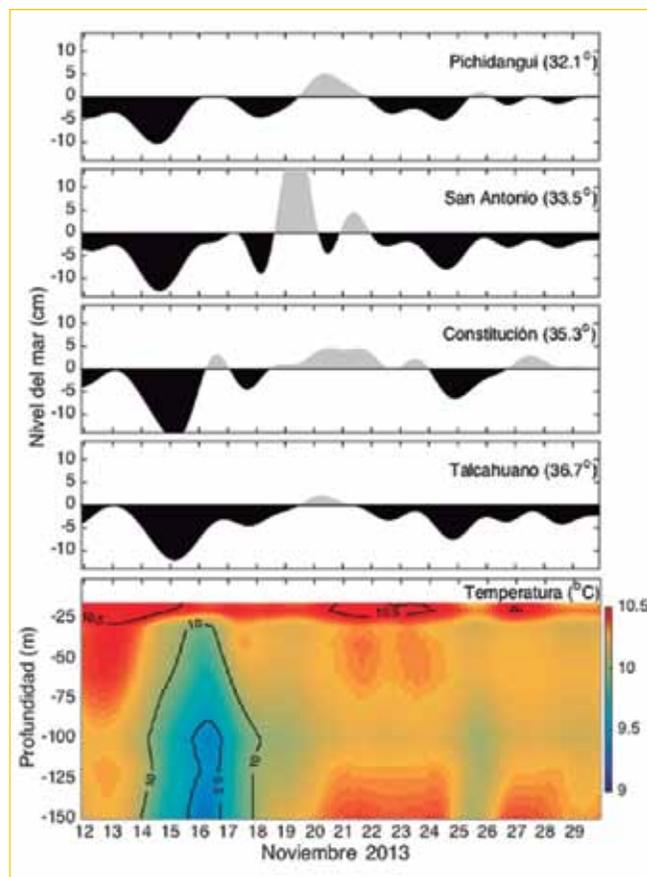


Figura 4. Evolución temporal del nivel del mar (paneles superiores) y la temperatura de la columna de agua entre 20 y 150 m de profundidad medida en la cabecera del cañón del Biobío (panel inferior): 12 al 29 de Noviembre de 2013. Nivel del mar en centímetros y la temperatura en grados Celcius.

Freeland and Denman (1982) y señala que, básicamente, las corrientes a lo largo de la costa en un cañón submarino que se ubica transversal a ésta tienden a cero en el interior del cañón. Esto genera un desequilibrio en el balance que gobierna la circulación a lo largo de la costa induciendo un flujo hacia la costa a lo largo del eje del cañón.

Considerando que estos pulsos de agua fría sobrepasan los bordes del cañón (ubicado aproximadamente a 150 m de profundidad) es muy probable que, después de su ascenso, estas aguas profundas ricas en nutrientes y pobres en oxígeno se distribuyan por el GA y/o plataforma al norte del cañón, dependiendo del viento y de las corrientes superficiales imperantes.

La notable frecuencia promedio cercana a 1 evento por semana de estos enfriamientos implica que, independientemente del régimen de viento local, el paso de ondas atrapadas a la costa por encima del cañón del Biobío constituye un eficiente mecanismo físico para bombear aguas ricas en nutrientes y pobres en oxígeno hacia la costa. A diferencia de la surgencia, que tiende a prevalecer durante primavera-verano, este proceso ocurriría durante todo el año. Se requerirán de nuevos estudios para evaluar el destino e impacto ecológico de estas aguas profundas en su ingreso al GA. Finalmente, se debe indicar que, por sus características y aparente periodicidad, este mecanismo físico podría estar interactuando con la surgencia costera tradicional forzada por el viento para explicar, en parte, las varaciones de organismos marinos registradas en el borde costero del golfo de Arauco y zonas costeras adyacentes a través de un mecanismo todavía no claramente dilucidado.

Bibliografía.

Figueroa, D. & C. Moffat. 2000. On the influence of topography in the induction of coastal upwelling along the Chilean coast. *Geophysical Research Letters*. 27. 3905-3908.

Freeland, H. J. & K.L. Denman. 1982. A topographically controlled upwelling center off southern Vancouver Island, *J. Mar. Res.*, 40, 1069–1093, 1982.

Sobarzo, M., E. Sansone, A. de Maio, D. Arcos, M. Salamanca & J. Henríquez. 1993. Variabilidad espacio temporal de la estructura hidrográfica de las aguas del golfo de Arauco. *Monografías científicas Vol. 4. Oceanografía física del golfo de Arauco*. Eds. F. Faranda y O. Parra. 60 páginas más figuras. Santiago de Chile.

Sobarzo, M., G. Saldías, F. Tapia, L. Bravo, C. Moffat & J. Largier. "On subsurface cooling associated with the Biobío River Canyon (Chile)". Manuscrito enviado a la revista *Journal of Geophysical Research*.

Sobarzo, M., D. Figueroa, & L. Djurfeldt (2001). Upwelling of subsurface water into the rim of the Biobío submarine canyon as a response to surface winds, *Continental Shelf Research*. 21, 279–299.

Urrutia, A., M. Contreras, M. Herrera & D. Arcos. 1995. La brisa marina en el golfo de Arauco, Chile. *Ciencia y Tecnología del Mar* 19.19-35.

Agradecimientos

Investigación financiada por el proyecto Fondecyt No. 1130648 (CONICYT). Además, MS y FT fueron financiados por el Centro INCAR.

CENTRO DE MICROSCOPIA AVANZADA: Apoyando la investigación en acuicultura a través de microscopía láser de última generación



Universidad de Concepción
CHILE



Director Científico: Dr. Francisco Nualart.

Equipo Profesional: Sr. Germán Osorio, Srta. Joanna Tereszczuk, Sr. Gustavo Cerda.

Asesores Científicos: Dra. Rosario Castillo, Dra. Katherine Salazar, Dr. Fernando Martínez.

fnualart@udec.cl, contacto@cmabiobio.cl

El Centro de Microscopía Avanzada en la Región del Bío-Bío (CMA Bío-Bío), ubicado en la Universidad de Concepción, contribuye a la investigación, desarrollo e innovación del país a través de la oferta de servicios y la transferencia de conocimientos científicos y tecnología de frontera. Este centro de vanguardia cuenta con tecnología de última generación en microscopía confocal láser, que permite crear imágenes con alta resolución espacial y temporal, y en la acuicultura ha sido ampliamente utilizada en la detección de patógenos (Ørpetveit et al. 2010, Lindell et al. 2012), inmunología (Svingerud et al. 2012) y estudios de biofilms entre otros (Ali et al. 2013, Pantanella et al. 2013, Nithya et al. 2010). En los últimos años nuevas tecnologías se han sumado a la investigación en acuicultura como es microscopía de microdissección láser, FT-IR de microimágenes y citometría de flujo, todas disponibles en el CMA Bío-Bío.

Los grandes desafíos productivos de la industria acuícola en Chile requieren investigación aplicada constante por medio de alianzas estratégicas con centros de investigación. En ese contexto CMA Bío-Bío está capacitado para apoyar la investigación en acuicultura a través de sus profesionales y equipamiento de alto nivel (Revista Versión Diferente Año 10 No 19, 2013).

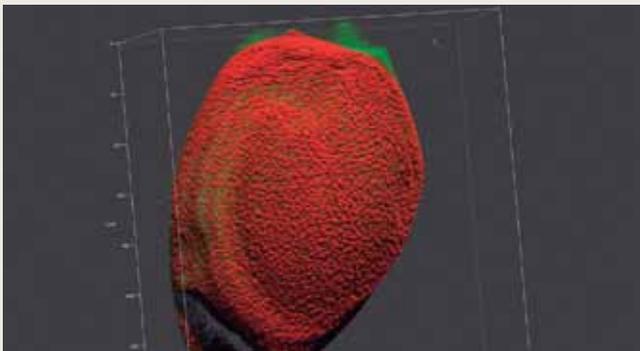


Figura 1: Reconstrucción 3D de un huevo de sardina. Observación de señal autofluorescente (verde) y marcador nuclear DAPI (rojo). Imagen de 283 micras de profundidad obtenida en microscopio confocal LSM780 con objetivo 20x.

SERVICIOS

Asesoría y Asistencia Técnica

El CMA Bío-Bío cuenta con profesionales de alto nivel para brindar asistencia técnica y asesoría científica personalizada desde el procesamiento de la muestra en estudio hasta su análisis en cualquiera de los equipos del Centro.

MICROSCOPIA CONFOCAL

El centro cuenta con servicio de microscopía confocal que permite observar muestras previamente teñidas con algún colorante fluorescente o bien muestras que en forma innata fluorescen como tejidos vegetales. Para ello se cuenta con los microscopios LSM700 y LSM780 marca Zeiss, los que a través de un sistema de escaneo láser permiten construir punto por punto una imagen digital bien definida, eliminando la fluorescencia fuera de foco, lo que resulta en un aumento en la detección, contraste y resolución. El microscopio LSM780 posee un sistema de detección espectral que puede discriminar espectros fluorescentes no importando cuan traslapados estén y contiene además un láser infra-rojo que le permite generar imágenes profundas tridimensionales de tejidos y estructuras de hasta 0.5 mm de grosor. Las aplicaciones de estos equipos en biología marina son diversas, como por ejemplo

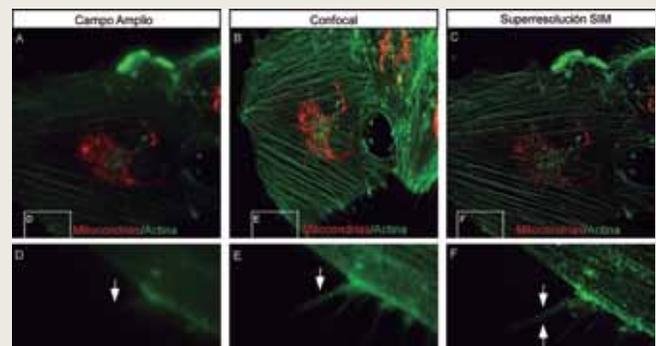


Figura 2: Imágenes de fibroblastos de rata tomadas por tres técnicas de microscopía fluorescente.

en la observación del contenido de lípidos en células de microalgas de interés comercial (Yang et al. 2013; Yoo G et al. 2014) y en acuicultura en el estudio de la patogénesis causada por el virus ISA Salmón Atlántico (Aamelfot et al. 2012). Los tipos de muestras pueden ir desde cultivos celulares, cortes de tejidos, embriones y ovas entre otros. En la figura 1 se ve una reconstrucción 3D de un huevo de sardina.

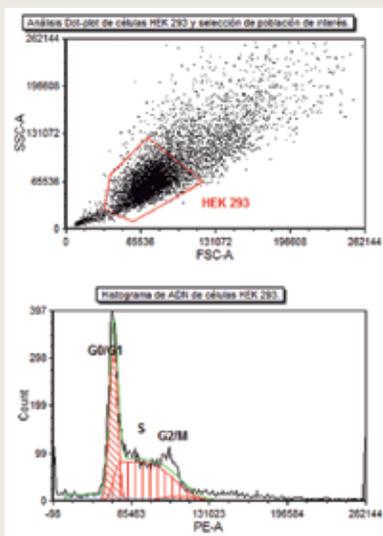


Figura 3: Análisis de ciclo celular por citometría en células HEK293.

MICROSCOPIA DE SÚPER-RESOLUCIÓN

Servicio dado por el equipo Elyra-SIM marca Zeiss que permite separar ópticamente moléculas y estructuras celulares con una resolución el doble comparado con el microscopio confocal convencional (hasta 100 nm). La capacidad de este equipo se puede observar en la figura 2 en donde se compara imágenes en campo claro, confocal y súper-resolución de fibroblastos en cultivo. Se destaca desde estas imágenes que sólo por súper resolución se logra la separación óptica de dos fibras de actina.

MICRODISECCIÓN LÁSER

A través del equipo LMD7000 de Leica y su potente láser UV se pueden extraer áreas microscópicas de una muestra para su posterior análisis molecular (ARN, ADN y proteínas). Las muestras pueden ser normales y/o patológicas (animal, vegetal) ya preparadas (fijadas, cortadas y/o teñidas). Un ejemplo gráfico simple de operación de este equipo se muestra en la figura 4, un corte de cerebro de rata fijado en formalina y embebido en parafina (FFPE) antes (Fig. 4 A) y después (Fig. 4 B) de la microdissección donde el área cortada desaparece, pero se recupera en microtubos (no mostrado) para su posterior análisis molecular. Un ejemplo de aplicación en biología marina es en patología marina para la identificación de parásitos (Small et al. 2008).

Figura 4: Cerebro de rata (giro dentado) antes y después de microdissección.



CITOMETRÍA DE FLUJO

El centro cuenta con un equipo Citómetro de Flujo con CellSorter BD FACSAria III. Este equipo permite el análisis y caracterización de partículas y/o células y sus subpoblaciones, teniendo la capacidad de detectar hasta 8 colores y 2 parámetros (tamaño y complejidad). Este equipo es muy utilizado en estudios de medición del contenido de ADN de células y ciclo celular (figura 3). En la industria de acuícola es común inducir triploidía una característica que puede medirse a través de citometría de flujo para determinar la tasa de éxito de los protocolos empleados (Juchno et al. 2010). Además este equipo en su modo Cell-Sorting permite separación simultánea de hasta 4 poblaciones celulares o de partículas con un rango de tamaño de 0.2 a 50 micras.

MICROSCOPIA DE FT-IR

Utilizando luz infra-roja y transformación de Fourier, genera análisis espectrales de muestras tan pequeñas como 10 micras, y es ideal para ser aplicado en el área farmacéutica, forestal, forense, biomédica y biomateriales. El equipo permite la detección de patógenos, hormonas, metabolitos e impurezas entre otros. Las muestras requieren un mínimo procesamiento antes del análisis. Microscopía FT-IR ha sido utilizada para estudiar las características de filetes de Salmón en cuanto al contenido y estructura de sus proteínas, y contenido de sal (Böcker et al. 2008). Representa un mapa de absorbancia específico para proteínas en un corte de riñón de rata, en donde la escala de la derecha indica que a mayor intensidad del color rojo mayor concentración de proteínas.

PROCESAMIENTO DE MUESTRAS

Con el fin de facilitar el trabajo de los usuarios el centro cuenta con un vibrátomo y un criostato, dos equipos específicos para el corte de muestras gruesas o congeladas respectivamente.

CAPACITACIÓN

El Centro continuamente está realizando cursos básicos y especializados en las diferentes tecnologías con las que cuenta. Estos cursos pueden ser abiertos o bien cerrados a grupos que así lo soliciten.

Figura 5: Corte de riñón observado en modo ATR de FT-IR. Intensidad de colores representa absorbancia típica de proteínas.

POLYASTAX:

Mejoramiento genético vía poliploidización artificial de la microalga *Haematococcus pluvialis* para aumentar la productividad de Astaxantina



Regis Le-Feuvre, Cristian Agurto, Sergio San Martin, Andrés Agurto, Chris Landaur, Jorge Farias, Álvaro Valdebenito y Nicolás Troncoso
Grupo Interdisciplinario de Biotecnología Marina GIBMAR, Centro de Biotecnología, Universidad de Concepción.
Contacto: rlefeuvre@udec.cl

El mercado mundial de los compuestos antioxidantes naturales

Un antioxidante es aquella sustancia que presenta bajas concentraciones respecto de un sustrato oxidable (biomolécula) que retarda o previene su oxidación. En otras palabras es una sustancia que tiene la capacidad de inhibir la oxidación causada por los radicales libres, actuando algunos a nivel intracelular y otros en la membrana de las células, siempre en conjunto para proteger a los diferentes órganos y sistemas.

El creciente interés de la población por la ingesta de aditivos de origen natural ha provocado un aumento en la demanda por antioxidantes naturales (Ibáñez et al., 2003). Según el "Global Market Antioxidants: Trends & Opportunities 2013 – 2018", a nivel mundial, se espera que la demanda de antioxidantes aumente a un ritmo acelerado en los próximos años. El mercado de los antioxidantes a nivel mundial ha tenido ventas por sobre los US\$34 billones, debido principalmente a un aumento en la percepción del consumidor de una vida más saludable (Joysa, 2012).

Dentro de una gran familia de compuestos naturales con capacidades antioxidantes, los carotenoides constituyen un grupo destacado de moléculas con gran capacidad antioxidante, constituyendo poderosos agentes de protección en contra del daño producido por radicales libres.

Astaxantina, poderoso antioxidante con varias aplicaciones industriales

De los cientos de moléculas con capacidades antioxidantes, solo unos cuantos carotenoides poseen importantes efectos benéficos, siendo una molécula muy destacada la astaxantina, pigmento de gran presencia en ambientes acuáticos, donde contribuye a la coloración de muchos crustáceos y a la coloración de la carne de salmónidos, lo que la convierte en un compuesto muy importante dentro de la **industria acuícola**, puesto que estos animales no son capaces de producirla y debe ser proporcionado como suplemento en la alimentación.

En cuanto a su capacidad antioxidante, la astaxantina es 100 veces más poderosa que la vitamina E (a-tocoferol), siendo su capacidad de absorción de radicales libres (Oxygen Radical Absorbance Capacity, índice ORAC) la más alta dentro de los carotenoides (Nguyen, 2013), lo cual ha despertado gran interés para su uso como **suplemento en alimentación humana**, al respecto existen estudios que indicarían potenciales efectos antitumorales, para la prevención de enfermedades cardíacas, arterioesclerosis, actividad inmunoprotectora, y de protección contra radiación UV en la piel, entre otras. Estas sobresalientes cualidades hacen que la astaxantina sea considerada como el "rey de los carotenoides", con un renovado interés para el consumo humano (Nguyen, 2013).

Esta gran variedad de efectos benéficos ha permitido el ingreso de la astaxantina al mercado de productos nutracéuticos, con una enorme variedad de productos con propiedades antioxidantes que se comercializan en tiendas de alimentos naturales (McCoy, 1999).

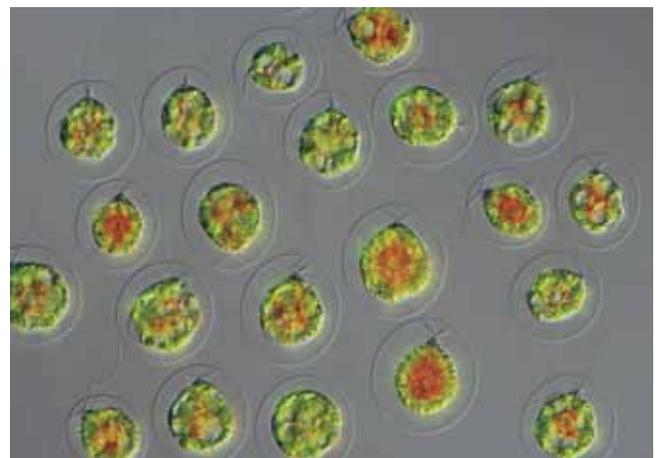


Figura 1. *H. pluvialis* móviles juveniles visualizados con microscopía óptica de contraste de fases (Neidl, 2012), células que serán sometidas al proceso de poliploidización para hacerlas más productivas.

Producción industrial y el problema de los compuestos sintéticos

Debido a la necesidad por disponer de grandes cantidades del pigmento para la industria acuícola, desde 1990 la empresa Roche (actual DSM) produce astaxantina sintética, cubriendo la mayor parte del mercado, estimado en 150 a 200 millones de dólares (Higuera-Ciapara et al., 2006), sin embargo la astaxantina sintética no está libre de problemas, ya que, se compone de una mezcla en la cual no todos los componentes poseen la actividad biológica deseada. Adicionalmente su estabilidad y absorción son bajas en comparación a la natural (Capelli et al., 2013).

La producción de astaxantina de origen sintético es utilizada estrictamente para consumo animal, solo en su forma natural es destinada para consumo humano (Capelli et al., 2013), un mercado que tradicionalmente prefiere los productos de procesos biológicos o biotecnológicos a los de síntesis química. Sin embargo, la astaxantina natural representa solo un 10% de la producción actual.

Los cultivos existentes actualmente no satisfacen la demanda mundial de astaxantina natural, considerando que las condiciones actuales de cultivo presentan bajas productividades (Lorenz & Cysewski, 2000), y requieren para su implementación grandes extensiones de terrenos y elevados costos de producción (Nguyen, 2013).

En base a los antecedentes anteriores, es clara la necesidad de fuentes naturales de astaxantina, que además posean una mayor productividad para cubrir el creciente mercado de agentes colorantes de uso animal, y antioxidantes para cosmética y nutracéutica humana.

Fuentes naturales de astaxantina para producción industrial

De forma natural son pocos los organismos capaces de sintetizar astaxantina, destacando solamente la levadura *Xanthophyllomyces dendrorhous* y la microalga verde *Haematococcus pluvialis* (figura 1), con producciones registradas de 4 y 40 mg gr⁻¹ peso seco, respectivamente, esto los constituye como los únicos organismos con potencialidad para competir contra la astaxantina sintética (Tinoi et al., 2006).

H. pluvialis es una microalga de distribución mundial, que tiene la capacidad de acumular grandes cantidades de astaxantina, alcanzando hasta 4% del compuesto en base a peso seco, siendo el organismo más productivo de este antioxidante encontrado en la naturaleza hasta el momento (Boussiva, 2000). En esta microalga, los quistes representan estados de resistencia inducida frente a condiciones de estrés ambiental, típicamente una salinidad o luminosidad elevadas, o una baja en la disponibilidad de nutrientes, las cuales llevan a las células a cambiar de color verde a un rojo intenso por la acumulación del pigmento. La gran cantidad del antioxidante producido por esta microalga ha sido aprovechada para su producción en masa (figura 2), constituyendo una fuente de astaxantina natural de alto valor. Aun cuando la producción de astaxantina derivada de esta microalga es la más costosa en cuanto a materiales para su crecimiento, uso de terreno y precio final por el producto, en comparación con la artificial y la producida por fermentación en levaduras, presenta la mayor actividad ORAC y está autorizada para consumo humano. La comparación de los tres principales medios de producción de astaxantina, incluyendo varios parámetros relacionados con aspectos económicos, ambientales y sociales, se presenta en la tabla 1 (Basado en Nguyen 2013).

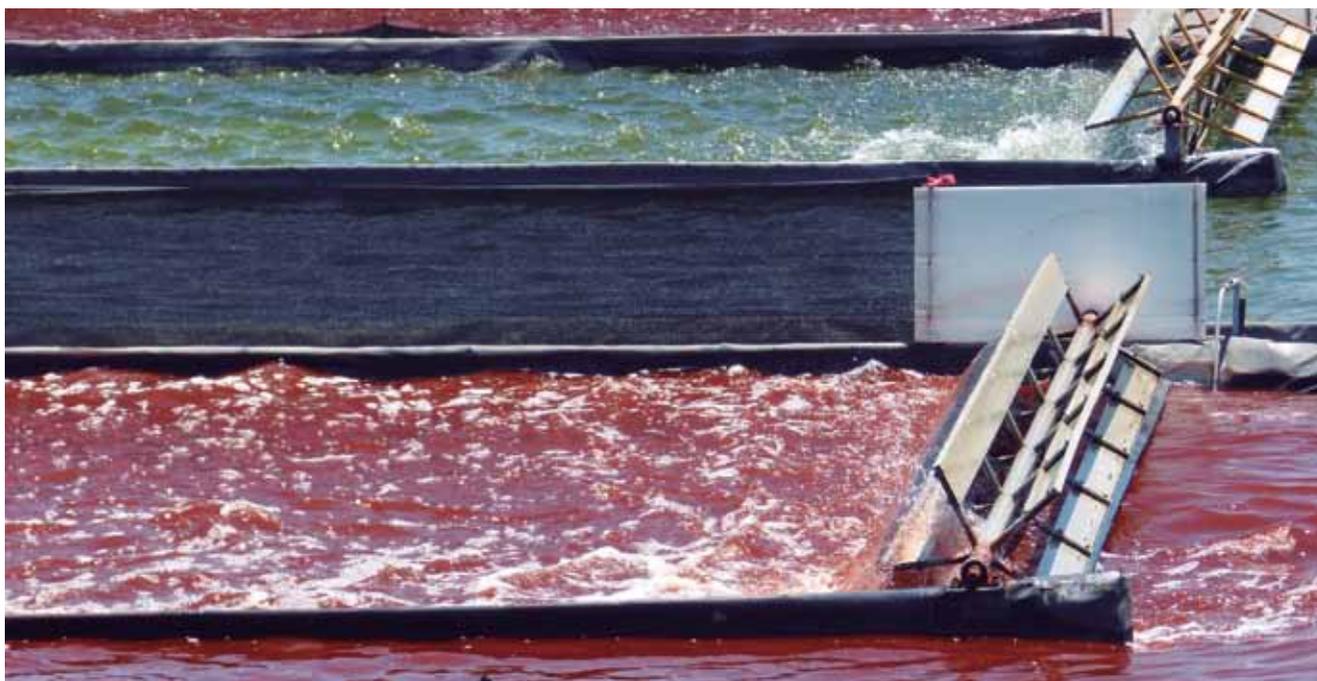


Figura 2. Piscina de 200 m³ con *H. pluvialis* produciendo astaxantina en un ambiente abierto (Pigmentos Naturales S.A.)

Por Kg de astaxantina	Económica			Ambiental			Social		
Método de producción	Costo materia prima US\$	Uso de tierra Km ²	Costo energético kW/h	Costo energético US\$	Aguas residuales	Emisiones CO ²	Costo final producto US\$	Consumo humano permitido?	Capacidad ORAC
Síntesis química	40	10	170	26	0	2	2,000	No	33%
Fermentación con levaduras	140	20	1,062	160	9	5	2,500	Algo	66%
Industrial con <i>Haematococcus pluvialis</i>	164	25	796	120	2	9	>7,000	Si	100%

Tabla 1: Comparación de tres metodologías de producción de astaxantina, considerando aspectos económicos, ambientales y sociales. Basado en Nguyen, 2013.

Obtención de nuevas cepas de *H. pluvialis* para incrementar la producción de astaxantina

Una técnica muy empleada y que no presenta gran complejidad, es la búsqueda de cepas de *H. pluvialis* con una alta productividad de astaxantina desde el medio natural, a través del aislamiento y caracterización a nivel de laboratorio. Es fácil de implementar pero también es lenta y laboriosa, y no asegura la obtención de cepas altamente sobreproductoras, **el máximo reportado de producción es de un 4%**, y esto considerando condiciones muy controladas de laboratorio, incluyendo iluminación, temperatura y nutrientes, que no se asemejan a las condiciones industriales de producción.

Aplicación de biotecnología para incrementar la productividad de Astaxantina

Para resolver esta problemática es claro el potencial de la aplicación de la biotecnología para la mejora de las cepas naturales disponibles. La primera alternativa, muy empleada para la obtención de cepas con mayor rendimiento en diversos compuestos secundarios, es la obtención de nuevos individuos inducidos por **mutagénesis al azar**, para lo cual se emplean agentes físicos como luz UV y radiación gamma, o químicos como el etil-metano sulfonato (EMS), entre otros. El procedimiento es relativamente sencillo de implementar, pero posee desventajas, principalmente el no lograr incrementos muy elevados, comparados con los de "buenas cepas" naturales de *H. pluvialis*, a modo de ejemplo, Chen et al., (2003) incrementaron 2,5% la producción de astaxantina, mientras que otros investigadores reportan cifras muy similares. Desventajas adicionales son la introducción de mutaciones secundarias, que afectan tanto la fisiología como la capacidad metabólica y de crecimiento de las células. Una notable desventaja adicional es la inestabilidad genética de los mutantes obtenidos, sobre todo en el caso del tratamiento con EMS, en que se observa una reversión muy frecuente (An et al., 1989).

Aún cuando se han logrado obtener cepas estables, muchas de estas cepas poseen un crecimiento o biomasa muy disminuida, o acumulan grandes cantidades de carotenoides intermedios o derivados lo que disminuye su aplicabilidad comercial (An et al., 1989).

El conocimiento acerca de las rutas metabólicas involucradas en la biosíntesis de carotenoides y de astaxantina, permiten la aplicación de **tecnologías de ADN recombinante** para la creación de cepas modificadas genéticamente (OGM) (Liu, 2010). Sin embargo, la producción de compuestos naturales a partir de OGMs está fuertemente regulada en muchos países compradores de astaxantina, requiere de extensas y costosas pruebas de bioseguridad e inocuidad ambientales, y es problemática en el caso de consumo humano, pues es un mercado que habitualmente exige la ausencia de OGMs en su producción, limitando el mercado potencial. Finalmente en Chile no está permitida la producción de OGMs excepto para producción de algunas semillas (normativa 15.023 del SAG) y solamente con fines de exportación, imposibilitando la producción de microalgas transgénicas o la comercialización de sus derivados.

El proyecto Polyastax, uso de poliploidización artificial para el incremento en las tasas de producción de astaxantina en *H. pluvialis*

Una tercera alternativa para mejorar los niveles de producción, es la poliploidización artificial de las células de *H. pluvialis*. La inducción de poliploidía en muchas especies vegetales, ha resultado en un incremento en los niveles de productividad, tanto así que gran parte de los cultivos agronómicos de los cuales la humanidad depende, poseen algún grado de poliploidía. De este modo, la poliploidía ya sea en variedades que son naturalmente poliploides, o inducida artificialmente para obtenerla, está ampliamente reportada como una característica valiosa en especies vegetales superiores, con variadas características relevantes como son el poseer células más grandes, con el incremento subsecuente del tamaño de los demás órganos vegetales, incluyendo flores y frutos, y una producción incrementada de metabolitos secundarios, tanto por poseer células de mayor volumen como por un incremento en su tasa metabólica. Una ventaja muy importante de los materiales poliploidizados, es que estos **no son considerados como OGM** y por ende, no están sujetos a las restricciones y exigencias de bioseguridad de estos, siendo tratados del mismo modo que los demás cultivos obtenidos mediante mutagénesis al azar, dado que no poseen material genético adicional a la especie, sino solamente una duplicación de su propio genoma.

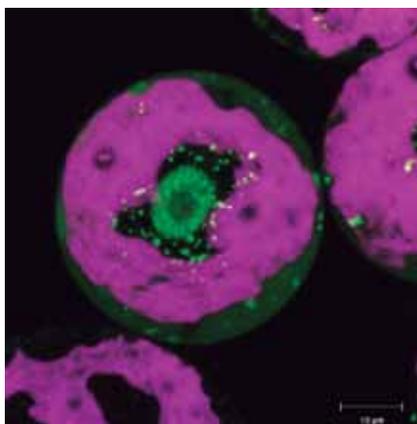


Figura 3. *H. pluvialis* sometido a experimentos destinados a duplicar su material genético, visualizado mediante microscopía confocal, destacando el núcleo en verde y la clorofila en color magenta.

El proyecto Fondef IDeA ID15i10014 “*Polyastax: poliploidización artificial como herramienta biotecnológica para incrementar el rendimiento de astaxantina de la microalga Haematococcus pluvialis*” pretende lograr el incremento en rendimiento del compuesto antioxidante gracias a la inducción artificial de poliploidía en células de la microalga, y la subsecuente selección de los individuos que posean las características sobresalientes esperadas para los poliploides. Se espera que estas nuevas células produzcan mucha más astaxantina que las obtenidas por simple mutación al azar o selección de fuentes naturales, sin sacrificar las excelentes características de la producción natural de astaxantina, ni requerir de modificaciones en los procesos productivos industriales actualmente en uso a nivel nacional, o estar sujeto a restricciones de cultivo u comercialización aplicables a los OGMs. La figura 3 presenta como resultado preliminar de este proyecto, una imagen de microscopía confocal de una célula de *H. pluvialis* sometida a tratamiento de poliploidización artificial, distinguiéndose el núcleo donde se espera lograr la duplicación del material genético.

Pese al gran avance que las técnicas de poliploidización artificial han logrado en vegetales superiores cultivados, no existen antecedentes acerca del empleo de poliploidización para la mejora en la producción de ninguna microalga, por lo cual se considera que este trabajo sería pionero a nivel mundial en el empleo de este tipo de mejoramiento genético en material microalgal, constituyendo además un referente para futuros usos de esta tecnología en otras especies microalgales que se deseen mejorar.

El GIBMAR

El Grupo Interdisciplinario de Biotecnología Marina (GIBMAR) se encuentra en el Centro de Biotecnología de la Universidad de Concepción y posee 5 años de experiencia en la ejecución de proyectos de I+D enfocados a temáticas que involucran principalmente el uso de micro y macro alga para la creación de valor.

La misión de nuestro grupo es desarrollar e implementar una plataforma integrada de investigación, desarrollo e innovación, que fortalezca la asociatividad con el sector productivo con un fuerte impacto socio-económico, permitiendo la diversificación acuícola de los recursos marinos y agregando valor a través de la generación de nuevos productos. Su visión es trabajar para

posicionarse como un referente nacional e internacional en el desarrollo de nuevos productos tecnológicos utilizando como fuente de materia prima organismos marinos.

Las principales líneas de investigación y desarrollo están focalizadas en biorremediación, biomateriales, bioenergía, alimentos funcionales, nutraceuticos, farmaceuticos, cosmeceuticos, y tecnologías de cultivos y cosecha, las que se abordan a través de equipos multidisciplinarios en Modelación Numérica, Cultivos Hidrobiológicos, Extracción y Purificación de Compuestos Químicos, Caracterización Química, Ingeniería Genética y Desarrollo de Nuevos Productos. Equipos que están apoyados constantemente por los equipos de Formulación y Gestión de Proyectos, Vigilancia y Transferencia Tecnológica.

Bibliografía:

An GH et al., (1989) Isolation of *Phaffia rhodozyma* mutants with increased astaxanthin content. Appl. Environ. Microbiol. 55: 116-124.

Aversano R et al., (2012) Molecular Tools for Exploring Polyploid Genomes in Plants. Int. J. Mol. Sci. 13: 10316-10335.

Boussiba S (2000). Carotenogenesis in the green alga *Haematococcus pluvialis*: Cellular physiology and stress response. Physiol Plant 108: 111-117

Capelli B et al., (2013) Synthetic astaxanthin is significantly inferior to algal-based astaxanthin as an antioxidant and may not be suitable as a human nutraceutical supplement. Nutrafoods 12: 145-52.

Chen Y et al., (2003) Screening and characterization of astaxanthin-hyperproducing mutants of *Haematococcus pluvialis*. Biotechnol Lett 25: 527-529.

Higuera-Ciapara I et al., (2006) Astaxanthin: a review of its chemistry and applications. Critical Review in Food Science and nutrition 46: 185-196.

Joyso W (2012) Global antioxidant sales hit \$34 billion. Functional Ingredients.

Liu Jin. (2010) Genetic engineering of *Chlorella zofingiensis* for enhanced astaxanthin biosynthesis and assessment of the algal oil for biodiesel production. Doctoral thesis, University of Hong Kong. <http://hdl.handle.net/10722/131813>

Lorenz RT y Cysewski GR (2000) Commercial potential for *Haematococcus pluvialis* as a natural source of astaxanthin. Trends Biotechnol. 18: 160-167.

Nakano T et al., (1995) Improvement of biochemical features in fish health by red yeast and synthetic astaxanthin. J. Agric. Food Chem. 43: 1570-1573.

Neild F (2012) *Haematococcus pluvialis*. www.photomacrography.net

Nguyen K (2013) Astaxanthin: A Comparative Case of Synthetic VS. Natural Production. Chemical and Biomolecular Engineering Publications and Other Works. http://trace.tennessee.edu/utk_chembiopubs/94

Tinoi J et al., (2006) Utilization of mustard waste isolates for improved production of astaxanthin by *Xanthophyllomyces dendrorhous*. J. Ind. Microbiol. Biotech. 33: 09-314.

Desarrollo de tecnologías de cultivo y repoblamiento de *Durvillaea antarctica*, “cochayuyo”:

IMPPLICANCIAS PARA LA DIVERSIFICACIÓN DE LA ACUICULTURA Y MANEJO DE POBLACIONES NATURALES



UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS



Gutiérrez Alfonso, Varela Daniel, Zúñiga Andrea, Paredes Javier, Villarroel Adrián, Ruiz Ailin, Muñoz Verónica, Martínez Camila, Oroz Luis, Naiman Honoria.

www.i-mar.cl - agutierrez@ulagos.cl

Centro i~mar, Universidad de Los Lagos, Camino Chiquihue km 6, casilla 557, Puerto Montt, Chile.

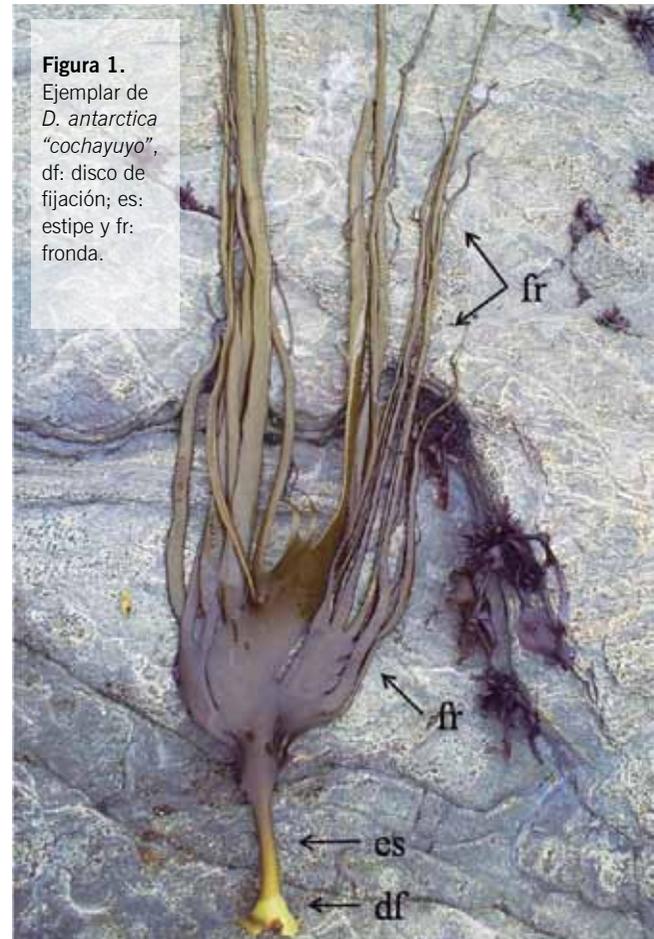
Resumen

Durvillaea antarctica, comúnmente conocida como cochayuyo (Figura 1), es una macroalga parda de importancia ecológica y económica que habita en las costas de Chile, y es una de las pocas especies que se identifica en la cultura nacional como alimento humano. Similarmente a otros recursos marinos, en *D. antarctica* se ha observado un progresivo incremento en la presión de pesca a través de los años, pasando de 2000 toneladas de desembarque total a nivel nacional el 2006 hasta 8508 toneladas el 2014, lo que significa un aumento de un 425% en 8 años. Adicionalmente, el 2015 se decretó la primera veda extractiva para este recurso, lo que evidencia el riesgo de persistencia de sus poblaciones. En vía de desarrollar tecnologías que permitan disminuir la presión de pesca sobre las poblaciones de *D. antarctica*, así como recuperar poblaciones sobreexplotadas, el Centro i~mar de la Universidad de Los Lagos se adjudicó el 2015 un proyecto FONDEF IT (IT14110105) denominado “Desarrollo de la tecnología de cultivo de *Durvillaea antarctica* en hatchery y evaluación de técnicas de repoblamiento de juveniles en áreas de manejo. Resultados de este proyecto (en ejecución) evidencian la factibilidad de generar juveniles de *D. antarctica* en laboratorio y trasplantar juveniles con innovadoras técnicas de repoblamiento. El establecimiento de estas tecnologías y el incremento de la eficiencia de ellas podrían generar una nueva alternativa para diversificar la acuicultura, así como, la implementación de acciones de manejo de *D. antarctica* orientadas a incrementar la biomasa de las poblaciones naturales.

Introducción

Dentro de las macroalgas que se comercializan en Chile, las pardas son un grupo relevante a nivel ecológico y como recurso económico, que incluye especies como *Durvillaea antarctica*, *Macrocystis pyrifera*, *Lessonia trabeculata* y el complejo de especies de *Lessonia nigrescens* conocidas comúnmente como “huirales” (Buschmann et al. 2013; Koch et al. 2015; Tellier et al. 2011; Vásquez 2008). Se consideran especies fundacionales debido a que son capaces de generar hábitats, mantienen la biodiversidad

en zonas costeras y son la base de producción y distribución de energía hacia otros niveles tróficos, ya que por ejemplo, son el alimento que sustenta al recurso erizo (Buschmann et al. 2013). Además, proporcionan servicios ambientales como la capacidad de remover exceso de nutrientes y secuestrar moléculas de carbono y metales pesados (Buschmann et al. 2013; Gutiérrez et al.



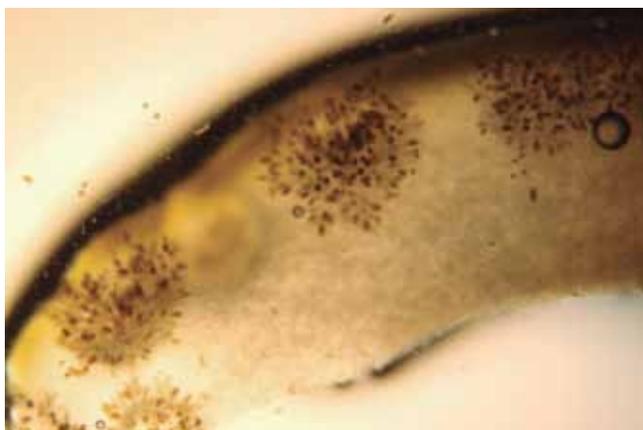


Figura 2. Conceptáculos y gametos femeninos de *D. antarctica*

2015). Al mismo tiempo, tienen un gran valor como recurso económico ya que se pueden obtener una serie de productos alimenticios de elevado nivel nutricional y poseen un gran potencial para el desarrollo de productos elaborados dirigidos a distintos mercados como cosmetológico, nutraceutico, fertilizantes, etc. (Buschmann et al. 2013, 2014; Craigie 2011; Gutierrez et al. 2006; Hafting et al. 2015; Robinson, Winberg and Kirkendale 2013).

La demanda del mercado de macroalgas pardas es abastecida en gran medida por la explotación de poblaciones naturales. Esto ha generado que en algunas localidades las poblaciones lleguen a niveles de sobreexplotación, por lo que el estado ha implementado acciones de manejo como las vedas extractivas y la creación de una ley de repoblamiento, que actualmente se discute en el senado, y que entre otras cosas, promueve el cultivo y repoblamiento de algas por medio de bonificaciones. Adicionalmente, se han llevado a cabo numerosas investigaciones que han permitido el desarrollo de tecnologías de cultivo y repoblamiento en

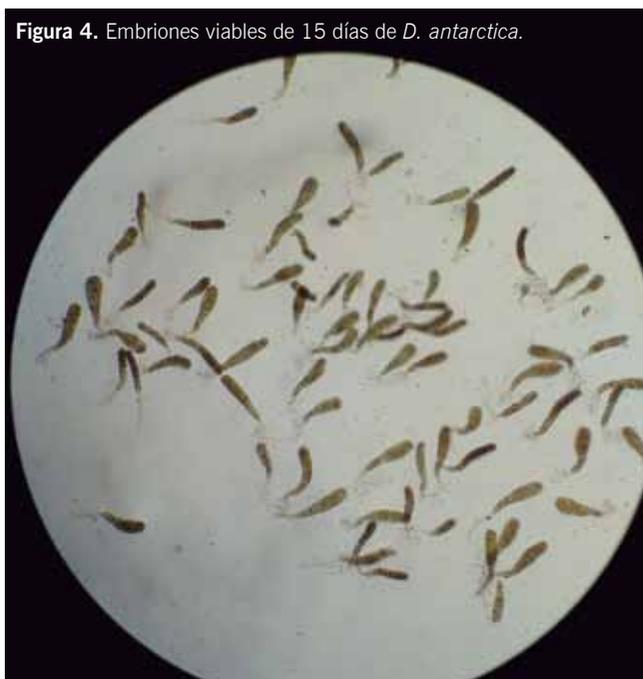


Figura 4. Embriones viables de 15 días de *D. antarctica*.



Figura 3. Liberación de gametos masculinos y femeninos de *D. antarctica*

especies como *M. pyrifera*, *L. nigrescens* y *L. trabeculata* (e.g. Graham et al. 2007; Gutierrez et al. 2006; Vásquez et al. 2014; Westermeier et al. 2006).

Dentro del grupo de los huirales que habitan en la costa chilena, *Durvillaea antarctica* es la especie que ha mostrado el menor avance en investigación con respecto al desarrollo de procesos de cultivo, técnicas de repoblamiento y generación de productos elaborados. Paradójicamente, la falta de conocimiento relacionada con las posibles aplicaciones de *D. antarctica* se contrapone a que es una especie aceptada y reconocida culturalmente como alimento, además de poseer características nutricionales y biomoleculares de gran interés para distintos mercados. Esta aceptación de *D. antarctica* representa una ventaja al momento de comercializar productos elaborados en comparación con otras algas pardas y rojas, cuyas propiedades nutricionales son más desconocidas socialmente.

La explotación de poblaciones naturales de *D. antarctica* ha mostrado un progresivo incremento a través del tiempo, decretándose durante el 2015 la primera veda extractiva para esta especie en Chile. Durante el 2006 se registraron 2000 toneladas de desembarque a nivel nacional y en el año 2014 el desembarque nacional alcanzó las 8508 toneladas, lo que significa un aumento de un 425% en 8 años. Esta alta demanda de extracción ha llevado a que se decreten vedas extractivas en algunas localidades para asegurar la sustentabilidad de recurso, como en Topocalma y Bucalemu en la VI región (Subsecretaría de Pesca, SUBPESCA, 2015). La tendencia actual es que el nivel de explotación se mantendrá o incrementará en el futuro, por lo que el desarrollo de tecnologías de cultivo y repoblamiento de *D. antarctica* es fundamental para disminuir la presión de pesca sobre poblaciones naturales y la recuperación de aquellas sobreexplotadas. En este contexto, el Centro i~mar de la Universidad de Los Lagos abordó el desafío de generar la tecnología del cultivo y evaluación de técnicas de repoblamiento de *D. antarctica*, luego de obtener resultados a través de un proyecto interno y el desarrollo de una tesis de pregrado. Así, durante el 2015 se dio inicio al proyecto FONDEF IT (IT14110105) denominado: "Desarrollo de la tecnología de cultivo de *Durvillaea antarctica* en hatchery y evaluación de



Figura 5. Cultivo de juveniles de *D. antarctica*.

técnicas de repoblamiento de juveniles en áreas de manejo". De esta forma, el presente artículo exterioriza los primeros resultados de este proyecto, entre los que destacan: i) haber generado juveniles de *D. antarctica* de aproximadamente 35 cm de diámetro cultivados en laboratorio y estanques en tierra, y ii) transplantar juveniles dentro de poblaciones naturales, los que han mostrado una rápida fijación al sustrato por medio de innovadoras técnicas de anclaje. Ambos resultados, pueden considerarse un hito dentro de la acuicultura de macroalgas pardas, debido a que hasta el momento existen pocos antecedentes que evidencian la factibilidad de cultivo y repoblamiento de esta especie.

Cultivo de *Durvillaea antarctica*: Desde el seguimiento del estado reproductivo de poblaciones naturales hasta el incremento de la productividad en hatchery

El manejo del ciclo de vida y la identificación de las distintas fases del estado reproductivo de una especie es una información fundamental para realizar su cultivo en hatchery. Para *D. antarctica*, el ciclo de vida y los distintos estados de maduración de estructuras reproductivas han sido muy bien descritas por Collantes, et al. (2002). En general, esta es una especie que se caracteriza por ser diplobióntica y dioica, es decir, existen individuos machos y hembras separadamente, y cada uno produce gametos masculinos flagelados móviles (anterozoides) y femeninos inmóviles (oóferas) (Figura 2), respectivamente. Adicionalmente, existe una estructura reproductiva denominada conceptáculo que contiene a los gametos. Considerando esta información, el invierno del 2015 se comenzó a realizar el seguimiento del estado reproductivo de una población natural de *D. antarctica* ubicada en la localidad de Pucatrihue, costa de la Región de Los Lagos. El objetivo de este trabajo fue determinar la variación de la proporción de sexos a nivel estacional, así como, la variación del estado reproductivo a lo largo de un individuo. Los resultados han mostrado que existe variación de la proporción de sexos a lo largo del año, mientras que el estado reproductivo puede variar a lo largo de un individuo. La información generada ha sido importante para desarrollar estrategias que permitan recolectar trozos de individuos desde poblaciones naturales en estado reproduc-



Figura 6. Juveniles de *D. antarctica* cultivados en laboratorio.

tivo que puedan ser utilizados como parentales en el proceso de generación de embriones y juveniles.

En hatchery hemos logrado obtener gametos y manejarlos separadamente para realizar cruces dirigidos que permitan generar embriones viables (Figura 3 y 4). Distintos experimentos realizados para obtener embriones, han demostrado que la densidad de los gametos y la estación del año en que éstos se obtienen son factores fundamentales que afectan la generación de éstos. Por una parte, los experimentos han revelado que el uso de grandes densidades de gametos para procesos de reproducción puede afectar la generación de embriones debido a que aquellos gametos que no se fecundan se mueren y degradan, contribuyendo a la aparición de bacterias y protozoos que acaban contaminando el cultivo. Por otro lado, el estado de madurez de los gametos varía a lo largo del año en las poblaciones naturales, observándose gametos maduros en invierno y primavera. Por el contrario, en verano predomina la formación de conceptáculos, tejido en estado vegetativo, además de la presencia de conceptáculos senescentes. Los distintos experimentos realizados a lo largo del año para generar embriones, hoy en día nos permiten un protocolo, así como, incrementar la eficiencia de este proceso, sin embargo, aún falta evaluar el efecto de importantes variables físico-químicas que podrían afectar la generación y sobrevivencia de los embriones.

Actualmente, hemos desarrollado una metodología que permite generar juveniles de *D. antarctica* en laboratorio a partir del cultivo en sistema free-floating (Figura 5 y 6). Este individuo juvenil tiene una morfología distinta a la que muestra *D. antarctica* en estado natural, ya que en general tienen una forma ovalada y plana sin la presencia de un disco de fijación y estipe (Figura 7). La generación de juveniles en laboratorio representa un producto innovador, que por ejemplo podría ser atractivo para el mercado alimentario, que constantemente busca dar valor agregado a productos a través de un mejoramiento de la estética. Por otro lado, puede ser la base para generar cultivos a gran escala como se ha observado en *L. trabeculata* y *M. pyrifera* (Gutierrez et al. 2006; Westermeier et al. 2006). La generación de juveniles de *D. an*



Figura 7. Juvenil de *D. antarctica* cultivada en laboratorio.

antarctica es consecuencia de los conocimientos obtenidos acerca de la variación del estado reproductivo de poblaciones naturales y de los distintos experimentos realizados para la obtención de embriones. Adicionalmente, en el transcurso de la obtención de juveniles, se han realizado experimentos que han evaluado factores ambientales como la intensidad de luz, tipos de nutrientes y densidad de cultivo en las respuestas de variación de la tasa de crecimiento, biomasa, etc., cuyos resultados han revelado que es posible seguir incrementando la eficiencia de la producción. Finalmente, es importante destacar que la generación de juveniles de *D. antarctica* en hatchery representa un hito para el cultivo de macroalgas pardas en Chile, debido a que hasta el momento no existían antecedentes evidenciaran el cultivo de esta especie.

Evaluación de sistemas de repoblamiento para *D. antarctica*

El trasplante de individuos juveniles de macroalgas pardas es un proceso que se ha utilizado como técnica de repoblamiento y que ha sido verificado para especies como *L. nigrescens* y *Cystoseira barbata*, a nivel nacional y en el hemisferio norte, respectivamente (Correa et al. 2006; Perkol-Finkel et al. 2012). De la misma forma, las investigaciones llevadas a cabo en este proyecto han revelado que es posible trasplantar individuos juveniles de *D. antarctica* a sustratos artificiales en el intermareal (Figura 8). Para tal fin, se han diseñado y construido sistemas de repoblamiento que se fijan a las rocas, además de evaluar la factibilidad de que los juveniles se adhieran a distintos sustratos artificiales como piedra, polipropino, etc. Estos resultados representan las primeras evidencias que dan cuenta de la factibilidad de trasplantar con éxito individuos juveniles de *D. antarctica*, técnica que podría ser utilizada como una aproximación para el repoblamiento. Por otro lado, el uso de esta técnica podría contribuir a incrementar la biomasa de la población. Así, por ejemplo, se ha verificado que *D. antarctica* tiene una menor capacidad de fijación al sustrato rocoso que otras macroalgas pardas como *L. nigrescens*. Además, los juveniles que se encuentran fijados en zonas expuestas al oleaje dentro del intermareal son removidos por la acción mecánica de las olas, generando pérdida de biomasa. Por consiguiente, el trasplante de aquellos individuos que reclutan en zonas desprotegidas al oleaje hacia sistemas de repoblamiento ubicados en zonas en donde la acción mecánica de la ola es menor, podría contribuir sustancialmente al aumento de la biomasa.

Perspectivas

La ejecución del proyecto de innovación tecnológica FONDEF IT (IT14110105) ha permitido evidenciar la factibilidad de cultivar juveniles de *D. antarctica* y aplicar técnicas de repoblamiento. Incrementar la eficiencia y establecer las metodologías de estos procesos podría generar una nueva oportunidad para la acuicultura, contribuyendo a la diversificación de esta actividad en Chile. Así, por ejemplo, la aplicación de técnicas de mejoramiento genético como la selección de parentales puede ser factible debido a que la obtención y manejo de gametos de forma separada es sustancialmente de menor complejidad comparado con otras especies de macroalgas pardas, por tanto, podría mejorar el nivel de productividad. Por otro lado, la prospección técnica y económica para la generación de productos elaborados podría permitir nuevas oportunidades de negocio considerando las propiedades nutricionales y las importantes biomoléculas de interés comercial que posee esta especie para mercados alimentarios, farmacéuticos, cosmetológicos, nutraceuticos, etc.

Tanto la selección de caracteres productivamente relevantes, así como, la prospección de productos elaborados, contribuiría a otorgar valor agregado a este recurso, que en general, se vende como materia prima. De esta forma, se hace necesario direccionar nuevos objetivos de investigación utilizando ciencias básicas y aplicadas para el desarrollo del potencial que tendrían las actuales técnicas de cultivo y repoblamiento que hemos generado.

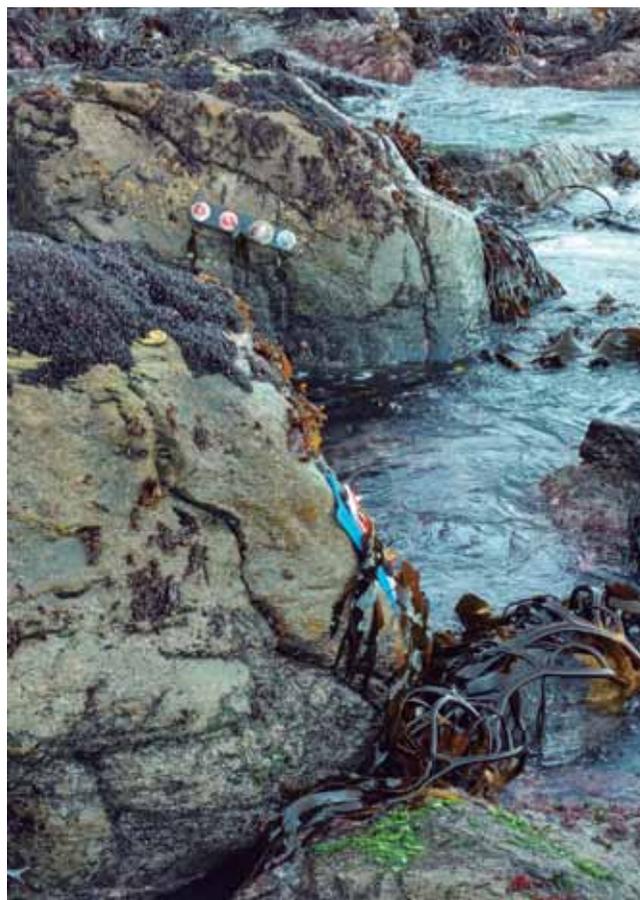


Figura 8. Estructura de repoblamiento de *D. antarctica* en Pucatrihue.



Equipo de trabajo: Andrea Zúñiga, Alfonso Gutiérrez, Daniel Varela, Camila Martínez, Luis Oroz y Javier Paredes.

Bibliografía

- Buschmann, Alejandro H., Steven Prescott, Philippe Potin, Sylvain Faugeton, Julio A. Vásquez, Carolina Camus, Javier Infante, María Carmen Hernández-Gonzalez, Alfonso Gutierrez, and Daniel A. Varela. 2014. The Status of Kelp Exploitation and Marine Agronomy, with Emphasis on *Macrocystis Pyrifera*, in Chile. *Advances in Botanical Research* 71: 161–88.
- Buschmann, Alejandro H., Robert A. Stead, María C. Hernández-González, Sandra V. Pereda, Javier E. Paredes, and Miguel A. Maldonado. 2013. Un Análisis Crítico Sobre El Uso de Macroalgas Como Base Para Una Acuicultura Sustentable. *Revista Chilena de Historia Natural* 86(3): 251–64.
- Collantes, Gloria, Ana Merino, and Verónica Lagos. 2002. Fenología de La Gametogénesis, Madurez de Conceptáculos, Fertilidad Y Embriogénesis En *Durvillaea Antarctica* (Chamisso) Hariot (Phaeophyta, Durvillaeales). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 37(1): 83–112.
- Correa, Juan a., Nelson a. Lagos, Matías H. Medina, Juan C. Castilla, Mauricio Cerda, Marco Ramírez, Enrique Martínez, Sylvain Faugeton, Santiago Andrade, Raquel Pinto, and Loretto Contreras. 2006. Experimental Transplants of the Large Kelp *Lessonia Nigrescens* (Phaeophyceae) in High-Energy Wave Exposed Rocky Intertidal Habitats of Northern Chile: Experimental, Restoration and Management Applications. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 335(1): 13–18.
- Craigie, James S. 2011. Seaweed Extract Stimuli in Plant Science and Agriculture. *Journal of Applied Phycology* 23: 371–93.
- Graham, Michael H, Julio A Vásquez, and Alejandro H Buschmann. 2007. Global Ecology of the Giant Kelp *Macrocystis* from Ecotypes to Ecosystems. *Oceanography and Marine Biology* 45: 39–88.
- Gutierrez, Alfonso, Tomás Correa, Verónica Muñoz, Alejandro Santibañez, Roberto Marcos, Carlos Cáceres, and Alejandro H Buschmann. 2006. Farming of the Giant Kelp *Macrocystis Pyrifera* in Southern Chile for Development of Novel Food Products. *Journal of Applied Phycology* 18: 259–67.
- Gutiérrez, Claudia, Henrik K Hansen, Piroška Hernández, and Carolina Pinilla. 2015. Biosorption of Cadmium with Brown Macroalgae. *Chemosphere* 138: 164–69.
- Hafting, Jeff, James Craigie, Dagmar Stengel, Rafael Loureiro, Alejandro H Buschmann, Charles Yarish, Maeve Edwards, and Alan Critchley. 2015. Prospects and Challenges for Industrial Production of Seaweed Bioactives. *Phycological Society of America* 51(5): 821–37.
- Koch, Kristina, Martin Thiel, Florence Tellier, Wilhelm Hagen, Martin Graeve, Fadia Tala, Philipp Laeseke, and Kai Bischof. 2015. Species Separation within the *Lessonia Nigrescens* Complex (Phaeophyceae, Laminariales) Is Mirrored by Ecophysiological Traits. *Botanica Marina* 58(2): 81–92.
- Perkol-Finkel, Shimrit, Filippo Ferrario, Valentina Nicotera, and Laura Airoldi. 2012. Conservation Challenges in Urban Seascapes: Promoting the Growth of Threatened Species on Coastal Infrastructures. *Journal of Applied Ecology* 49(6): 1457–66.
- Robinson, Nick, Pia Winberg, and Lisa Kirkendale. 2013. “Genetic Improvement of Macroalgae: Status to Date and Needs for the Future.” *Journal of Applied Phycology* 25: 703–16.
- Tellier, Florence, Javier Tapia, Sylvain Faugeton, Christophe Destombe, and Myriam Valero. 2011. The *Lessonia Nigrescens* Species Complex (Laminariales, Phaeophyceae) Shows Strict Parapatry and Complete Reproductive Isolation in a Secondary Contact Zone. *Journal of Phycology* 47(4): 894–903.
- Vásquez, Julio. 2008. Production, Use and Fate of Chilean Brown Seaweeds: Re-Sources for a Sustainable Fishery. *Journal of Applied Phycology* 45: 7–17.
- Vásquez, Ximena, Alfonso Gutiérrez, Alejandro H. Buschmann, Roberto Flores, Daniela Farías, and Pamela Leal. 2014. Evaluation of Repopulation Techniques for the Giant Kelp *Macrocystis Pyrifera* (Laminariales). *Botanica Marina* 57(2): 123–30.
- Westermeier, Renato, David Patino, Maria Ines Piel, Ingo Maier, and Dieter G Mueller. 2006. A New Approach to Kelp Mariculture in Chile: Production of Free-Floating Sporophyte Seedlings from Gametophyte Cultures of *Lessonia Trabeculata* and *Macrocystis Pyrifera*. *Aquaculture Research* 37(2): 164–71.
- Westermeier, Renato, David Patiño, Maria Ines Piel, Maier Ingo, and Dieter Mueller. 2006. A New Approach to Kelp Mariculture in Chile: Production of Free-Floating Sporophyte Seedlings from Gametophyte Cultures of *Lessonia Trabeculata* and *Macrocystis Pyrifera*. *Aquaculture Research* 37: 164–71.

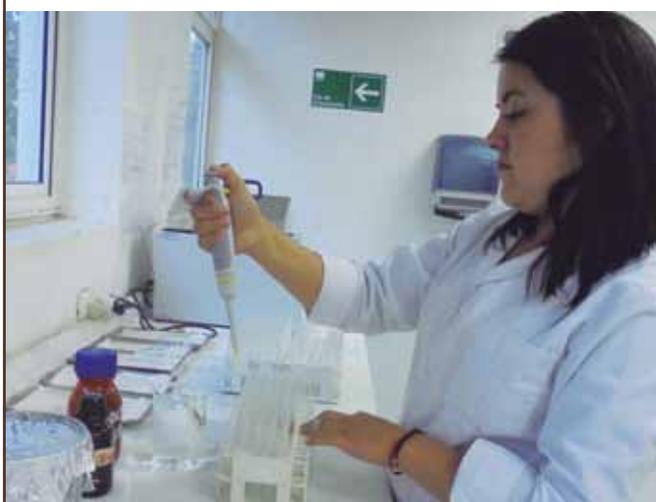


UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS

Laboratorio de Servicios de Análisis en Acuicultura



Acreditados ante el INN por 4 años bajo norma **ISO 17025**



**Análisis de la actividad
Na⁺/K⁺ ATPasa branquial**

Test de desafíos al traslado de peces
- Test de desafío agua dulce
- Test de desafío agua de mar
- Determinación de iones plasmáticos
(Na⁺, K⁺ y Cl⁻)

**Determinación de los niveles de Stress
(Cortisol)**



La Universidad de Los Lagos a través de su Unidad de Producción Acuícola implementa y desarrolla actividades acuícolas, generando la producción de bienes y servicios a nivel experimental e industrial, creando valor de manera innovadora, eficiente y sustentable contribuyendo así a la docencia, investigación y extensión para el desarrollo de la institución y de la industria acuícola nacional.



Nuestro laboratorio cuenta con sede en la ciudad de Osorno, conformado por un equipo de profesionales de experiencia en la aplicación de la técnica desarrollada y perfeccionada en nuestra Universidad. Actualmente, presta servicios a más de 20 empresas del sector salmoneero entre la séptima y duodécima región.



Av. Fuchslocher 1305, Osorno, Chile · Fono: +56 64 233 3425 · m.ojeda@ulagos.cl · www.ulagos.cl

EL CRUSTÁCEO *ARTEMIA* : Más que una dieta viva para larvicultura de peces marinos



FONDEF
Fondo de Fomento
al Desarrollo Científico
y Tecnológico

(*) Gonzalo Gajardo & Mauricio Quiroz

Laboratorio de Genética, Acuicultura & Biodiversidad y Departamento de Acuicultura, Universidad de Los Lagos, Osorno
ggajardo@ulagos.cl

Proyecto FONDEF
D09E1256

En un *hatchery* con larvas de peces marinos un tarro de *Artemia*, que cuesta alrededor de 135 dólares el medio kilo, dependiendo del origen y calidad, es un producto indispensable en la repisa de la bodega. Esto se debe a su condición de replazo conveniente y costo-efectivo del plancton marino, la dieta natural de larvas de peces. En los países que han logrado hacer más costo-efectivos sus sistemas productivos, por ejemplo China, Vietnam y Tailandia en Asia, y Brasil y Ecuador en Sudamérica, *Artemia* es producida extensivamente para suplir a la industria camaronera y de peces nativos locales. La calidad de *Artemia* como dieta que se entrega en forma de nauplios (Figura 1), depende de los nutrientes que requiere la larva, que son especie-específicos y habitualmente desconocidos. Esto significa que una merluza, un bacalao o un congrio tienen distintas necesidades, y por lo tanto, el desafío es producir mejores *Artemias* para cada especie, un tipo de “*Artemia a la carta*”. Conocer estos requerimientos ayudará a la expansión de la industria que exhibe altas mortalidades larvales, especial-

mente durante el período de alimentación con *Artemia*, lo que es considerado uno de los cuellos botella para muchas especies. Es el caso también de las especies del Programa para la Diversificación de la Acuicultura Chilena (PDACH) (1), que son muy poco estudiadas. Superar el desafío de producir más y mejores larvas de manera confiable y costo-efectiva tiene muchas aristas, pero una de ellas es avanzar en el conocimiento de la capacidad bioencapsuladora de *Artemia*. En resumen, *Artemia* más que una dieta viva, es un medio experimental para investigar los requerimientos nutricionales de las larvas y el “bioencapsuloma”, es decir todos aquellos factores que contribuyen a la eficiencia de la bioencapsulación, no ha sido lo suficientemente investigado aún. La próxima publicación del genoma de *Artemia franciscana*, la especie más utilizada comercialmente, por un consorcio en el cual participa la entidad Belga (ARC) asociada al proyecto (ver recuadro), ayudará a la comprensión de estos factores. *Artemia* es el perfecto vector biológico para probar y liberar nutrientes relevantes en la larva, tales como ácidos grasos



Figura 1:
Nauplios
de Artemia:
bioencapsu-
ladores.

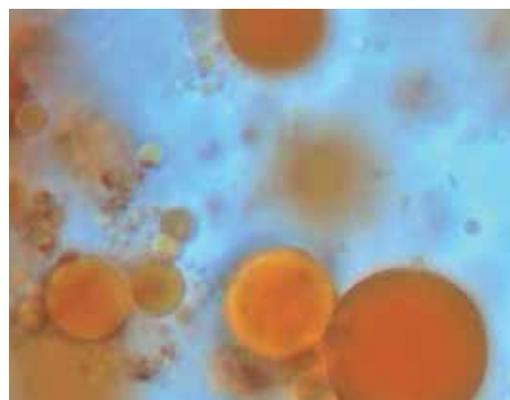


Figura 2.
Oleosoma
obtenido de
semillas de
raps.

esenciales, micronutrientes (vitaminas, pigmentos, esteroides, antioxidantes, enzimas, inmunoestimulantes) y otros nuevos nutrientes (lisina, selenio). *Artemia* también puede transportar sustancias terapéuticas (vacunas, probióticos, prebióticos) que ayudan a controlar la comunidad bacteriana en los estanques, otra causa de mortalidad larval.

Ingredientes para enriquecimientos de *Artemia*

La disponibilidad a precios costo-efectivos de enriquecimientos es una limitación nacional si no se quiere seguir utilizando aceite de pescado, que es la fuente más conveniente pero menos sustentable de ácidos grasos esenciales para las larvas de peces marinos. Estos suplementos dietarios para *Artemia* cumplen

igualmente el rol de dieta experimental, pues es posible manipular sus componentes y proporciones para posteriormente ver su efecto en las larvas. Hemos probado y comparado con emulsiones disponibles en el mercado, una formulada al alero del proyecto FONDEF D09E1256 (2). La formulación de esta dieta, su formato de presentación y su estabilización para que dure tanto como las disponibles comercialmente, estuvo a cargo del Centro de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CECTA) de la USACH, entidad asociada al proyecto.

En Cojinova tuvimos resultados promisorios en la sobrevivencia y crecimiento (3), en colaboración con la Universidad Católica del Norte, comparando esta dieta con otra comercializada por

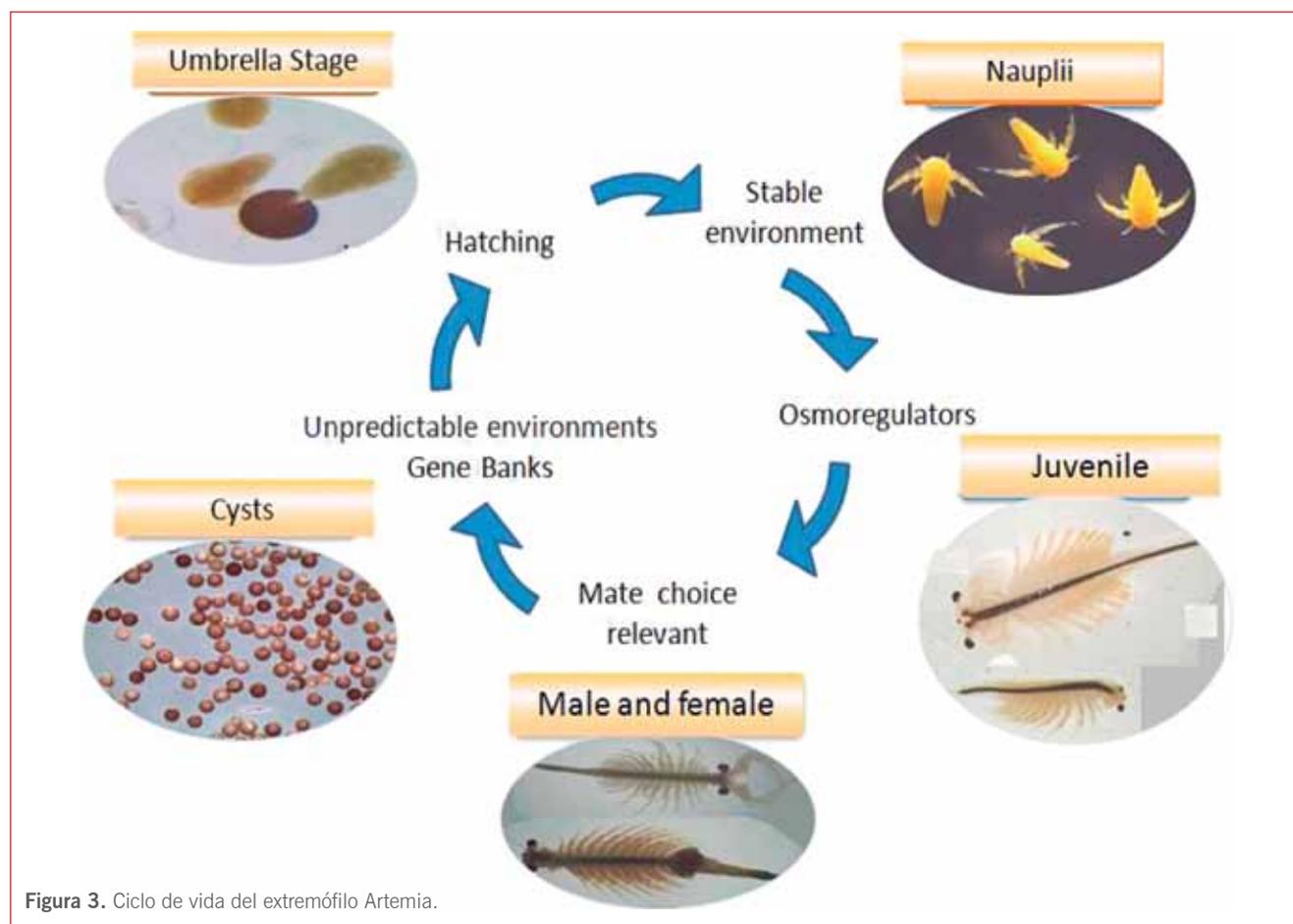


Figura 3. Ciclo de vida del extremófilo *Artemia*.

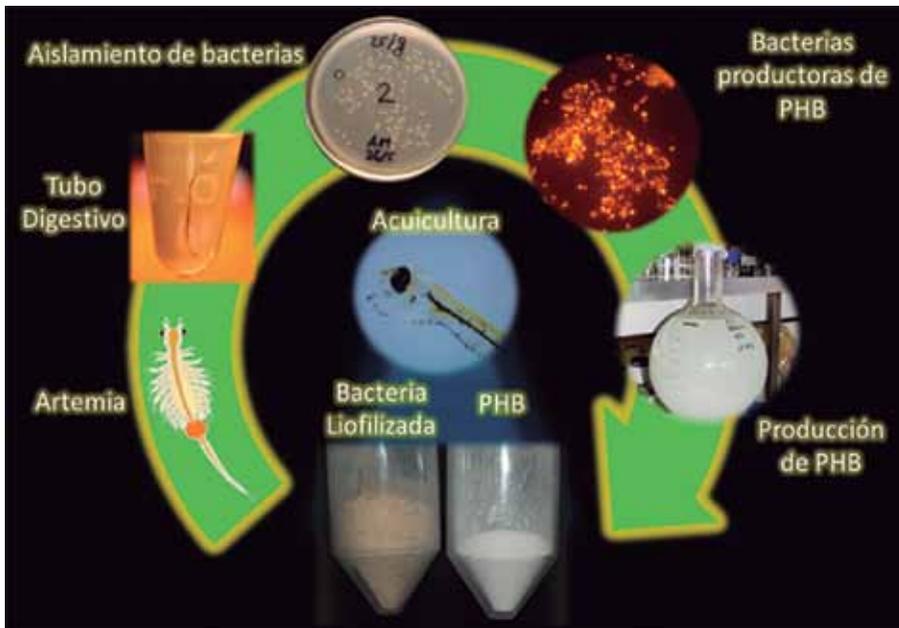


Figura 4. Proceso de extracción de PHB a partir de bacteria procedente del microbioma de Artemia.

una multinacional extranjera, lo que demuestra que es necesario enriquecer Artemia con componentes específicos a las necesidades de la especie objetivo. Los enriquecimientos comerciales están hechos pensando en una especie tipo y normalmente es difícil obtener resultados significativos con una dieta multipropósito. No obstante disponer de insumos a precios costo-efectivos es un verdadero problema actualmente en Chile, por ejemplo DHA, Astaxantina y otros. Hemos bioencapsulado en Artemia oleosomas de raps (Figura 2), que son cuerpos aceitosos que se extraen de las semillas y que tienen innumerables propiedades, en un intento por probar nuevos insumos nutricionales de potencial utilidad para larvas de peces marinos. Esto en colaboración con la Dra. Francisca Acevedo de la UFRO en Temuco.

Artemia como fuente de probióticos

Por su condición de extremófilo que habita ambientes hipersalinos distribuidos en Chile en el Salar de Atacama y en la Patagonia Chilena, Artemia es el único organismo macroscópico que coexiste con una alta diversidad de microorganismos con gran potencial biotecnológico, los que además le sirven de alimento y contribuyen a su sobrevivencia. El microbioma del tubo digestivo contribuye a la degradación de los alimentos y probablemente también contribuye a soportar las condiciones extremas de salinidad. Su sorprendente ciclo de vida (Figura 3) ha sido convenientemente explotado para el desarrollo de la larvicultura (4).

Hace cuatro años que disponemos de un cepario de 14 localidades a lo largo de Chile y observamos que la coexistencia Artemia-bacteria en estas condiciones, específicamente en el tubo digestivo, ha favorecido la presencia de bacterias particularmente interesantes, entre las cuales encontramos una cepa de *Vibrio*, con habilidad para sintetizar poli-β-hidroxibutirato (PHB), un biopolímero característico de bacterias probióticas. Esta bacteria tiene la particularidad de producir una cantidad superior a las repor-

tadas para otras bacterias y estamos en la etapa de secuenciar su genoma para identificar la especie con certeza y ahondar respecto de los genes involucrados en la producción de PHB. El proceso de obtención requiere extraer el tubo digestivo de Artemia, aislar y cultivar las bacterias residentes/transientes, las cuales se liofilizan para su mantención. Alternativamente, las bacterias se cultivan para producir y aislar el metabolito PHB (Figura 4). Estamos ensayando actualmente su bioencapsulación en nauplios de Artemia como «carrier» para su transferencia directa al tubo digestivo de las larvas de peces. Con esto esperamos un control más amigable de la microbiota bacteriana en los estanques de larvicultura y evitar el uso exagerado de antibióticos.

La cepa aislada es de fácil cultivo por lo que esperamos contar con un fermentador semi industrial, tanto para producir bacteria liofilizada como PHB puro, dos productos potencialmente escalables y envasables. Estos datos fueron discutidos recientemente con expertos en el área. Cabe mencionar que el PHB es ampliamente conocido por ser un plástico de origen natural y biodegradable, sus propiedades mecánicas asemejan al polietileno y actualmente se ensayan usos en biomedicina con productos de alto valor agregado como suturas, placas y pernos para soldar huesos y otros elementos degradables por el organismo, además funciona como un excelente carrier de drogas que requieren liberación controlada y extendida en el tiempo.

Quiénes Somos

- Laboratorio de Genética, Acuicultura & Biodiversidad y Departamento de Acuicultura, Universidad de Los Lagos.
- Gobernación Provincial de Osorno (mandante).
- Ilustre Municipalidad de San Juan de La Costa.
- Universidad de Santiago de Chile (USACH); Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CECTA).
- University of Ghent, Bélgica, Laboratory of Aquaculture & Artemia Reference Center (ARC).

Referencias

1. Las buenas y malas noticias del PDACH. Aqua.cl, Septiembre 2014.
2. La diversificación acuícola chilena y el requerimiento de la dieta viva Artemia. VD Enero 2013.
3. El rol del crustáceo Artemia para el desarrollo de la Larvicultura de peces marinos: Un diálogo necesario para la diversificación acuícola. VD Septiembre 2014.
4. <http://www.mundoacuicola.cl/?/5/62096/efectuan-taller-sobre-larvicultura-de-peces-marinos-y-diversificacion-acuicola>.

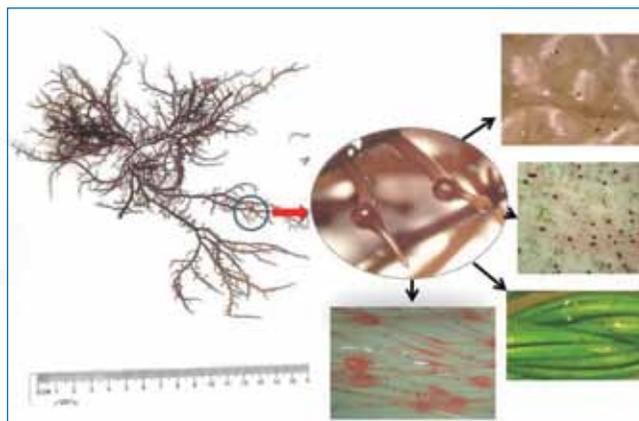
La UNAP aporta al desarrollo sustentable de la acuicultura en la región de Los Lagos



Conscientes de la importancia que representa para la región el aporte de la Acuicultura, los investigadores del Instituto de Ciencia y Tecnología de la Universidad Arturo Prat (UNAP), se encuentran desarrollando iniciativas financiadas por entidades como FONDEF, FIP y FIC Región Los Lagos que aportan conocimiento sobre especies que son recursos nativos y alternativas para la sustentabilidad de esta actividad.

El proyecto FONDEF IT 14110126 de 24 meses de duración, dirigido por Marcela Avila, tiene como objetivo el desarrollo tecnológico del cultivo de carposporas de *Chondracanthus chamissoi*, un alga comestible del sur de Chile, que se conoce en la región como “chasca”. Es apoyado por las empresas Seaweed Export Company, Marine Seeds SA, Prodalmar SA, Roxana SA y el Sindicato de Algueras de Coliumo. La información de los resultados del proyecto será transferida a pequeños acuicultores, pescadores y recolectores que hoy trabajan con el recurso a través de programas educativos contextualizados en la Región de Los Lagos y Región del Bío Bío. El proyecto también, considera difundir material educativo, sobre la importancia de las algas en los ecosistemas costeros, a estudiantes de escuelas primarias básicas asociadas a las comunidades de pescadores algueros recolectores de algas.

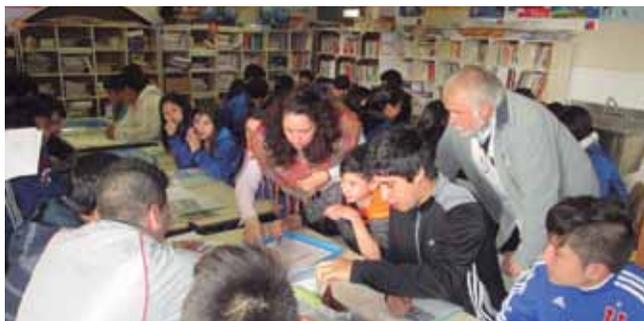
Chondracanthus chamissoi es un alga roja, característica del Océano Pacífico Sur, que se distribuye desde Paita, Perú (5° S) hasta Ancud , Chile (42°S). Crece en ambientes protegidos en la zona intermareal baja a submareal hasta 15 m de profundidad, en bahías protegidas del oleaje. Su tamaño es variable pudiendo alcanzar hasta casi 50 cm de longitud. Es un recurso de importancia comercial que se utiliza como alimento en países asiáticos, tienen alto contenido de calcio, sales minerales y también se usa como materia prima para la producción de carragenanos. Este último se usa como espesante y viscosante en la industria alimenticia. En el primer trimestre del año 2016 se



Siembra de esporas de chitoria (*Chondracanthus chamissoi*) en diferentes sustratos naturales y artificiales.

recolectaron ejemplares de la fase cistocárpica de distintas localidades del Golfo de Quetalmahue (Región de Los Lagos) y de la localidad de Coliumo (Región del Bio Bio) para cultivar carposporas en distintos tipos de sustratos para su fijación y crecimiento. Tanto en sustratos naturales (conchas blancas de moluscos) como artificiales (cuerdas de polietileno, nylon y polipropileno), se ha evaluado la fijación de las esporas, observando variaciones en densidad entre un sustrato y otro.

El Proyecto “TÉCNICAS DE MICROPROPAGACIÓN Y CRIOPRESERVACIÓN DE ALGAS DE IMPORTANCIA COMERCIAL EN EL SUR DE CHILE” código ID14 I10127, tiene como objetivo desarrollar técnicas que permitan propagar especies de importancia económica que actualmente son explotadas comercialmente, al mismo tiempo busca conservar propagulos de estas especies a través de la criopreservación, es financiado por Fondef y tiene una duración de 24 meses y fue adjudicado en el primer concurso Idea en dos etapas.



Actividades educativas realizadas en la Escuela Sol del Pacífico en la comuna de Ancud.



Su directora María Inés Piel W. señala que en el mes de mayo del 2015 se dio inicio al proyecto, donde se han realizado pruebas de micropropagación y criopreservación con varias de las especies de interés comercial en el sur de Chile. Entre las algas rojas las especies en estudio son *Gigartina skottsbergii* (luga roja), *Sarcothalia crispata* (luga negra), y *Gracilaria chilensis* (pelillo), las dos primeras productoras de carrageninas, mientras que la última produce agar. Las algas pardas de interés para este proyecto son *Lessonia trabeculata* (huirio palo) *Macrocystis pyrifera* (huirio o sargaso) y *Durvillaea antarctica* (cochayuyo).

Se han iniciado experiencias en micropropagación con algas rojas a partir de explantes y de esporas para estudiar el efecto de algunos fitoreguladores en la morfogénesis y crecimiento en macroalgas. Los fitoreguladores testeados son del grupo de las auxinas y de las citoquininas, probando además el efecto de combinaciones en diferentes concentraciones. Entre los efectos observados está la formación de callos o ramificaciones laterales en el caso de explante y mayor sobrevivencia y crecimiento en el caso de las esporas. Para algas pardas un grupo de fitoreguladores provocó inhibición de la maduración de los gametofitos interrumpiendo el ciclo de vida de la especie y por ende los gametofitos sólo presentaron un mayor tamaño sin haber fecundación.

En el caso de la criopreservación, que es una técnica mediante la cual se puede conservar material biológico en nitrógeno líquido a -196°C por un largo tiempo, de especies que podrían estar en peligro por sobreexplotación. En las pruebas realizadas con algas pardas se han obtenido excelentes resultados, con la especie *Macrocystis pyrifera* ya que se ha logrado el cultivo de gametofitos que han estado por 2 años criopreservados. Las muestras descongeladas, reaccionan en forma normal generando gametofitos fértiles, los cuales se reproducen dando origen a los esporofitos normales. De este proyecto se presentarán resultados en el XXII International Seaweed Symposium (ISS) que se llevará a cabo en Junio del 2016 en Copenhague, Dinamarca.



Explantes de *Sarcothalia crispata* con ramificaciones laterales y basales.

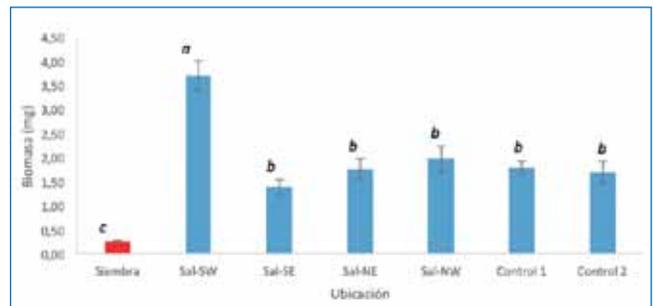


Estanque de criopreservación con muestras en criotubos.

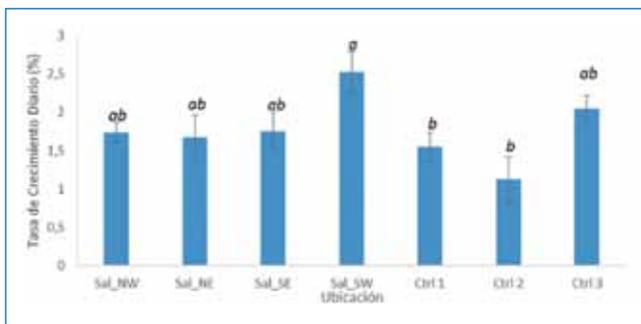
Otro proyecto está relacionado con la Acuicultura Multi-Trófica Integrada (sigla en inglés IMTA) como una herramienta potencial para ayudar a su desarrollo sustentable. Siguiendo esta línea la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, a través del Fondo de Investigación Pesquera (FIP), adjudicó la ejecución de una iniciativa de 12 meses a la Universidad Arturo Prat titulada "DETERMINACIÓN DE LOS IMPACTOS ASOCIADOS A LOS CULTIVOS DE MACROALGAS Y MOLUSCOS FILTRADORES Y SU INTERACCIÓN CON CULTIVOS DE SALMONIDOS", cuyo objetivo principal es evaluar el impacto del cultivo de salmones y la potencialidad de los cultivos multitróficos integrados con algas y mitílidos. La dirección de esta iniciativa está a cargo del Dr. Patricio Campos.

El módulo experimental se desarrolló en la concesión ubicada en Tenaun, perteneciente a la Empresa Salmones Austral SA., donde se evaluó el desempeño en la remoción de nutrientes provenientes desde el centro de salmones con Moluscos Filtradores (*Mytilus chilensis*) y Macroalgas (*Gracilaria chilensis* y *Gigartina skottsbergii*).

Los resultados indican que el crecimiento es mayor en el sector donde, por efecto de corrientes son arrastrados los nutrientes



Incremento en biomasa de mejillones (*Mytilus chilensis*).



Tasa de crecimiento de pelillo (*Gracilaria chilensis*) en cultivo multitrofico.

(nitratos y fosfatos) y que, al comparar el crecimiento obtenido entre el modulo experimental y los sitios de control, se observan diferencias significativas pero sin grandes variaciones. Estos resultados son consistentes con experiencias similares realizadas en otros lugares del mundo, como Canadá y España. Lo que sugiere que el emplazamiento de cultivos para la extracción de nutrientes debe ser fundado en estudios oceanográficos.

El proyecto “ ARRECIFES ARTIFICIALES PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LOS RECURSOS LOCO Y LUGA ROJA EN LAS AMERBS RIO JUANCHO Y LENCA, EN LA REGIÓN DE LOS LAGOS”, corresponde a un Programa de instalación de Arrecifes artificiales en áreas de manejo de pescadores artesanales en los sectores de Río Juancho y Lenca, en la Región de los Lagos, financiado por el Gobierno Regional Los Lagos y a cargo de Eduardo Bustos. El proyecto tiene una duración de 24 meses y tiene como objetivo aumentar la productividad de los recursos loco y luga roja en las áreas antes mencionadas.

En el caso del loco se incorporará alimento (chorito y piures), y en luga roja se instalarán redes inoculadas con plántulas. Esto, permitirá determinar si los arrecifes artificiales constituyen elementos potenciadores de la productividad en las AMERBS, así como también, evaluar el comportamiento de estas estructuras en estas áreas. Durante el desarrollo del programa se instalarán en cada área alrededor de 20 arrecifes, los cuales constituirán la base para que las organizaciones aprendan sobre instalación y manejo de éstos, como de los organismos que se adosarán a ellos.

Las áreas seleccionadas consideran dos ambientes completamente diferentes: en la Amerb de Río Juancho, el área se caracteriza por ser expuesta, netamente marina y batida por oleaje, al estar ubicada en la costa Pacífico. En cambio, en Lenca el área es protegida y tiene influencia de agua dulce, por situarse en el mar interior de Chiloé. Esto permitirá comparar el comportamiento de estas estructuras en dos ambientes tan opuestos. Finalmente cabe señalar que en este proyecto la innovación no es sólo de proceso sino también considera difusión y transferencia tecnológica por medio de investigación participativa y fomento de la cultura innovadora.



Imagen de arrecifes en la playa de lenca



Cuelga de pelillo



Cuelga de chorito



Arrecifes instalados en el fondo marino con caracol negro.

El Instituto de Ciencia y Tecnología de la Universidad Arturo Prat, cuenta con cerca de 25 profesionales con distintas especialidades, ubicado en Ejercito 443, Puerto Montt.

Floculación Hidráulica en Recirculación

IMPORTANCIA Y EXPERIENCIA

SpaFish Austral
by Dinotec Chile Ltda.

Por Hernán Chacón C. - hchacon@dinotec.cl

Introducción

Considerando que siempre la administración del recurso natural AGUA, es cada día mas escaso y complejo de tratar por sus continuos e inesperados cambios fisicoquímicos, acompañados permanentemente de cambios climáticos de carácter extremo, o por escasez, por falta de precipitaciones, exceso de lluvias. En algunos casos por estos efectos se producen cambios geológicos en cauces de ríos. También por actividad sísmica o volcánica que generan constantemente cambios en la calidad del agua.

Lo anterior nos obliga a sortear nuevos y grandes desafíos en forma permanente de cómo efectuar los tratamientos de aguas crudas y en el acondicionamiento para la obtención de calidad del agua requerida. Siempre estaremos en continuos cambios los que muchas veces debemos sortear con tratamientos reactivos, o de contingencia y tardíos.

Por esta razón cobra cada vez mayor importancia, el optimizar la preparación de este recurso, mediante tratamientos preventivos que busquen la estabilización y el acondicionamiento para la obtención de la calidad del agua necesaria para producción.

El tratamiento de agua normalmente se realiza en forma química y/o física para el acondicionamiento del agua cruda, sin embargo también cobra real importancia el diseño hidráulico, sean estos en anillos o estructuras hidráulicas para efectos de flujo y direccionamiento de este recurso para los distintos usos, sin embargo creemos necesario que en todo proceso básico o elemental de tratamiento en aguas crudas, debe comenzar desde una decan-

tación por rebalses vía gravedad o mecánicas, como procesos básicos y elementales en el tratamiento del agua, antes de iniciar procesos mecánicos, químicos y/o físicos en la preparación para la calidad del agua. De esta forma se garantizan la reducción de costos operacionales y de mantención los que finalmente incidirán en la determinación de distintos componentes complementarios tecnológicos para la obtención de calidad del agua necesaria para el proceso productivo en salmonicultura.

Los procesos de tratamiento de aguas crudas por decantación tienen como objetivo la de acopiar el agua en distintos estanques a distintas alturas las que dependiendo de los tipos de diseños seleccionados que permitan la precipitación de las macro partículas inorgánicas y orgánicas, sólidos en suspensión, utilizando la gravedad en el rebalse del agua aun cruda o con ayuda mecánica por medio de motobombas, permitiendo de esta forma acopiar en cada proceso de decantación la obtención de mejor calidad de agua.

Experiencia en Floculación

La experiencia de Dinotec Chile Ltda en una planta de tratamiento para la retención de metales como el Aluminio, Cobre y Hierro entre otros y conjuntamente materia orgánica en suspensión, en agua dulce de río para un proceso de recirculación, fue exitosa.

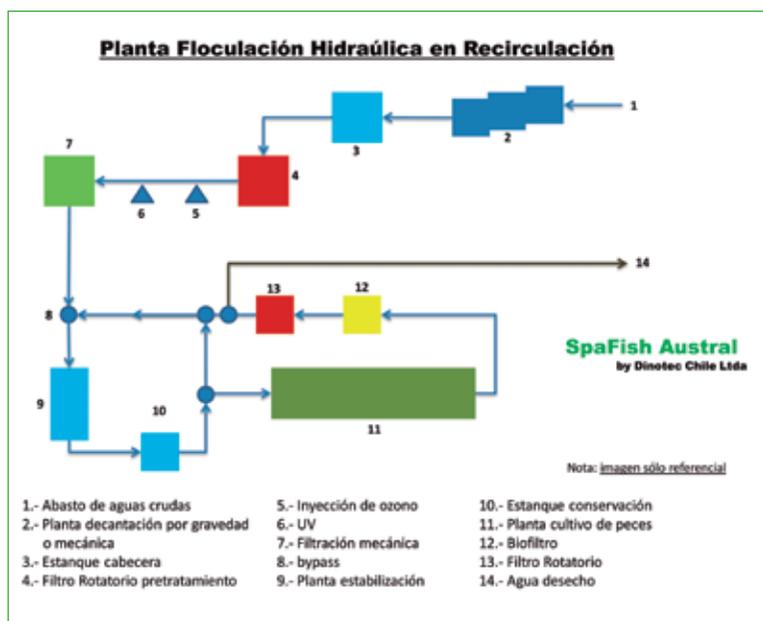
La planta Dinotec Chile Ltda tuvo por objeto la eliminación de gran parte del particulado en suspensión, tanto de materias inorgánicas como orgánicas, post plantas de tratamiento primarias.



Imagen 1. Vástago Difusor con Biofilm colesterol hidráulico.



Imagen 2. Interior de cilindro de filtración con demarcación de biofilm.



Con la tecnología diseñada en Alemania se logra la reducción del particulado en suspensión, mejorar la nitidez, claridad, y oxigenación del agua. Esta tecnología desarrolla una floculación hidráulica mecánica en recirculación.

Este proceso de floculación en recirculación se efectuó con agentes floculantes naturales que cuentan con clasificación de riesgo conforme con la Norma Industrial Alemana, que asegura que no se producirán efectos colaterales o secundarios. Los efectos residuales que pudiesen traspasar a las líneas de producción en el cultivo de peces, no generan contaminación o efectos nocivos. Cuando esta agua, pasa a deshecho o son vertidas a plantas de tratamiento residual, no producen contaminación ambiental. Por lo tanto, esta tecnología floculación hidráulica es un producto seguro y amigable con el medio ambiente. Este residual tiene un valor agregado para otros procesos productivos.

La tecnología empleada por SpaFish Austral para la retención de minerales en el agua, puede ser instalada y conectada al interior de un contenedor con aislación térmica, de fácil desplazamiento, transporte, seguridad. Para ser conectada hidráulicamente desde su exterior, con toda la instalación eléctrica, sistemas computarizados probados, antes de su despacho.

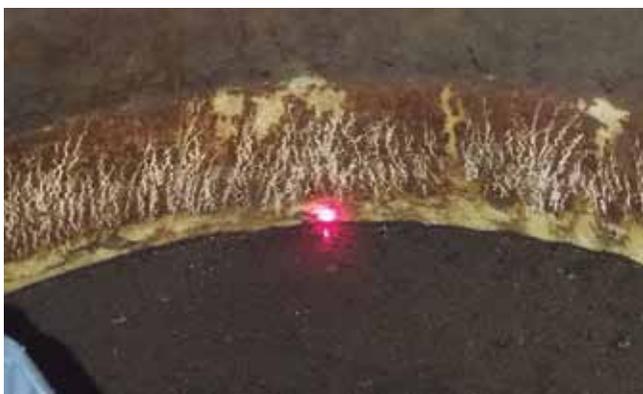


Imagen 3. Interior del filtro destacando biofilm mineralizado.

La instalación cuenta con unidades de cilindros de filtración verticales montados sobre plataformas antivibraciones, plataforma de colectores individuales, doble salida superior de difusores, escotillas en distintos niveles para facilitar proceso de mantención y recambio de cargas, cargas filtrantes de última generación y visores de supervisión con iluminación hacia el interior de la unidad de filtración con la finalidad de tener una visión ocular para la supervisión del comportamiento de las cargas filtrantes tanto en procesos de filtrado como de mantención, efectos del agua con la reacción de los agentes floculantes naturales en distintos procesos y control de calidad de agua.

Cuenta con sistemas de análisis químico en línea y corrección in situ de los factores pH (+) y pH (-), Redox, Mv, y medición de la temperatura del agua en flujo medición desde los ductos hidráulicos. Estos parámetros básicos de control son requeridos para la preparación de agua de estabilización y conservación necesarias en la reposición de agua, según sea la tasa de recirculación programada en planta.

programada en planta.

También cuenta con un computador central de operación de los sistemas de los cilindros de filtración dejando en todo momento registro de la operación y control. Además cuenta con un sistema de supervisión de mantención, en forma independiente, de cada equipo de filtración lo que permite hacer las correspondientes correcciones y ajustes acorde a los parámetros previamente programados.

La planta Dinotec Chile Ltda funciona en forma independiente del sistema de bombeo del flujo de agua de la planta general, por lo tanto puede funcionar en forma autónoma con sus propias motobombas para suplir el bombeo de la planta en flujo del agua de río y desde los sistemas de filtración primarias o en forma complementaria a ésta. Sin embargo, estas motobombas de la planta de Dinotec Chile Ltda, se utilizan principalmente para efectuar la mantención de las capas filtrantes de cada cilindro de filtración y dirigir la evacuación de aguas residuales.

Planta primaria de tratamiento de agua dulce cruda

Generalmente existe una planta de pretratamiento primaria que se inicia en un pozo de captación de agua del río, (Aguas Crudas sin tratamiento) la que debiera acumular el agua en un pozo,



Imagen 4. Carga filtrante saturada de biofilm.



Imagén 5. Proceso de floculación en ejecución.

mediante motobombas que las impulsan a distancia directamente a un estanque de cabecera, la que es captada desde un filtro rotatorio, donde posteriormente se inyecta ozono, después pasa por dos sistemas de filtración mecánica con una composición de carga filtrante tipo mono carga. Luego esta agua pre-tratada pasa por un sistema de radiación UV, para ser dirigida a producción.

Esta situación es generalizada en las plantas de pisciculturas y se observa lo siguiente:

- Carga Filtrante saturada con exceso de residual orgánico.
- Carga filtrante con lodo.
- Carga filtrante se identifica como tipo mono carga, no multi capa, como fue informado.
- Carga filtrante para el tratamiento de calidad de agua potable.
- Carga filtrante no apta para este proceso de tratamiento agua cruda de río.
- Menor carga filtrante que la recomendada.
- Granos de carga filtrante cubiertos con biofilm evitando su retención.
- Pared interior de los filtros presentan un espesor de 0,2 a 0,5 mm de biofilm.
- Difusores interiores como exteriores con exceso de biofilm.
- Granulometría filtrante compacta y saturada, sin capacidad de retención.
- Carga filtrante sin capacidad de filtración.
- Visor de agua interior cubierto por residuos orgánicos y biofilm.
- Alta concentración orgánica en superficie de la carga filtrante (restos vegetales).

Falta de mantenimiento en las unidades de filtración Mecánica

Las plantas primarias de filtración operan deficientemente. Cuando el montaje de las válvulas de vías en la distribución hidráulica, las que conectan las válvulas de vías con el cilindro de filtración es errado, no permiten efectuar una correcta y eficiente mantención. Pues la retención del particulado en suspensión no es retenido en forma uniforme por la masa filtrante.

La condición en los filtros primarios no permite una distribución del flujo de agua, el que debe ser distribuido en forma uniforme, tanto en volumen como en velocidad. Con el montaje errado antes descrito, en cada movimiento de válvula de vía la distribución de agua es siempre dispareja, produciendo que el trabajo de filtración y retención del particulado sea poco efectivo, aumentan-



Imagén 6. Capacidad de retención por floculación en 48 hrs.

do considerablemente la formación y descomposición orgánica en el interior de cada unidad de filtración, siendo arrastrada esta materia orgánica vía ductos hidráulicos hacia las unidades de cultivo de peces. Ante esta alta concentración orgánica la radiación UV es realmente muy poco efectiva.

Cuando falta una de las cinco válvulas de vía por unidad de filtración, se continúa provocando sobre saturación orgánica prematura por acumulación orgánica y lodo, creando un biofilm metalizado sólido y concentrado en sus paredes, con la acumulación en el tiempo (a lo menos 6 meses) de metales como el cobre y aluminio, los que son liberados masivamente ante los cambios de pH y de temperatura dentro de las unidades de filtración.

Generalmente no hay registros de mantención o de limpieza para remover las gruesas capas de biofilm adheridas tanto en la pared interior del filtro, como también en los ductos hidráulicos. Este biofilm es el causante de retener constantemente desde el flujo de agua dulce del afluente (río) las materias orgánicas e inorgánicas que son arrastradas desde el pozo de acumulación y succionadas desde las motobombas hacia el estanque de cabecera, las que no logran ser filtradas o retenidas. Las partículas en suspensión en las capas filtrantes, solo pasan por estas capas como flujo abierto sin retención.

Entonces, cuando el río trae aguas turbias o no viene transparente por malas condiciones climáticas, sean estas por lluvias, vientos, paso de animales o mayor caudal que levanta la sedimentación del lecho del río, los sistemas de filtración no son capaces de efectuar retención alguna del particulado en suspensión. Por lo tanto, dado el mal diseño hidráulico de las válvulas de vías de los sistemas de filtración, causan la adhesión de la materia orgá-



Imagén 7. Proceso de floculación de Al en ejecución



Imagén 8. Demo floculación post tratamiento primario.

nica por presión al interior de las paredes del filtro, generando un biofilm de gran espesor con un efecto de retención y acumulador, es decir como una esponja absorbente.

Las unidades de filtración, no están diseñadas para contener un alto nivel de concentración orgánica y para retener sedimentación de lecho de río. Para eso está la tecnología por decantación en rebalse natural gravedad o mecánica, sin aplicación de componentes químicos, es decir es un tratamiento preventivo de alta eficiencia, inexistente en este caso.

COLESTEROL hidráulico + Biofilm MINERALIZADO = Biofilm METALIZADO

La acumulación de biofilm de fácil extracción en las paredes de los cilindros de filtros, biofiltros y rota filtros o en la adhesión en la trayectoria del ducto o anillo hidráulico se conoce como COLESTEROL hidráulico. Cuando esta concentración se adhiere en forma mas compacta SIN formación de raíces en las paredes y que requiere de mayor tecnología y esfuerzo en su extracción se esta generando otro concepto que es el llamado Biofilm MINERALIZADO.

Cuando la densidad del biofilm logra concentrar un mayor volumen de minerales logrando formar raíces impregnadas adheridas a las paredes y cristalizadas y cuando el espesor es superior a 1 mm aprox, pasa a llamarse Biofilm METALIZADO. Cuando esta concentración se detecta es muy difícil lograr su eliminación, ya que se adhiere principalmente en juntas, en las uniones o en las irregularidades interiores hidráulicas del anillo.

Las paredes interiores de los cilindros de filtración son de una superficie muy irregular, igual que en los filtros rotatorios y es ahí donde se impregnan las raíces. Esto también se detecta muy a menudo en los biofiltros y en mayor medida en los filtros rotatorios de las unidades de producción.

Los BIOFILTROS y los FILTROS ROTATORIOS pueden ser afectados por una capa de biofilm metalizado y de colesterol hidráulico acumulados y concentrados en su interior, que ocurre principalmente por la aplicación en exceso de alimento y por falta de limpieza o rutinas de mantención en los ductos hidráulicos, especialmente cuando se está en el desarrollo de las primeras alimentaciones en el cultivo de peces. Generando altos niveles de nitratos, nitratos y amonio, lo que posteriormente causa mortandad.



Imagén 9. Flóculo retenido de Al 0,11 mg, agua transparente.

Pruebas de Floculación

Pruebas de floculación hidráulica mecánica para la retención de aluminio en flujo abierto realizadas desde una laguna con alta concentración desde 2.0 a 0,11 mg/l de Al, mostraron que la aplicación del agente floculante diseñado para procesos en recirculación mostraron los siguientes resultados a destacar:

Ingreso Al mg	Salida tratamiento de floculación mg	Medición de flóculo mg
0,11	0,08	s/m
0,11	0,04	s/m
0,11	0,03	s/m
0,11	0,01	s/m
0,11	0,00	s/m
0,11	0,00	0,11 mg de retención de Flóculos con Al

El mismo agente floculante podría ser utilizado en flujo abierto, pero tendría un aumento en consumo de mas de 54 veces, lo que en términos económicos lo hace inviable. Sin embargo utilizando la metodología de recirculación su uso es altamente efectivo en la retención de minerales y de materia orgánica, siendo de muy bajo costo. Las pruebas demostraron claramente que el agente floculante natural es altamente eficiente considerando la tecnología de aplicación para la retención de minerales, específicamente Al, Fe y Cu sea por recirculación.

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: pag, 26 y 27.
- Chacón, SpaFish Austral, Tratamiento preventivo de agua por floculación hidráulica, Versión Diferente 2014 año 11: N° 20 pag, 38 y 40.
- Chacón, H., Pessot, C Spafish Austral, Aplicación de floculación hidráulica y mecánica como alternativas de estabilización y corrección de la calidad del agua para la industria acuícola en Chile. Versión Diferente 2014, año 11 N° 20 pag 42 a 45.
- Chacón, H, Pessot, C, SpaFish Austral, Pretratamiento y estabilización para la calidad de agua en sistemas de recirculación con tecnología Oxy Ozono, 2014 año 11, N° 21 pag, 50 a 55.
- Chacón, H., SpaFish Austral, Reducción del biofilm por floculación hidráulica, Versión Diferente 2015 año 12 N° 23 pag, 102 a 103.



7 PLAGAS

Pest Control



Matamos por Encargo...

SERVICIOS

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



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

Fono Fax (65) 2 253203 / 2 480625 Cel. 6830 1662 / 6830 1647

Av. Presidente Ibáñez 352 - Puerto Montt

Info@7plagas.cl - www.7plagas.cl

Temuco Valdivia Osorno Puerto Montt
Chiloé Coyhaique Puerto Aysén

Hoja de Ruta programa estratégico regional para la Industria de la Mitilicultura

CORFO



La Hoja de Ruta del Programa Estratégico Regional –PER– para la Especialización Inteligente de la Industria de la Mitilicultura de la Región de Los Lagos, surge como una iniciativa impulsada por CORFO para coordinar los esfuerzos de todos los agentes institucionales, de investigación y de representación empresarial de la región a favor de la promoción del impulso de la competitividad de la industria del mejillón regional a nivel tanto nacional como internacional.

Esta iniciativa se constituye sobre la base de los programas impulsados por diversas instituciones para promover el desarrollo del sector en los últimos años, como la Estrategia Regional de Innovación realizada por el Gobierno Regional en la que se consideraba a la mitilicultura como un sector estratégico, y la Mesa Público-Privada para la mitilicultura puesta en marcha por el Gobierno Regional junto a SERCOTEC y con fondos de financiamiento del Fondo Nacional de Desarrollo Regional FNDR.

En este esfuerzo han participado de manera activa las empresas y los agentes empresariales, institucionales y de investigación con interés en el desarrollo de la industria, como son los representantes institucionales de ámbito nacional y regional, como la SEREMI de Economía, el Gobierno Regional, CORFO, SERCOTEC, SERNAPESCA, SUBPESCA, SENCE, las Municipalidades, el IFOP, la CONADI, junto a representantes empresariales como AMICHILE, las Agrupaciones Gremiales de mitilicultores, y las Federaciones de pescadores artesanales, e Institutos de investigación como INTEMIT y Universidades.

En efecto, la industria del mejillón regional ha vivido un fuerte crecimiento en los últimos años, y esta evolución ha facilitado que en la actualidad y de cara al futuro, sea considerado como un ámbito de actividad empresarial estratégico para la región.

En este contexto, el objetivo de esta Hoja de Ruta consiste en establecer los ámbitos estratégicos y las iniciativas e instrumentos oportunos para articular y organizar los procesos de impulso al crecimiento del sector no solamente en volúmenes de actividad, sino sobre todo, en materia de capacidad de creación de valor añadido, de innovación y de aplicación de conocimientos y tecnologías para su especialización inteligente en el contexto global. La construcción de esta Hoja de Ruta se ha dado en un trabajo participativo de los diversos componentes o estamentos de la Industria Mitilicultora, tanto públicos, privados, representantes sociales y de la academia, lo cual ha permitido en una constructiva discusión, definir y priorizar las brechas y ámbitos de acción que permitan impulsar la competitividad de esta industria regional.

Atendiendo a los requerimientos establecidos en la Guía de CORFO, las herramientas metodológicas utilizadas han combinado el trabajo de gabinete, junto al trabajo de campo dirigido a promover y facilitar la participación activa de los agentes representativos de la industria de la mitilicultura de la Región de Los Lagos.

Así, el proceso participativo llevado a cabo ha estado dirigido a generar discusión entre las empresas del sector respecto a las brechas y los ámbitos de acción a priorizar para impul

sar la competitividad de la industria mitilicultura regional. Este proceso participativo se ha realizado a partir de entrevistas en profundidad, y talleres de trabajo en los que han participado las empresas. Adicionalmente, se ha realizado una encuesta que ha sido respondida por una muestra de empresas del sector de la mitilicultura de la Región de Los Lagos.

La concreción de la Hoja de Ruta se ha realizado mediante el diseño y definición de dos planes de actuación:

- Plan Estratégico de Acción (S-Plan).
- Plan Operativo de Acción (T-Plan).

El Plan Estratégico de Acción (S-Plan) , ha tenido como objetivo orientar las iniciativas a impulsar para el desarrollo de la industria en los próximos años, haciendo presente de manera activa las demandas, opiniones y aportaciones de las empresas de los diversos eslabones de la cadena de valor a nivel local.

Así, los representantes de la industria han demandado la apertura del proceso participativo a todos los representantes empresariales de los diversos eslabones de la cadena de valor. La razón para llevar a cabo este enfoque de trabajo para la orientación de las bases del Plan Estratégico de Acción (S-Plan), ha consistido en que esta Hoja de Ruta permita garantizar la representatividad de todas las empresas del sector , para que tenga efectividad y las empresas se impliquen posteriormente en su implementación.

Adicionalmente, la industria presenta una serie de retos de carácter territorial, que también indicaban la adecuación de abrir la participación en el proceso a los representantes en los territorios y el ámbito local, como son:

- Alta presencia de pesca artesanal y MIPES que representan una parte importante de los eslabones de captación de semilla y engorda, y que tienen su campo de trabajo a nivel local, a donde resulta necesario acudir a facilitar su participación en los procesos de diseño estratégico para el impulso de la industria.
- Alta demanda de concesiones de explotación mitilicultora, en un ámbito territorial con una capacidad de desarrollo limitado, lo que implica la necesidad de acudir al territorio para conocer e involucrar a las pequeñas empresas que afrontan estos retos.
- La situación anterior implica un reto para el territorio en materia de ordenamiento y desarrollo de infraestructuras. En este sentido, resulta necesario acudir a los territorios a realizar los procesos de reflexión estratégica para involucrar a las empresas locales en procesos de sustentabilidad para el impulso de sus actividades.

Por todas estas razones, los representantes empresariales e institucionales del sector han planteado la adecuación de realizar el Plan Estratégico de Acción (S-Plan) mediante un proceso participativo abierto a todas las empresas y agentes en el territorio.

En este sentido, resulta necesario destacar que este proceso de orientación estratégica, no debía quedar solamente en el ámbito de trabajo de un reducido grupo de expertos, sino que por el

contrario, había de conseguir el involucramiento del más amplio número posible de empresas en el territorio.

En lo relativo al Plan Operativo de Acción (T-Plan) , ha tenido como objetivo establecer y priorizar las soluciones y recursos necesarios para el impulso de la competitividad y la especialización inteligente de la industria en el ámbito global, en los temas establecidos por parte del Plan Estratégico de Acción (S-Plan).

La mitilicultura de la Región de Los Lagos ha presentado un importante crecimiento en volumen de producción en la última década, en que ha pasado de una producción de 60.708 toneladas en 2003 a un total de 231.659 toneladas en 2014, generando un volumen de exportaciones de FOB MMUS\$ 188.849, lo que representa el 4,3% de total de las exportaciones regionales.

En el año 2012 existen en la región 619 empresas, de las cuales un 89% son MIPES y un 11 son grandes empresas, que gestionan un total de 1.133 concesiones de acuicultura autorizadas para la producción de mitílidos.

El desarrollo de la industria de la mitilicultura en esta última década ha estado determinado por la fuerte demanda de productos del mejillón existente en los mercados internacionales, principalmente en países europeos como España, Francia, e Italia, que junto a Rusia y Estados Unidos, son los destinos que concentran el 65% de las exportaciones totales de mejillón (*Mytilus chilensis*) desde Chile.

La especialización de la industria del mejillón de la Región de Los Lagos, se concentra esencialmente en la exportación a los mercados internacionales de productos congelados de carne, media concha y entero (jugosón) junto a la conserva, ya que el mercado nacional y regional de producto fresco no se encuentra desarrollado en la actualidad como una especialidad de la industria.

Así, el 91,6% de los desembarques de mejillón en la región fue destinado como materia prima principalmente para las líneas de elaboración de congelados, conservas y fresco enfriados. De la producción total, el 90% se exportó, siendo los congelados el 96% de los envíos.

En este contexto, la industria mitilicultora en Chile sigue manteniendo oportunidades en la diversificación y expansión de mercados, considerando las tendencias actuales orientadas, sobretudo, a la alimentación saludable, donde el mejillón puede y debe ser un actor, tanto en sus mercados tradicionales como en los potenciales, no descartando al mercado doméstico, el cual, mediante las estrategias adecuadas, puede crecer en importancia relativa.

La cadena de valor de la industria de la mitilicultura de la Región de Los Lagos se encuentra integrada por las etapas de producción de semillas, cultivo, y procesamiento y comercialización.

La captación de semillas se concentra en los procesos de captación de las semillas de mejillón, que en la actualidad se realiza en el medio natural (mar), esencialmente en cultivos realizados a través de colectores flotantes.

La semilla de mejillón es un aspecto clave para la sustentabilidad de la industria, sin embargo aún adolece de conocimiento y control. Sus variables asociadas a la disponibilidad aún se desconocen en gran medida, no pudiéndose programar una producción de éstas a ciencia cierta, con las consiguientes amenazas de no contar con suficiente cantidad para absorber la demanda de mejillón de los procesos posteriores de producción.

En cuanto a la fase de engorda del cultivo, desarrolla las actividades necesarias para que el mejillón crezca y engorde hasta convertirse en un mejillón adulto de talla comercial listo para cosecharse.

Una vez cosechado, el mejillón se transporta a las plantas de procesamiento, con las líneas de producto de congelado, con servas y frescos enfriados, que son destinadas directamente a la comercialización.

La contribución de las dos fases de captación de semilla y de cultivo a la especialización de la industria en los mercados internacionales, se centra en el mantenimiento de la capacidad de producción de semillas, y en la sustentabilidad del entorno natural y en la tecnificación de los procesos de producción para conseguir un mejillón de calidad y con garantías de abastecimiento. Por su parte, la contribución de las fases de procesamiento y co-

mercialización a la especialización de la industria se centran en la actualidad, en la capacidad para procesar de manera eficiente el volumen de producción cosechado, y en conseguir mercados para introducir el volumen de producción.

Adicionalmente, los servicios anexos a la mitilicultura han tenido cierta evolución positiva en cuanto a dar respuestas más específicas para abordar los retos del mejillón, esencialmente mediante el desarrollo de laboratorios de análisis, fábricas de insumos, buzos, procesamiento, etc.

En este contexto, según el diagnóstico de la situación del sector de la mitilicultura en la Región de Los Lagos, el análisis FODA se presenta en la siguiente tabla.

OPORTUNIDADES

- Mercado con alta demanda por el producto.
- Mercado de venta en proceso de diversificación y en expansión.
- Mercado con altas tasas y proyecciones de demanda para exportar.
- Potenciar el mercado nacional con una estrategia de marketing público. Medio ambiente acuático y bahías apropiadas para la actividad.
- Implementación de Políticas de especialización territorial que favorece
- los espacios de cooperación.
- Disponibilidad de información y conocimiento a nivel internacional que se puede obtener, analizar y difundir.

DEBILIDADES

- Falta de infraestructura básica de apoyo en ciertas áreas de operación de la industria.
- Falta de mecanización de los pequeños Mitilicultores. (maquinaria para siembra y cosecha, impedimento para crecer).
- Desafío de mantener constante la calidad del producto (estandarización de la siembra).
- Precio de venta del producto final (se mantiene fijo en el tiempo y con tendencia a la baja).
- Necesidad de estudios e investigaciones en relación a temas como la escasez de semillas, la capacidad de carga, verificación y control medioambiental.
- Falta de conocimiento biológico básico de la especie
- Zonas y condiciones sanitarias no estandarizadas
- Bajo nivel de capacitación en la mano de obra de producción e industria. Infraestructura básica de apoyo.
- Falencia de coordinación del sector publicopúblico.
- Falencia de optimización del recurso semilla para disminuir pérdidas en la siembra para engorda.
- Informalidad laboral en captación de semilla.
- Presencia de "ilegalidad" en la captación de semilla y engorda.
- Falencia de estandarización y optimización del recurso agua y del recurso mejillón, desconociendo los requerimientos de producción necesaria en cada etapa de producción.

FORTALEZAS

- Mejillón es una buena fuente de proteína a un costo muy competitivo. Volumen del mejillón cultivado, creciente y estable en el tiempo.
- Capacidad productiva y exportadora.
- Capacidad de generar valor agregado (jugosón y media concha).
- Importante peso en el empleo regional.
- Vinculación creciente entre el sector Público /Privado/ Académico
- Existencia de un mesa sectorial que consensua las demandas de
- I+D y centra las negociaciones con la autoridad y servicios públicos normativos y fiscalizadores.
- Ausencia de enfermedades masivas y de importancia.

AMENAZAS

- El mejillón afecto a riesgo de la naturaleza tales como Floraciones Algales Nocivas (FAN), contaminación por bacterias, incremento de la concentración de metales.
- La producción de semillas y engorda depende del Medio Ambiente, afecta la programación de la producción.
- Costos de Muestreo ambiental (INFA) y Programas Sanitarios (PSMB).
- Interacción con otras actividades en el uso del borde costero.
- Poca coordinación y duplicidad de esfuerzos de instituciones dedicadas al desarrollo del sector
- Lentitud e incertezas en el ordenamiento territorial que otorga el uso de las concesiones marinas (RNA, AMERBS)
- No existe desarrollo de instrumentos financieros que se adapten a la realidad de pequeños y medianos productores.
- Alta competencia internacional.

Fuente: diagnóstico de la Etapa I de la Hoja de Ruta

1. Visión

Sobre esta base, la Visión para orientar el desarrollo competitivo de la industria validada por los agentes y empresas del sector consiste en “Desarrollar una actividad eficiente económicamente de elaboración de alimentos saludables de clase mundial basados en el mejillón, con valor nutricional, identidad regional y calidad apreciados por los mercados nacional e internacional, que sea sostenible económica, social y ambientalmente, y que cree valor para el territorio, las empresas y las personas”.

Para el desarrollo de esta visión en los próximos años, la industria ha de afrontar retos competitivos como los siguientes:

- Desarrollar conocimiento y nuevos horizontes de productos-mercados, mediante la especialización en el concepto de “alimentos saludables”, sobre la base del conocimiento en profundidad de los valores nutricionales del mejillón y de la información sobre sus propiedades y beneficios a los consumidores, atendiendo y respetando las legislaciones y normativas existentes en los mercados de destino en dicho ámbito.
- Diseñar nuevos productos coherentes y consistentes con los atributos relacionados con la calidad, especialización, e identidad regional, con la finalidad de ser identificados, reconocidos y crecientemente valorados en los mercados tanto nacional como internacional.
- Afrontar el reto de la sustentabilidad de la actividad de la mitilicultura, para ser más selectivo en la utilización de los recursos, mediante:
 - El desarrollo de conocimiento y aplicación de tecnologías para garantizar el suministro de mejillón en los próximos años y la eficiencia en su explotación.
 - La conservación y la mejora del medio natural en el que se crían las semillas y se cultivan el mejillón, fomentando su producción y comercialización de productos de creciente valor añadido que se posicionen en los mercados en los segmentos de menor volumen y mayor precio.
 - La distribución y el incremento de la eficiencia en la remuneración de las actividades empresariales en todos los eslabones de la cadena de valor de la industria.
 - Mejorar el ordenamiento territorial, con el objeto de asegurar abastecimiento de semillas y la productividad.
 - Mejorar la capacitación y especialización del capital humano.

2. Brechas priorizadas de la Industria de la Mitilicultura

Las brechas priorizadas durante el proceso de elaboración de esta Hoja de Ruta se encuentran relacionadas por una parte, con las plataformas tecnológicas habilitantes, esencialmente en materia de la mecanización o automatización de procesos, sobre todo en la etapa de mar, tanto en la producción de semilla como en la de engorda.

También se ha identificado como relevante la falencia de conocimiento de la especie, de los procesos de producción, así como las infraestructuras para el desarrollo de la I+D+i. En este sentido, el know how acumulado se encuentra en las empresas y en los centros académicos, y se han ejecutado una gran cantidad de proyectos de I+D+i, con resultados exitosos aunque disímiles entre sí.

Aún así, se ha identificado la necesidad de desarrollar más y mejores programas que incentiven la inversión de las empresas en I+D+i, en ámbitos como la optimización del cultivo y la producción del mejillón en ambientes limpios y sustentables, y el estudio sobre la capacidad de carga y sobre aspectos sanitarios, con la finalidad de promover el desarrollo competitivo de una industria mitilicultora competitiva y sustentable.

Adicionalmente, el capital humano continúa siendo una brecha a mejorar en la industria mitilicultora, faltando especialización en muchos casos.

También la infraestructura física de soporte manifiesta debilidades, en temas como puertos, zonas de desembarque, sistemas de carga y descarga, etc.

Por otro lado, la asociatividad del sector ha ido ganando espacios con la constitución de varias asociaciones, las cuales han ido buscando mejorar las condiciones de entorno para sus miembros.

Sin embargo, aún queda mucho por hacer, en aspectos tales como coordinación y otorgamiento de recursos para esfuerzos de I+D+i, gobernanza, manejo sanitario y ambiental y conexión eficaz y eficiente con el marco legal y normativo.



En base a esta estructura, durante la etapa de diagnóstico y levantamiento de brechas para la elaboración de esta Hoja de Ruta se identificaron las siguientes brechas competitivas y tecnológicas del sector:

Tabla: Relación de brechas competitivas y tecnológicas identificadas en la Etapa I de diagnóstico de la Hoja de Ruta

ÁMBITO ESTRATÉGICO ESTABLECIDO POR LA METODOLOGÍA CORFO	BRECHAS IDENTIFICADAS PREVIAMENTE DURANTE LA ETAPA I DE DIAGNÓSTICO Y LEVANTAMIENTO DE BRECHAS
TECNOLOGÍAS GENÉRICAS	TG1: Escasa incorporación de tecnologías en los procesos productivos y de servicios tecnológicos TG2: Monitoreo ambiental, y de capacidad de carga y rendimientos por zonas
CAPITAL HUMANO	CH1: Informalidad en la PYME CH2: Escaso manejo de conocimiento acerca de los ciclos naturales
NORMATIVAS, FISCALIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN	NFE1: Articular la agrupación de concesiones de mitilidos en los territorios. NFE2: Regularizar los permisos transitorios (ordenamiento territorial) NFE3: Evaluación impacto normas sobre productividad NFE4: Normativas para comercializar frescos
INFRAESTRUCTURAS Y EQUIPAMIENTOS	InfEqu1: Infraestructuras de carga y descarga
ASIMETRÍAS DE INFORMACIÓN	Alnf1: Gobernanza Alnf2: Agrupar a los productores más pequeños para que sean más competitivos Alnf3: Entidad para dar servicios a las empresas Alnf4: Necesidad de antenas tecnológicas
ACCESO A FINANCIAMIENTO	AFin1: Instrumentos financieros y de cobertura de riesgo (biomasa)
ACCESO A MERCADO INTERNO Y EXTERNO	AMerIntExt1: Fomento y promoción del consumo local AMerIntExt2: Apertura y mantenimiento de mercados nacionales e internacionales
PROFUNDIZACIÓN TECNOLÓGICA: CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO	CCT1: Conocimiento sobre la especie, la producción y el entorno. CCT2: Investigación asociada a la producción de semillas.
PROFUNDIZACIÓN TECNOLÓGICA: INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA	InfTech1: Necesidad de Centros especializados en I+D+i, y necesidad de un agente que coordine los esfuerzos de los investigadores en el campo de la mitilicultura. InfTech2: Infraestructuras para investigación.
CAPITAL HUMANO AVANZADO	CHAvan1: Necesidad de empresarización de los pequeños productores. CHAvan2: Necesidad de especialización de los proveedores de insumos del sector. CHAvan3: Falencia de coordinación del capital humano existente para investigación en el campo de la mitilicultura.

3. Agrupación y relación de brechas priorizadas

Tal y como establece la metodología de CORFO para el diseño de la Hoja de Ruta, se ha procedido a realizar una priorización de las brechas atendiendo a la agrupación por ámbitos de acción de mercado, producto, tecnologías y recursos.

Para ello, se ha tomado como base los resultados obtenidos durante la realización del trabajo participativo. Esta agrupación se ha realizado mediante el procesamiento de la información recopilada, para establecer una definición de las brechas, coherente,

consistente e integrada de todos los aportes y resultados obtenidos en las diversas actuaciones llevadas a cabo en el trabajo de campo (encuesta, entrevistas y talleres).

El objetivo de esta agrupación ha consistido en relacionar las brechas competitivas y tecnológicas identificadas del sector en la actualidad, con los factores de competitividad y desarrollo tecnológico que conforman el contexto en el que habrá de especializarse de manera inteligente el sector en los próximos años.

Con el objetivo de impulsar esta especialización inteligente del sector, el agrupamiento de las brechas se ha establecido mediante su ordenamiento en base a los factores que afectan a la industria y al territorio en que ésta se desarrolla, como son la globalización, los retos sociales, de conocimientos y tecnológicos, los mecanismos competitivos y los recursos en el territorio.

Gráfico: Agrupación de brechas según los factores que inciden en el desarrollo competitivo y la especialización inteligente de la industria de la mitilicultura



RESULTADO DEL TRABAJO PARTICIPATIVO CON AGENTES DURANTE LA ETAPA II DE DISEÑO DE LA HOJA DE RUTA

BRECHAS PRIORIZADAS POR AGRUPACIÓN DE ÁMBITOS DE ACCIÓN

ÁMBITOS DE ACCIÓN	PRELACIÓN DE BRECHAS "RELACIÓN DE BRECHAS PRIORIZADAS"
MERCADO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Impulsar la apertura de mercados nacional (fomento y promoción del consumo local y del sector público) e internacional (diversificación de segmentos de mercado objetivo). 2. Ampliar la gama de productos para desarrollar diversos segmentos de mercado. 3. Cooperación entre empresas para acceder y desarrollar mercados.
PRODUCTO	<ol style="list-style-type: none"> 4. Nuevos conceptos de productos específicos que cumplan con los requisitos establecidos por los mercados internacionales, sobre los considerados como productos saludables y funcionales. 5. Promover el desarrollo a lo largo de la productiva del mejillón en la región, para garantizar la calidad de sus productos y la sustentabilidad del entorno natural y económico. 6. PROFUNDIZACIÓN TECNOLÓGICA: Estudios de factibilidad técnica, operacional y económica para abrir nichos de comercialización de mejillón fresco-vivo.
TECNOLOGÍAS	<ol style="list-style-type: none"> 7. PROFUNDIZACIÓN TECNOLÓGICA: Falencia de información sobre tendencias tecnológicas y de aplicación de tecnologías en los diversos procesos de producción (captación, cultivo, procesamiento y comercialización). Las tecnologías identificadas en las que se observan falencias son las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías para la profesionalización de las actividades productivas y la gestión de las empresas, esencialmente las micro pymes y pequeños productores. • Tecnologías para labor de captación de semillas y engorda. • Tecnologías para control de calibre. • Tecnologías para automatización de procesos en plantas de procesamiento. • Tecnologías para el desarrollo de nuevos productos. • Tecnologías para la determinación de biomasa en el agua. • Tecnologías para el estudio de enfermedades y epidemiológicos. • Tecnologías verdes. • Tecnologías de la Información y la Comunicación TICs. 8. PROFUNDIZACIÓN TECNOLÓGICA: Incorporación estable de monitoreo ambiental del entorno y de los bancos naturales, de capacidad de carga y rendimientos por zonas.
RECURSOS	<ol style="list-style-type: none"> 9. PROFUNDIZACIÓN TECNOLÓGICA: Conocimiento sobre la especie para desarrollo y comercialización de nuevos productos de alimentación saludable y funcional. 10. DIFUSIÓN DE CONOCIMIENTO entre las empresas del sector de una manera accesible para ellos: <ul style="list-style-type: none"> • Acciones periódicas de información. • Información y apoyo para realizar proyectos y presentarlos a financiamiento. 11. GOBERNANZA que coordine las acciones a emprender en el ámbito de la mitilicultura: <ol style="list-style-type: none"> a. Crear una entidad que coordine todas las actuaciones que tienen que ver con la mitilicultura en la región. b. Articular la gobernanza de la industria con agentes especializados en cada segmento de interés (semilla, engorda, y producción comercialización). c. Fortalecer la representación del sector ante el Estado. 12. ORDENAMIENTO TERRITORIAL, infraestructuras, regularización y fiscalización armonizados con los retos de competitividad de la industria.

Mediante la estandarización coordinada y coherente del avance de estos factores, se persigue fortalecer la capacidad de la industria de la región de abordar las citadas brechas, y establecer avances dirigidos a aprovechar las oportunidades de los mercados a nivel nacional e internacional.

Posteriormente, sobre la base de esta agrupación, y como resultado del proceso participativo protagonizado por los agentes y empresas del sector de la mitilicultura de la Región de Los Lagos en base a la metodología Roadmapping de la Universidad de Cambridge establecida por CORFO para el diseño de esta Hoja de Ruta, se ha obtenido la siguiente prelación u “orden de prioridad” con la cual se abordarán las brechas:

4. Objetivos estratégicos

Los objetivos estratégicos de la Hoja de Ruta del Programa Estratégico Regional para la Especialización Inteligente y la Competitividad de la industria de la mitilicultura de la Región de Los Lagos, para avanzar en el cierre de brechas competitivas y tecnológicas, y en la consecución de la visión del sector para los próximos años, son los siguientes:

4.1. Diversificar segmentos de mercado tanto a nivel nacional como internacional La industria de la mitilicultura de la Región de Los Lagos ha estado en los últimos años orientada de manera prioritaria al mercado internacional, y principalmente al mercado europeo. En este contexto, la industria afronta el reto de estimular la demanda de productos del mejillón en el mercado nacional, en el que en la actualidad su consumo es muy bajo. Para ello, tiene la oportunidad de reforzar la imagen del mejillón como un producto propio con identidad regional, y con propiedades de alimento de calidad que tiene el potencial de aportar beneficios para la dieta de los consumidores.

Un primer paso en este sentido podría consistir en la incorporación de productos elaborados con mejillón en los menús del mercado institucional (colegios, hospitales, etc.)

En el ámbito de los mercados internacionales, la industria ha realizado experiencias de promoción del mejillón en nuevos mercados como Rusia, Brasil y China. Estos proyectos se han desarrollado en cooperación entre un grupo de empresas con el apoyo del sector público.

Resulta necesario aterrizar las oportunidades potenciales existentes para las empresas pequeñas, en especial en el mercado internacional, puesto que requieren de un gran soporte económico para realizar con éxito el proceso de comercialización, entendiéndose que en épocas anteriores han existido iniciativas de este tipo pero que han fracasado por esta componente. En este sentido, se afronta el reto de articular de manera crecientemente efectiva los procesos de cooperación entre las empresas para la búsqueda de nuevos mercados, de tal forma que las pequeñas y medianas empresas tengan oportunidades también de acercarse a los mercados finales y de esta forma ampliar el potencial de diversificación e innovación de la industria.

4.2. Ampliar la gama de productos en el ámbito de la alimentación saludable El desarrollo de la industria mitilicultora en los últimos años se ha basado esencialmente en la producción y comercialización de productos tradicionales, principalmente congelados, como la carne, la media concha y el entero.

En la actualidad la industria, esencialmente las grandes empresas de procesamiento, se encuentran introduciendo innovaciones dirigidas a la diversificación de la gama de productos, introduciendo de manera continuada nuevas referencias y productos elaborados tomando como materia prima al mejillón.

Estas grandes empresas, como agente tractor de las actividades en el marco de la cadena de valor, abordan el reto de desarrollar nuevo conocimiento y poner en marcha innovaciones dirigidas a identificar y desarrollar nuevos conceptos de producto, en el ámbito de la alimentación saludable y funcional, tal y como se establece en la visión del sector para los próximos años.

El desarrollo de nuevos horizontes de actividad en el ámbito de los alimentos saludables, requiere adquirir el conocimiento adecuado sobre las características de la especie (valores nutricionales, efectos beneficiosos para la salud de sus componentes, etc.), desarrollar innovaciones en nuevos conceptos de productos saludables desarrollados con el mejillón, y obtener la información necesaria sobre las reglamentaciones que han de cumplir los alimentos saludables en los mercados de destino.

Por su parte, las pequeñas y medianas empresas del sector, tanto de los eslabones de captación de semilla, de cultivo como de procesamiento, afrontan el reto de cooperar entre ellas y con el resto de agentes y empresas de la cadena de valor para tener acceso a información de tendencias de mercado y de los consumidores que les permitan participar en los procesos de introducción de las innovaciones necesarias para impulsar nuevos productos de alimentación saludable, tanto de manera individualizada, como también en cooperación con otras empresas.

4.3 Aplicar tecnologías en todos los ámbitos de la cadena de valor La aplicación de tecnologías en la industria se encuentra en una fase de desarrollo en la actualidad. Así, se están aplicando tecnologías en determinados procesos de la fase de procesamiento, principalmente por parte de las grandes empresas, pero los procesos de producción son realizados aún de manera semi-automatizada, en el mejor de los casos. Por ello, la industria afronta el reto de la incorporación de tecnologías en diversos ámbitos.

En un primer lugar, se aborda el reto de utilizar tecnologías adecuadas para generar un conocimiento sobre las características y evolución del medio marino, en el que la industria desarrolla sus actividades. Para ello, resulta altamente demandado por todos los agentes y empresas de la cadena de valor la incorporación de tecnologías que permitan el monitoreo continuado tanto del medio ambiente, como del entorno y los bancos naturales y de la capacidad de carga y los rendimientos por zonas.

En este sentido, cabe destacar que hasta la actualidad se han desarrollado avances en esta materia, como los realizados a través de los centros de Investigación de la región, como INTEMIT, que han estado impulsando proyectos de sistemas de monitoreo en línea, boyas oceanográficas, monitoreos larvales integrados, plataforma SIG, etc., cuyos resultados han de tomarse como base para el diseño y desarrollo de las actuaciones a futuro.

En segundo lugar, el sector afronta el reto de utilizar tecnologías para mejorar los procesos productivos de toda las fases de la cadena de valor, desde la captación de semilla y el cultivo, en que no se están utilizando de manera extendida la mecanización de procesos y las tecnologías de diagnóstico de la situación del entorno productivo (agua, fenómenos naturales, series de datos sobre evolución de la producción, etc.), hasta el procesamiento en que existe una oportunidad de desarrollar nuevas aplicaciones de equipamientos y tecnologías que favorezcan la automatización de los procesos para una producción flexible que facilite la diversificación de la gama de productos.

Resulta en este sentido esencial diferenciar entre los diversos tipos de tecnologías que son requeridos por los diferentes eslabones de la cadena de valor de la industria, ya que cada segmento productivo tiene unas necesidades tecnológicas diferenciadas para su desarrollo competitivo. Así, por ejemplo, por parte de la pequeña empresas, esencialmente de producción de semilla y engorda, se requieren cambios en los sistemas de flotación, plataformas, o uso de líneas continuas, entre otras. Por parte de las medianas empresas de cultivo, se requieren principalmente la incorporación de maquinarias para la mecanización de procesos, como cosechadoras, sembradoras, etc.

Y por la parte de las empresas de procesamiento, y tal y como se ha identificado en la Encuesta de Actualización Productiva realizada por la consultora AVS con el financiamiento de CORFO, se requiere optimización de sus procesos, búsqueda de nuevas tecnologías y diseño de propia mecanización, así como la incorporación de sistemas de gestión de calidad y certificación (Normas ISO u otras) junto a sistemas de seguridad, prevención de riesgo o higiene industrial.

Finalmente, la industria afronta el reto de usar tecnologías para mejorar los procesos de gestión y comercialización, que permitan incrementar la productividad, la relación entre empresas de la cadena de valor (gestión eficaz de clientes y proveedores me-

dante Tecnologías de la Información y la Comunicación TICs), y la sustentabilidad y el respeto por el medio ambiente (tecnologías verdes y energías limpias).

4.4. Conocimiento y ordenamiento del entorno de la industria

El sector desarrolla su actividad con una falencia relativa de conocimiento sobre la situación de la especie y de los riesgos asociados a su explotación industrial. En parte como consecuencia de ello, el ordenamiento de los recursos para la actividad mitilicultora (concesiones, fiscalización, infraestructuras, etc.) se realiza sobre la base de una falencia de información y conocimiento científicos sobre la situación del entorno natural en que se desarrolla la actividad mitilicultora en la región.

Por ello, la región afronta por una parte el reto de adquirir y utilizar el conocimiento sobre la especie y el medio natural oportuno, que facilite un ordenamiento territorial, normativo, de fiscalización y de infraestructuras armonizado con los retos de competitividad y de especialización inteligente de la industria en los próximos años.

En este contexto, se observa un interés por parte de la industria respecto a la adecuada monitorización y racionalización de los Espacios Costeros Marinos Pueblos Originarios - ECMPO, y en particular en materia de que se lleve a cabo el cumplimiento de la Ley de Espacios Costeros Marinos Pueblos Originarios (Ley Lafkenche) para la compatibilización de los diferentes usos del borde costero. Adicionalmente, la industria afronta el reto de cualificar al capital humano adecuado para el desarrollo de la actividad mitilicultora.

4.5. Articular la institucionalidad para favorecer la gobernanza de un impulso competitivo a la industria mitilicultora

La gestión de los programas de apoyo a la industria mitilicultora se desarrolla en un contexto de relativa coordinación entre los diversos agentes del sector público y representantes del tejido empresarial del sector, lo que incide en la pérdida de impacto a favor del desarrollo competitivo de las empresas.

En este contexto, la región aborda el reto de articular una Gobernanza que contribuya a fortalecer y estructurar el ordenamiento para promover y desarrollar una industria mitilicultora competitiva y sustentable, y a gestionar las iniciativas necesarias para impulsar la innovación, la diversificación y la especialización inteligente del sector en el contexto internacional.



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
Tipo Selectivo
ALIFRUT
Quilicura



MECALUX



www.mecalux.cl

Cerro San Luis, 9989, Bodega 21 - Quilicura, Santiago - Fono (56-2) 2827 6000 | 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



Servicios

- **Servicios Integrales de Cosecha**
Cosecha tradicional, arriendo de equipos y mano de obra.
- **Lavado de redes InSitu**
- **Instalaciones eléctricas sobre módulo**
- **Mantenimiento y post venta**
- **Cosechas en estanque por hipotermia**
Proyecto financiado por Corfo



Ruta 5 Sur Km. 1016 - Loteo D-3
Fundo Santa Teresita - Puente Arenas Interior
Puerto Montt - Chile
Fono/Fax: +56 65 2252013 / 2258449

