

Distribución Gratuita
Consérvela Año 17 N°32 2020

versión [®]

diferente

revista

Salmón-Acuícola

Deformaciones Columna Vertebral en peces



MLST de Cepas de *P. Salmonis*

Peróxido de Hidrógeno en Control de Caligus



Estudio *Renibacterium Salmoninarum*



Vacuna BKD

Probióticos y Prebióticos para la Acuicultura



Novel Food UE para Macroalgas

Variabilidad Climática en Chile

Modificaciones al Reglamento Concesiones Marítimas



issuu

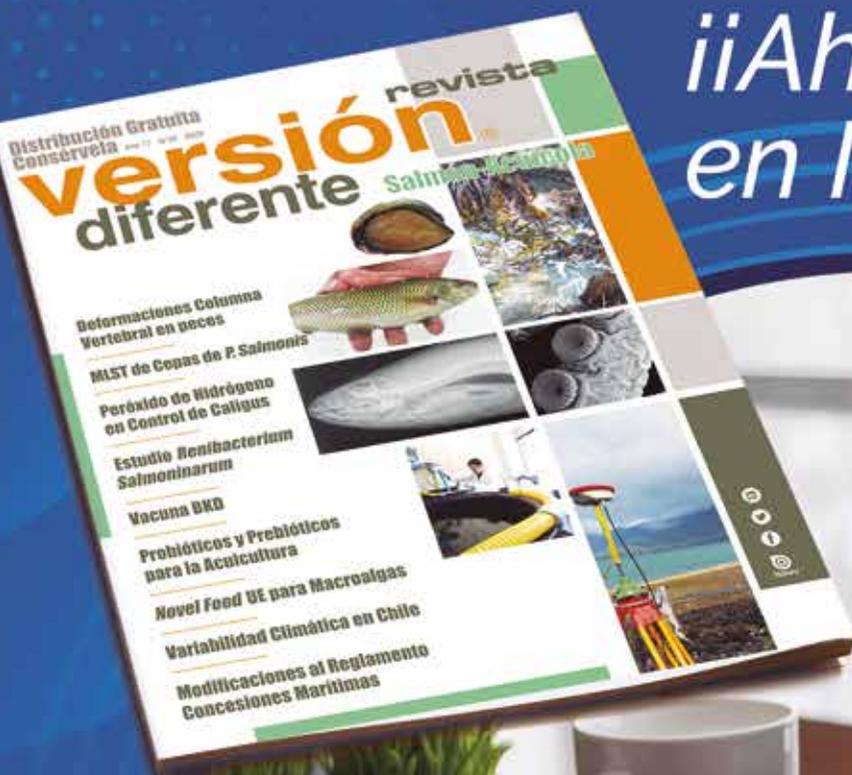
opción[®]

comunicaciones

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

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

iiAhora tu revista
en Internet!!



www.opcioncomunicaciones.cl



revista
version
diferente



Año 17 - Nº 32
Edición especial 2020

Distribución Gratuita a nivel Nacional
Semestral - 3.000 unidades

EDITORES

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

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Verónica Etcheverry Riquelme
verdisgraf@gmail.com

FOTOGRAFÍAS PORTADA

Gentileza de:

- Jaime Romero, U. DE CHILE
- Daniel Nieto
- Cristián Díaz, UCSC
- Carlos Sandoval, VEHICE
- Héctor Flores, UCN
- Acuasesorías - Acuadesia
- Carlos Aranda, 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

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

Avisadores

7 Plagas	101
Aquaservice	04/05
Abastible	27
Comercial EcoGrup	17
Copec	46
Global Pacific	T3/112
Hotel Cabañas del Lago	36-37
Lobos Industrial - K+S	55-57
Opción Comunicaciones	T2
Plásticos Austral	31
VeHiCe	11
Veterquímica	T4/24

Contenidos

Indice de Universidades	02
Editorial	03
Ferías Internacionales	04
Fases Lunares	05
Ferriados Internacionales	06
Mareas Puerto Montt	07
Mareas Puerto Chacabuco	09
Deformaciones de la columna vertebral en peces, aspectos nutricionales, ambientales, infecciosos y genéticos.	12
Beka-Vax: la nueva vacuna para el control de la enfermedad bacteriana del riñón de Veterquímica.	24
Modificaciones al reglamento sobre concesiones marítimas.	62
Reducción del uso de antimicrobianos a través del porcentaje de reducción de siembra.	64
Capturas totales permisibles de jurel (<i>Trachurus murphyi</i>) en el pacífico sur oriental.	68
Cambio climático y proyecciones de capturas chilenas de pez espada: Una primera aproximación	70
Primera introducción, cultivo y reproducción del pez <i>Malapterus reticulatus</i> en un sistema de recirculación de agua en la Xª Región, Chile, como parte del desarrollo de un control biológico para el ectoparásito <i>Caligus</i> en la industria del salmón.	72
2021 Nuevo Régimen Tributario.	110

Índice de Universidades

SUS ESTUDIOS E INVESTIGACIONES

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

Efectividad del Peróxido de Hidrógeno en el control del Piojo de Mar..... **18**

Instituto de Acuicultura ACUI..... **21**

Análisis de multilocus de secuencias de ADN en la detección de genogrupos de *Piscirickettsia salmonis*..... **28**

Nueva normativa de gestión de olores, un importante avance en materia de gestión ambiental para el país..... **58**

Ingeniería Ambiental..... **61**

UNIVERSIDAD ANDRES BELLO

Estudio de la susceptibilidad antimicrobiana de aislados chilenos de *Renibacterium salmoninarum*..... **32**

UNIVERSIDAD DE CHILE

Probióticos y prebióticos, perspectivas actuales para la acuicultura..... **38**

Red de Trazabilidad molecular en alimentos marinos..... **41**

Microbiota de abalón y el síndrome de marchitamiento del pie..... **44**

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

Análisis de la normativa ambiental y sanitaria aplicada a la Acuicultura de Pequeña Escala (APE) en Chile..... **47**

Variabilidad climática, cambio climático y pesquerías pelágicas en Chile: un quehacer PUCV..... **67**

UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE

Programas de Formación de Recurso Humano Avanzado..... **51**

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN

Programa Profesional de Postgrado Magíster en Medio Ambiente de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, siete años en la formación de profesionales para las necesidades actuales ambientales..... **78**

BIVALNET..... **81**

Desafíos para obtener la calidad de *Novel Food* en el mercado europeo para macroalgas chilenas..... **82**

Comprender la fluidodinámica de los estanques circulares de cultivo de peces desafío básico para mejorar la productividad de los sistemas de recirculación (RAS)..... **86**

Sistema de autolimpieza para acuicultura..... **90**

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO

Facultad de Recursos Naturales..... **92**

Pisciculturas en Chile, hacia la economía circular..... **93**

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA

Proyecto de Cooperación Chile-Japón Desarrollo de métodos de monitoreo y sistema de predicción de floraciones algales nocivas para una acuicultura y pesca costera sustentable en Chile..... **97**

UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS

Biorremediación *in situ* de sedimentos marinos impactados por cultivo intensivo de salmónidos..... **102**

La Universidad de Los Lagos instala el primer microscopio electrónico de barrido y microanálisis elemental en la región..... **104**

Control de vibriosis en larvas y postlarvas de moluscos, crustáceos y peces marinos..... **105**

Área Prioritaria de Investigación (API): Producción Acuícola Sustentable (PAS)..... **107**

Editorial

Este 2020, ha sido un año complicado para todo el mundo en especial a principio de año con la entrada de la pandemia más fuerte de los últimos tiempos sin precedente donde no sólo paralizó la economía mundial, sino que afectó la salud mundial con la enfermedad del COVID 19, lo que nos cambió el modo de trabajar y vivir en sociedad. Ante ese evento nos vimos en la necesidad de privarnos de sacar a circulación nuestra edición semestral del primer semestre 2020 y terminar con una edición especial Digital e Impresa de fin de año, esforzándonos en compensar con una recopilación de artículos de difusión de gran interés para nuestros lectores o seguidores en materias de relevancia para la acuicultura chilena.

Continuamos manteniendo el cambio de fecha, dada las circunstancias de pandemia que aún se mantienen en gran parte del país, sin embargo nos preocupamos de traerles temas de interés en materia de salmonicultura, mitilicultura y pesquería que son de gran interés para nuestros lectores.

Esperamos que en esta edición especial de fin de año con el aporte digital e impresa la revista pueda ser vista por un mayor número de personas que consideren un aporte en materia de investigación y tecnología en el área salmón-acuícola.

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

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

Continuamos en la búsqueda de información técnica relevante en materia de investigación para la industria salmón-acuícola, mitilicultora y pesquera de Chile. Siendo algunos de los temas de la revista: "Deformaciones columna vertebral en peces salmónidos"; "Renibacterium salmoninarum"; "Vacuna BKD"; "MLTS de cepas de P. Salmonis"; "Probióticos y Prebióticos para la acuicultura"; "Microbiota de abalón"; "Efectividad del peróxido de hidrógeno en Caligus"; "Cultivo y reproducción del pez (Malapterus reticulatus) limpiador para Caligus"; "Novel Foods Macroalgas"; "Cambio climático en pesquería chilena"; "Economía circular en Pisciculturas"; "Trazabilidad molecular en alimentos marinos"; "Normativas en materia de acuicultura, pesquería y ambiental"; "Postgrados, magíster, doctorado en acuicultura y medio ambiental"; "Biorremediación en sedimentos marinos"; "Tecnología Microscopio electrónico de barrido y microanálisis"; "Modificación sistema tributario 2021", entre otros.

Al igual que en ediciones anteriores, usted podrá encontrar materias de consulta diaria como son: Fases Lunares, Tablas de Mareas, Ferias Salmón-Acuícolas mundiales, Ferias Internacionales y novedades en servicios y productos de los principales proveedores de la industria.

Los invitamos a participar en nuestra próxima edición digital e impresa del primer semestre 2021.

Richard Araya
Gerente revista VERSIÓN DIFERENTE

Ferias Internacionales 1º Semestre 2021

ENERO

25 AL 27 DE ENERO

SIMEC AquaFish Riyadh International
Convention & Exhibition Center
Arabia Saudita

26 al 28 de Enero

International Production & Processing
Georgia World Congress Center
Georgia - USA

FEBRERO

06 AL 07 FEBRERO

Fishing Festival Messe Wels Gmoh
Austria

21 AL 24 FEBRERO

Aquaculture America 2021
San Antonio Marriott River center
San Antonio - USA

24 AL 25 FEBRERO

Seafood Show Osaka ATC Hall (Asia Pacific Center) Osaka - Japón

MARZO

03 AL 05 MARZO

AQUASUR 2020
Info Aquasur.cl2 27574200
Puerto Montt - Chile

05 AL 07 DE MARZO

AQUAFISH Messe Friedrichsafen
Alemania

09 AL 11 DE MARZO

NASF - North Atlantic Seafood Forum AS
Bergen - Norway

10 AL 12 DE MARZO

VIVASIA And Co Located Events
Postponed until Septiembre 2021

14 AL 16 DE MARZO

Seafood Expo North America/ Seafood Processing North America, Boston Convention And Exhibition Center
Boston - USA

22 AL 25 DE MARZO

LACQUA

Hilton Colon Guayaquil
Guayaquil - Ecuador

ABRIL

12 AL 15 DE ABRIL

ACUICULTURE EUROPE 2020

Virtual Evento Online Event
UE European Union

27 AL 29 DE ABRIL

Seafood Expo Global/Seafood Processing

Global, Fira Barcelona
Barcelona - España

MAYO

18 AL 20 DE MAYO

Aquaculture UK - Exhibition & Conferen

Aviemore Invernes Shire, Scotland

Aviemore - United Kingdom



Arriendo de maquinaria y equipos para la acuicultura

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

1 COMPRESORES DE TORNILLO
Atlas Copco - Mod: Xas 185

2 CONTADOR DE PECES

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

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

5 SELECCIONADORAS
Para peces desde 1gr hasta 10 kg

6 WINCHES



Consulte por otros equipos



Instalación y puesta en marcha



Mantenimiento incluida



Por semanas o meses



1



2



3



4



5



6

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

Fases Lunares 1º Semestre 2021



NUEVA



CRESCIENTE



LLENA



MENGUANTE

MESES	NUEVA	CRESCIENTE	LLENA	MENGUANTE
ENERO	13 01:00 hrs.	20 17:02 hrs.	28 15:16 hrs.	06 05:37 hrs.
FEBRERO	11 15:06 hrs.	19 14:47 hrs.	27 04:17 hrs.	04 13:37 hrs.
MARZO	13 06:21 hrs.	21 10:40 hrs.	28 14:48 hrs.	05 21:30 hrs.
ABRIL	11 22:31 hrs.	20 02:59 hrs.	26 23:32 hrs.	04 06:02 hrs.
MAYO	11 15:00 hrs.	19 15:13 hrs.	26 07:14 hrs.	03 15:50 hrs.
JUNIO	10 06:53 hrs.	17 23:54 hrs.	24 14:40 hrs.	02 03:24 hrs.

En hora Oficial de Chile Continental, UTC -4

Gentileza del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile

Bombas para Peces

AQUA 2020 · 4040 · 6060 · 1080 · 1210





Uso en agua dulce o salada sin sufrir daños

Construida en acero inoxidable y aleación de aluminio

Diseño ergonómico y amigable a los peces






MODELOS	AQUA 2020-E	AQUA 4040-E	AQUA 6060-E	AQUA 1080	AQUA 1210
Diametro salida	2"	4"	6"	8"	10"
Diametro entrada	2"	4"	6"	10"	12"
Tamaño Pez	1-35 grs	1-185 grs	1-300 grs	1-500 grs	1-1.800 grs
Flujo de descarga	650 l/min	1800 l/min	1800 l/min	4500 l/min	5200 l/min
Peces por hora*	3,9 ton/hour	7,5 ton/hour	9,8 ton/hour	16 ton/hour	20 ton/hr
Altura de transferencia Max	6 mts	6 mts	6 mts	6 mts	6mts
Distancia de transferencia Max	200 mts	250 mts	250 mts	250 mts	250 mts
Motor Eléctrico	2 hp / 1,5 kw	3 hp / 2,2 kw	5 hp / 3,7 kw	20 hp / 15 kw	30 hp / 22kw
Suministro eléctrico	220 v 380 v ac	220 v 380 V AC	220 v 380 V AC	380 V AC	380 V AC
Bomba autacebante	0,75 hp / 1"	1 hp / 1,5"	1 hp / 1,5"	1 hp / 1,5"	1 hp / 1,5"
Peso Bomba	125 kg	135 kg	230 kg	560 kg	550kg

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

NUEVA FISH PUMP AQUA 1080

Bombas para todo tipo de peces

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

www.aquaservice.cl · www.fishpump.cl

Feriados 2021 Internacionales



Viernes 1 Enero	Día de Año Nuevo	●	●	●	●	●	●
Sábado 2 Enero	2 de Enero						●
Jueves 7 Enero	Día de la Entrada a la Edad Adulta					●	
Jueves 21 Enero	Día de Martin Luther King			●			
Jueves 11 Febrero	Día Nacional de la Fundación					●	
Domingo 14 Febrero	Día de San Valentín	●					●
Jueves 18 Febrero	Día del Presidente			●			
Viernes 19 Marzo	Equinocio Vernal					●	
Jueves 1 Abril	Jueves Santo				●		
Viernes 2 Abril	Viernes Santo	●	●	●	●		●
Sábado 3 Abril	Sábado Santo	●			●		
Domingo 4 Abril	Pascua de Resurrección	●	●		●		
Lunes 5 Abril	Lunes de Pascua				●		●
Jueves 29 Abril	Día de Showa					●	
Sábado 1 Mayo	Día Internacional de los trabajadores	●		●	●		●
Sábado 1 Mayo	Asunción del Emperador					●	
Lunes 3 Mayo	Día del Memorial de la Consitución					●	
Sábado 4 Mayo	Día de la Naturaleza					●	
Domingo 5 Mayo	Día de la Infancia					●	
Lunes 17 Mayo	Fiesta Nacional de Noruega				●		
Viernes 21 Mayo	Día de las Glorias Navales	●					
Lunes 24 Mayo	Día de la Victoria		●				
Jueves 27 Mayo	Día Festivo de Primavera						●
Lunes 28 de Junio	Día de San Pedro y San Pablo	●					
Jueves 1 Julio	Día de Cánada		●				
Domingo 4 Julio	Día de la Independencia			●			
Jueves 15 Julio	Día de la Marina					●	
Viernes 16 Julio	Día de la Virgen del Carmen	●					
Lunes 2 Agosto	Civic Holiday		●				
Domingo 15 Agosto	Día de la Ascención				●		
Lunes 6 Septiembre	Día del Trabajo		●	●			
Lunes 13 Septiembre	Día del Respeto a los Mayores					●	
Sábado 18 Septiembre	Día de la Independencia de Chile	●					
Domingo 19 Septiembre	Día de las Glorias del Ejército	●					
Lunes 11 Octubre	Día de Acción de Gracias		●				
Lunes 11 Octubre	Día del Encuentro de Dos Mundos	●					
Jueves 14 Octubre	Día de la Salud y los Deportes					●	
Domingo 31 Octubre	Día de las Iglesias Protestantes y Evangélicas	●					
Lunes 1 Noviembre	Día de Todos los Santos	●					
Miércoles 3 Noviembre	Día de la Cultura					●	
Jueves 11 Noviembre	Día de los Veteranos			●			
Jueves 11 Noviembre	Día del Recuerdo		●				
Jueves 25 Noviembre	Día de Acción de Gracias			●		●	●
Miércoles 8 Diciembre	Inmaculada Concepción	●					
Sábado 25 Diciembre	Navidad	●	●	●	●		●
Domingo 26 Diciembre	San Esteban				●		●
Viernes 31 Diciembre	Nochevieja					●	

MAREAS Puerto Montt 1° Semestre 2021

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	0237	6.27	16	0333	6.35	01	0346	6.51	16	0409	5.76	01	0250	6.96	16	0313	6.11
V	0905	1.35	S	0959	1.35	L	1010	1.00	M	1029	1.83	L	0910	0.48	M	0927	1.41
	1509	5.46		1600	5.68		1616	5.87		1634	5.34		1515	6.47		1530	5.83
	2105	1.73		2200	1.79		2221	1.41		2237	2.23		2123	0.74		2137	1.65
02	0316	6.19	17	0408	6.02	02	0427	6.25	17	0439	5.32	02	0329	6.76	17	0340	5.73
S	0945	1.42	D	1034	1.64	M	1049	1.22	MI	1058	2.21	M	0946	0.65	MI	0951	1.78
	1549	5.40		1637	5.41		1658	5.76		1708	5.05		1553	6.39		1555	5.55
	2147	1.81		2236	2.09		2306	1.63		2312	2.59		2204	0.93		2205	1.98
03	0358	6.05	18	0443	5.63	03	0511	5.87	18	0514	4.87	03	0409	6.37	18	0408	5.31
D	1026	1.52	L	1110	1.96	MI	1132	1.53	J	1130	2.60	MI	1023	1.00	J	1015	2.18
	1632	5.33		1717	5.13		1746	5.58		1751	4.77		1633	6.16		1622	5.25
	2233	1.91		2317	2.41		2358	1.95		2359	2.94		2248	1.29		2236	2.34
04	0443	5.86	19	0523	5.21	04	0604	5.41	19	0601	4.43	04	0452	5.83	19	0437	4.88
L	1112	1.66	M	1151	2.29	J	1223	1.93	V	1214	2.96	J	1104	1.49	V	1041	2.57
	1720	5.26		1806	4.88		1846	5.36		1853	4.56		1719	5.81		1652	4.95
	2324	2.03											2340	1.78		2311	2.70
05	0535	5.65	20	0007	2.72	05	0106	2.30	20	0116	3.21	05	0544	5.21	20	0513	4.47
M	1203	1.80	MI	0614	4.81	V	0714	4.95	S	0727	4.10	V	1153	2.06	S	1112	2.95
	1816	5.21		1242	2.59		1330	2.32		1327	3.23		1818	5.40		1733	4.66
				1909	4.71		2005	5.22		2024	4.51						
06	0024	2.16	21	0117	2.96	06	0242	2.49	21	0330	3.19	06	0052	2.28	21	0004	3.03
MI	0635	5.42	J	0726	4.49	S	0852	4.68	D	0938	4.07	S	0701	4.64	D	0613	4.11
	1302	1.96		1349	2.81		1504	2.54		1521	3.27		1306	2.60		1203	3.29
	1922	5.21		2025	4.69		2140	5.31		2153	4.70		1948	5.09		1848	4.44
07	0135	2.25	22	0251	3.00	07	0427	2.29	22	0454	2.87	07	0245	2.51	22	0150	3.20
J	0747	5.24	V	0856	4.37	D	1035	4.83	L	1058	4.33	D	0902	4.44	L	0835	3.97
	1411	2.07		1506	2.87		1640	2.39		1639	3.03		1506	2.80		1404	3.46
	2035	5.31		2136	4.83		2304	5.67		2254	5.06		2141	5.17		2046	4.47
08	0257	2.22	23	0415	2.81	08	0543	1.84	23	0539	2.44	08	0435	2.19	23	0404	2.95
V	0907	5.18	S	1015	4.45	L	1150	5.23	M	1143	4.68	L	1050	4.80	M	1025	4.25
	1526	2.08		1613	2.78		1748	2.02		1728	2.65		1647	2.46		1607	3.18
	2149	5.53		2233	5.09					2339	5.49		2305	5.62		2213	4.82
09	0419	2.01	24	0512	2.52	09	0006	6.14	24	0614	1.98	09	0540	1.67	24	0500	2.48
S	1026	5.30	D	1111	4.64	M	0637	1.37	MI	1219	5.08	M	1150	5.33	MI	1111	4.70
	1639	1.94		1703	2.60		1242	5.66		1808	2.20		1747	1.95		1702	2.67
	2258	5.86		2319	5.40		1840	1.63								2307	5.33
10	0529	1.67	25	0555	2.20	10	0054	6.53	25	0018	5.96	10	0000	6.12	25	0539	1.92
D	1135	5.53	L	1155	4.87	MI	0721	1.02	J	0648	1.50	MI	0625	1.20	J	1147	5.22
	1742	1.72		1744	2.36		1325	5.99		1253	5.49		1233	5.80		1744	2.06
	2359	6.22		2358	5.72		1923	1.35		1847	1.73		1831	1.49		2350	5.90
11	0628	1.33	26	0632	1.87	11	0134	6.77	26	0056	6.40	11	0041	6.51	26	0615	1.34
L	1233	5.80	M	1233	5.12	J	0759	0.83	V	0723	1.05	J	0703	0.86	V	1222	5.76
	1837	1.50		1823	2.10		1401	6.16		1328	5.88		1308	6.14		1824	1.44
							2000	1.21		1926	1.29		1909	1.17			
12	0052	6.52	27	0036	6.04	12	0210	6.83	27	0134	6.75	12	0117	6.72	27	0030	6.44
M	0719	1.06	MI	0707	1.56	V	0833	0.81	S	0758	0.70	V	0737	0.70	S	0652	0.83
	1323	6.00		1310	5.36		1434	6.18		1403	6.20		1340	6.31		1258	6.25
	1924	1.34		1900	1.84		2034	1.22		2004	0.94		1942	1.02		1903	0.89
13	0138	6.70	28	0113	6.32	13	0242	6.73	28	0212	6.95	13	0149	6.77	28	0110	6.84
MI	0804	0.94	J	0742	1.28	S	0904	0.94	D	0834	0.50	S	0807	0.70	D	0728	0.45
	1407	6.08		1346	5.58		1505	6.07		1439	6.40		1410	6.34		1334	6.64
	2008	1.29		1939	1.60		2105	1.37		2044	0.75		2013	1.02		1943	0.48
14	0220	6.73	29	0150	6.53	14	0312	6.49	29	0218	6.66	14	0218	6.66	29	0149	7.05
J	0845	0.96	V	0818	1.06	D	0934	1.17	D	0836	0.84	D	0836	0.84	L	0805	0.26
	1447	6.05		1422	5.76		1535	5.88		1438	6.25		1438	6.25		1411	6.86
	2047	1.36		2018	1.42		2135	1.60		2042	1.15		2042	1.15		2024	0.29
15	0258	6.60	30	0228	6.65	15	0340	6.15	30	0246	6.43	15	0246	6.43	30	0229	7.01
V	0923	1.11	S	0855	0.93	L	1001	1.48	L	0902	1.09	L	0902	1.09	M	0842	0.31
	1524	5.90		1459	5.87		1604	5.62		1504	6.07		1504	6.07		1449	6.90
	2124	1.53		2058	1.31		2205	1.90		2110	1.37		2110	1.37		2105	0.34
			31	0307	6.64										31	0310	6.74
			D	0932	0.91										MI	0920	0.58
				1537	5.91											1528	6.73
				2139	1.30											2147	0.62

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, UTC - 4.

Gentileza del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile

MAREAS Puerto Montt 1° Semestre 2021

ABRIL

DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS
01	0352	6.26	16	0343	5.24
J	0959	1.04	V	0941	2.15
	1609	6.37		1548	5.47
	2234	1.09		2210	2.08
02	0438	5.65	17	0413	4.87
V	1042	1.61	S	1007	2.52
	1657	5.90		1616	5.18
	2329	1.64		2245	2.41
03	0537	5.03	18	0450	4.53
S	1135	2.23	D	1040	2.86
	1801	5.39		1654	4.88
				2332	2.70
04	0046	2.14	19	0547	4.24
D	0703	4.56	L	1131	3.16
	1300	2.73		1756	4.63
	1936	5.05			
05	0237	2.29	20	0051	2.88
L	0902	4.55	M	0730	4.13
	1504	2.76		1309	3.32
	2125	5.13		1936	4.56
06	0411	1.99	21	0240	2.76
M	1030	4.97	MI	0916	4.37
	1631	2.33		1507	3.08
	2241	5.52		2113	4.82
07	0510	1.54	22	0357	2.34
MI	1123	5.46	J	1017	4.84
	1725	1.82		1617	2.54
	2333	5.95		2220	5.31
08	0554	1.15	23	0449	1.79
J	1203	5.89	V	1102	5.41
	1807	1.39		1707	1.88
				2311	5.88
09	0013	6.27	24	0533	1.23
V	0631	0.88	S	1143	5.99
	1238	6.20		1752	1.23
	1843	1.09		2356	6.39
10	0048	6.44	25	0614	0.75
S	0703	0.76	D	1223	6.51
	1309	6.37		1835	0.68
	1916	0.94			
11	0120	6.48	26	0040	6.75
D	0733	0.77	L	0655	0.43
	1338	6.42		1303	6.89
	1947	0.92		1919	0.31
12	0150	6.39	27	0123	6.90
L	0800	0.91	M	0735	0.32
	1405	6.36		1343	7.09
	2016	1.02		2002	0.18
13	0218	6.20	28	0207	6.81
M	0826	1.14	MI	0815	0.43
	1431	6.22		1424	7.06
	2044	1.20		2046	0.28
14	0246	5.93	29	0251	6.50
MI	0851	1.44	J	0856	0.75
	1456	6.01		1506	6.84
	2112	1.45		2132	0.59
15	0314	5.60	30	0337	6.05
J	0916	1.78	V	0939	1.21
	1522	5.76		1551	6.44
	2140	1.75		2222	1.05

MAYO

DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS
01	0429	5.53	16	0356	4.91
S	1026	1.75	D	0946	2.39
	1643	5.94		1557	5.45
	2320	1.54		2230	2.14
02	0531	5.04	17	0436	4.67
D	1126	2.26	L	1025	2.66
	1748	5.46		1638	5.20
				2318	2.34
03	0033	1.94	18	0531	4.49
L	0652	4.73	M	1119	2.87
	1248	2.62		1736	4.99
	1912	5.14			
04	0203	2.07	19	0022	2.45
M	0827	4.74	MI	0646	4.45
	1430	2.62		1236	2.95
	2044	5.12		1853	4.92
05	0325	1.91	20	0139	2.37
MI	0945	5.05	J	0808	4.65
	1552	2.30		1405	2.78
	2158	5.34		2015	5.07
06	0425	1.62	21	0253	2.10
J	1040	5.44	V	0916	5.04
	1648	1.89		1522	2.36
	2252	5.61		2128	5.41
07	0511	1.34	22	0355	1.69
V	1123	5.81	S	1012	5.55
	1733	1.53		1624	1.82
	2336	5.85		2228	5.82
08	0550	1.14	23	0448	1.27
S	1159	6.09	D	1101	6.08
	1811	1.26		1717	1.27
				2321	6.20
09	0013	5.99	24	0537	0.92
D	0624	1.04	L	1149	6.54
	1232	6.28		1808	0.82
	1846	1.09			
10	0047	6.04	25	0012	6.45
L	0654	1.04	M	0623	0.70
	1302	6.38		1235	6.88
	1918	1.03		1856	0.53
11	0119	6.00	26	0100	6.54
M	0723	1.14	MI	0709	0.65
	1331	6.38		1320	7.04
	1949	1.07		1945	0.43
12	0150	5.88	27	0149	6.45
MI	0751	1.31	J	0754	0.76
	1359	6.31		1406	7.01
	2018	1.19		2033	0.53
13	0220	5.69	28	0237	6.22
J	0818	1.53	V	0839	1.02
	1426	6.16		1452	6.80
	2048	1.39		2121	0.77
14	0250	5.45	29	0326	5.90
V	0845	1.80	S	0925	1.36
	1454	5.96		1539	6.47
	2119	1.63		2212	1.11
15	0322	5.18	30	0417	5.55
S	0914	2.09	D	1014	1.75
	1524	5.72		1630	6.06
	2152	1.89		2306	1.47
			31	0514	5.21
			L	1110	2.13
				1727	5.64

JUNIO

DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS
01	0007	1.79	16	0511	4.88
M	0620	4.97	MI	1106	2.44
	1217	2.42		1719	5.46
	1834	5.30		2355	2.02
02	0115	1.98	17	0609	4.88
MI	0734	4.90	J	1207	2.48
	1337	2.54		1819	5.36
	1949	5.11			
03	0226	2.00	18	0055	2.01
J	0847	5.02	V	0715	5.01
	1456	2.44		1318	2.43
	2102	5.10		1929	5.35
04	0329	1.90	19	0200	1.93
V	0948	5.27	S	0822	5.25
	1602	2.19		1432	2.24
	2204	5.21		2041	5.44
05	0422	1.75	20	0306	1.77
S	1037	5.56	D	0926	5.59
	1654	1.91		1544	1.93
	2254	5.36		2150	5.61
06	0505	1.60	21	0409	1.57
D	1119	5.83	L	1026	5.98
	1737	1.65		1649	1.57
	2337	5.49		2254	5.82
07	0543	1.51	22	0507	1.36
L	1155	6.06	M	1123	6.36
	1816	1.46		1749	1.22
				2353	6.00
08	0015	5.58	23	0602	1.20
M	0617	1.46	MI	1217	6.67
	1228	6.22		1845	0.95
	1851	1.34			
09	0050	5.61	24	0048	6.12
MI	0648	1.48	J	0653	1.11
	1300	6.31		1308	6.85
	1924	1.29		1937	0.80
10	0124	5.58	25	0140	6.15
J	0719	1.54	V	0742	1.11
	1331	6.33		1356	6.89
	1956	1.32		2026	0.80
11	0157	5.50	26	0229	6.08
V	0749	1.65	S	0829	1.21
	1402	6.28		1443	6.79
	2029	1.41		2112	0.92
12	0230	5.37	27	0315	5.93
S	0821	1.80	D	0914	1.40
	1434	6.16		1527	6.55
	2103	1.54		2157	1.14
13	0304	5.23	28	0400	5.71
D	0855	1.97	L	0959	1.65
	1508	5.99		1611	6.22
	2138	1.69		2242	1.42
14	0341	5.08	29	0446	5.45
L	0932	2.15	M	1045	1.95
	1545	5.80		1657	5.83
	2218	1.84		2329	1.72
15	0423	4.95	30	0537	5.21
M	1015	2.32	MI	1136	2.25
	1628	5.62		1747	5.44
	2302	1.95			

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, UTC - 4.
Gentileza del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile

MAREAS Puerto Chacabuco 1° Semestre 2021

ENERO

DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS
01	0230	2.76	16	0330	2.83
V	0856	0.41	S	0954	0.49
	1504	2.10		1613	2.18
	2042	0.67		2144	0.80
02	0309	2.71	17	0412	2.61
S	0936	0.46	D	1038	0.70
	1550	2.06		1703	2.09
	2124	0.72		2231	0.99
03	0353	2.61	18	0457	2.38
D	1021	0.55	L	1125	0.90
	1643	2.02		1756	2.02
	2212	0.82		2329	1.17
04	0443	2.47	19	0552	2.14
L	1113	0.66	M	1221	1.07
	1742	2.01		1854	1.99
	2312	0.93			
05	0543	2.33	20	0052	1.28
M	1215	0.75	MI	0704	1.96
	1846	2.03		1332	1.18
				2000	2.02
06	0029	1.01	21	0231	1.28
MI	0654	2.20	J	0827	1.85
	1328	0.80		1439	1.21
	1956	2.11		2107	2.10
07	0159	0.99	22	0350	1.17
J	0811	2.13	V	0947	1.84
	1438	0.79		1529	1.18
	2107	2.26		2200	2.21
08	0323	0.86	23	0440	1.03
V	0931	2.12	S	1047	1.88
	1536	0.74		1610	1.12
	2209	2.47		2241	2.33
09	0431	0.65	24	0517	0.88
S	1043	2.18	D	1128	1.94
	1628	0.66		1645	1.05
	2302	2.70		2315	2.44
10	0525	0.43	25	0547	0.73
D	1142	2.27	L	1201	2.01
	1718	0.59		1720	0.96
	2350	2.89		2347	2.56
11	0614	0.25	26	0617	0.58
L	1232	2.36	M	1231	2.08
	1806	0.51		1754	0.86
12	0036	3.04	27	0020	2.66
M	0659	0.15	MI	0647	0.45
	1316	2.41		1301	2.14
	1853	0.46		1831	0.76
13	0121	3.10	28	0054	2.75
MI	0743	0.13	J	0720	0.35
	1359	2.41		1333	2.19
	1937	0.46		1908	0.66
14	0205	3.09	29	0131	2.80
J	0827	0.19	V	0755	0.30
	1442	2.37		1408	2.22
	2020	0.52		1948	0.59
15	0248	2.99	30	0210	2.80
V	0911	0.32	S	0834	0.30
	1526	2.28		1448	2.24
	2101	0.63		2029	0.57
			31	0252	2.74
			D	0914	0.34
				1533	2.24
				2113	0.60

FEBRERO

DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS
01	0336	2.63	16	0425	2.25
L	0957	0.43	M	1039	0.90
	1623	2.22		1714	2.16
	2202	0.70		2305	1.12
02	0425	2.46	17	0512	2.02
M	1044	0.55	MI	1117	1.07
	1717	2.22		1800	2.12
	2231	0.82			
03	0522	2.27	18	0015	1.23
MI	1137	0.70	J	0614	1.83
	1816	2.23		1205	1.21
				1852	2.10
04	0015	0.91	19	0146	1.25
J	0633	2.10	V	0732	1.72
	1243	0.83		1313	1.29
	1922	2.28		1952	2.12
05	0145	0.92	20	0311	1.17
V	0754	1.99	S	0856	1.68
	1357	0.90		1422	1.30
	2033	2.39		2053	2.18
06	0313	0.79	21	0406	1.04
S	0921	1.98	D	1010	1.73
	1506	0.89		1516	1.26
	2140	2.55		2146	2.27
07	0421	0.60	22	0444	0.89
D	1037	2.07	L	1100	1.82
	1605	0.82		1602	1.17
	2239	2.73		2231	2.38
08	0514	0.40	23	0516	0.72
L	1134	2.20	M	1136	1.93
	1659	0.72		1645	1.05
	2331	2.90		2311	2.50
09	0600	0.26	24	0548	0.56
M	1221	2.31	MI	1208	2.04
	1749	0.62		1727	0.91
				2351	2.62
10	0019	3.02	25	0620	0.42
MI	0643	0.19	J	1240	2.16
	1302	2.39		1809	0.75
	1836	0.54			
11	0103	3.06	26	0031	2.73
J	0726	0.19	V	0655	0.31
	1342	2.43		1314	2.26
	1921	0.51		1851	0.61
12	0146	3.02	27	0112	2.79
V	0807	0.25	S	0733	0.24
	1423	2.41		1350	2.35
	2003	0.56		1933	0.50
13	0226	2.91	28	0153	2.80
S	0847	0.36	D	0811	0.21
	1504	2.36		1430	2.41
	2045	0.66		2017	0.46
14	0306	2.72	29	0206	2.75
D	0925	0.52	L	0820	0.43
	1547	2.29		1441	2.46
	2127	0.81		2030	0.69
15	0344	2.49	30	0219	2.66
L	1002	0.71	M	0828	0.21
	1630	2.22		1455	2.67
	2212	0.97		2053	0.38

MARZO

DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS
01	0235	2.73	16	0319	2.36
L	0851	0.25	M	0927	0.72
	1514	2.44		1556	2.37
	2103	0.49		2153	0.91
02	0319	2.59	17	0355	2.15
M	0933	0.35	MI	0956	0.88
	1602	2.46		1631	2.32
	2153	0.58		2238	1.02
03	0408	2.39	18	0434	1.95
MI	1016	0.50	J	1024	1.02
	1653	2.45		1707	2.27
	2252	0.70		2331	1.11
04	0506	2.17	19	0522	1.78
J	1104	0.68	V	1053	1.15
	1749	2.44		1746	2.23
05	0004	0.80	20	0039	1.17
V	0619	1.98	S	0627	1.66
	1205	0.87		1133	1.25
	1851	2.44		1834	2.20
06	0131	0.82	21	0205	1.15
S	0743	1.88	D	0746	1.61
	1321	1.00		1244	1.32
	2002	2.48		1935	2.19
07	0259	0.73	22	0317	1.05
D	0911	1.90	L	0914	1.64
	1438	1.02		1410	1.32
	2113	2.58		2043	2.23
08	0406	0.59	23	0405	0.90
L	1026	2.01	M	1023	1.74
	1544	0.94		1518	1.24
	2217	2.71		2145	2.32
09	0458	0.45	24	0443	0.74
M	1121	2.15	MI	1107	1.89
	1641	0.83		1615	1.09
	2312	2.84		2239	2.44
10	0543	0.35	25	0519	0.57
MI	1205	2.28	J	1143	2.04
	1733	0.71		1705	0.91
				2326	2.57
11	0001	2.92	26	0554	0.42
J	0625	0.29	V	1218	2.21
	1245	2.39		1751	0.72
	1821	0.62			
12	0045	2.94	27	0011	2.68
V	0705	0.29	S	0631	0.29
	1324	2.45		1253	2.36
	1906	0.59		1836	0.54
13	0127	2.88	28	0054	2.75
S	0744	0.34	D	0709	0.21
	1402	2.47		1331	2.50
	1948	0.61		1920	0.42
14	0206	2.75	29	0136	2.74
D	0820	0.43	L	0748	0.18
	1441	2.46		1411	2.61
	2030	0.69		2006	0.36
15	0243	2.57	30	0219	2.66
L	0855	0.57	M	0828	0.21
	1519	2.43		1455	2.67
	2111	0.79		2053	0.38
			31	0304	2.50
			MI	0908	0.32
				1541	2.69
				2145	0.46

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

MAREAS Puerto Chacabuco 1° Semestre 2021

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	0355	2.30	16	0401	1.93	01	0447	2.06	16	0410	1.85	01	0015	0.73	16	0533	1.84
J	0951	0.49	V	0942	0.95	S	1017	0.72	D	0939	0.95	M	0638	1.91	MI	1052	1.03
	1630	2.66		1620	2.43		1701	2.73		1618	2.48		1153	1.06		1730	2.32
	2243	0.58		2249	0.95		2333	0.60		2255	0.86		1837	2.48			
02	0455	2.09	17	0441	1.79	02	0555	1.94	17	0500	1.76	02	0131	0.85	17	0014	0.86
V	1038	0.70	S	1008	1.05	D	1111	0.92	L	1015	1.04	MI	0747	1.90	J	0639	1.85
	1723	2.61		1655	2.37		1759	2.62		1701	2.38		1313	1.17		1205	1.12
	2351	0.69		2338	1.02					2349	0.93		1949	2.36		1839	2.21
03	0609	1.93	18	0534	1.68	03	0046	0.72	18	0602	1.70	03	0245	0.89	18	0132	0.88
S	1135	0.91	D	1042	1.15	L	0707	1.87	M	1106	1.15	J	0903	1.96	V	0752	1.91
	1824	2.56		1738	2.30		1221	1.07		1756	2.29		1440	1.18		1337	1.12
							1906	2.53					2104	2.29		1956	2.16
04	0112	0.75	19	0045	1.06	04	0209	0.77	19	0104	0.96	04	0343	0.88	19	0243	0.82
D	0730	1.85	L	0644	1.62	M	0822	1.87	MI	0716	1.70	V	1011	2.10	S	0906	2.06
	1250	1.06		1135	1.25		1342	1.13		1228	1.22		1558	1.10		1504	1.00
	1934	2.53		1835	2.24		2019	2.49		1909	2.22		2214	2.27		2112	2.17
05	0238	0.73	20	0211	1.03	05	0320	0.75	20	0227	0.91	05	0430	0.84	20	0338	0.72
L	0852	1.87	M	0808	1.63	MI	0937	1.95	J	0839	1.78	S	1101	2.27	D	1008	2.27
	1411	1.09		1307	1.30		1459	1.11		1404	1.19		1659	0.97		1614	0.80
	2047	2.56		1948	2.22		2130	2.50		2028	2.22		2313	2.27		2222	2.22
06	0346	0.64	21	0320	0.91	06	0414	0.70	21	0328	0.79	06	0509	0.80	21	0426	0.61
M	1005	1.97	MI	0933	1.73	J	1039	2.09	V	0950	1.95	D	1141	2.43	L	1058	2.51
	1522	1.03		1438	1.24		1608	1.02		1524	1.05		1748	0.84		1711	0.56
	2154	2.64		2104	2.27		2233	2.51		2139	2.29		2359	2.28		2323	2.29
07	0438	0.55	22	0408	0.76	07	0458	0.65	22	0415	0.64	07	0546	0.77	22	0512	0.52
MI	1101	2.11	J	1032	1.89	V	1126	2.26	S	1042	2.16	L	1215	2.56	M	1144	2.75
	1623	0.92		1548	1.09		1707	0.91		1628	0.85		1828	0.72		1801	0.35
	2252	2.71		2208	2.37		2327	2.52		2241	2.38						
08	0523	0.48	23	0448	0.60	08	0538	0.61	23	0457	0.50	08	0037	2.27	23	0016	2.35
J	1146	2.26	V	1115	2.08	S	1206	2.42	D	1126	2.40	M	0619	0.75	MI	0558	0.45
	1718	0.81		1645	0.89		1758	0.80		1722	0.62		1246	2.64		1229	2.94
	2343	2.75		2303	2.49					2335	2.45		1902	0.64		1848	0.19
09	0603	0.44	24	0527	0.44	09	0013	2.51	24	0538	0.39	09	0109	2.25	24	0103	2.39
V	1226	2.39	S	1153	2.29	D	0615	0.59	L	1208	2.63	MI	0650	0.74	J	0643	0.41
	1808	0.72		1735	0.67		1242	2.54		1811	0.42		1315	2.69		1314	3.06
				2352	2.59		1842	0.71					1934	0.58		1934	0.11
10	0028	2.74	25	0605	0.31	10	0053	2.46	25	0024	2.49	10	0139	2.21	25	0149	2.40
S	0641	0.43	D	1231	2.49	L	0650	0.60	M	0620	0.31	J	0718	0.74	V	0729	0.40
	1304	2.49		1823	0.48		1316	2.62		1249	2.83		1343	2.71		1359	3.10
	1853	0.66					1921	0.65		1859	0.26		2004	0.55		2021	0.11
11	0109	2.68	26	0037	2.64	11	0129	2.39	26	0111	2.49	11	0207	2.15	26	0235	2.36
D	0718	0.46	L	0644	0.23	M	0722	0.63	MI	0702	0.29	V	0746	0.75	S	0813	0.44
	1341	2.55		1310	2.67		1347	2.65		1332	2.96		1410	2.71		1444	3.06
	1936	0.65		1909	0.34		1957	0.63		1946	0.17		2035	0.55		2107	0.20
12	0147	2.56	27	0122	2.63	12	0201	2.30	27	0157	2.44	12	0236	2.08	27	0322	2.28
L	0752	0.52	M	0724	0.20	MI	0751	0.68	J	0745	0.32	S	0814	0.77	D	0857	0.54
	1416	2.57		1352	2.80		1416	2.65		1416	3.02		1440	2.69		1529	2.95
	2015	0.68		1956	0.27		2031	0.64		2034	0.17		2107	0.57		2155	0.36
13	0222	2.42	28	0206	2.54	13	0231	2.19	28	0245	2.35	13	0308	2.01	28	0413	2.18
M	0823	0.62	MI	0805	0.24	J	0818	0.74	V	0829	0.41	D	0844	0.80	L	0942	0.87
	1449	2.56		1435	2.87		1444	2.64		1502	3.00		1513	2.64		1616	2.79
	2053	0.73		2044	0.27		2103	0.67		2123	0.25		2142	0.63		2244	0.55
14	0255	2.25	29	0254	2.40	14	0300	2.07	29	0337	2.23	14	0347	1.94	29	0508	2.07
MI	0852	0.73	J	0847	0.36	V	0843	0.80	S	0913	0.54	L	0918	0.85	M	1030	0.87
	1520	2.52		1521	2.88		1512	2.60		1549	2.92		1550	2.55		1706	2.58
	2130	0.80		2135	0.34		2136	0.72		2215	0.38		2223	0.70		2339	0.76
15	0327	2.09	30	0346	2.23	15	0332	1.95	30	0433	2.10	15	0435	1.88	30	0606	2.00
J	0917	0.84	V	0930	0.52	S	0909	0.87	D	0959	0.71	M	0959	0.93	MI	1129	1.06
	1550	2.48		1609	2.82		1542	2.55		1639	2.79		1635	2.44		1805	2.37
	2208	0.88		2231	0.46		2212	0.78		2311	0.56		2312	0.79			
									31	0534	1.99						
									L	1050	0.89						
										1734	2.63						

Hacer ajuste de horario en los meses correspondientes - EL TIEMPO EMPLEADO CORRESPONDE AL MERIDIANO 60°W, UTC - 4.

Gentileza del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile



Desarrollando una acuicultura sustentable a través de la Histología

Especialistas en histología, morfología, patología especial y avanzada

FISH PATHOLOGY
Blog: www.fishhistopathology.com

-  /vehice
-  /VeHiCe Histopatología - Patología Avanzada
-  @labvehice
-  vehice.center

Contáctanos...

 +56 65 2710 232  +56 9 3910 7937
Libertad 590, Puerto Montt, Región de Los Lagos, Chile.
www.vehice.com - info@vehice.com

Deformaciones de la columna vertebral en peces

ASPECTOS NUTRICIONALES, AMBIENTALES, INFECCIOSOS Y GENÉTICOS



Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza



Carlos Sandoval^{1,2}, Bárbara Etcharren², Fernanda Molina², Paulina Moreno², Javier Fuentealba², Nicolás Hernández², Marcelo Vera², Cynthia Huichaquelén², Manuel Ulloa², Cecilia Muñoz², Enrique Paredes Herbach³, Paulo Salinas⁴

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

² Investigación y Desarrollo VeHiCe, Área Técnica VeHiCe

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

⁴ MV, MSc, PhD. Instituto de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile.

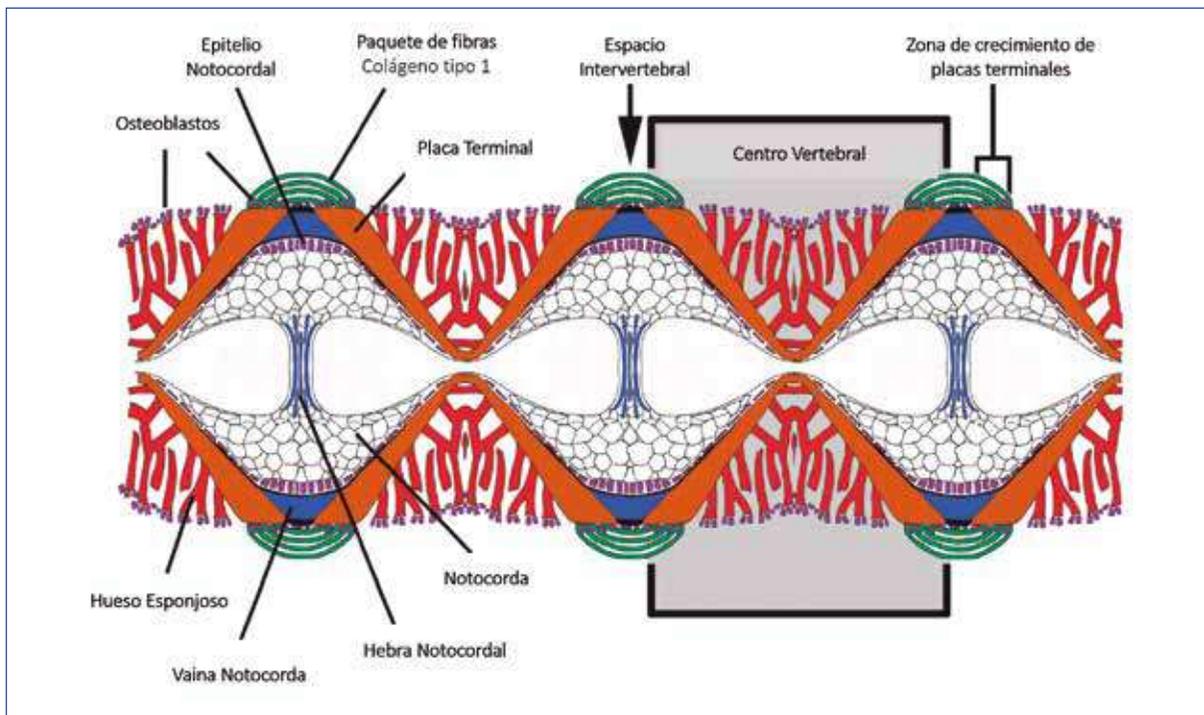


Figura 1. Esquema de corte sagital de columna vertebral (Witten *et al.*, 2019).

Aspectos nutricionales

La estructura esquelética constituye el marco básico para el crecimiento de un animal sano y los minerales de la dieta son un grupo importante de nutrientes esenciales para el desarrollo esquelético adecuado. La arquitectura esquelética de los peces está compuesta por una matriz ósea orgánica y minerales inorgánicos

en su mayoría compuestos de colágeno e hidroxiapatita (HAP), respectivamente (Baeverfjord *et al.*, 2018). Los minerales óseos más abundantes son fósforo (P) y calcio (Ca), que están dispuestos en cristales de apatita. Las apatitas están compuestas por Ca, fosfato, hidróxido y carbonato.

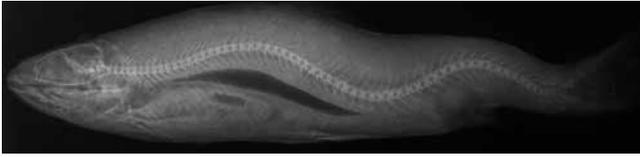


Figura 2. **Radiografía.** Desplazamiento en eje axial hacia ventral (lordosis) y dorsal (cifosis).

Entre los factores nutricionales, los más importantes son las deficiencias de vitamina C y fósforo P. Por el contrario, se sabe que el exceso de vitamina A induce anomalías esqueléticas en los peces (Arbuatti *et al.*, 2013). Se ha reportado que deficiencias nutricionales, que incluyen fosfolípidos, triptófano, leucina, vitamina C, así como el exceso de vitamina D, vitamina A o tirosina y minerales como manganeso, fósforo, magnesio y zinc, pueden inducir alteraciones en el eje vertebral (Afonso *et al.*, 2000; Silverstone & Hammell, 2002; Lewis-McCrea & Lall, 2010; Fjellidal *et al.*, 2012).

En salmónidos, el factor nutricional más relevante es la vitamina C, debido a su acción como cofactor enzimático involucrado en la hidroxilación de los aminoácidos prolina y lisina en el colágeno (Fjellidal *et al.*, 2012). Lewis-McCrea & Lall (2010) observaron la presencia de escoliosis y lordosis principalmente en la región hemal de la columna vertebral en dietas con déficit de vitamina C debido a alteración en la síntesis de colágeno, siendo común en peces con deficiencia de ácido ascórbico. Adicionalmente, Toften & Jobling (1996), sugirieron que la suplementación oral con oxitetraciclina genera interrupciones en el colágeno, que podrían generar desviaciones de la columna vertebral.

Otro factor importante es la deficiencia de P. Albrektsen *et al.*, (2009) afirmaron que la deficiencia de P en la dieta debido a la baja disponibilidad de éste redujo el contenido de minerales en las vértebras. Las vértebras con un bajo contenido de minerales se presentan más comprimidas que las vértebras con un contenido normal de minerales en post-smolts de salmón del Atlántico. Se ha demostrado que una nutrición inadecuada de P en la etapa juvenil induce a deformidades en la vida adulta del salmón del Atlántico (Baeverfjord *et al.*, 2018), en donde se ha sugerido que la relación entre las deformidades vertebrales y el nivel de P en la dieta está vinculada a la integridad estructural de los cuerpos vertebrales (Baeverfjord *et al.*, 1998; Fjellidal *et al.*, 2009; Lewis-McCrea and Lall, 2010).

Aspectos ambientales

A nivel ambiental, alteraciones en las diferentes etapas del desarrollo de los peces, particularmente durante la organogénesis, puede causar el cese o disociación de los procesos de crecimiento de diferentes tejidos, lo que puede resultar en un desarrollo anormal (Sfakianakis *et al.*, 2006).

Los factores ambientales desempeñan un papel importante en la aparición de malformaciones de la columna vertebral en los peces y se sabe que varios parámetros químicos/físicos del agua son responsables de estos defectos del desarrollo (J. Davidson

et al., 2011), entre ellos el pH bajo (A.E. Eissa *et al.*, 2009), eventos de hipoxia posterior a la eclosión (Castro *et al.*, 2011), velocidad de flujo (Chatain, 1994), metales pesados, como cad

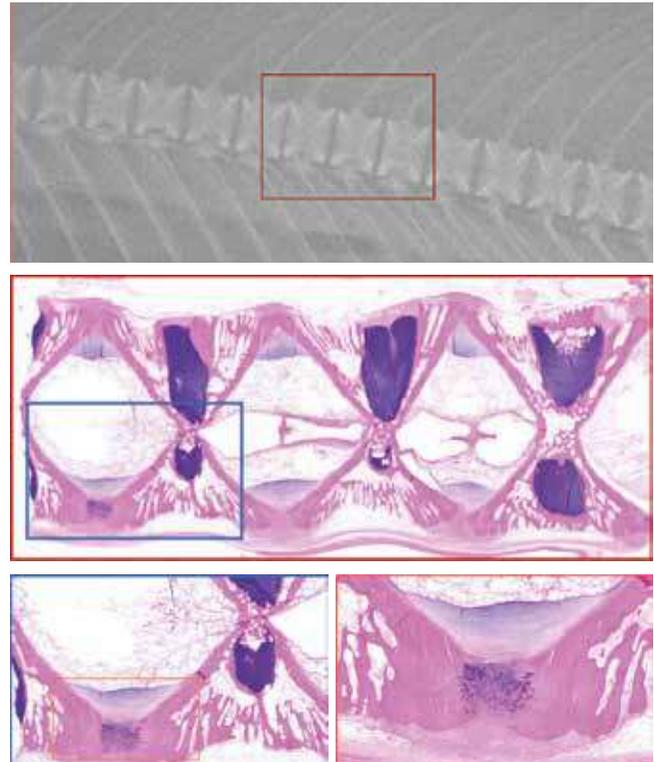


Figura 3. **Radiografía.** Compresión de cuerpos vertebrales y disminución de espacio intervertebral. **Histología.** Condrogénesis metaplásica en zona distal de placa terminal.

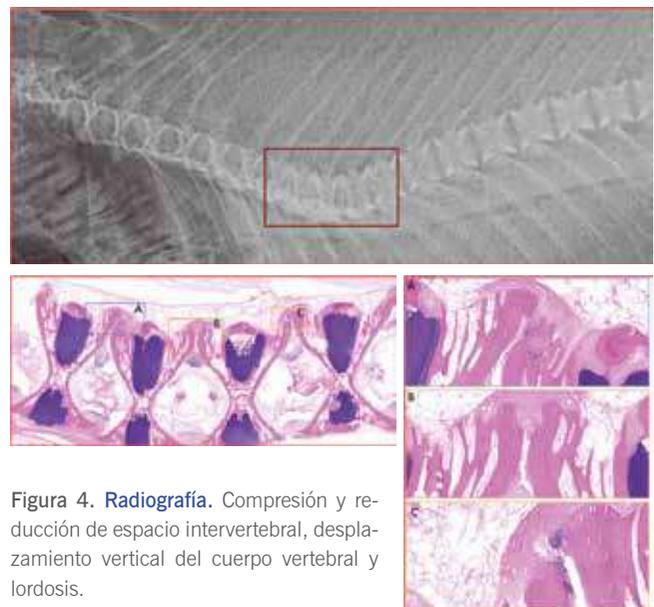


Figura 4. **Radiografía.** Compresión y reducción de espacio intervertebral, desplazamiento vertical del cuerpo vertebral y lordosis.

Figura 5. **Histología.** A) Cross Stitch vértebra (superposición de placas terminales), con leve condrogénesis en placa terminal. B) Aplanamiento con disminución de espacio intervertebral en zona distal de placas terminales. C) Cross Stitch vértebra (superposición de placas terminales), con leve condrogénesis en placa terminal.

mio (Cd) y cobre (Cu), en donde Barjhoux *et al.*, (2012) observaron presencia de cifosis y lordosis, y Messaoudi *et al.*, (2008) observaron escoliosis en peces expuestos a cobre, cadmio y zinc (Zn). Además, los múltiples procedimientos de manipulación estresantes, que suelen darse en las condiciones de cultivo intensivo de la acuicultura del salmón, pueden causar una carga mecánica extrema en la columna vertebral, que puede inducir potencialmente una inflamación local que dé lugar a cambios en la pauta normal de crecimiento con remodelación de la columna vertebral ósea, que terminan en un defecto del desarrollo (Arbuatti *et al.*, 2013).

El salmón de cultivo es criado para un rápido crecimiento y el objetivo de la industria para obtener la tasa de crecimiento óptima es optimizar tanto la dieta como los factores ambientales. Sin embargo, las condiciones intensivas de cultivo están asociadas con un incremento en la aparición de enfermedades relacionadas a la producción y a malformaciones. Temperaturas elevadas durante la fase de agua dulce son utilizadas comúnmente para acelerar la tasa de crecimiento. Un incremento en el número de alteraciones tales como anormalidades esqueléticas, fallas cardíacas y deformidades mandibulares han sido observadas a temperaturas elevadas. Recomendaciones para limitar la temperatura a niveles seguros $\leq 8^{\circ}\text{C}$ durante la etapa de incubación y $\leq 12^{\circ}\text{C}$ después de la etapa de primera alimentación conllevan a reducciones sustanciales en deformaciones esqueléticas (Yttberg *et al.*, 2012).

Aspectos infecciosos

Numerosos parásitos afectan la columna vertebral, donde destaca *Myxobolus buri*, parásito mixozoico que causa escoliosis y cifosis en seriola y trucha arcoíris (Ferguson, 2006), mientras que *Myxobolus cerebralis* es uno de los parásitos más conocidos en salmónidos y que se caracteriza por la deformación de la cabeza

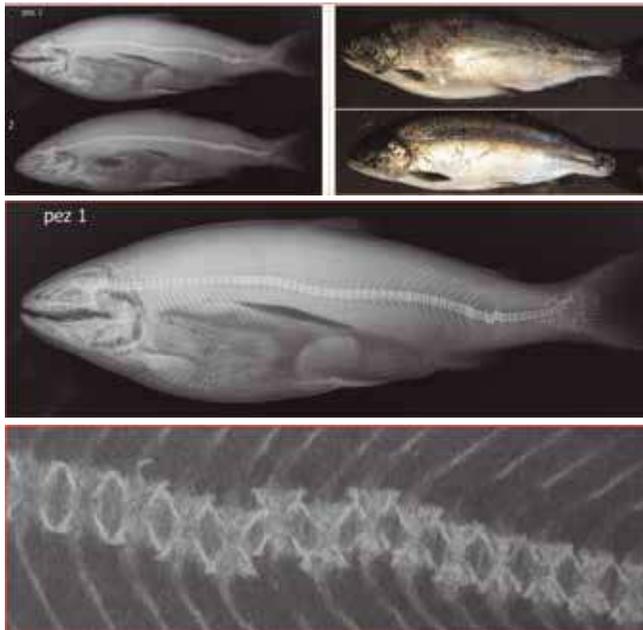


Figura 6. Radiología. Desplazamiento de cuerpos vertebrales en peces afectados por *F. psychrophilum*.

y la columna vertebral debido a la necrosis de cartílago, por daño de los nervios simpáticos adyacentes a la columna vertebral (Arbuatti *et al.*, 2013). También se describe el microsporidio *Pseudoloma neurophila*, agente patógeno común en zebrafish, el cual induce desviación del eje axial (Noga, 2010).

En lo que respecta a las enfermedades bacterianas, se ha reconocido que la micobacteriosis de los peces causada por *Mycobacterium marinum*, *Mycobacterium fortuitum* y *Mycobacterium chelonae* es responsable del desarrollo de defectos en la columna vertebral (Arbuatti *et al.*, 2013). Adicionalmente, se reporta *Flavobacterium psychrophilum*, agente bacteriano que en su curso crónico, puede generar alteraciones vertebrales (Noga, 2010).

Aspectos genéticos

La heredabilidad de las deformidades vertebrales es baja en el salmón del Atlántico, algunos estudios indican que la consanguinidad no causa los problemas de deformidad (Gjerde *et al.*, 2005), sin embargo, evitar el uso de animales con alteraciones de eje axial como reproductores evitará el aumento de la susceptibilidad genética a las deformidades vertebrales en la población. La endogamia intensiva también podría dar lugar a una alta incidencia de deformidades esqueléticas espontáneas como escoliosis, lordosis, espinas neurales curvadas, vértebras fusionadas y vértebras comprimida (Eissa *et al.*, 2009). Sullivan *et al.*, (2007), sugieren que no hay un vínculo genético y de existir, es generalmente más rentable corregir el determinante ambiental, nutricional o infeccioso que puede afectar, que embarcarse en un esfuerzo de cría selectiva prolongado para lograr el mismo fin (Gjerde *et al.*, 2005).

Compresión y Fusión de los Cuerpos Vertebrales en Peces

Las anomalías más severas de las vértebras son aquellas que afectan al cuerpo vertebral, como la fusión, la compresión y la modificación de forma, en donde si muchas vértebras son afectadas, pueden reducir la longitud del pez. Contrariamente, las anomalías que alteran los arcos vertebrales y las espinas se consideran leves, ya que no afectan la forma externa del pez.

Se ha demostrado, en salmones, que dos vértebras anquilosadas y comprimidas se pueden remodelar en una única vértebra común, estructurada y conjunta (Witten *et al.*, 2007).

La fusión de cuerpos vertebrales puede progresar de acuerdo con dos escenarios distintos, a los que nos referiremos como “agravamiento” y “contención”.

En el escenario de “agravamiento” la fusión inicial de dos cuerpos vertebrales conduce a un centro de compresión de vértebras a través de una amalgama continua de vértebras adicionales. Este proceso de fusión de las vértebras causa el acortamiento de la columna vertebral y tiene implicaciones obvias para el funcionamiento del animal. Este tipo de malformación es bien

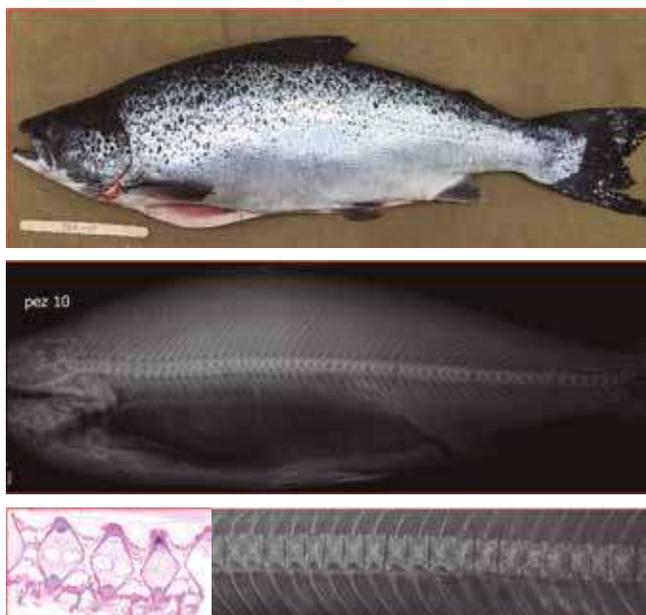


Figura 7. **Imagen Macroscópica.** Leve acortamiento de longitud de pez. **Radiografía.** Compresión de cuerpos vertebrales. **Histología.** Aplastamiento con disminución de espacio intervertebral en zona distal de placas terminales. Condrogénesis metaplásica en zona distal de placa terminal.

conocido en salmón y en otras especies de peces (Kvellestad *et al.*, 2000, Lewis *et al.*, 2004).

Por otra parte, en el escenario de “contención”, los peces son capaces de contener el progreso de la fusión del cuerpo vertebral mediante la remodelación de las vértebras fusionadas en una vértebra no deformada.

La compresión vertebral implica alteraciones de las placas de crecimiento, siendo éste solo uno de los componentes de una serie de cambios con una etiología compleja que produce una deformidad de la columna vertebral.

Una característica de la compresión vertebral en salmones es la presencia de síncondrosis metaplásica y alteraciones en la forma de las placas vertebrales, lo que aumenta la posibilidad de que cualquier alteración ósea induzca la conversión de tejido notocordal o que los cambios de la notocorda induzcan alteraciones óseas. Se debe considerar que la notocorda juega un papel importante en la inducción de la formación vertebral y del mantenimiento de la morfogénesis y el crecimiento vertebral.

A diferencia de otras especies de vertebrados con crecimiento limitado (por ejemplo el ser humano), en el salmón, la notocorda cumple su función reguladora para la diferenciación del cuerpo vertebral a lo largo de la vida, ya que en el salmón como en otras especies de peces el crecimiento no se detiene.

Algunos autores (Witten *et al.*, 2005) proponen que una carga mecánica alterada podría causar la transformación de las zonas de crecimiento óseo en los “pedúnculos cortos” y la sustitución concomitante del tejido intervertebral (notocorda) por tejidos car-

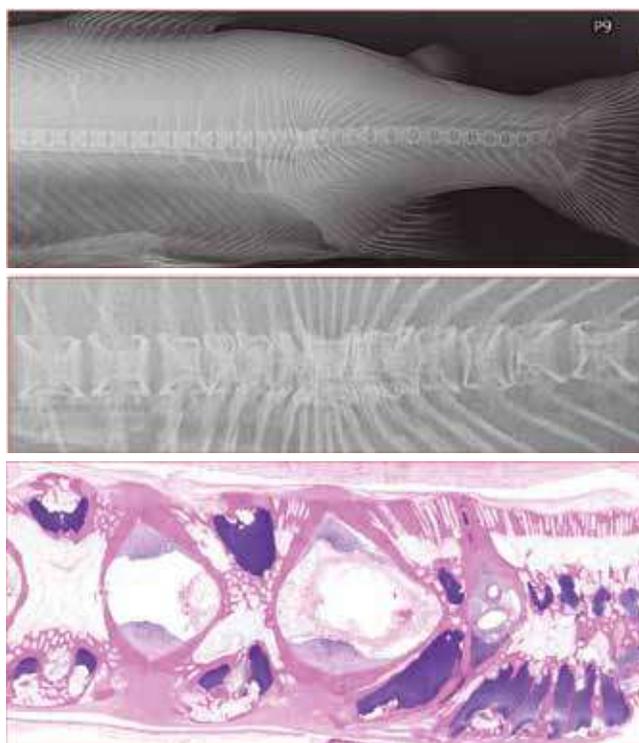


Figura 8. **Radiografía:** Fusión de cuerpos vertebrales. **Histología:** Metaplasia condrogénica en espacio intervertebral (notocorda).

tilaginosos. Esta hipótesis se basa en el conocido rol de las células notocordales, las cuales juegan un papel en el desarrollo vertebral y mantenimiento de la integridad del disco intervertebral. No está claro si el daño del tejido intervertebral bajo condiciones productivas podría ser por presión excesiva a corto plazo, un excesivo estrés mecánico a largo plazo o incluso por desuso.

A nivel histológico, en etapas finales de fusión vertebral, las placas vertebrales y el cartílago del espacio intervertebral es reemplazado por tejido óseo trabecular intravertebral. Las compresiones vertebrales podrían estar relacionadas con tejido notocordal. Una metaplasia (tejido notocordal que se convierte en cartílago) conduce a la alteración de la forma vertebral, posiblemente como resultado de un régimen de carga alterada. La transformación de tejido notocordal en tejido cartilaginoso ha sido solo reportada en peces silvestres de edad avanzada (Witten *et al.*, 2005).

Bibliografía

- Afonso, J. M., Montero, D., Robaina, L., Astorga, N., Izquierdo, M. S., & Ginés, R. (2000). *Fish Physiology and Biochemistry*, 22(2), 159–163.
- Albrektsen S., Hope B., Aksnes A. (2009) Phosphorous (P) deficiency due to low P availability in fishmeal produced from blue whiting (*Micromesistius poutassou*) in feed for under-yearling Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt. *Aquaculture* 296: 318–328.
- Arbuatti A., Della L., Romanucci M. (2013) Spinal deformities in a wild line of *Poecilia wingei* bred in captivity: report of cases and review of the literature. *Asian Pac J Trop Biomed* 3(3), 186-190.
- Baevefjord G., Asgard T., Shearer K. (1998) Development and detec

tion of phosphorus deficiency in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr and post-smolts. *Aquaculture Nutrition* 4: 1–12.

Baeverfjord G., Prabhu P.A., Fjellidal P.G., Albrektsen S., Hatlen B., Denstadli V., Ytteborg E., Takle H., Lock E., Berntssen M., Lundebye A., Åsgård T., Waagbø (2018) Mineral nutrition and bone health in salmonids. *Aquaculture*, 1–26.

Barjhoux I., Baudrimont M., Morin B., Landi L., Gonzalez P., Cachot J. (2012) Effects of copper and cadmium spiked-sediments on embryonic development of Japanese medaka (*Oryzias latipes*). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 79, 272–282.

Castro R., Bustos E., Rojas M. (2011) Vertebral column deformity and hypoxia in *Salmo salar*. *Int. J. Morphol.*, 29(4), 1291–1295, 2011.

Chatain B. (1994) Abnormal swimbladder development and lordosis in seabass (*Dicentrarchus labrax*) and seabream (*Sparus auratus*). *Aquaculture* 119, 371–379.

Davidson J., Christopher G., Welsh C., Summerfelt S. (2011) Abnormal swimming behavior and increased deformities in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* cultured in low exchange water recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering* 45, 109–117.

Eissa A.E., Moustafa M., El-Husseiny, Saeid S., Saleh O., Borhan T. (2009) Identification of some skeletal deformities in freshwater teleosts raised in Egyptian aquaculture. *Chemosphere* 77, 419–425.

Ferguson, H. (2006). *Systematic Pathology of Fish*. Scotian Press. London, UK. pp.296.

Fjellidal P.G., Hansen T., Breck O., Sandvik R., Waagbo R., Berg A. (2009) Supplementation of dietary minerals during the early seawater phase increase vertebral strength and reduce the prevalence of vertebral deformities in fast-growing underyearling Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolt. *Aquaculture Nutrition* 15: 366–378.

Fjellidal, P. G., Hansen, T., Breck, O., Ørnsrud, R., Lock, E.-J., Waagbø, R., ... Eckhard Witten, P. (2012). Vertebral deformities in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) - etiology and pathology. *Journal of Applied Ichthyology*, 28(3), 433–440.

Gjerde, B., Pante, M. J. R., & Baeverfjord, G. (2005). Genetic variation for a vertebral deformity in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 244(1-4), 77–87.

Kvellestad, A., Høie, S., Thorud, K., Tørud, B., Lyngøy, A., 2000. Platyspondyly and shortness of vertebral column in farmed Atlantic salmon *Salmo salar* in Norway— Description and interpretation of pathological changes. *Dis. Aquat. Org.* 39, 97–108.

Lewis-McCrea L., Lall P. (2010) Effects of phosphorus and vitamin C deficiency, vitamin A toxicity, and lipid peroxidation on skeletal abnormalities in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *J. Appl. Ichthyol.* 26, 334–343.

Messaoudi I., Dile T., Kessabi K., Barhoumi S., Kerkeni A., Saïd K. (2008) Association of spinal deformities with heavy metal bioaccumulation in natural populations of grass goby, *Zosterisessor ophiocephalus* Pallas, 1811 from the Gulf of Gabès (Tunisia). *Environ Monit Assess*, 156:551–560.

Noga, E. (2010). *Fish Disease: Diagnosis and Treatment*. Wiley-Blackwell. Iowa, USA - pp.188; 268.

Sfakianakis, D. G., Georgakopoulou, E., Papadakis, I. E., Divanach, P., Kentouri, M., & Koumoundouros, G. (2006). Environmental determinants of haemal lordosis in European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture*, 254(1-4), 54–64.

Silverstone, A. M., & Hammell, L. (2002). Spinal deformities in farmed Atlantic salmon. *The Canadian Veterinary Journal*, 43(10), 782.

Sullivan, M., Guy, D. R., Roberts, R. J., & Manchester, N. J. (2007). The aetiology of spinal deformity in Atlantic salmon, *Salmo salar* L.: influence of genetic factors on the frequency and severity in freshwater stages. *Journal of Fish Diseases*, 30(12), 753–758

Toften, H., & Jobling, M. (1996). Development of spinal deformities in Atlantic salmon and Arctic charr fed diets supplemented with oxytetracycline. *Journal of Fish Biology*, 49(4), 668–677.

Vagsholm, I., & Djupvik, H. O. (1998). Risk factors for spinal deformities in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Oceanographic Literature Review*, 7(45), 1235.

Witten, P. E., Gil-Martens, L., Hall, B. K., Huysseune, A., & Obach, A. (2005). Compressed vertebrae in Atlantic salmon *Salmo salar*: evidence for metaplastic chondrogenesis as a skeletogenic response late in ontogeny. *Diseases of aquatic organisms*, 64(3), 237–246.

Witten, P.E., Huysseune, A., 2007. Mechanisms of chondrogenesis and osteogenesis in fins. In: Hall, B.K. (Ed.) *Fins and Limbs; Development, Evolution and Transformation*. Chicago University Press, Chicago, 79–92.

Witten, P. E., Obach, A., Huysseune, A., & Baeverfjord, G. (2006). Vertebrae fusion in Atlantic salmon (*Salmo salar*): Development, aggravation and pathways of containment. *Aquaculture*, 258(1-4), 164–172. doi:10.1016/j.aquaculture.2006.05.005.

Witten, P.E., Gil-Martens, B. K., Huysseune, A., Takle H. & Hjelde K. (2009). Toward a classification and an understanding of developmental relationships of vertebral body malformations in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 295, 6–14.

Ytteborg E, Torgersen J, Baeverfjord G, Takle H (2012) The Atlantic salmon (*Salmo salar*) vertebra and cellular pathways to vertebral deformities. In: E Carvalho (ed) *Health and Environment in Aquaculture*. IntechOpen.



Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza



Apoyo en la lucha contra la caligidosis

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



PRODUCTOS

- Faldones para baño de caligus
- Lona cerrada para baño de caligus
- Toldos y cubre alimentos
- Ropa de Agua
- Telas Industriales
- Redes de Cultivo

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

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

Fono: (65) 2 277 601

Celular: +56 9 9696122

Contacto: EdoTrujillo@biolona.com

www.biolonas.cl

Efectividad del Peróxido de Hidrógeno en el control del piojo de mar



Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza



UNIVERSIDAD
SAN SEBASTIAN
PROYECTO HUMANISTA CRISTIANO

Sandra Bravo¹, María Teresa Silva²

¹Instituto de Acuicultura, Universidad Austral de Chile; ²Universidad San Sebastián

El peróxido de hidrógeno, reactivo oxidante, utilizado ampliamente como desinfectante debido a sus propiedades biocidas (Finnegan et al., 2010), fue utilizado por primera vez como tratamiento por baño en el control del piojo de mar en Noruega (Thomassen, 1993) y más tarde adoptado en Escocia a principios de la década de 1990 (Rae, 2002). El peróxido de hidrógeno se convirtió en el tratamiento principal contra el piojo de mar en Escocia entre 1993 y 1998, debido a la pérdida de sensibilidad al diclorvos Aquagard, hasta que se logró la autorización para el piretroide cypermetrina y para los tratamientos orales por parte de la Dirección de Medicamentos Veterinarios en 1998 y 2000 respectivamente (Treasurer et al., 2000).

Los primeros ensayos con peróxido de hidrógeno se llevaron a cabo en Chile en 1994, y las concentraciones utilizadas fueron de 0,5 y 0,8 g/L utilizando una lona cerrada. Aunque había un buen control sobre el *Caligus* adulto, se registró un pobre efecto sobre las etapas de chalimus, por lo que la industria privilegió el uso de la ivermectina suministrada vía oral, que mostró efectividad sobre los estadios adultos y juveniles del parásito en el pez. En ese período *Caligus teres* era la especie que parasitaba al salmón coho y a la trucha arcoíris (Bravo, 2003).

El peróxido de hidrógeno se utilizó en Noruega entre 1993 y 1997 y luego se volvió a introducir en 2009 como una opción de rotación potencial, debido a la reducción de la sensibilidad de los piojos de mar hacia los otros compuestos terapéuticos (Helgesen et al., 2015), lo mismo ocurrió en Escocia (Aaen et al, 2015). En Chile, el peróxido de hidrógeno se comenzó a comercializar a partir de febrero de 2007 como una alternativa al benzoato de emamectina, antiparasitario que comenzó a mostrar pérdida de efectividad a partir de 2005, debido al desarrollo de resistencia de *C. rogercresseyi* (Bravo et al., 2008). Sin embargo, solo a partir de 2018 se ha tenido información respecto a los volúmenes de peróxido de hidrógeno utilizados para el control de *Caligus* en Chile. En 2018 se utilizaron 195 toneladas de producto en tanto que en 2019 se utilizaron 3.125, 5 ton. Para los mismos años, en Noruega se utilizaron 6.735 ton y 4.523 ton de producto respectivamente.

Métodos de tratamiento

El peróxido de hidrógeno es aplicado por baño, directamente en la jaula y también en wellboat. En ambos casos, una vez finalizado el tratamiento los piojos inconscientes deben ser extraídos para evitar la reinfestación. Esto ha generado que se privilegie el uso de wellboat para los tratamientos con peróxido de hidrógeno, ya que una vez finalizado el tratamiento, el agua es filtrada y los piojos son retenidos y posteriormente eliminados. Por el contrario, para los tratamientos aplicados en jaula se hace de uso de una lona cerrada, lo que genera un incremento significativo de la densidad de carga durante el tratamiento, un incremento del estrés en los peces y la dificultad de extraer efectivamente los piojos que flotan inconscientes en la superficie del agua. Esto cobra mayor importancia cuando se utilizan concentraciones de peróxido de hidrógeno menores a las recomendadas para los tratamientos por baño, ya que los riesgos de desarrollo de resistencia son mayores.

Una ventaja que presenta el peróxido de hidrógeno es que la aplicación de oxígeno no es necesaria durante el tratamiento debido a que se disocia en agua y oxígeno, por lo que es percibido como un producto amigable con el medio ambiente. Aún cuando recientemente fue publicado un artículo en el cual se señala que el peróxido de hidrógeno tiene el potencial de causar efectos negativos sobre las poblaciones de krill del norte, causando mortalidad de 100% a concentraciones de 170 mg/L bajo condiciones de laboratorio (Escobar-Lux & Samuelsen, 2020).

Mecanismos de acción del peróxido de hidrógeno

Los mecanismos de toxicidad del peróxido de hidrógeno en el piojo de mar aun no se han aclarado plenamente. Induce parálisis mecánica causada por la formación de burbujas en la hemolinfa lo que provoca que los ejemplares móviles se suelten del pez parasitado, y floten inconscientes en la superficie del agua (Thomassen, 1993; Bruno and Raynard, 1994; Treasurer et al., 2000).

Al igual que con los otros productos antiparasitarios utilizados para el control de piojo de mar, se ha reportado desarrollo de resistencia del piojo de mar al peróxido de hidrógeno, reportándose el primer caso de resistencia en Escocia (Treasurer et al. 2000),

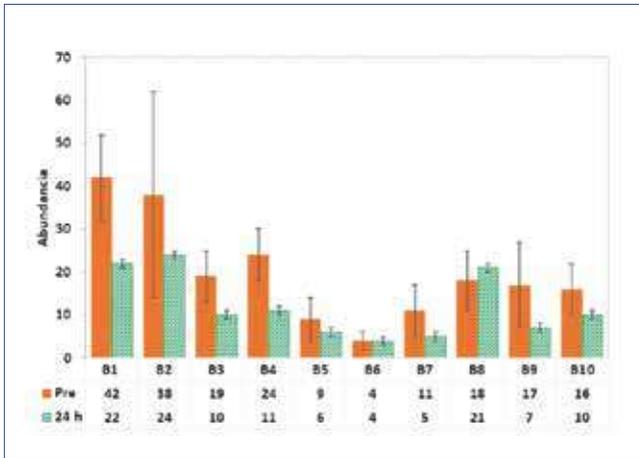


Figura 1: Abundancia (promedio ± DS) de ejemplares adultos de *C. rogercresseyi* pretratamiento y 24 horas post-tratamiento con H2O2, aplicado con tarpulin cerrado, en 10 jaulas en un centro de cultivo en Puerto Montt.

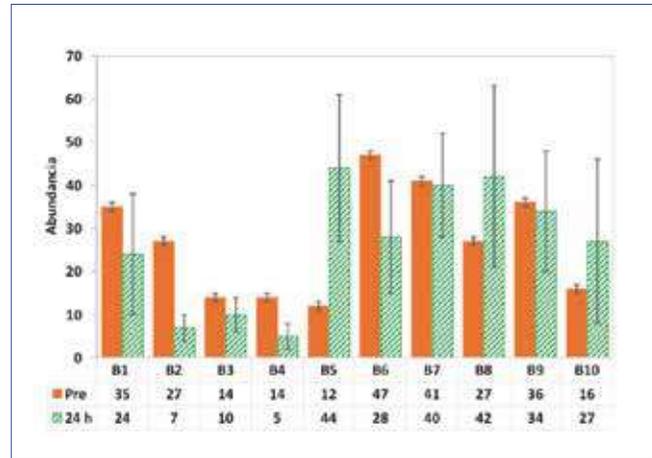


Figura 2: Abundancia (promedio ± DS) de chalimus de *C. rogercresseyi* pretratamiento y 24 horas post-tratamiento con H2O2, aplicado con lona cerrada, en 10 jaulas en un centro de cultivo en Puerto Montt.

situación que también ha sido reportada en Noruega (Helgesen et al., 2015). El desarrollo de resistencia de *L. salmonis* al peróxido de hidrógeno fue confirmado por un estudio desarrollado en Noruega, en el que los resultados indicaron que el incremento en la actividad de la catalasa juega un rol importante en la resistencia de *L. salmonis* a este producto (Helgesen et al., 2017). Sin embargo, uno de los aspectos más relevantes es que el peróxido de hidrógeno no mata a estos parásitos, solo los deja inconscientes, y al recuperarse post-tratamiento en agua fresca, están nuevamente en condiciones de parasitar a nuevos peces (Johnson et al., 1993; Bravo et al., 2010).

En estudios desarrollados en Canadá se observó que ejemplares adultos de *L. salmonis* se recuperan a los 20 min post exposición a tratamientos con 1,5 g/L de peróxido de hidrógeno (Johnson et al., 1993), en tanto que en estudios desarrollados en 2007 en Chile, se observó que a esa misma concentración y por el mismo período de exposición, los ejemplares adultos de *C. rogercresseyi* se recuperaron a los 10 minutos post-tratamiento en condiciones de campo y 30 minutos post-tratamiento en condiciones de laboratorio (Bravo et al., 2010). Por otro lado, Marín y col (2018) reportaron que con concentraciones de 825 ppm de peróxido de hidrógeno por 20 minutos de exposición, se logra la inmovilización del 100% de los ejemplares adultos de *C. rogercresseyi*, registrándose recuperación de los machos a los 30 minutos y 60 minutos para las hembras, post-tratamiento.

En las figuras 1 y 2 se muestra la eficacia en la abundancia de ejemplares adultos y chalimus de *C. rogercresseyi*, como resultado de baños aplicados con 1.500 ppm de peróxido de hidrógeno por 20 minutos de exposición, utilizando lona cerrada, en un estudio realizado en un centro de cultivos en la zona de Puerto Montt, observándose diferencias en las abundancias de piojos tanto pretratamiento como 24 horas postratamiento. En la figura 3 se presenta la eficacia lograda tanto en el control de ejemplares adultos como en el control de chalimus. La baja eficacia puede deberse a que una vez finalizado el tratamiento, la solución del producto fue eliminada en el sector de cultivo permitiendo que los

piojos inconscientes parasitaran nuevamente a los peces tratados.

En la figura 4 se observa la recuperación de consciencia de los ejemplares adultos (machos y hembras), a los 10 minutos de haberse traspasado a un recipiente con agua de mar sin tratamiento, recuperados flotando inconscientes en la superficie del agua al finalizar el tratamiento con peróxido de hidrógeno.

En la tabla 1 se muestra la eficacia del tratamiento con 1.500 ppm de peróxido de hidrógeno por 20 minutos de exposición, aplicado en estanque bajo condiciones controladas, donde se observa una eficacia del 100% para los machos y de 98,2% para las hembras, con solo 55,6% de eficacia para los chalimus. En la figura 5 se muestra la recuperación de consciencia de ejemplares adultos de *C. rogercresseyi* posterior al tratamiento con 1.500 ppm de peróxido de hidrógeno por 20 minutos de exposición, aplicado en estanque bajo condiciones controladas. En este caso la recuperación de consciencia para machos y hembras fue a los 30 minutos, registrándose una mayor recupera

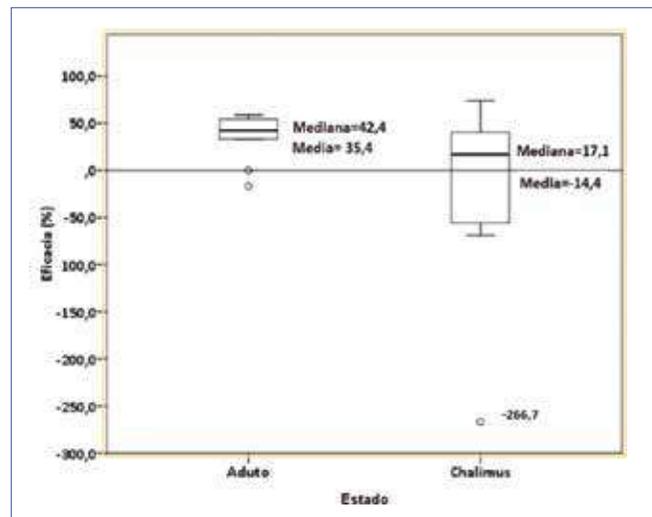


Figura 3: Eficacia en el tratamiento con H2O2 en ejemplares adultos y chalimus, aplicado con lona cerrada en 10 jaulas en un centro de cultivo en Puerto Montt.

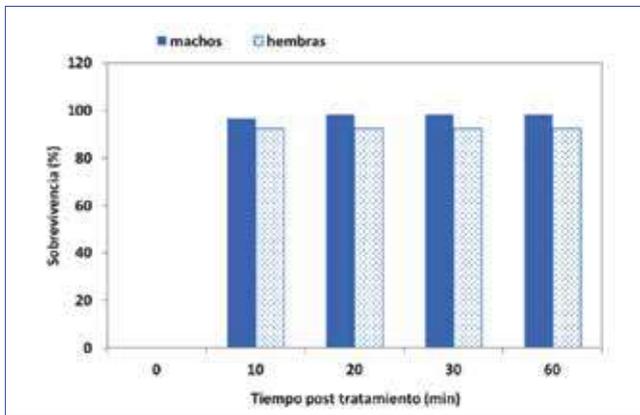


Figura 4: Tiempo de recuperación de consciencia de *C. rogercresseyi* inmediatamente después de finalizado el tratamiento por baño con H₂O₂ en jaulas con lona cerrada.

ción en los machos con respecto a las hembras, pero además se corrobora que si los piojos no son inmediatamente removidos una vez finalizado el tratamiento, estos están en condiciones de volver a parasitar los peces ya tratados.

Tabla 1: Efectividad de H₂O₂ en la remoción de *C. rogercresseyi* 24 h post tratamiento en estanques bajo condiciones controladas.

	promedio ± DS machos	promedio ± DS hembras	promedio ± DS Chalmus
Pretratamiento	44	117	9
Post-tratamiento	0	2	4
Eficacia (%)	100	98,2	55.6

Efecto del peróxido de hidrógeno sobre la fecundidad de las hembras grávidas

Otro aspecto importante a considerar, es que el peróxido de hidrógeno genera reducción del desarrollo de los huevos expuestos a tratamientos y también en la tasa de eclosión y sobrevivencia de los nauplius y copepoditos, lo cual puede contribuir a reducir la tasa de infección (Johnson et al., 1993; Toovey & Lyndon, 2000; Bravo et al., 2015). Aspecto que fue estudiado en *C. rogercresseyi* por Bravo y col. (2015) y posteriormente confirmado por Valenzuela-Muñoz y col. (2020), quienes señalan que el

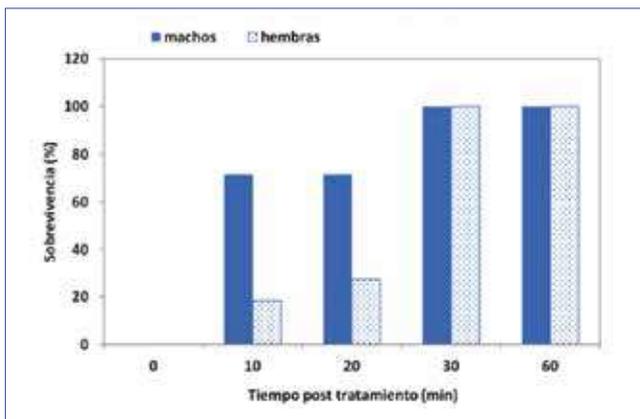


Figura 5: Tiempo de recuperación de consciencia de *C. rogercresseyi* inmediatamente después de finalizado el tratamiento con H₂O₂ en estanque bajo condiciones controladas.

peróxido de hidrógeno afecta el proceso reproductivo, reduciendo la viabilidad larval de las hembras de *C. rogercresseyi*.

Efecto del peróxido de hidrógeno sobre los peces

Debido a que el peróxido de hidrógeno ha mostrado ser tóxico para los salmones con el incremento en el tiempo de tratamiento, el incremento en la dosis de exposición y también con el incremento en la temperatura del agua (Johnson et al., 1993), se debe tener precaución en su aplicación, principalmente cuando la temperatura del agua de mar es mayor a 13°C (Overton et al., 2019). Se recomiendan concentraciones de 1,7 g/L por 20 minutos de exposición con temperaturas <8°C y para temperaturas entre 8 y 13°C concentraciones entre 1,3 y 1,5 g/L.

Referencias Bibliográficas

- Aaen S.M., Helgesen K.O., Bakke M.J., Kaur K., Horsberg T.E., 2015. Drug resistance in sea lice: a threat to salmonid aquaculture. Trends Parasitol. 31, 72–81.
- Bravo S., 2003. Sea lice in Chilean salmon farms. Bulletin of the European Association of Fish Pathologists 23, 197–200.
- Bravo S., Silva M.T., Agusti C., Samba K., Horsberg T.E. 2015. The effect of chemotherapeutic drugs used to control sea lice on the hatching viability of egg strings from *Caligus rogercresseyi*. Aquaculture 443: 77–83.
- Bravo S., Treasurer J., Sepúlveda M., Lagos C. 2010. Effectiveness of hydrogen peroxide in the control of *Caligus rogercresseyi* in Chile and implications for sea louse management. Aquaculture 303: 22–27.
- Escobar-Lux R.H., Samuelsen O.B. 2020. The Acute and Delayed Mortality of the Northern Krill (*Meganyctiphanes norvegica*) When Exposed to Hydrogen Peroxide. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology <https://doi.org/10.1007/s00128-020-02996-6>
- Finnegan M., Linley E., Denyer S.P., McDonnell G., Simons C., Maillard J.Y., 2010. Mode of action of hydrogen peroxide and other oxidizing agents: differences between liquid and gas forms. J. Antimicrob. Chemother. 65, 2108–2115.
- Helgesen K.O., Bakke M.J., Kaur K., Horsberg T.E., 2017. Increased catalase activity—a possible resistance mechanism in hydrogen peroxide resistant salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*). Aquaculture. 468, 135–140.
- Helgesen K.O., Romstad H., Aaen S., Horsberg T.E. 2015. First report of reduced sensitivity towards hydrogen peroxide found in the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* in Norway. Aquaculture reports, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.01.001>.
- Johnson, S.C., Constible, J.M., Richard, J., 1993. Laboratory investigations of the efficacy of hydrogen peroxide against the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* and its toxicological effects on Atlantic salmon *Salmo salar* and Chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*. Diseases of Aquatic Organisms 17, 197–204.
- Marín S.L., González M.P., Madariaga S.T., Mancilla M., Mancilla J., 2018. Response of *Caligus rogercresseyi* (Boxshall & Bravo, 2000) to treatment with Hydrogen Peroxide: Recovery of parasites, fish infestation and egg viability under experimental conditions. Journal of Fish Diseases. 41, 861–873.
- Overton K., Dempster T., Oppedal F., Kristiansen T.S., Gismervik K., Stien L.H. 2018. Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: a review. Reviews in Aquaculture 11: 1398–1417.
- Rae, G.H., 2002. Sea louse control in Scotland, past and present. Pest Manag. Sci. 58, 515–520.
- Thomassen J.M. 1993. A new method for control of salmon lice. In: Reinertsen, H., Dahle, L.A., Jørgensen, L., Tvinnereim, K. (Eds.), Fish Farming Technology. CRC Press, Boca Raton, pp. 233–236.
- Toovey J.P.G., Lyndon A.R. 2000. Effects of hydrogen peroxide, dichlorvos and cypermethrin on subsequent fecundity of sea lice, *Lepeophtheirus salmonis*, under fish farm conditions. Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol. 20, 224–228.
- Treasurer J.W., Wadsworth S., Grant A., 2000. Resistance of sea lice, *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer), to hydrogen peroxide on farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Aquac. Res. 31, 855–860.
- Valenzuela-Muñoz.2000. More than bubbles: In vivo assessment and transcriptome modulation of *Caligus rogercresseyi* and Atlantic salmon exposed to hydrogen peroxide (PARAMOVE®)



Universidad Austral de Chile
Instituto de Acuicultura

iacui



CONTACTO
+ 56 65 2277142
egpm@uach.cl
www.iacui.uach.cl

Doctorado en Ciencias
de la Acuicultura

UACH
SEDE PUERTO MONTE



UACH
SEDE PUERTO MONTE

Magister en Medio ambiente
y Bioseguridad en Acuicultura

Magister en
Nutrición Acuicola

UACH
SEDE PUERTO MONTE



UACH
SEDE PUERTO MONTE

Diplomado en Recirculación
para la Acuicultura

Generando y Transmitiendo
Conocimiento
Formando profesionales para la sustentabilidad ambiental

Instituto de Acuicultura de la Universidad Austral de Chile.
Contribuyendo al desarrollo de capital humano avanzado para el
desarrollo y fortalecimiento de la acuicultura nacional.

DOCTORADO

en Ciencias de la Acuicultura



www.doctoradoacuicultura.uach.cl/

“El Doctorado en Ciencias de la Acuicultura (DCA) tiene como objetivo formar capital humano altamente calificado para el desarrollo de investigación en Ciencias de la Acuicultura, así como también que puedan generar nuevo conocimiento científico de alta calidad y pertinente a los desafíos de la acuicultura.”

- ▶ Cierre postulaciones: 13 de noviembre de 2020.
- ▶ Entrevistas: 16 al 20 de noviembre de 2020.
- ▶ Resultados: 27 de noviembre de 2020.
- ▶ Postulación a Becas Conicyt: primera semana de diciembre 2020.
- ▶ Inicio de actividades académicas: marzo de 2021.

El programa DCA posee una fuerte orientación interdisciplinaria con énfasis en los aspectos biológicos de relevancia para la diversificación y sustentabilidad de la actividad acuícola, operando además como un sensor de las necesidades de conocimiento científico de alto impacto, pertinente y de excelencia en ciencias de la acuicultura.

En su aspecto formativo, el plan centra sus esfuerzos en ámbitos novedosos y relevantes para el desarrollo de la ciencia en ámbitos de la acuicultura, además de poseer una alta vinculación con la industria y sus problemáticas, las que son abordadas mediante la resolución de problemas científicos.



MAGISTER

en Nutrición Acuícola



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

“El programa de Magister en Nutrición Acuícola (MNA) tiene como objetivo formar profesionales que puedan contribuir en la solución de problemas de nutrición, gestión de la alimentación y producción de alimentos en la acuicultura; con responsabilidad ambiental y enfoque científico.”

- ▶ Cierre de postulaciones: 21 de noviembre 2020.
- ▶ Entrevistas: 1 al 3 de diciembre 2020.
- ▶ Resultados de selección: 9 de diciembre 2020.
- ▶ Periodo de matrícula: 1 al 11 marzo 2021.
- ▶ Inicio de clases: 19 de marzo 2021.
- ▶ Asignatura intensiva en el extranjero: 26 de junio al 9 de julio 2021.

El programa MNA está dirigido a profesionales con formación de pregrado en carreras tales como ingeniería en acuicultura, biología marina, agroalimentación o producción y salud animal; así como también para aquellos que se desempeñan en gestión y control de la alimentación en empresas de cultivos y producción de alimentos acuícolas.

En su aspecto formativo, el plan de estudios se orienta a la profundización, especialización y aplicación práctica de la nutrición y alimentación en acuicultura para la formación de los nutricionistas que la industria demanda; enfocándose concretamente en la nutrición, como la base para definir qué características deben tener los alimentos; la gestión de la alimentación, como estrategia para que la alimentación sea utilizada eficiente y sosteniblemente por los organismos; y la tecnología de alimentos, como herramienta que permite entregar los nutrientes en forma de alimento con las características físicas y químicas apropiada.



MAGISTER

en Medio Ambiente y Bioseguridad en Acuicultura



www.maba.uach.cl/

“El Magíster en Medio Ambiente y Bioseguridad en Acuicultura (MABA) tiene como objetivo formar especialistas en medio ambiente y bioseguridad en Acuicultura, con capacidad de aplicar herramientas científicas y tecnológicas a la solución de problemas de su ámbito profesional.”

- ▶ Primer periodo de postulaciones: 30 de noviembre 2020.
- ▶ Entrevistas: 7 al 11 de diciembre 2020.
- ▶ Resultados: 15 de diciembre 2020.
- ▶ Cierre segundo periodo de postulaciones: 8 de marzo 2021.
- ▶ Entrevistas: 9-12 de marzo 2021.
- ▶ Resultados: 15 de marzo 2021.
- ▶ Periodo de matrícula: 15 al 19 marzo 2021.
- ▶ Inicio de clases: 26 de marzo 2021.

El Programa está destinado a profesionales y/o licenciados en áreas afines a la acuicultura, chilenos y extranjeros que se desempeñan en industrias, empresas e instituciones relacionadas con la acuicultura y/o el uso de recursos hidrobiológicos realizando ya sea desarrollo, investigación, innovación, gestión y control del medio ambiente acuático.

En su aspecto formativo, el MABA fortalece las competencias profesionales a través de la integración de nuevos conocimientos y la aplicación de herramientas científicas y tecnológicas en la solución de problemas y toma de decisiones en los ámbitos del medio ambiente y bioseguridad en la acuicultura.



DIPLOMADO

en Recirculación para la Acuicultura



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

“El programa de Diplomado en Recirculación para la Acuicultura (DIPRAS) tiene como objetivo entregar bases y fortalecer la preparación de profesionales y técnicos que se desempeñan en el sector acuícola, ya sea en empresas o en centros de investigación, así como operadores privados y emprendedores que estén incursionando en estos sistemas.”

- ▶ Resultados selección: 25 de agosto 2020.
- ▶ Matrícula: 26 de agosto al 15 de septiembre 2020.
- ▶ Inicio de clases: sábado 26 de septiembre 2020.
- ▶ Horario de clases: sábados de 8:10 a 19:00.

El programa DIPRAS está destinado a profesionales, licenciados y técnicos de al menos 4 años de estudio de disciplinas afines a la acuicultura, chilenos y extranjeros que se desempeñan en el sector acuícola.

El profesional que egrese será capaz de definir condiciones de óptimo funcionamiento de los sistemas de recirculación de agua dulce y agua de mar; aplicar soluciones a problemas contingentes de los sistemas de recirculación en aspectos de ingeniería, mantenimiento e inversiones; y definir la condición fisiológica de los organismos en cultivo en cualquier momento y responder a diferentes tipos de contingencias biológicas, entre otros objetivos.



Beka-Vax: la nueva vacuna para el control de la Enfermedad Bacteriana del Riñón de Veterquímica



VETERQUÍMICA
CREANDO SALUD ANIMAL

Sebastián Roque (Bioquímico), Matías Poblete (PhD)
Investigación y Desarrollo, Veterquímica

La Enfermedad Bacteriana del Riñón, una infección con grandes consecuencias económicas

La Enfermedad Bacteriana del Riñón, abreviada como BKD por sus siglas en inglés (Bacterial Kidney Disease), es una de las patologías con alta prevalencia entre los cultivos de salmónidos en nuestro país. Es una enfermedad infecciosa, sistémica y crónica que afecta a salmónidos en distintas etapas de su ciclo de vida, tanto en agua dulce como de mar. Esta enfermedad es provocada por la bacteria Gram positiva intracelular *Renibacterium salmoninarum* (Austin y Austin, 2016).

El primer reporte de *R. salmoninarum*, data de la década de los treinta y está asociado a infecciones de Salmón del Atlántico (Salmon salar) capturados en ríos de Escocia (Mackie y cols., 1933). En esa primera oportunidad, la enfermedad se denominó como «Dee disease». Durante la misma década *R. salmoninarum* fue reportada en peces Savelinos (*Salvelinus fontinalis*) y Truchas (*Salmo trutta*) de un criadero del Estado de Massachusetts en los EE. UU (Belding y Merrill, 1935). Actualmente, este patógeno acuícola se distribuye mundialmente y se ha reportado en prácticamente todos los lugares donde existen poblaciones naturales y en cultivo de salmónidos, incluyendo a países como: Alemania, España, Francia, Islandia, Italia, Reino Unido, Suecia, Canadá, Estados Unidos, Japón y Chile.

En Chile, *R. salmoninarum* fue aislado por primera vez el año 1986 (Sanders y Barros, 1986) y actualmente BKD es causante de una gran parte de la pérdida productiva entre las distintas especies de salmónidos cultivadas en el país. Según el Informe Sanitario de SERNAPESCA, el año 2019 esta enfermedad fue la causal de un 7,2% de las muertes en Salmón Coho (*Oncorhynchus kisutch*), del 23,2% en Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), y de un 18,6% de Salmón del Atlántico (*Salmon salar*).

Lo anterior deriva en considerables pérdidas para la industria acuícola nacional, lo que se suma al alto costo económico por su efecto en reproductores y en las pérdidas asociadas a cuadros infecciosos con otros patógenos.

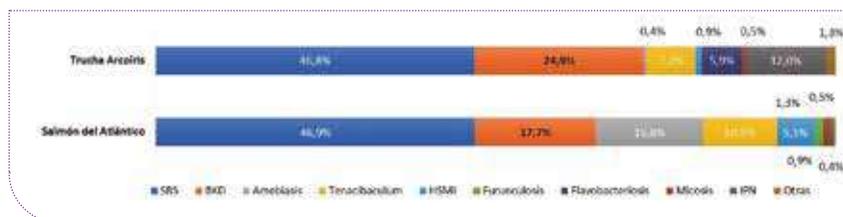
Se ha reportado que la transmisión de la infección se da tanto de forma horizontal, a través del agua, como por el consumo de restos de peces infectados (heces). La infección a través del agua se ha demostrado usando experimentos de cohabitación con peces infectados, tanto en condiciones de agua dulce (Bell y cols., 1984) como salobre (Murray y cols., 1992). Por otro lado, la transmisión vertical hace referencia a la transferencia del patógeno desde los peces progenitores a la progenie, y se puede producir por un contagio de las ovas de peces reproductores portadores del patógeno, que es resistente a los procesos de desinfección. Se sabe que las hembras juegan un papel muy importante en esta forma de transmisión, y no así los machos, en los que se ha demostrado que incluso grandes cantidades de esta bacteria patógena incorporadas al semen difícilmente producen la infección de las ovas (Evelyn y col., 1986).

Los signos clínicos presentes en cuadros de BKD, son difíciles de observar externamente en etapas iniciales de la infección, y se caracteriza por la colonización de órganos internos. Una vez avanzada la enfermedad, la signología a encontrar incluye: exoftalmia, distensión abdominal, ampollas superficiales, áreas hemorrágicas y profundos abscesos. Por otro lado, el órgano interno más afectado es el riñón, el que se inflama y muestra áreas blanquecinas discretas con infiltración de bacterias, linfocitos y restos de células del propio huésped. En casos muy avanzados de la infección, el riñón se abulta, y los nódulos se vuelven grisáceos, el hígado, el bazo y, en casos graves, incluso la grasa visceral también puede presentar estas nodulaciones (Austin y Austin, 2016). Es importante destacar que, para los peces el



Hallazgos anatomopatológicos en pez con BKD y microscopía óptica del patógeno *R. salmoninarum*.

Laboratorio I&D, Veterquímica.



Porcentaje de mortalidad acumulada por enfermedades infecciosas en el cultivo de Salmón Coho, Trucha Arcoíris y Salmón del Atlántico durante el año 2019 en Chile.

Información, Informe Sanitario 2019, SERNAPESCA.

riñón es uno de los principales órganos linfoides implicados en la respuesta inmune, por lo que como consecuencia de la enfermedad, son más susceptibles a contraer otras infecciones secundarias (Fredriksen y cols., 1997).

Es importante destacar que una parte de la población de los peces puede presentar una infección subclínica, lo que significa que, a pesar de estar presente la enfermedad, no se observan los signos característicos de la misma, impidiendo una rápida identificación y las consiguientes medidas de control en el plantel. Lo anterior se traduce en un riesgo latente para la propagación de infección y la potencial aparición de BKD (Murray y cols., 2011). Los métodos de tratamiento luego de la identificación del patógeno, se basan en el uso de técnicas de profilácticas como el retiro y sacrificio de los peces infectados, desinfección de las instalaciones, materiales, e incluso el sacrificio de todos los ejemplares del criadero. La introducción de vacunas preventivas contra BKD es una iniciativa para que la industria pueda mitigar los efectos negativos de este patógeno bacteriano.

La búsqueda de la anhelada vacuna contra BKD

Para prevenir la propagación de esta enfermedad, contrarrestar las pérdidas productivas y económicos que ésta acarrea, varios grupos de investigación a lo largo del mundo han buscado la forma de producir una vacuna que permita la inmunización y con ello la protección efectiva de los salmónidos ante *R. salmoninarum*.

Teniendo en consideración lo mencionado anteriormente, los primeros intentos de formular una vacuna que resulte efectiva para contrarrestar la Enfermedad Bacteriana del Riñón, datan de fines de los años 90. Algunas de las investigaciones más trascendentes al respecto, incluyen la investigación de Wood y Kattari en 1996, quienes mediante el tratamiento térmico de cultivos de la bacteria pudieron reducir de manera significativa la producción de la proteína p57, un importante factor de virulencia de la bacteria que es responsable en parte del cuadro clínico típicamente observado en las infecciones por *R. salmoninarum*. Mediante el procedimiento propuesto por Wood y Kattari (1996) se realizaron ensayos de laboratorio con productos vaccinales en Salmones Coho (*Oncorhynchus kisutch*), obteniendo resultados prometedores, pero insuficientes para una escala productiva (Piganelli y col. 1999).

La inmunización contra BKD ha sido un tema que se ha investigado y discutido por muchos años, porque la obtención de vacunas no ha sido fácil, primeramente porque es difícil reproducir cuadros clínicos que permitan evaluar vacunas. Otro aspecto es

la naturaleza del patógeno, el cual es intracelular e inmunosupresor y apaga la respuesta inmune una vez que alcanza cierto nivel de infección. Otro tema que se ha discutido, es, que se transmite de reproductores a la progenie, por lo tanto, los peces desde muy pequeños pueden estar infectados en forma de portadores sanos y se discute si existe la posibilidad de desarrollar inmunidad posterior, pero la presencia de BKD en peces muy pequeños ha disminuido muy significativamente por los programas sanitarios aplicados a machos y hembras en fase reproductiva, descartándose aquellos positivos. Con esta contribución, se ha logrado reducir muy fuertemente la presencia del patógeno en peces. Sin embargo, el patógeno está en el medio ambiente acuícola y en algún momento infecta a los peces muy fácilmente, desarrollando una enfermedad crónica que tiene su mayor efecto en la fase de agua de mar. Hemos visto la presencia del BKD en Chile, con más o menos intensidad desde que se inició la acuicultura salmón en los años 80; diversas formas de manejo han permitido controlar parcialmente la enfermedad.

Hoy en día, los avances científicos en genómica y bioinformática, como también la mayor cantidad de herramientas diagnósticas y de conocimiento del patógeno, han permitido abordar el desarrollo de antígenos que junto con el conocimiento más profundo de la inmunología de los peces, es posible ir desarrollando vacunas más eficaces en la prevención de la enfermedad.

En los últimos años, el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Veterquímica, con el apoyo de InnovaChile-Corfo, y observando la prevalencia de la presencia de este patógeno durante la época de la presencia de ISAv y posterior a ella, comenzó un proyecto para desarrollar una vacuna que cumpla con las características de eficiencia y eficacia deseadas, para la generación de protección inmune contra la Enfermedad Bacteriana del Riñón, y que a su vez, pueda ser efectiva en una amplia variedad de especies de salmónidos, con especial enfoque en aquellos que son cultivados en nuestro país. El resultado de este importante trabajo científico y tecnológico permitió demostrar que es posible inmunizar peces y obtener protección inmunológica significativa para reducir la infecciones por *Renibacterium salmoninarum*, lo que concluyó con la vacuna intraperitoneal Beka-Vax®, indicada para ser usada en las principales especies de producción como el Salmón del Atlántico (*Salmo salar*), Salmón Coho (*Oncorhynchus kisutch*), Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y Salmón Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*). Es más, el pasado 29 de mayo, Veterquímica recibió la aprobación con Registro SAG N° 2479-B de esta nueva vacuna, siendo ésta tramitación la más importante para conseguir que un nuevo producto ingrese al mercado.

Bibliografía

Austin, B., & Austin, D. A. (2016). In B. Austin, & D. A. Austin (Eds.), *Aerobic Gram-positive rods and cocci*. In: *Bacterial fish pathogens. Disease of farmed and wild fish (6th ed., pp. 83–156)*. Springer International Publishing.

Belding, D. L., & Merrill, B. (1935). A preliminary report upon a hatchery disease of the Salmonidae. *Transactions of the American fisheries society*, 65(1), 76-84.

Bell, G. R., Higgs, D. A., & Traxler, G. S. (1984). The effect of dietary ascorbate, zinc, and manganese on the development of experimentally induced bacterial kidney disease in sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Aquaculture*, 36(4), 293-311.

Evelyn, T. P. T., Prosperi-Porta, L., & Ketcheson, J. E. (1986). Experimental intra-ovum infection of salmonid eggs with *Renibacterium salmoninarum* and vertical transmission of the pathogen with such eggs despite their treatment with erythromycin. *Diseases of Aquatic Organisms*, 1(3), 197-202.

Fredriksen, Å., Endresen, C., & Wergeland, H. I. (1997). Immunosuppressive effect of a low molecular weight surface protein from *Renibacterium salmoninarum* on lymphocytes from Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Fish & Shellfish Immunology*, 7(4), 273-282.

Mackie TJ, Arkwright JA, Pryce-Tannatt TE, Mottram JC, Johnson WD, Menzies WJM & Martin W (1933). Second interim report of the furunculosis committee. HMSO, Edinburgh.

Murray, A. G., Hall, M., Munro, L. A., & Wallace, I. S. (2011). Modelling management strategies for a disease including undetected sub-clinical infection: Bacterial kidney disease in Scottish salmon and trout farms. *Epidemics*, 3(3-4), 171-182.

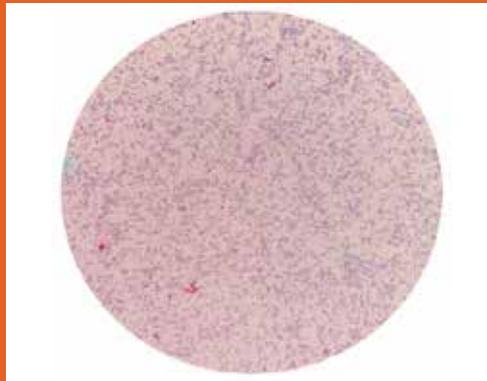
Murray, C. B., Evelyn, T. P. T., Beacham, T. D., Barner, L. W., Ketcheson, J. E., & Prosperi-Porta, L. (1992). Experimental induction of bacterial kidney disease in chinook salmon by immersion and cohabitation challenges. *Diseases of aquatic organisms*, 12(2), 91-96.

Piganelli, J. D., Wiens, G. D., Zhang, J. A., Christensen, J. M., & Kaattari, S. L. (1999). Evaluation of a whole cell, p57-vaccine against *Renibacterium salmoninarum*. *Diseases of aquatic organisms*, 36(1), 37-44.

Sanders, J. E., & Barros, M. J. (1986). Evidence by the fluorescent antibody test for the occurrence of *Renibacterium salmoninarum* among salmonid fish in Chile. *Journal of Wildlife Diseases*, 22, 255–257.

Salonius, K., Siderakis, C., MacKinnon, A. M., & Griffiths, S. G. (2005). Use of *Arthrobacter davidanieli* as a Live Vaccine Against. *Dev Biol. Basel*, 121, 189-197.

SERNAPESCA (2019). Informe sanitario de salmonicultura en centros marinos 2019.



Vista al microscopio del patógeno de salmones *Renibacterium salmoninarum* tras una tinción de Gram. Fotografía tomada en laboratorio I+D Veterquímica.



Peces adultos en agua de mar con signos de renomegalia y nodulaciones en órganos internos.



VETERQUÍMICA®
CREANDO SALUD ANIMAL

Soluciones Energéticas para la industria acuícola.

Nuestra especialidad es implementar proyectos llave en mano, logrando eficiencia energética y reducción de emisiones en procesos de la industria acuícola. Algunas de nuestras soluciones son:

- Optimización de procesos térmicos de centros de cultivo.
- Servicios de suministro a puntos flotantes y zonas aisladas.
- Generación eléctrica marítima y terrestre.
- Optimización del proceso de secado de redes.
- Optimización del proceso de incineración.



Contáctanos
aquí



Análisis de multilocus de secuencias de ADN en la detección de genogrupos de *Piscirickettsia salmonis*



Adolfo Isla^{1,2,3}, Mónica Saldarriaga-Córdoba⁴, Derie E. Fuentes⁵, Jorge Mancilla-Schulz⁶, Alexis Martínez⁷, Jaime Figueroa^{1,2}, Rubén Avendaño-Herrera^{2,8,9}, Alejandro Yáñez^{1,2}

¹Facultad de Ciencias, Instituto de Bioquímica y Microbiología, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

²Interdisciplinary Center for Aquaculture Research (INCAR)

³Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ciencias, Universidad Santo Tomás, Valdivia, Chile

⁴Centro de Investigación en Recursos Naturales y Sustentabilidad, Universidad Bernardo O'Higgins, Santiago, Chile

⁵Fraunhofer Chile Research Foundation, Center for Systems Biotechnology, Santiago, Chile

⁶Mowi Chile S.A., Puerto Montt, Chile

⁷Laboratorio Antares S.A., Puerto Montt, Chile

⁸Laboratorio de Patología de Organismos Acuáticos y Biotecnología Acuícola, Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad Andrés Bello, Viña del Mar, Chile

⁹Centro de Investigación Marina Quintay (CIMARQ), Universidad Andrés Bello, Quintay, Chile

ANTECEDENTES

El patógeno *Piscirickettsia salmonis* fue inicialmente identificado en Chile en centros de cultivo de salmón Coho (*Oncorhynchus kisutch*) a comienzo de la década del 90 (Bravo y Campos, 1989). Desde entonces, la Piscirickettsiosis afecta a todas las especies de salmónidos siendo una infección sistémica caracterizada por la colonización de los órganos internos.

Inicialmente, *P. salmonis* fue clasificado erróneamente dentro de la familia *Rickettsiaceae* y la clase Alphaproteobacteria, pero la secuenciación y el análisis de la estructura secundaria del gen 16S del ARN ribosomal (ARNr) permitieron la reclasificación en la clase de las Gammaproteobacterias. Posteriormente fue utilizada la secuenciación del ARNr 23S, el ARNr 16S y las regiones del espaciador transcrito interno (ITS) para la tipificación molecular de diversas muestras aisladas de diferentes regiones geográficas, estas técnicas permitieron evidenciar dos grupos genéticos denominados como LF-89 y EM-90. Sin embargo, estas técnicas de genotipificación requieren de información genómica detallada y análisis bioinformático los cuales tienen un importante costo económico. Trabajos previos de nuestro grupo permitieron definir la existencia de dos genogrupos principales dentro de las variantes de *P. salmonis* (Nourdin-Galindo y col., 2017).

Aunque los distintos niveles de variación genética entre los aislados son evidentes, los análisis previos se sustentan en la caracterización de un gen individual, impidiendo reflejar la historia evolutiva de un microorganismo. En este sentido, una metodología que permite realizar este tipo de descripciones en poblaciones bacterianas es el *Multilocus Sequence Typing* (MLST). El MLST, se basa en la secuenciación y análisis de genes constitutivos o *housekeeping*, de copia única y distribuidos uniformemente en el genoma del micro-

organismo. Inicialmente, durante desarrollo de esta metodología en *Neisseria meningitidis*, fueron seleccionados 6 genes de los 11 analizados. Sin embargo, observaciones posteriores mostraron que el uso de 7 genes entrega mejor información epidemiológica. El MLST permite diferenciar cepas en especies bacterianas con frecuentes transferencias laterales de genes y recombinaciones homólogas o con poca o ninguna divergencia en la secuencia del gen 16S del ARNr. Además, permite integrar información epidemiológica de los aislados analizados (Urwin y Maiden, 2003).

El objetivo de nuestro estudio fue contribuir a la vigilancia epidemiológica mediante la elaboración de un esquema de MLST que permita la tipificación de la diversidad genética y/o las relaciones filogenéticas de 43 aislados de *P. salmonis* chilenos, incluyendo la cepa tipo LF-89^T. Los aislados fueron obtenidos de *S. salar* (27 aislamientos), *O. kisutch* (nueve aislamientos) y *O. mykiss* (siete aislamientos). Geográficamente los aislados se recuperaron en la Región de Los Lagos (35 aislamientos) y de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo (6 aislamientos), de dos aislados se desconoce su información. Seis aislados se recuperaron el 2008, siete en 2009, diez en 2010, uno en 2012, doce en 2013 y seis en 2015 (Isla y col., 2019).

La metodología utilizada involucro el análisis de siete genes con función celular conservada (Tabla 1), mediante PCR, siendo los productos de amplificación secuenciados y analizados, respectivamente. Posteriormente, cada secuencia fue depositada en una base de datos de acceso público diseñada para el patógeno (<http://pubmlst.org/psalmonis>), la cual incluye información como ubicación geográfica, hospedero y año de aislamiento. Lo que contribuye para el desarrollo de diversos estudios en epidemiología molecular.

Tabla 1. Locus y secuencia de partidores (forward y reverse) utilizados en el diseño del MLST para *Piscirickettsia salmonis*.

Locus	Nombre del Gen	Partidor Forward	Partidor Reverse
<i>dnaK</i>	Heat shock protein 70	ATGGTGATAAACCGCGTGTG	TCTTCACCACCTAAGTGCCT
<i>efp</i>	Elongation factor EF-P	TACCAGTGAATTTAAGGGCG	GAACAATAATGGCACACGC
<i>fumC</i>	Fumarate hydratase	CGATAGAAATCGCGGGTGGGA	ATCATTGCCATCACCTGCA
<i>glyA</i>	Serine hydroxymethyltransferase	GCAGGTAAGCGTTACTATGG	CCATTGCTTCTTTAAACGCC
<i>murG</i>	Undecaprenyldiphospho-muramoylpentapeptide beta-N-acetylglucosaminyltransferase	AGCAGAAATGTACTCTGAGG	CTTTGATGATCATCCACAGC
<i>rpoD</i>	RNA polymerase sigma 70	TTGAAGAGATCGTTGCAATG	CGATCATATTGGGCTTAGG
<i>trpB</i>	Tryptophan synthase subunit beta	CCGTTAACTTATGCTGGGCG	TTACGCCATGCAATACACCC

RESULTADOS

Polimorfismo de secuencias en aislados chilenos

Los siete genes del MLST en las 43 *P. salmonis* mostraron un total de 218 sitios polimórficos (5,43% de las posiciones), donde el gen *glyA* mostró el mayor nivel de polimorfismo entre las *P. salmonis* (89,4% de identidad con 64 sitios polimórficos) y los genes con menor polimorfismo fueron *dnaK* y *rpoD* (97% y 97,1% de identidad, respectivamente). Además, la diversidad genética media (H) entre los siete loci fue de $0,6021 \pm 0,0214$, observándose el grado más bajo de diversidad en la *rpoD* (0,5094) y el más alto en la *efp* (0,6877). Finalmente, la diversidad de nucleótidos por sitio (p) osciló entre 0,01621 y 0,05771, siendo el grado de diversidad más bajo observado para los alelos *trpB*.

En relación con el diseño e implementación del MLST de *P. salmonis*, los datos experimentales permitieron identificar 23 STs (*Sequence Types*) diferentes entre las muestras estudiadas. El ST más frecuente fue el ST1, que representó hasta el 30,23% de los aislamientos chilenos, incluyendo la cepa tipo *P. salmonis* LF-89^T. A continuación, se encontraban el ST5 (13,95%) y ST2 (9,3%). Cada una de los otros 20 ST se encontraron para un solo aislado (*singlenton*), por lo que representaba menos del 2,32% del total de ST. De acuerdo con la distribución de los aislamientos, las *P. salmonis* más frecuentes, es decir, ST1 y ST5 fueron aislados a partir de *S. salar* y *O. kisutch*, mientras que

el ST2 solo se recuperó en *S. salar*. Además, los resultados de la implementación del MLST evidenció que el ST1 (dominante) no estaría asociado a una región geográfica específica. Por otro lado, se observó que seis aislados de *P. salmonis* estarían cohabitando en el mismo centro de cultivo de *S. salar* (Figura 1).

Análisis filogenético de genogrupos

Los resultados de la reconstrucción filogenética con secuencias individuales y con secuencias concatenadas (4010 nucleótidos) reafirman que las cepas se separan en dos grupos genéticos LF-89 y EM-90. Los resultados muestran dos grupos (Figura 2 y Figura 3). El clado superior incluye el genogrupo reconocido como EM-90, EM-90-like y tres cepas categorizadas como híbridas. Por otra parte, el clado inferior, incluye los genogrupos LF-89, LF-89-like y cuatro cepas híbridas. Nuestro estudio define estas siete cepas híbridas como *P. salmonis* que comparten entre uno y seis fragmentos parciales de los siete genes analizados, lo cual podría indicar posibles eventos de transferencia lateral de genes entre *P. salmonis*. Cabe destacar que las cepas híbridas no estarían asociadas a un hospedero en particular debido a que fueron recuperadas desde *O. mykiss* (3 muestras) y *S. salar* (4 muestras) en los años 2009, 2013 y 2015 (Figura 3).

Relación entre aislados y hospedero

Un análisis reciente, el cual considera 111 aislados de campo y sus respectivos hospederos (*S. salar*, *O. kisutch* y *O. mykiss*), indicó que las muestras homologas con el genogrupo LF-89 fueron obtenidas desde los tres hospederos, independientemente del año aislamiento. Sin embargo, los aislados homólogos al genogrupo EM-90 fueron recuperados principalmente desde *S. salar* y en una menor proporción en los otros dos hospederos (Figura 3). Estas observaciones son concordantes con trabajos previos reportados por Saavedra y col. 2017 e Isla y col., 2019.

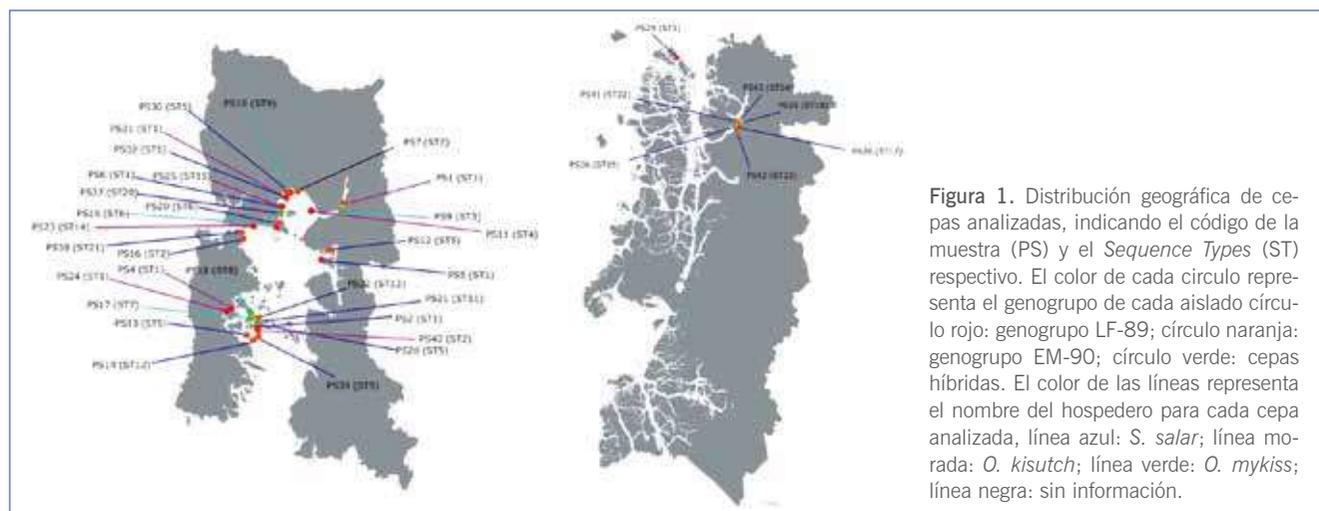


Figura 1. Distribución geográfica de cepas analizadas, indicando el código de la muestra (PS) y el *Sequence Types* (ST) respectivo. El color de cada círculo representa el genogrupo de cada aislado círculo rojo: genogrupo LF-89; círculo naranja: genogrupo EM-90; círculo verde: cepas híbridas. El color de las líneas representa el nombre del hospedero para cada cepa analizada, línea azul: *S. salar*; línea morada: *O. kisutch*; línea verde: *O. mykiss*; línea negra: sin información.

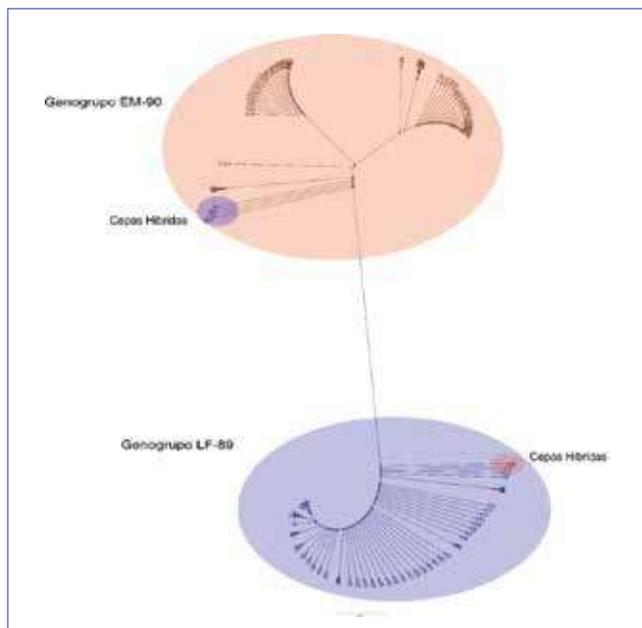


Figura 2. Árbol filogenético sin raíz de *P. salmonis* utilizando en las secuencias de los 7 genes analizados en el esquema de MLST. El análisis se realizó con el método de Neighbour-Joining y la visualización fue realizada con el programa FigTree v1.4.4. Son destacados los genogrupos LF-89, EM-90 y cepas híbridas.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue apoyado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID, Chile) FONDAF No. 15110027 y por la Agencia de Desarrollo Económico de Chile, (CORFO) a través de la Beca No. 18IDAE-90504.

CONCLUSION

El esquema MLST propuesto tiene un potencial comparativo, con aplicaciones prometedoras en el estudio de distintos aislados de *P. salmonis* (por ejemplo, de diferentes hospedadores, centros de cultivos y áreas geográficas) y en la comprensión de la epidemiología de este patógeno. Las investigaciones futuras deberían prestar especial atención a la caracterización del genogrupo de *P. salmonis* (grupo híbrido) recién detectado.

REFERENCIA

- Bravo, S., Campos, M. (1989). Coho salmon syndrome in Chile. Fish Health Section/American Fisheries Society Newsletter, 17, 3
- Urwin, R., & Maiden, M. C. J. (2003). Multi-locus sequence typing: A tool for global epidemiology. Trends in Microbiology, 11, 479–487. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2003.08.006>.
- Nourdin-Galindo, G., Sánchez, P., Molina, C. F., Espinoza-Rojas, D. A., Oliver, C., Ruiz, P., Vargas-Chacoff L., Cárcamo J.G., Figueroa J., Mancilla M., Maracaja-Coutinho V., Yañez, A. J. (2017). Comparative pan-genome analysis of *Piscirickettsia salmonis* reveals genomic divergences within genogroups. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology, 7, 459. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2017.00459>
- Isla A., Saldariaga-Cordoba M., Fuentes D., Albornoz R., Haussmann D., Mancilla-Schulz J., Martínez A., Figueroa J., Avendaño-Herrera R., Yañez A. Multilocus sequence typing detects new *Piscirickettsia salmonis* hybrid genogrupo in Chilean fish farms: Evidence for genetic diversity and population structure Journal of Fish Diseases, 42: 721-737, 2019. <https://doi.org/10.1111/jfd.12976>.

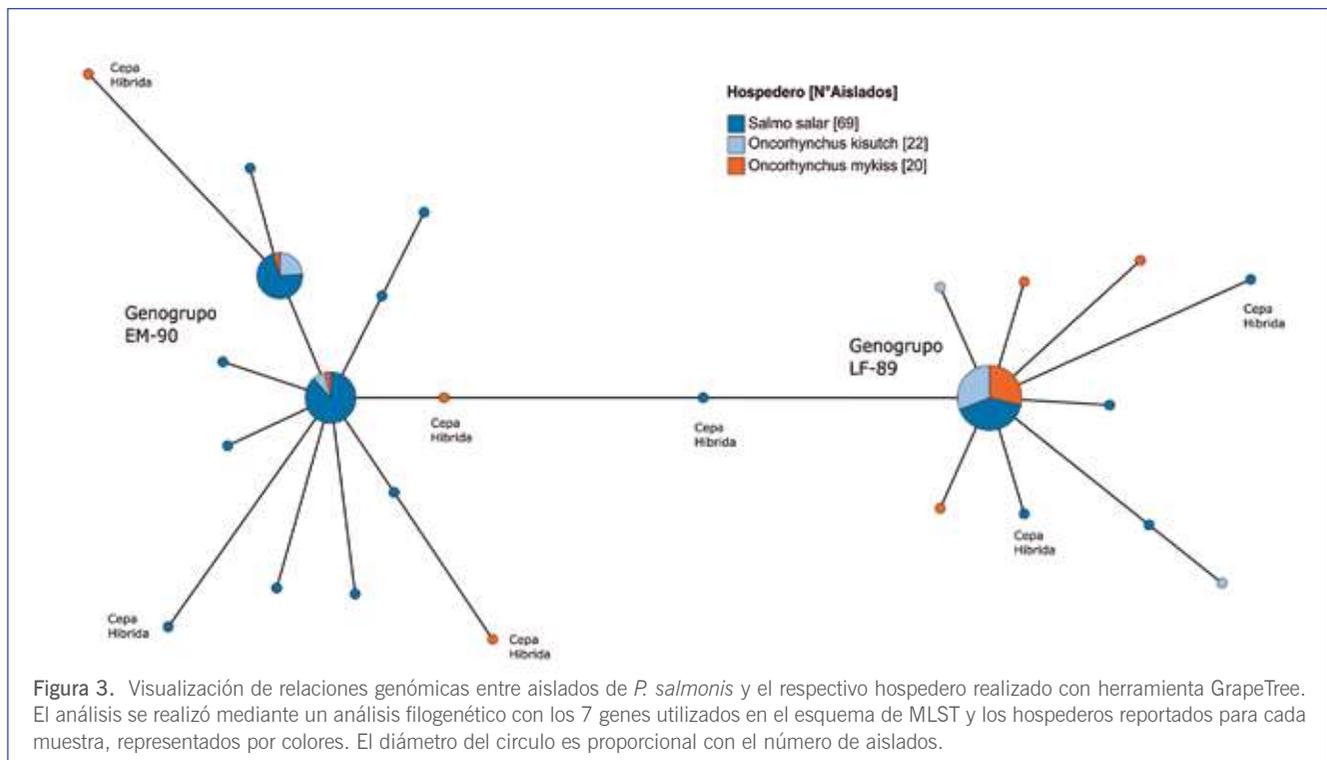


Figura 3. Visualización de relaciones genómicas entre aislados de *P. salmonis* y el respectivo hospedero realizado con herramienta GrapeTree. El análisis se realizó mediante un análisis filogenético con los 7 genes utilizados en el esquema de MLST y los hospederos reportados para cada muestra, representados por colores. El diámetro del círculo es proporcional con el número de aislados.



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

65 228 6420 65 228 6416 +569 5411 9904 PARCELA 22 ALTO LA PALOMA PUERTO MONTT CHILE

PCOTAPOS@PLASTICOSAUSTRAL.CL MCARDENAS@PLASTICOSAUSTRAL.CL WWW.PLASTICOSAUSTRAL.CL

Estudio de la susceptibilidad antimicrobiana de aislados chilenos de *Renibacterium salmoninarum*



Maritza Grandón^{a*}, Rute Irgang^{b,c*}, José Saavedra^a, Marcos Mancilla^{a#}, Rubén Avendaño-Herrera^{b,c,d#}

^aLaboratorio de Diagnóstico y Biotecnología, ADL Diagnostic Chile, Puerto Montt, Chile.

^bUniversidad Andrés Bello, Laboratorio de Patología de Organismos Acuáticos y Biotecnología Acuicola, Facultad de Ciencias de la Vida, Viña del Mar, Chile.

^cCentro FONDAF, Interdisciplinary Center for Aquaculture Research (INCAR), Universidad Andrés Bello, Viña del Mar, Chile.

^dCentro de Investigación Marina Quintay (CIMARQ), Universidad Andrés Bello, Valparaíso, Chile.

Introducción

Renibacterium salmoninarum, un pequeño-diplobacilo Gram-positivo que se asoció por primera vez en los años 30 como responsable de una patología bacteriana que afecta al riñón de los peces en Escocia (Smith, 1964). Sin embargo, transcurrieron casi 50 años, cuando en la década de los 80 se analizaron aislados obtenidos del riñón de salmón Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) y salmón Coho (*O. kisutch*) y oficialmente se identifica el estatus taxonómico de *R. salmoninarum* como una especie bacteriana (Sanders y Fryer, 1980). Desde entonces, cuadros patológicos de *R. salmoninarum* han sido reportados en peces cultivados en Japón, Islandia y países de Europa (Wiens, 2011), siendo reconocido como el agente causal de la enfermedad bacteriana del riñón o renibacteriosis (*Bacterial Kidney Diseases*, BKD por sus siglas en inglés). En Chile, el patógeno se reportó por primera vez asociado a mortalidades de salmón Chum (*Oncorhynchus keta*) (Sanders & Barros, 1986) y desde entonces también ha sido detectado en salmón del Atlántico (*Salmo salar*) y salmón Coho durante el ciclo completo de producción (Figueroa y col., 2019).

Este patógeno causa mortalidades en peces cultivados durante la etapa de agua dulce y de mar y también es detectado en peces silvestres, los cuales cuando están infectados presentan escasos signos clínicos externos. En general, los peces infectados por esta bacteria evidencian nado letárgico en la superficie del agua, oscurecimiento de la piel y en casos mas severos exoftalmia, distención abdominal, hemorragia en opérculo y en la base de aletas. Internamente, es donde se observan los principales signos clínicos como nódulos grisáceos en el hígado y bazo, pero mayormente en el riñón (Austin & Austin, 2016). De hecho, el BKD es una infección sistémica de salmónidos que normalmente es crónica y fatal convirtiéndose desde sus inicios en una grave amenaza para los salmónidos en todo el mundo.

R. salmoninarum es una bacteria no móvil, que no forma esporas, susceptible a ácido-alcohol, con propiedades de intracelularidad y de crecimiento lento (más de 20 días), lo que hace muy dificultoso el aislamiento del microorganismo y como consecuencia su tratamiento, demorando varias semanas para que sus colonias puedan ser detectadas en las placas y desarrollar los estudios de susceptibilidad a los antimicrobianos (Evelyn, 1977; Daly & Stevenson, 1985). El crecimiento de *R. salmoninarum* comúnmente se realiza en el medio KDM-2 (*Kidney Disease Medium-2*, por sus siglas en inglés) desarrollado por Evelyn (1977) para su aislamiento.

En los últimos años, se han realizado numerosos estudios que han permitido conocer las características fenotípicas, genéticas y antigénicas, así como comprender los mecanismos de patogenicidad de aislados chilenos de *R. salmoninarum* (Bethke y col., 2016; Bethke y col., 2017), incluso a nivel genómico (Bethke y col., 2018).

A pesar de la realización de los estudios mencionados, un factor a considerar debido al desconocimiento existente son los niveles de susceptibilidad a los antimicrobianos, específicamente mediante el estudio de la concentración mínima inhibitoria (CMI) de los aislados chilenos de *R. salmoninarum*. A nivel mundial, estudios de susceptibilidad de *R. salmoninarum* son escasos y confusos (Bandín y col., 1991; Hsu y col., 2008). Con la intención de incrementar el conocimiento sobre el comportamiento de aislados de *R. salmoninarum* obtenido desde cultivos chilenos de peces en presencia de eritromicina (ERI), florfenicol (FLO) y oxitetraciclina (OXT), investigadores del Laboratorio ADL Diagnostic Chile (Laboratorio 1) y Laboratorio de Patología de Organismos Acuáticos y Biotecnología Acuicola de la Universidad Andrés Bello (Laboratorio 2) colaboramos con el fin de analizar una colección de 65 aislados con para definir puntos de corte

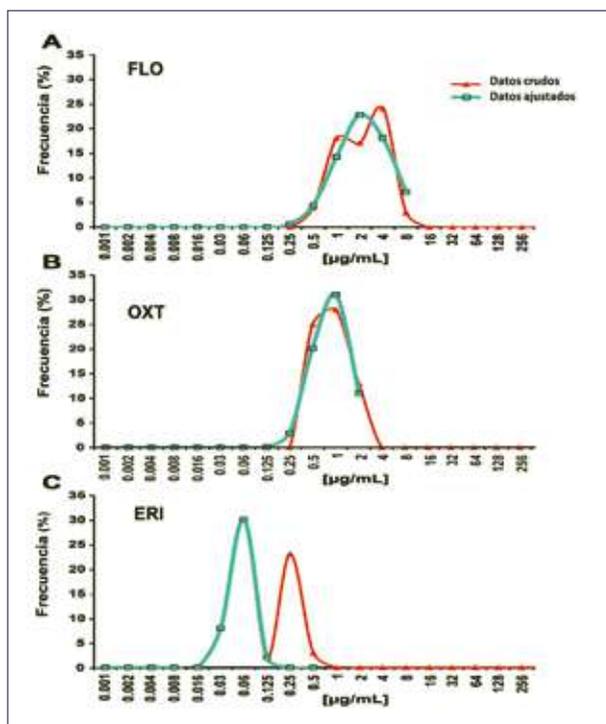


Figura 1. Análisis de ECOFFinder del conjunto de datos combinados de los Laboratorio 1 y Laboratorio 2 compuesto por 65 aislados chilenos de *R. salmoninarum* para (a) FFC, (b) OXT y (c) ERI.

para aislados chilenos empleando los protocolos propuestos por el *Clinical and Laboratory Standard Institute* (CLSI) VET04-A2 y VET03/VET04-S2 (CLSI, 2014a; b).

Aislados de *R. salmoninarum*

Los 65 aislados estudiados fueron recuperados de órganos internos como riñón, hígado, bazo y cerebro de salmón del Atlántico y Coho cultivados desde la Región de la Araucanía a la Región de Magallanes entre los años 2013 y 2019. La identidad de cada aislado fue confirmada como *R. salmoninarum* mediante PCR (Chase & Pascho, 1998) y la pureza del cultivo se confirmó mediante tinción de Gram al microscopio. Las bacterias se cultivaron de forma rutinaria en KDM-2 (triptona al 1,0%, extracto de levadura al 0,05%, clorhidrato de L-cisteína al 0,1%, suero bovino fetal al 10%). Los aislados se mantuvieron almacenados a -80°C en tubos Criobilles (Laboratorios AES) o en caldo KDM-2 conteniendo 15% (v / v) de glicerol. Además, los aislados se cultivaron no más de dos rondas en placas con KDM-2.

Diseño del estudio de CMI

Las CMI de OXT, ERI y FLO para los 65 aislados de *R. salmoninarum* se determinó siguiendo los protocolos sugeridos por el CLSI (2014a), excepto que se utilizó el método de microdilución en caldo en reemplazo de macrodilución. Los Laboratorios 1 y 2 analizaron los aislados de sus propias colecciones, es decir, 37 y 28 aislados, respectivamente. El análisis de CMI se realizó combinando el conjunto de datos obtenidos para los 65 aislados. Además, con el fin de evaluar si las variaciones de la fuente (es decir, Laboratorio 1 y 2) en los medios de cultivo u operario

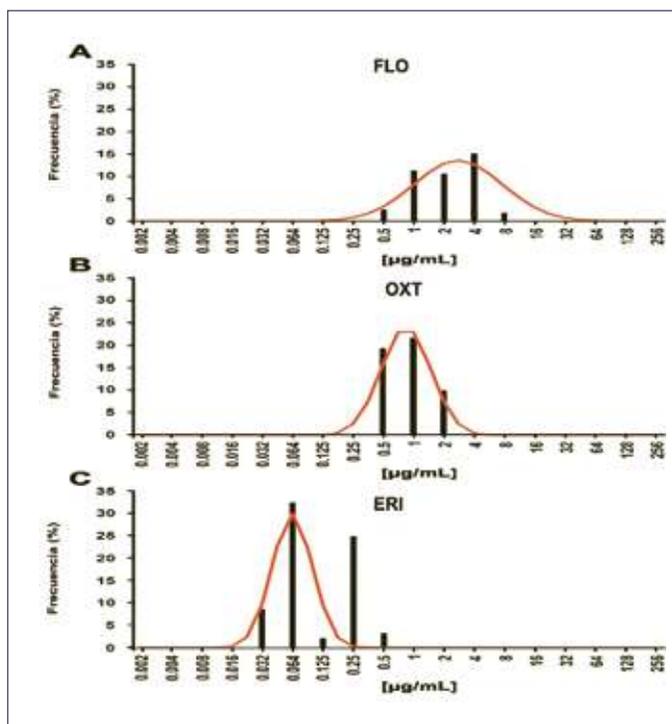


Figura 2. Análisis de NRI del conjunto de datos combinados de los Laboratorio 1 y Laboratorio 2 compuesto por los 65 aislados chilenos de *R. salmoninarum* para (a) FFC, (b) OXT y (c) ERI.

influyó en los valores de las CMI obtenidos, 7 de los 65 aislados fueron sometidos a ensayos de CMI por ambos laboratorios. Estos aislados se seleccionaron porque eran representativos de diferentes años de aislamiento y porque las CMI presentaban una amplia gama de valores, según lo determinado por el laboratorio de recolección original (es decir, el Laboratorio 1 o el 2). Es importante destacar que los análisis de datos conjuntos solo consideraron los datos de CMI obtenidos por el laboratorio de recolección original para cada aislado.

Determinación de los valores de CMI y cepas de control de calidad

Se empleó el método de microdilución en placas de 96 pocillos en serie doble y caldo KDM-2 (Evelyn, 1977). Las concentraciones probadas variaron de 0.03 a $64 \mu\text{g mL}^{-1}$. Todos los compuestos antimicrobianos se prepararon según lo indicado por el CLSI para las pruebas de susceptibilidad por dilución en caldo de bacterias aisladas de animales acuáticos (directrices VET04-A2 y VET03 / VET04 -S2) (CLSI, 2014a; b). Las soluciones madre se almacenaron a -80°C hasta su uso.

Cada placa de 96 pocillos incluyó pocillos con un control de calidad (es decir, otra cepa bacteriana, ver a continuación), pocillos de control positivo (es decir, suspensión bacteriana en KDM-2 pero sin antimicrobianos) y un pocillo de control negativo (es decir, caldo sin inocular). Cada placa se incubó a 15°C durante ocho días y todas las pruebas se realizaron por triplicado.

El Laboratorio 1 definió la CMI como la concentración de antibió

tico más baja que causa la ausencia de crecimiento bacteriano a examen visual. A su vez, el Laboratorio 2 definió la CMI como una inhibición del crecimiento de al menos un 80% en comparación con el control negativo (es decir, solo caldo), según lo determinado por las lecturas de microplacas con un espectrofotómetro de microplacas Multiskan EX (Thermo Scientific). Para evaluar cualquier posible diferencia de sensibilidad entre los métodos de lectura, se analizaron en profundidad los datos obtenidos de siete aislados de *R. salmoninarum* estudiados en paralelo.

Se incluyeron cepas control en todos los ensayos para garantizar la calidad de los compuestos antimicrobianos y del trabajo técnico. El Laboratorio 1 empleó *Escherichia coli* ATCC 25922 incubada a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 16-20 h, y el Laboratorio 2 utilizó *Aeromonas salmonicida subsp. salmonicida* ATCC 33658 incubado a $22 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 44-48 h. Para ello, se empleó caldo Mueller-Hinton ajustado por cationes.

Análisis de datos

Los valores de corte epidemiológicos para los tres antibióticos evaluados se determinaron mediante el análisis de ECOFFinder (Turnidge y col., 2006) y el criterio de Interpretación de Resistencia Normalizada (NRI) basado en una reconstrucción matemática, que fue propuesto por Kronvall (2010) y revisado por Kronvall & Smith (2016). Para ECOFFinder, se consideraron valores con un intervalo de confianza del 99,9%, permitiendo la separación entre aislados en tipo silvestres (WT, *wild type*) y no silvestre (no WT). El método NRI se utilizó con el permiso del titular de la patente (Bioscand AB, TÄBY, Suecia; Patente europea No 1383913, Patente de Estados Unidos N° 7,465,559).

Resultados y discusión

El CLSI propone el uso del medio KDM-2 para estudiar la susceptibilidad a antimicrobianos en *R. salmoninarum* con crecimiento a 15°C durante 96 h, apoyándose en lo informado por Rhodes y col. (2008). Sin embargo, este tiempo de incubación es inapropiado para permitir el crecimiento de todos los aislados de este microorganismo fastidioso. Según Faisal y col. (2010), el crecimiento de *R. salmoninarum* en cultivos puede aparecer dentro de los 5-7 días posteriores a la inoculación, pero puede requerirse un tiempo de incubación de hasta 19 semanas en peces con una infección subclínica (Pascho y col., 2002). En nuestro estudio, se requirió un período mínimo de incubación de ocho días para lograr un crecimiento homogéneo constante de los aislados de *R. salmoninarum* evaluados. Bandín y col.

(1991) recomienda de manera similar ocho días de incubación para *R. salmoninarum*, y el CLSI debería considerar este punto para la próxima edición de las directrices.

Es importante destacar que las pautas de CLSI incluyen rangos aceptables para las cepas de control de calidad como una forma de evidenciar la calidad operativa y el uso apropiado del material (por ejemplo, medio, antibióticos, agua, etc.) de los ensayos de CMI realizados (CLSI, 2014b). En nuestro estudio los valores de CMI obtenidos para *E. coli* ATCC 25922 y *A. salmonicida* ATCC 33658 cayeron dentro de los rangos descritos por el CLSI.

Asimismo, cuando se analizaron en ambos laboratorios los mismos 7 aislados de *R. salmoninarum*, el valor de la CMI fue mayor en el Laboratorio 2, lo que puede estar explicado por el método de registro por espectrofotometría. Sin embargo, estas diferencias son menores y se encuentran dentro del rango esperado para las pruebas entre laboratorios (es decir, un orden de magnitud \log_2).

Los cálculos de ECOFFinder combinando los datos de los 65 aislados de *R. salmoninarum* establecieron valores de corte de $\leq 0,125 \mu\text{g/mL}$ para ERI, $\leq 32 \mu\text{g/mL}$ para FLO y $\leq 4 \mu\text{g/mL}$ para OXT (Figura 1). Los resultados de ECOFFinder para los valores de CMI de ERI mostraron claramente una distribución bimodal, mientras que FLO y OXT se trataron como unimodales. Los cálculos usando el método NRI mostraron una distribución bimodal y un valor de COWT de $\leq 0.25 \mu\text{g/mL}$ para ERI, resultados comparables a los encontrados usando ECOFFinder (Figura 2). A su vez, se calcularon valores de COWT idénticos para FLO y OXT (Figura 2). A pesar de que la población bacteriana se trató como unimodal para ambos antibióticos, se calculó una desviación estándar de $1,463 \log_2 \mu\text{g/mL}$ para FLO. Este valor excedió el límite superior del parámetro de $1,2 \log_2 \mu\text{g/mL}$.

En Chile, el uso de antibióticos para el tratamiento de peces afectados por BKD alcanzó en 2019 casi las 30 toneladas, considerando las etapas de cultivo en agua dulce y engorda en mar (Figura 3) y en orden de importancia, los agentes antimicrobianos más comúnmente empleados son OXT, ERI y FLO (SERNAPESCA, 2019). Estudios disponibles y realizados con los mismos antibióticos empleados en Chile, solamente reportan valores CMI para ERI <0.62 - $5.47 \mu\text{g/mL}$ y OXT 20.95 - $43.75 \mu\text{g/mL}$ (Bandín y col., 1991), mientras que Hsu y col. (1994) reportan valores de ERI que fluctúan entre 0.25 - $0.5 \mu\text{g/mL}$, pero ambos estudios emplearon diferentes protocolos y medios de cultivos.

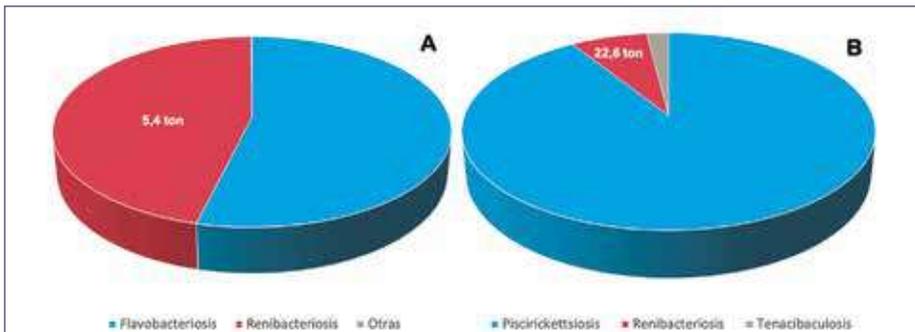


Figura 3. Distribución porcentual de la cantidad de antimicrobianos administrados por diagnóstico en las fases de agua dulce (A) y marina (B) en el año 2019. Fuente: Informe sobre uso de antimicrobianos en la salmonicultura nacional año 2019, Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

En nuestro estudio, la representatividad del conjunto de datos combinados puede significar que los resultados respectivos reflejan más de cerca las condiciones de campo. De hecho, los tres antibióticos presentaron valores casi idénticos entre las metodologías para el conjunto de datos combinados. Teniendo en cuenta el conjunto de datos combinados, la población de aislados de *R. salmoninarum* chilenos parece incluir especímenes que no son WT cuando se consideran las CMI para ERI; una proporción mostró CMI de 0,25 µg / ml (es decir, 22 de 65 [33,8%]). Como se mencionó anteriormente, los aislados de *R. salmoninarum* que muestran CMI similares se han informado anteriormente (Rhodes y col., 2008). Sin embargo, en contraste con el trabajo de Rhodes y col. (2008), los resultados actuales sugieren que para OXT, la población de *R. salmoninarum* es WT y completamente susceptible al tratamiento. En el caso de FLO, el análisis ECOFFinder trató los aislados como WT, pero el análisis NRI no cumplió con el requisito de precisión.

La información sobre los valores de corte epidemiológicos para patógenos bacterianos fastidiosos es escasa, especialmente en la medicina veterinaria relacionada con patógenos de peces. Este esfuerzo conjunto de dos laboratorios chilenos, a nuestro saber y entender, es el primero en describir los patrones de susceptibilidad de numerosos aislados de *R. salmoninarum* chilenos (n = 65) a varios agentes antimicrobianos comúnmente usados para tratar la BKD en la acuicultura chilena. Nuestros resultados sugieren que un período de incubación de ocho días es adecuado para determinar las CMI de los aislados de *R. salmoninarum* obtenidos de brotes de BKD en Chile. Nuestro trabajo también puede servir como referencia para los programas de vigilancia de antibióticos chilenos o internacionales, no solo en lo que respecta a la interpretación de los resultados de la CMI, sino también para identificar eventuales disminuciones en la eficacia del tratamiento con los medicamentos convencionales utilizados en el manejo de la BKD. Además, surge la necesidad de reducir el uso de eritromicina, específicamente porque el 33,8% de los aislados chilenos estudiados fueron clasificados como no WT. En contraste con lo esperado, los aislados de *R. salmoninarum* chilenos fueron susceptibles al florfenicol y la oxitetraciclina, dos de los principales antibióticos que se utilizan actualmente en la industria salmonera chilena.

Agradecimientos

Este estudio fue apoyado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID, Chile) a través del proyecto FONDAPE N° 15110027 y por la Agencia de Desarrollo Económico de Chile, (CORFO) a través del proyecto N° 18IDAE-90504. Agradecemos a L. Gabler, H. Sibulka y P. Soto por su trabajo técnico preliminar en los ensayos de CIM.

Referencias

Austin B & Austin DA (2016) Aerobic Gram-positive rods and cocci. In: Bacterial fish pathogens. Disease of farmed and wild fish. Austin B & Austin DA (eds.). 6th edición. Springer International Publishing, Suiza, p. 83-156.

Bandín I, Santos Y, Toranzo E & Barja J (1991) MICs and MBCs of chemotherapeutic agents against *Renibacterium salmoninarum*. *Antimicrob Agents Chemother* 35:1011-1013.

Bethke J, Poblete-Morales M, Irgang R, Yáñez A & Avendaño-Herrera R (2016) Iron acquisition and siderophore production in the fish pathogen

Renibacterium salmoninarum. *J Fish Dis* 39:1275-1283.

Bethke J, Quezada J, Poblete-Morales M, Irgang R, Yáñez A, Oliver C, Avendaño-Herrera R (2017) Biochemical, serological and genetic characterisation of *Renibacterium salmoninarum* isolates recovered from salmonids in Chile. *Bull Eur Assoc Fish Pathol* 37:169-180.

Bethke JH, Yáñez AJ & Avendaño-Herrera R (2018) Comparative genomic analysis of two Chilean *Renibacterium salmoninarum* isolates and the type strain ATCC 33209T. *Genome Biol Evol* 10:1816-1822.

Chase DM & Pascho RJ (1998) Development of a nested polymerase chain reaction for amplification of a sequence of the p57 gene of *Renibacterium salmoninarum* that provides a highly sensitive method for detection of the bacterium in salmonid kidney. *Dis Aquat Org* 34:223-229.

CLSI (2014a) Methods for broth dilution susceptibility testing of bacteria isolated from aquatic animals. Approved guideline, second edition. CLSI document VET04-A2. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Institute.

CLSI (2014b) Performance standards for antimicrobial susceptibility testing of bacteria isolated from aquatic animals, second informational supplement. CLSI document VET03/VET04-S2. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Institute.

Daly JG & Stevenson RMW (1985) Charcoal agar, a new growth medium for the fish disease bacterium *Renibacterium salmoninarum*. *Appl Environ Microbiol* 50:868-871.

Evelyn TPT (1977) An improved growth medium for the kidney bacterium and some notes on using the medium. *Bull Off Int des Epizoot* 87:511-513.

Faisal M, Eissa AE, Starliper CE (2010) Recovery of *Renibacterium salmoninarum* from naturally infected salmonine stocks in Michigan using a modified culture protocol. *J Adv Res* 1:95-102.

Figuerola J, Cárcamo J, Yáñez A, Olavarría V, Ruiz P, Manríquez R., Muñoz C, Romero A & Avendaño-Herrera R (2019) Addressing viral and bacterial threats to salmon farming in Chile: historical contexts and perspectives for management and control. *Rev Aquac* 11:299-324.

Hsu H-M, Wooster G, & Bowser P (1994) Efficacy of enrofloxacin for the treatment of salmonids with bacterial kidney disease, caused by *Renibacterium salmoninarum*. *J Aquat Anim Health* 6:220-223.

Kronvall G (2010) Normalized Resistance Interpretation as a tool for establishing epidemiological MIC susceptibility breakpoints. *J Clin Microbiol* 48:4445-4452.

Kronvall G, & Smith P (2016) Normalized resistance interpretation, the NRI method: review of NRI disc test applications and guide to calculations. *APMIS* 124:1023-1030.

Pascho RJ, Elliott DG, Chase DM (2002) Comparison of traditional and molecular methods for detection of *Renibacterium salmoninarum*. En: Cunningham CO (eds), *Molecular diagnosis of salmonid diseases. Reviews: methods and technologies in fish biology and fisheries*, vol 3. Springer, Dordrecht.

Rhodes L, Nguyen O, Deinhard R, White T, Harrell L & Roberts M (2008) Characterization of *Renibacterium salmoninarum* with reduced susceptibility to macrolide antibiotics by a standardized antibiotic susceptibility test. *Dis Aquat Org* 80:173-180.

Sanders JE & Fryer JL (1980) *Renibacterium salmoninarum* gen. nov., sp. nov. the causative agent of bacterial kidney disease in salmonid fishes. *Int J Syst Bacteriol* 30:496-502.

Sanders JE & Barros MJ (1986) Evidence by the fluorescent antibody test for the occurrence of *Renibacterium salmoninarum* among salmonid fish in Chile. *J Wild Dis* 22:255-257.

SERNAPESCA (2018) Informe sobre uso de antimicrobianos en la salmonicultura nacional año 2018. http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/informe_sobre_uso_de_antimicrobianos_2018_0.pdf

Smith W (1964) The occurrence and pathology of Dee disease. Department of Agriculture and Fisheries for Scotland. *Freshwater Salmon Fish Res* 34:1-12.

Turnidge J, Kahlmeter G & Kronvall G (2006) Statistical characterization of bacterial wild-type MIC value distributions and the determination of epidemiological cut-off values. *Clin Microbiol Inf* 12:418-425.

Wiens GD (2011) Bacterial kidney disease (*Renibacterium salmoninarum*). En: *Fish Diseases and Disorders*, Vol. 3; Viral, bacterial and fungal infections. Patrick TK & Bruno WD (eds.), CAB International, p. 338-374.



Cada vez que vienes a nuestro hotel estarás apoyando a nuestra comunidad, "POR UN TURISMO CON SENTIDO"

El turismo sostenible es una nueva forma de pensar, que implica hacerse cargo del impacto ambiental, económico y social que genera la actividad turística. Nuestro hotel cuenta con un área de sostenibilidad cuyo objetivo es optimizar los procesos para ahorrar energía, incorporando prácticas medioambientales y sociales como parte de su identidad.



Tenemos implementados 4 de los 17 objetivos de desarrollo sostenible de la ONU

ALIANZAS Y RESPONSABILIDAD SOCIAL

Hotel Cabaña del Lago, ha estado activamente presente en el desarrollo de proyectos y emprendimientos de la ciudad, tales como el CAMM (Centro de Arte Molino Machmar) como su principal sponsor, el primer Punto Limpio en Puerto Varas, la futura Marina Pública de Puerto Varas, entre otros.

Dentro de las prácticas sostenibles está la responsabilidad social colaborando y apoyando de diferentes maneras a la comunidad. En Puerto Varas, Hogares de Menores y en Puerto Montt, Liceos Técnicos.

Reservas al 65 2200 100 · eventos@hcdl.cl · www.hcdl.cl



HOTEL
CABAÑA
DEL LAGO
Puerto Varas

DISTINCIÓN
Turismo
Sustentable



SOMOS PUERTO VARAS, POR UN TURISMO SOSTENIBLE



ENERGÍA RENOVABLE



RECICLAJE · REUTILIZACIÓN



PROVEEDORES LOCALES



REFORESTACIÓN



Uso obligatorio de mascarilla, durante su estadía.



Higienización de sus manos.



Mantener distanciamiento social de 1,5 mts.



Ingreso controlado de pasajeros, para evitar aglomeraciones.

El Hotel está a pasos del centro de la ciudad, cuenta con todas sus habitaciones y áreas públicas **con vista privilegiada al lago y volcanes.** Además de una completa **infraestructura en servicios** y salones para tus próximas **reuniones, eventos de fin de año y matrimonios.**
Alojamiento en habitaciones hasta 6 personas

Reservas al 65 2200 100
Consulta por descuentos
eventos@hcdl.cl
www.hcdl.cl

PROBIÓTICOS Y PREBIÓTICOS

Perspectivas actuales para la acuicultura



Rafael Opazo, Jaime Romero, Alejandro Villasante
Laboratorio de Biotecnología INTA - Universidad de Chile
contacto: ropazo@inta.uchile.cl

Introducción:

Las tendencias actuales en vida saludable convergen en procurar un cuidado de diferentes factores biológicos y físicos, los cuales inciden directa o indirectamente sobre la salud. Lo anterior, es aplicable tanto para el hombre como para otras especies animales. Entre estos factores, la nutrición posee un rol crítico, no obstante, una dieta saludable no solo incluye el consumo balanceado de nutrientes, sino que también debe incluir un consumo frecuente de probióticos. Los beneficios obtenidos a partir del consumo de productos lácteos fermentados, los cuales se caracterizan por un alto contenido de bacterias ácido lácticas, han sido documentados desde los tiempos del imperio Romano. No obstante, solo a principios del siglo pasado Elie Metchnikoff logró asociar científicamente que el consumo frecuente de productos lácteos fermentados promovía la salud y una mayor longevidad en las personas; siendo acuñado el término “probiótico” para este tipo de suplementos alimentarios, en 1965 por Lilly y Stillwell. En la actualidad la definición más aceptada para los probióticos es la dada por la Organización Mundial de la Salud (OMS): “microorganismos vivos que al ser administrados en cantidades adecuadas confieren beneficios para la salud del hospedero”.

Por su parte, los prebióticos son ingredientes alimentarios no digeribles (generalmente carbohidratos); que mediante un consumo diario de ellos se inducen beneficios a la salud del consumidor. Este efecto benéfico, se logra a través de una estimulación selectiva del crecimiento o actividad de ciertos microorganismos de interés funcional (Davani-Davar D, *et al.* 2019). Por lo tanto, estos suplementos constituyen otro tipo de suplemento nutricional vinculado a los probióticos.

En producción animal, tanto en sistemas de producción terrestre como acuáticos, el uso de probióticos y prebióticos se ha enfocado principalmente en la promoción del crecimiento y salud animal; sin embargo, siempre desde una perspectiva costo-efectiva y medioambientalmente amigable. En la actualidad han surgido

nuevas alternativas de suplementos nutricionales vinculados a los probióticos como, por ejemplo: suplementos sinérgicos, suplementos parabióticos, y suplementos postbióticos; los cuales, abren ilimitadas oportunidades de beneficios para este tipo de tecnologías en producción animal.

En la actualidad, la Food and Drug Administration (FDA, en sus siglas en inglés) autoriza la administración de microorganismos vivos bajo el concepto “direct-fed microbials” (DFM, en sus siglas en inglés). No obstante, la FDA es mucho más cuidadosa al momento de evaluar los efectos clínicos derivados del consumo de estos microorganismos como. Por otro lado, en lo que concierne a la comercialización de estos suplementos, esta se regula en base a una lista de microorganismos autorizados por la FDA. Los DFM poseen dos categorías: la primera dice relación con inóculos de ensilaje asociados a animales poligástricos y la segunda corresponde a la definición tradicional de los probióticos pero para uso animal (Zoumpopoulou G, *et al.* 2018).

Los microorganismos mayormente estudiados y autorizados como probióticos en animales monogástricos son las levaduras de los géneros *Saccharomyces* o *Debaryomyces*, y algunos géneros bacterianos tales como *Lactobacillus*, *Bacillus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Pediococcus* (Martínez Cruz P, *et al.* 2012). Sin embargo, aún queda mucho por explorar en relación con la evaluación de nuevas cepas o géneros bacterianos con potencial uso en producción animal o acuicultura. No obstante, no todas las cepas bacterianas satisfacen los criterios exigidos para ser consideradas probióticos. La International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics, posee un listado de requerimientos para poder definir a una cepa bacteriana como probiótico, entre los cuales se puede destacar i) poseer una adecuada caracterización, ii) ser seguro en relación a la vía de administración propuesta, iii) la cepa bacteriana debe ser depositada en una colección internacional de cultivos, iv) los efectos benéficos propuestos para el probiótico deben haber sido demostrados al menos en un estudio científico (esta exigencia es para probióti-

cos humanos), y v) los microorganismos probióticos del suplemento deben mantener una viabilidad que permita obtener los efectos benéficos propuestos, durante el período de vida útil del suplemento.

Beneficios de la administración de probióticos y/o prebióticos

No es posible identificar un beneficio común para todas las especies animales ya que existen diferentes conformaciones del tracto digestivo (TG), incluso dentro de los monogástricos; siendo esto más complejo en los peces dado que son animales ectotérmicos y la temperatura del agua también es un factor diferenciador. Por lo tanto, el efecto benéfico de la administración de probióticos y/o prebióticos depende de la especie de interés. De la misma forma otros factores deben ser considerados para administrar suplementos probióticos o prebióticos como el microbioma y la abundancia relativa. En relación al microbioma del tracto gastrointestinal (MTG), este puede estar conformado por bacterias, arqueas, hongos, levaduras, protozoos, y virus; sin embargo, a través de estudios metagenómicos se ha estimado que las bacterias representan sobre un 98% del microbioma en monogástricos terrestres y un 97,7% del microbioma en peces. Los microorganismos del microbioma pueden ser clasificados en dos grupos: los microorganismos residentes, que son a los que colonizan el TG y los microorganismos transientes, los cuales no logran colonizar y solamente acompañan al material fecal. Por otro lado, la abundancia relativa expresa una razón entre el número total bacterias viables por gramo de material fecal (MF), se describen 10^9 UFC/gr de MF y 10^8 UFC/gr de MF, para monogástricos terrestres y peces respectivamente; aunque, es importante considerar que sólo un 0,1% de las bacterias totales puede crecer en medios de cultivos tradicionales. Es importante tener en consideración estos conceptos (microbioma - abundancia) a la hora de proponer suplementos probióticos, ya que la razón frecuencia/dosis del suplemento debe de ser lo suficientemente alta como para poder influir sobre el microbioma de la especie objetivo. Por otro lado, los prebióticos deben considerar dentro del microbioma de la especie la presencia de las bacterias objetivo que se busca estimular, o en su defecto pensar en productos sinérgicos.

El principal enfoque de esta revisión es el uso de probióticos en especies de peces en cultivo. Los primeros estudios con probióticos en peces fueron publicados por Gildberg, A. et al en el año 1997, utilizando cepas de bacterias lácticas en diferentes especies de peces marinos. Para entender el efecto de los probióticos es necesario entender, por una parte, los beneficios productivos que se espera obtener a partir de la administración de los probióticos y, por otra parte, los efectos biológicos mediante los cuales se producen estos beneficios en el pez. La administración de probióticos en acuicultura busca obtener resultados productivos tales como reducción de la mortalidad, control de enfermedades, acelerar el crecimiento, optimizar parámetros productivos, y mejorar la calidad del agua (Martínez Cruz P, et al. 2012; Jamal M, et al. 2020). Por otro lado, los efectos biológicos inducidos por los probióticos pueden ser: estimulación y maduración del sistema inmune, exclusión por competencia de bacterias patógenas, excreción de bacteriocinas, excreción de enzimas (proteasas, amilasas, y lipasas), biosíntesis de algunos nutrientes como vitaminas, secreción de metabolitos que facilitan la maduración del tracto digestivo. En resumen, los parámetros productivos se ven optimizados por una mejor respuesta inmune y un mejor aprovechamiento del alimento en los peces. Por su parte, el uso más eficiente del alimento se traduce en un menor impacto al medio acuático, debido a una menor descarga de nutrientes. Debido al uso de antibióticos para tratar las enfermedades infecciosas bacterianas en acuicultura, se ha venido ejerciendo una presión de selección, la cual se ha traducido en la presencia de bacterias resistentes a los antibióticos. Los probióticos surgen como una alternativa colaborativa para disminuir el uso de antibióticos en acuicultura.

Para entregar una idea en relación a las líneas de investigación en probióticos desarrolladas en la actualidad, se realizó un recuento de las publicaciones presentes en la base de datos Scopus con diseños experimentales asociados a probióticos en peces para el año 2020. Fueron encontrados 52 artículos, de los cuales un 44% utilizaron cepas del género *Bacillus* en la forma de suplemento probiótico mono-género o mono-cepa, el siguiente grupo de suplementos correspondió a suplementos probióticos mono-género o mono-cepa de bacterias lácticas con un 25% de los estudios, finalmente un 23% de los estudios utilizó mezclas



de géneros bacterianos con o sin levaduras (Multi-cepa). El principal pez estudiado correspondió a la Tilapia (*Oreochromis* spp), en relación a los peces salmónidos de importancia en Chile sólo fue posible observar 4 estudios en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) para el año 2020.

Aunque es posible encontrar en las últimas décadas una amplia variedad de estudios desarrollados en especies de peces salmónidos, para el salmón del Atlántico (*Salmo salar*) se describen pocos trabajos desarrollados para evaluar los efectos probióticos sobre los parámetros productivos o mejoramiento de la conversión alimentaria. En general, la mayoría de las investigaciones en salmón del Atlántico se focalizan en el control de enfermedades bacterianas, destacándose el uso de *Carnobacterium* spp. Uno de los escasos trabajos que buscó evaluar impactos en los parámetros productivos en salmón del Atlántico, fue el desarrollado por Abid A, et al. (2013), quién utilizó un suplemento sinérgico a base de una mono-cepa de *Pediococcus acidilactici* y fructooligosacáridos, sus resultados mostraron que los peces tratados con probióticos incrementaron su crecimiento, medidas biométricas y mejoramiento de la conversión alimentaria. Por otro lado, parece interesante el amplio interés actual en estudiar los efectos probióticos del género *Bacillus* spp, para profundizar en las cualidades probióticas de este género bacteriano recomendamos leer las siguientes revisiones: Ringø E, et al. 2020 y Kuebutornye F K, et al. 2020.

En general las investigaciones sobre probióticos han buscado evaluar efectos benéficos asociados con una menor mortalidad o un mejoramiento productivos, como se ha mencionado anteriormente. Sin embargo, desde hace algunos años se han propuesto líneas de investigación que buscan dilucidar la interacción microbioma-hospedero (Inter-kingdom signalling). Estas investigaciones buscan evaluar en forma más sutil cómo el microbioma induce efectos tanto positivos como negativos sobre el metabolismo y la fisiología del hospedero. Como se mencionó anteriormente, las bacterias probióticas pueden aportar efectos metabolizando nutrientes, secretando enzimas, o induciendo efectos de regulación transcripcional por un efecto directo sobre los enterocitos (células del epitelio del intestino). Por lo tanto, a partir de los antecedentes expuestos previamente, cabe preguntarse lo siguiente ¿Qué sucede con las señales entre reinos cuando modulamos el microbioma por la administración de probióticos en peces salmónidos?, ¿cómo los probióticos afectan el proceso de regulación transcripcional del intestino de peces salmónidos?, o ¿qué metabolitos puede variar en lumen intestinal de peces salmónidos por la intervención de probióticos?. Bueno, estas interesantes preguntas son las que busca responder utilizando diferentes tecnologías Ómicas el proyecto Fondecyt iniciación 11190532 adjudicado por el equipo de investigadores del Laboratorio de Biotecnología del Instituto de Nutrición y Tecnología de los alimentos INTA, de la Universidad de Chile. Como un avance a los resultados del estudio, podemos hoy mencionar por ejemplo que algunas cepas probióticas de bacterias lácticas pueden inducir un incremento de los transcritos de ghrelina en

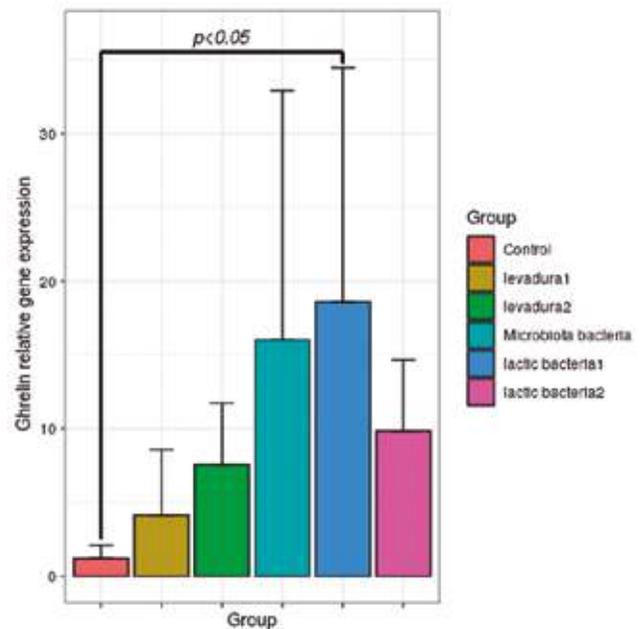


Figura 1: Niveles de expresión génica relativa de ghrelina medida en el estómago de Trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas con diferentes suplementos probióticos mono-cepa por 15 días. Las líneas indican las diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) mediante el Test de Duncan y p ajustado con Bonferroni.

trucha arcoiris, ver Figura 1. La ghrelina es un péptido gastrointestinal que afecta el crecimiento y el apetito en mamíferos y peces, estos resultados nos permiten vislumbrar las importantes consecuencias productivas que los probióticos u otros suplementos nutricionales afines podrían tener para la salmonicultura en nuestro país.

Referencias:

- Zommiti M, et al. 2020. Probiotics-Live Biotherapeutics: a Story of Success, Limitations, and Future Prospects-Not Only for Humans. Probiotics Antimicrob Proteins. doi: 10.1007/s12602-019-09570-5. PMID: 31376026.
- Davani-Davari D, et al. 2019. Prebiotics: Definition, Types, Sources, Mechanisms, and Clinical Applications. doi:10.3390/foods8030092.
- Zoumpopoulou G, et al. 2018. Probiotics and Prebiotics: An Overview on Recent Trends. doi: 10.1007/978-3-319-71950-4_1.
- Martínez Cruz P, et al. 2012. Use of probiotics in aquaculture. doi:10.5402/2012/916845.
- Jamal M, et al. 2020. Use of Probiotics in Commercially Important Fin-fish Aquaculture. International Journal of Probiotics and Prebiotics. doi: 15. 7-21. 10.37290/ijpp2641-7197.15: 7-21.
- Ringø E, et al. 2020. Probiotics, lactic acid bacteria and bacilli: interesting supplementation for aquaculture. doi:10.1111/jam.14628
- Kuebutornye F K A, et al. 2020. Mechanisms and the role of probiotic *Bacillus* in mitigating fish pathogens in aquaculture. doi:10.1007/s10695-019-00754-y.
- Abid A, et al. 2013. Dietary synbiotic application modulates Atlantic salmon (*Salmo salar*) intestinal microbial communities and intestinal immunity. doi:10.1016/j.fsi.2013.09.039.

Red de Trazabilidad molecular en alimentos marinos



UNIVERSIDAD DE CHILE



María Angélica Larraín B.^{1,2}, Felipe Jilberto V.^{1,2,3} y Cristián Araneda T.^{1,3}

¹ Food Quality Research Center. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

² Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

³ Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

La cadena alimentaria, que abarca desde la producción primaria hasta el consumidor final, adquiere cada vez más importancia en el comercio internacional de alimentos y puede resumirse en las expresiones “de la granja a la mesa”, o en el caso de productos del mar, “del mar a la mesa”. Este concepto necesita trazabilidad o rastreo de productos, que se entiende como la capacidad de seguir el movimiento de un alimento a través de sus distintas etapas de producción, procesamiento y distribución (ISO 22005:2007, Codex Alimentarius, 2006). En productos del mar, el primer nivel de trazabilidad consiste en la identificación de la especie comercializada, con el nombre científico y la designación comercial o nombre común establecido en el mercado de destino (D’Amico et al., 2016; Ogdén, 2008; Tinacci et al., 2019). Un sistema de trazabilidad eficaz contribuye a prevenir fraudes, prácticas ilegales, favorece la conservación y sustentabilidad de las especies. Adicionalmente, da confianza en la inocuidad de los alimentos, al prevenir las reacciones alérgicas debido a la presencia de ingredientes no declarados. Estos temas son de creciente preocupación para los consumidores, comercializadores y agencias gubernamentales, ya que los sistemas de trazabilidad administrativa o física, a través de etiquetas y documentos, no son infalibles. Consecuentemente, se requiere de métodos analíticos validados para realizar la fiscalización de la ley, y proporcionar confianza en la autenticidad del producto y en la veracidad de la información que lo acompaña.

La identificación de la especie en los mejillones del género *Mytilus* a partir de rasgos morfológicos diagnósticos, no resulta fácil de realizar, especialmente en productos procesados desconchados (Figura 1). Para resolver este obstáculo, se han desarrollado métodos molecula-

res basados en la amplificación de secuencias específicas del ADN (métodos mono-locus). La mayoría de estos métodos usan el gen de la proteína adhesiva polifenólica (PAP) para realizar la identificación (Inoue et al., 1995; Jilberto et al., 2017; Santaclara et al., 2006). Si bien los métodos mono-locus tienen la ventaja de ser fáciles de aplicar, pueden dar resultados contradictorios cuando se usan de forma independiente, porque analizan regiones genómicas con diferentes historias evolutivas. Además, no todos los marcadores mono-locus diferencian todas las especies. Por estas razones se recomienda usar varios loci en forma simultánea en una aproximación multi-locus (Araneda et al., 2021; Larraín et al., 2019). Actualmente, gracias al avance en las herramientas genómicas, se han identificado numerosos polimorfismos de una sola base o SNP (Single Nucleotide Polymorphism) en mejillones del género *Mytilus* (Araneda et al., 2016; Gallardo-Escárate et al., 2013; Saarman & Pogson, 2015; Wilson et al.,



Figura 1. Ejemplares de *Mytilus chilensis* con concha y desconchados.

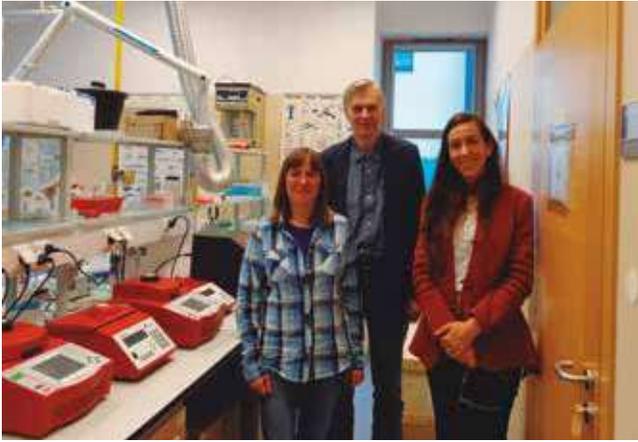


Figura 2. Reunión en el 2015 entre los investigadores Dra. M. Zbawicka, Dra. M. A. Larraín y Dr. Roman Wenne en dependencias Instituto de Oceanología de la Academia Polaca de Ciencias (IOPAN) Sopot Polonia.

2018; Zbawicka et al., 2012, 2014). Estos marcadores, al ser usados en una aproximación multi-locus, permiten diferenciar las distintas especies de este género, y realizar su identificación inequívoca.

En Chile, la mitilicultura es una actividad económica relevante que se basa en la producción, procesamiento y comercialización de *M. chilensis*. Sin embargo, el nombre científico del mejillón endémico de Chile solo vino a ser reconocido en el 2018, gracias a las investigaciones realizadas con paneles multi-locus de marcadores SNPs. Éstos muestran que *M. chilensis* es genéticamente distinto de otras especies de mejillones, como *M. edulis*, *M. planulatus*, *M. trossulus*, *M. galloprovincialis* y *M. platensis*. (Larraín et al., 2017; Zbawicka et al., 2018). Éstas dos últimas especies también han sido descritas en nuestro país (Díaz-Puente et al., 2020; Tarifeño et al., 2012). Es en este contexto, donde surgió la cooperación entre el Food Quality Research Center (FQRC) de la Universidad de Chile, liderado por los académicos Dra. María Angélica Larraín y Dr. Cristián Araneda, y el Laboratorio de Genética de Organismos Marinos, del Instituto de Oceanología de la Academia Polaca de Ciencias (IOPAN), liderado por los investigadores Dra. Malgorzata Zbawicka y Dr. Roman Wenne. Ambos grupos han trabajado en la identificación de la especie en el género *Mytilus* usando paneles de marcadores SNPs. Los investigadores Polacos y Chilenos (Figura 2), basándose en la información obtenida de la ejecución de proyectos anteriores (FONDEF IDeA ID16110013 y FONDECYT Regular 1130302), diseñaron y ejecutaron el trabajo experimental que conduciría al reconocimiento del nombre científico *M. chilensis*, y a su inclusión en las bases de datos de taxonomía como ITIS, WoRMS y Mollusca Base (Larraín et al., 2017).

Esta cooperación entre ambos centros de investigación se fortaleció en el marco del proyecto REDES 180143 "International network for molecular traceability in seafood" financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID). Iniciativa que busca incorporar conocimientos de frontera en genética de poblaciones en especies marinas para analizar zonas híbridas, y

aplicar herramientas moleculares para monitorear las especies y realizar trazabilidad. Como parte de las actividades de la red, los investigadores polacos hicieron una estadía en el FQRC en Chile durante octubre 2019, y expusieron sobre las actividades de investigación que realizan en IOPAN y sobre el desarrollo de paneles de marcadores SNP para el estudio de mejillones europeos (*M. edulis*, *M. galloprovincialis* y *M. trossulus*). También difundieron el trabajo previo de la red en el Congreso de la Asociación Latinoamericana de Genética - ALAG 2019, realizado en Mendoza-Argentina, presentando la ponencia "Molecular markers reveal new smooth shelled mussels diversity on southern ocean islands and South America". En este trabajo se aborda la conectividad, hibridación e invasión de especies de mejillones exóticas en el Pacífico Sur, investigación desarrollada por los profesores del instituto polaco en conjunto con su contraparte chilena. También se presentó el trabajo "Comparison between single and multi-locus approach for specimen identification in mussels of *Mytilus* genus" por parte del FQRC, en el que se discute las ventajas del uso de los métodos multi-locus por sobre los mono-locus. Además, los investigadores tuvieron reuniones con las autoridades de las unidades académicas a las que pertenecen los investigadores del proyecto. En la Facultad de Ciencias Agronómicas, se reunieron con el Decano Profesor Roberto Neira y la Profesora Natalia Lam, miembro del FQRC (Figura 3). En la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas fueron recibidos por el Vicedecano Profesor Javier Puente y el Director de Relaciones internacionales Profesor Fernando Valenzuela. El mismo año, el investigador del FQRC, Felipe Jilberto realizó una pasantía en el centro polaco, donde recibió entrenamiento en análisis de zonas híbridas.

Los investigadores del FQRC han fortalecido las actividades de la red de trazabilidad molecular en alimentos marinos (proyecto REDES 180143 ANID), al congregar, además de los investigadores polacos ya mencionados, a investigadores pertenecientes a otras instituciones nacionales e internacionales, como el Instituto Tecnológico de la Mitilicultura (Dr. Cristian Segura), centro tecnológico AZTI en el país Vasco (Dra. Elisa Jiménez y Dr. Miguel Angel Pardo), Consello Regulador Do Mexillon en Galicia (Dra. Án-



Figura 3. Reunión entre integrantes del proyecto REDES-180143 con el Decano de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile Dr. Roberto Neira y Dra. Natalia Lam del FQRC.

geles Longa y Dr. Ren-Shiang Lee) y a la Universidad de Victoria en Wellington, Nueva Zelanda (Dr. Jonathan Gardner). El grupo de investigadores mencionados recientemente publicó una carta al editor de la revista Food Control, titulada “A comment on Giusti et al. (2021) Mussels (*Mytilus* spp.) products authentication: A case study on the Italian market confirms issues in species identification and arises concern on commercial names attribution (Food Control Volume 118, December 2020, 107379”. En esta carta los investigadores reafirman la validez del estatus taxonómico de *M. chilensis*, y su diferencia genética con *M. galloprovincialis*, y además remarcan la importancia de la validación de los métodos analíticos usados para el control de la veracidad de la información contenida en el etiquetado de productos del mar.

El FQRC (contact.FQRC@uchile.cl) es una unidad funcional de investigación de la Universidad de Chile, que tiene como misión “Aumentar la confianza en que los alimentos son lo que dicen ser, mediante la aplicación de técnicas analíticas confiables, reproducibles y legalmente exigibles”. En este centro interdisciplinario de investigación especializado en calidad y autenticidad de alimentos, los desafíos se enfrentan desde una perspectiva interdisciplinaria, reuniendo a científicos especializados en Calidad de Alimentos, Producción Animal y Acuícola, Biotecnología, Ecología y Genética de la Conservación, de diferentes facultades de la Universidad de Chile (Ciencias Agronómicas, Ciencias, y Ciencias Químicas y Farmacéuticas). Orientamos la investigación al desarrollo de soluciones a los problemas que enfrenta la industria, en las materias de nuestra competencia, aumentando el conocimiento sobre las poblaciones de organismos utilizados como alimentos. Nuestra finalidad es desarrollar nuevas herramientas analíticas de trazabilidad que permitan aumentar la confianza de los consumidores, la industria alimentaria, los operadores comerciales y los reguladores, con el fin de verificar la información de etiquetado, cumplimiento de normas y la aplicación de la ley. En la actualidad, el FQRC tiene como uno de sus principales focos de trabajo la identificación de la especie en productos marinos, como por ejemplo, en los avances mencionados en los mejillones del género *Mytilus*.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por ANID, mediante el proyecto ANID-REDES180143.

Referencias

- Araneda, C., Larraín, M. A., Hecht, B., & Narum, S. (2016). Adaptive genetic variation distinguishes Chilean blue mussels (*Mytilus chilensis*) from different marine environments. *Ecology and Evolution*, 6(11), 3632–3644. <https://doi.org/10.1002/ece3.2110>
- Araneda, C., Pardo, M. A., Jimenez, E., Longa, A., Lee, R., Segura, C., Zbawicka, M., Wenne, R., Gardner, J., & Larraín, M. A. (2021). A comment on comment on Giusti et al. (2020) “Mussels (*Mytilus* spp.) products authentication: A case study on the Italian market confirms issues in species identification and arises concern on commercial names attribution, *Food Control* Volume 118, Decembe. *Food Control*. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107626>
- D’Amico, P., Armani, A., Gianfaldoni, D., & Guidi, A. (2016). New provisions for the labelling of fishery and aquaculture products: Difficulties in the implementation of Regulation (EU) n. 1379/2013. *Marine Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.05.026>
- Díaz-Puente, B., Pita, A., Uribe, J., Cuéllar-Pinzón, J., Guíñez, R., & Presa, P. (2020). A biogeography-based management for *Mytilus chilensis*: The genetic hodgepodge of Los Lagos versus the pristine hybrid zone of the Magellanic ecotone. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 30(3), 412–425. <https://doi.org/10.1002/aqc.3271>
- Inoue, K., Waite, J. H., Matsuoka, M., Odo, S., & Harayama, S. (1995). Interspecific variations in adhesive protein sequences of *Mytilus edulis*, *M. galloprovincialis*, and *M. trossulus*. *The Biological Bulletin*, 189(3), 370–375. <https://doi.org/10.2307/1542155>
- Jilberto, F., Araneda, C., & Larraín, M. A. (2017). High resolution melting analysis for identification of commercially-important *Mytilus* species. *Food Chemistry*, 229, 716–720. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.109>
- Larraín, M. A., González, P., Pérez, C., & Araneda, C. (2019). Comparison between single and multi-locus approaches for specimen identification in *Mytilus* mussels. *Scientific Reports*, 9(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55855-8>
- Larraín, M. A., Zbawicka, M., Araneda, C., Gardner, J. P. A., & Wenne, R. (2017). Native and invasive taxa on the Pacific coast of South America: Impacts on aquaculture, traceability and biodiversity of blue mussels (*Mytilus* spp.). *Evolutionary Applications*. <https://doi.org/10.1111/eva.12553>
- Núñez-Acuña, G., & Gallardo-Escárate, C. (2013). Identification of immune-related SNPs in the transcriptome of *Mytilus chilensis* through high-throughput sequencing. *Fish and Shellfish Immunology*. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2013.09.028>
- Ogden, R. (2008). Fisheries forensics: The use of DNA tools for improving compliance, traceability and enforcement in the fishing industry. *Fish and Fisheries*. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2008.00305.x>
- Saarman, N. P., & Pogson, G. H. (2015). Introgression between invasive and native blue mussels (genus *Mytilus*) in the central California hybrid zone. *Molecular Ecology*, 24(18), 4723–4738. <https://doi.org/10.1111/mec.13340>
- Santaclara, F. J., Espiñeira, M., Cabado, A. G., Aldasoro, A., Gonzalez-Lavín, N., & Veites, J. M. (2006). Development of a method for the genetic identification of mussel species belonging to *Mytilus*, *Perna*, *Aulacomys*, and other genera. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(22), 8461–8470. <https://doi.org/10.1021/jf061400u>
- Tarifeño, E., Galleguillos, R., Llanos-Rivera, A., Arriagada, D., Ferrada, S., Canales-Aguirre, B., & Seguel, M. (2012). Erroneous identification of the mussel, *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck 1819) as the specie, *Mytilus chilensis* (Hupe 1854) in the Bay of Concepcion, Chile. *Gayana*, 76(2), 167–172.
- Tinacci, L., Guardone, L., Castro-Palomino Rubio, J., Riina, M. V., Stratev, D., Guidi, A., & Armani, A. (2019). Labelling compliance and species identification of herring products sold at large scale retail level within the Italian market. *Food Control*. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106707>
- Wilson, J., Matejusova, I., McIntosh, R. E., Carboni, S., & Bekaert, M. (2018). New diagnostic SNP molecular markers for the *Mytilus* species complex. *PLoS ONE*, 13(7), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200654>
- Zbawicka, M., Drywa, A., Smietanka, B., & Wenne, R. (2012). Identification and validation of novel SNP markers in European populations of marine *Mytilus* mussels. *Marine Biology*, 159(6), 1347–1362. <https://doi.org/10.1007/s00227-012-1915-8>
- Zbawicka, M., Sanko, T., Strand, J., & Wenne, R. (2014). New SNP markers reveal largely concordant clinal variation across the hybrid zone between *Mytilus* spp. in the Baltic Sea. *Aquatic Biology*, 21(1), 25–36. <https://doi.org/10.3354/ab00566>
- Zbawicka, M., Trucco, M. I., & Wenne, R. (2018). Single nucleotide polymorphisms in native South American Atlantic coast populations of smooth shelled mussels: hybridization with invasive European *Mytilus galloprovincialis*. *Genetics Selection Evolution*, 50(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s12711-018-0376-z>

Microbiota de abalón y el síndrome de marchitamiento del pié



Jaime Romero, Alejandro Villasante, Rafael Opazo, Natalia Catalán, Karin Lohrmann, Rodrigo Rojas.

Laboratorio de Biotecnología de Alimentos - Unidad de Alimentos - INTA - Universidad de Chile

jromero@inta.uchile.cl

El foco nuestro grupo ha estado en el estudio es el microbioma/microbiota de especies de interés comercial. La microbiota es un conjunto de microorganismos en continuo contacto con el hospedero que otorga beneficios como estimulación del sistema inmune y actividades metabólicas para la obtención de nutrientes. Conociendo estos microorganismos y sus propiedades se pueden generar herramientas para mejorar la nutrición de los peces, apuntando a potenciar la salud intestinal (absorción de nutrientes; conversión) y la inmunidad de las especies en cultivo (respuesta a enfermedades). En consecuencia, este conocimiento tiene el potencial de mejorar la producción y hacerla más sustentable.

Nuestro grupo ha logrado caracterizar la microbiota de varios peces de interés comercial incluyendo salmónidos, palometa, lenguado y congrio en Chile (Ramírez & Romero 2017, a y b). Más recientemente, hemos aplicado nuestra experiencia en otras especies como camarón y paiche en Ecuador, y la intersección entre microbiota y aditivos dietarios como algunos prebióticos (Gainza & Romero 2020). De esta forma, hemos estado en búsqueda de problemas productivos que se relacionan con la microbiota y en este caso nos interesó el cultivo de abalón y la problemática del marchitamiento del pié.

El abalón es un gasterópodo herbívoro marino (*Haliotis rufescens*), explotado en Chile dadas algunas ventajas como la temperatura adecuada del agua de mar y la abundancia de algas marinas como alimento. Uno de los problemas productivos más importantes corresponde al marchitamiento del pié. El síndrome de marchitamiento del pié (WS), una enfermedad infecciosa causada por la bacteria intracelular *Candidatus Xenohaliotis californiensis*, ha provocado importantes pérdidas económicas en la acuicultura del abalón. El patógeno infecta el epitelio gastroentérico, incluida la glándula digestiva, alterando el sistema digestivo y provocando un marchitamiento progresivo en el abalón. No obstante, nuestro conocimiento sobre las implicaciones del WS en la microbiota de las glándulas digestivas y su papel en el progreso de las enfermedades sigue siendo en gran parte desconocido.

Este estudio publicado recientemente (Villasante y cols. 2020) ha tenido como objetivo determinar si la microbiota asociada a las glándulas digestivas difiere entre el abalón rojo sano (*Haliotis rufescens*) y el abalón rojo afectado con WS. Utilizando la secuenciación de alto rendimiento de la región V4 del gen rRNA 16S, nuestros resultados revelaron diferencias en la microbiota entre los grupos. Los géneros bacterianos, incluidos *Mycoplasma*, *Lactobacillus*, *Cocleimonas* y *Tateyamaria*, fueron significa



Figura 1. Imagen macroscópica de un ejemplar de abalón. Izquierda: ejemplar sano sin signos de enfermedad, donde el pié llena la cavidad de la concha. A la derecha: ejemplar de abalón con WS en el cual se nota la contracción del pié.

tivamente más abundantes en abalones sanos, mientras que *Candidatus Xenohalotia californiensis* y *Marinomonas* fueron más abundantes en abalones afectados por WS.

Mycoplasma fue el género dominante en especímenes sanos y se redujo drásticamente en especímenes con enfermedad de WS, mientras que ocurrió todo lo contrario con el género *Candidatus Xenohalotia californiensis*. De hecho, observamos la presencia de este *Candidatus Xenohalotia californiensis* en la microbiota de la glándula digestiva en dos muestras sanas, lo que

sugiere que la mera presencia de este patógeno podría no ser suficiente para causar la enfermedad de WS (Cicala y cols. 2018) y, por lo tanto, podrían ser necesarios otros cofactores para promover la progresión de la enfermedad. Por lo tanto, planteamos que la enfermedad de WS requiere la presencia de *Candidatus Xenohalotia californiensis* junto con una caída significativa en la abundancia relativa de *Mycoplasma*, lo que provoca una disminución concomitante en la proporción *Mycoplasma/Candidatus Xenohalotia californiensis*, como se observa en nuestro estudio.

Con base en este hecho, es interesante explorar si la administración de *Mycoplasma* para promover la salud del abalón rojo podría constituir una estrategia para mejorar la productividad de este cultivo. Esto es especialmente cierto ya que el manejo de la enfermedad del WS debe abordarse desde un punto de vista sostenible considerando aspectos como si los métodos son amigables con el medio ambiente, seguros para el consumo humano y rentables.

Este estudio proporcionó evidencia de diferencias en la estructura de las comunidades de bacterias de la microbiota digestiva del abalón rojo entre muestras sanas y muestras con enfermedad de WS. *Mycoplasma* y *Candidatus Xenohalotia californiensis* fueron los géneros más abundantes y su abundancia relativa contribuyó más fuertemente a las variaciones del perfil microbiano entre el abalón enfermo y el sano en este estudio. Al igual que en estudios anteriores, observamos que la mera presencia de *Candidatus Xenohalotia californiensis* no se asoció con WS en abalón; sin embargo, una disminución en la proporción de *Mycoplasma/Candidatus Xenohalotia californiensis* parece ser más indicativa de especímenes afectados por la enfermedad. Se requieren más investigaciones para explorar el uso potencial de *Mycoplasma* como probiótico para promover la salud del abalón y, por lo tanto, mejorar la productividad en la agricultura.

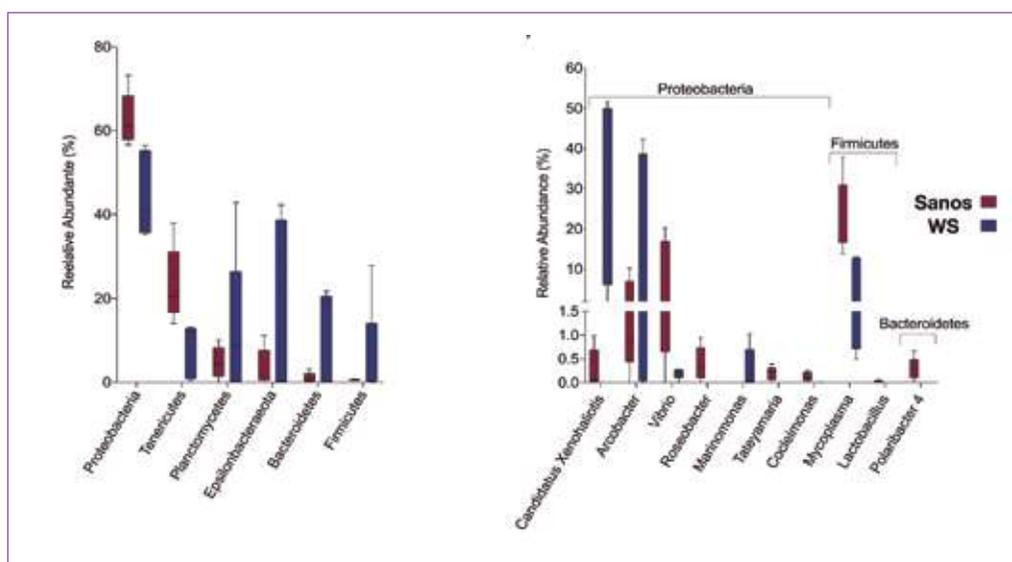


Figura 2. Comparación de la microbiota de la glándula digestiva de abalón rojo sano (recuadros rojos) y abalón rojo afectados con síndrome de marchitamiento (recuadros azules) en términos de abundancia relativa (%) a nivel de filo (B) y de género (C).

Referencias

- Ramírez C., & Romero J. (2017)a. Fine Flounder (*Paralichthys adspersus*) microbiome showed important differences between wild and reared specimens. *Frontiers in Microbiology*, 8, 271.
- Ramírez C., & Romero J. (2017)b. The microbiome of *Seriola lalandi* of wild and aquaculture origin reveals differences in composition and potential function. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1844.
- Gainza O. & J Romero (2020). Effect of mannan oligosaccharides on the microbiota and productivity parameters of *Litopenaeus vannamei* shrimp under intensive cultivation in Ecuador. *Scientific reports* 10, 1-12.
- Villasante A, N Catalán, R Rojas, KB Lohrmann, J Romero (2020). Microbiota of the digestive gland of red abalone (*Haliotis rufescens*) is affected by withering syndrome. *Microorganisms* 8 (9), 1411.
- Cicala, F.; Cisterna-Céliz, J.A.; Moore, J.D.; Rocha-Olivares, A. (2018) Structure, dynamics and predicted functional role of the gut microbiota of the blue (*Haliotis fulgens*) and yellow (*H. corrugata*) abalone from Baja California Sur, Mexico. *PeerJ*. 6, e5830.

EN MATERIA ENERGÉTICA OFRECEMOS UN MAR DE SOLUCIONES

Entrega de combustible vía barcos, suministro de energía eléctrica, paneles solares, lubricantes y sistemas de monitoreo en línea, son algunas de las soluciones que dentro de la industria acuícola nos permiten ser la **Primera en Servicio**.



Mobil™

COPEC
Primera en servicio

Análisis de la normativa ambiental y sanitaria aplicada a la Acuicultura de Pequeña Escala (APE) en Chile



Maríel Campalans Barnier¹, Catterina Sobenes Vennekool^{2,4}, Jacqueline Campalans Barnier¹, Christian Díaz Peralta^{3,4}

¹: Facultad de Ciencias del Mar y Geografía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

²: Depto. de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de la Santísima Concepción

³: Depto. de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de la Santísima Concepción.

⁴ Centro de Investigación en Biodiversidad y Ambientes Sustentables (CIBAS), Universidad Católica de la Santísima Concepción.

El Estado de Chile se compromete a defender el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, a la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental. Para cumplir con este objetivo la Constitución Política de 1980 ha consagrado un deber que recae sobre todos los órganos del Estado, contemplado en el artículo 19, numeral 8:

“Velar porque el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza”

Entre las principales normas legales que regulan la materia se encuentran: la Ley de Bases Generales de Medio Ambiente (Ley N° 19.300/1994 y sus modificaciones, MMA LBGMA), la Ley General de Pesca y Acuicultura (Ley N° 18.892/1989 y sus modificaciones, MINECON, LGPA) y la reciente Ley que crea el Instituto de Desarrollo de la Pesca Artesanal y la Acuicultura de Pequeña Escala (Ley N° 21.069/2018, MINECON, INDESPA). Mientras que a nivel reglamentario y administrativo, se encuentran: el Reglamento de Concesiones y Autorizaciones de Acuicultura (D.S. N° 290/1993 y sus modificaciones, MINECON); el Reglamento Ambiental para la Acuicultura (D.S. N° 320/2001 y sus modificaciones, MINECON, RAMA), cuya aplicación se encuentra normada en la Resolución Exenta N° 3612/2009 y sus modificaciones del MINECON en la cual la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca) fija las metodologías para elaborar la caracterización preliminar de sitio y la información ambiental; el Reglamento de Medidas de Protección, Control y Erradicación de Enfermedades de Alto Riesgo para las Especies Hidrobiológicas

(D.S. N° 319/2001 y sus modificaciones, MINECON, RESA) y sus correspondientes Programas Sanitarios generales y específicos; y el Reglamento del Sistema Evaluación de Impacto Ambiental (D.S. N° 40/2013 y sus modificaciones, MMA) entre otros. Su definición no es única, encontrándose distintas propuestas y especificaciones en normativas vinculadas a la definición de APE.



Figura 1. Extracción de ostra chilena (*Ostrea chilensis*) en Ancud, Chiloé.



Figura 2. Algunas Pisciculturas de pequeña escala en la región de La Araucanía.

Desde la revisión de la normativa vinculada con la acuicultura, se detectó que ésta fue concebida y orientada para una acuicultura industrial, y con énfasis en la salmonicultura, sin distinción con actividades de acuicultura de menor volumen de producción. Considerando que en Chile la producción de pequeños acuicultores se orienta a una actividad de cultivo de bivalvos y algas de tipo extensivo, y que en peces son volúmenes menores a la de una actividad industrial, es necesaria disponer de regulaciones acorde a ello.

Por lo anterior, es necesario adecuar la normativa de manera que facilite y apoye el desarrollo de esta actividad, según sus niveles de intervención sobre el medio, capacidades de gestión, y posibilidades económicas para responder a análisis ambientales específicos, protegiendo a su vez el ambiente y el estado sanitario del país. En este sentido, se ha aprobado recientemente la Ley que crea el Instituto de Desarrollo de la Pesca Artesanal y la Acuicultura de Pequeña Escala (LEY-INDESPA) que ha avanzado en la caracterización del sector de la APE, entendiendo por tal “aquella actividad que tiene por objeto el cultivo y producción de recursos hidrobiológicos realizada por personas naturales, organizaciones de pescadores artesanales o personas jurídicas constituidas por pescadores artesanales, en conformidad a la ley” (art. 1° letra h). A partir de este concepto, es posible apreciar que el criterio utilizado por el legislador para diferenciar la APE de las actividades de acuicultura de mediana y gran escala es subjetivo, toda vez que se enfoca en quién es la persona que ha de desarrollar la actividad.

Las autoridades chilenas, a través de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, están trabajando en el mejoramiento de la normativa nacional, para lo cual se han revisado las normativas relacionadas a este rubro de la economía que, aunque no alcanza relevancia en el PIB de la nación, es importante en cuanto a su aporte en la actividad laboral y a la seguridad alimentaria de poblaciones locales.

Entre los elementos interesantes de analizar de la normativa actualmente aplicada a esta actividad, está el analizar las exigencias (técnicas y legales) que debe cumplir la APE respecto de los grandes y medianos productores. Se hace necesario la intervención del Estado con el fin de poder diferenciar entre la acuicultura de pequeña escala (APE) y el resto de la producción acuícola que tiene acceso a otro tipo de tecnología, instrumentos financieros, calidad de recursos como semillas, etc. Al no disponer de estos recursos, se limita la capacidad de las APE para cumplir con las mismas normas exigidas a los medianos y grandes productores, haciendo en muchos casos, inviable la actividad.

Respecto de la identificación y caracterización de los posibles impactos ambientales y sanitarios que pudiera generar la actividad de las APE, es posible indicar que ésta no produciría impactos ambientales en la magnitud que los produce la acuicultura industrial nacional. Esto se puede afirmar, al analizar la información de calidad de ambiente obtenida a partir de los Informes Ambientales de la Acuicultura (INFAs) (Figura 1), resultados del Programa Sanitario de Moluscos Bivalvos (PSMB), de los antecedentes Sanitarios de Vigilancia de Enfermedades de Alto Riesgo y eventos de Floraciones Algas Nocivas (FAN) ocurridos en los últimos años, donde no se encontró evidencia de un efecto deletéreo de las APE en el medio ambiente.



Figura 3. Distribución porcentual de INFAs realizadas por APES entre 2010-2017 por especie y categoría.

Cabe señalar, que ese Marco jurídico institucional debe permitir a estos pequeños productores integrarse de manera activa, evitando el enfoque asistencialista, para pasar a un enfoque direccionado a la creación de capacidades y desarrollo productivo que estimule su autosuficiencia. Para esto es necesario conocer las características de estos productores.



Figura 4. Estanque en tierra de piscicultura de pequeña escala.

Los principales problemas del actual Reglamento ambiental se pueden reducir a:

- La falta de una definición de APE clara y precisa que permita un tratamiento diferenciado de acuerdo con el tamaño del emprendimiento. Cabe hacer notar que es importante no perder de vista que el efecto de estas pequeñas empresas es acumulativo, por lo cual siempre es necesario tener en cuenta la capacidad de carga por sectores (White, Phillips & Beveridge, 2010).
- Falta de conectividad en los lugares en los que se efectúa la actividad, lo que es especialmente importante para los acuicultores APE, ya que movilizarse a los centros urbanos para completar los formularios exigidos en línea, implicaría pérdidas de días de trabajo ya que cuentan con poco personal.
- Alto costo de las INFAs: Para el caso de los centros APE de moluscos se propone disminuir algunas de las variables ambientales que deben medirse en cada muestreo INFA: como el análisis de granulometría, dado que no cuenta con límites de aceptabilidad; las mediciones de oxígeno serían irrelevantes por el bajo impacto, puesto que los mitílidos y los moluscos en general resisten bajos niveles de oxígeno (2 a 3 mg/l) y en las zonas no se han reportado bajos niveles. El no medir algunas variables en las INFAs junto a la disminución en la frecuencia de éstas para las APE permitirá la participación de estos acuicultores en mejores condiciones económicas, y por lo tanto, sobre llevar una actividad productiva sostenible en el tiempo.

De acuerdo con la Base de Datos actualizadas de centro de cultivos APE y a la información obtenida en terreno, el 90% de los acuicultores de pequeña escala está compuesta por miticultores, localizados en la Región de Los Lagos. Cabe destacar que, al carecer de una definición de APE, se dificultó la clasificación de los centros y el ordenamiento en base a criterios como producción y superficie para realizar el análisis.

Se observó que en las APE existen diversos niveles de producción, lo cual es relevante al momento de considerar el posible impacto que ellas pueden provocar al ambiente. Es así como en acuicultura continental existen pisciculturas que producen entre 8 a 20 kilos de peces, con una o dos piscinas, pero también se consideran como APE las pisciculturas que mantienen 8 toneladas en establecimientos de mayor extensión y producción. Lo mismo ocurre en el caso de los cultivos de mitílidos, donde se han clasificado como APE empresas de hasta 1.000 toneladas. Considerando que el mayor o menor impacto de los cultivos al medio está directamente relacionado con la producción, se propone una subdivisión de las actuales APE en tres clases diferenciadas por esta variable nominadas como APE1, APE2 y APE3 (Tabla 1). Esta nueva propuesta de clasificación por los autores de este artículo facilitaría la aplicación de normas diferenciadas de manera de favorecer a los cultivadores que causan menor presión al ambiente.

La mayor parte de los cultivadores APE de trucha arcoiris (*O. mykiss*) consideran que la normativa está sobredimensionada para su nivel de inversión, producción y de capacidades tecnológicas. En relación con la propuesta de adecuaciones y modificaciones a la normativa ambiental y sanitaria para las APE, los puntos críticos detectados de la normativa RESA y RAMA se proponen por la baja producción de las APE de truchas, lo cual incide en una baja mortalidad, ausencia de patógenos relevantes, escasa producción de desechos, lo que hace innecesario el apoyo de un profesional especialista asociado al centro, y el retiro de desechos como si fuesen residuos a nivel industrial. Además, se ve imperante la necesidad de una adecuación de los formularios exigidos para declarar existencia.



Figura 5. Piscicultura Río Blanco, Región de Valparaíso.

Una normativa ambiental que sea proporcional al valor del impacto ambiental que genera la acuicultura de pequeña escala podría favorecer el desarrollo de esta actividad a nivel nacional.

Tabla 1. Propuesta de Clasificación de la Acuicultura de Pequeña Escala (APE) por especie y producción anual.

Categoría	Tipo especie	Producción (ton/año)	Comentarios
APE 1	Peces	< 1	Especie principal a nivel nacional mitilidos.
	Moluscos filtradores	< 50	
	Macroalgas	< 50	Equinodermos, crustáceos y moluscos no filtradores, y otras especies.
	Otros	< 1	
APE 2	Peces	[1 – 4[Equinodermos, crustáceos y moluscos no filtradores, y otras especies.
	Moluscos	[50 – 100]	
	Macroalgas	[50 – 100]	
	Otros	[1 – 10]	
APE 3	Peces	[4 – 8[Límite máximo establecido por el DS N° 40/2012.
	Moluscos]100 – 300[
	Macroalgas]100 – 200[Límite máximo establecido por el DS N° 40/2012. Referido a 10 há. Equinodermos, crustáceos y moluscos no filtradores, y otras especies. Límite máximo establecido por el DS N° 40/2012.
	Otros]10 – 35[

Fuente: Elaboración propia FIPA 2017-16

REFERENCIAS

Ley N° 19.300/1994. Ley de Bases Generales de Medio Ambiente (LBGMA), Ministerio del Medio Ambiente.

Ley N° 18.892/1989, actualizada en Ley N° 21.183/2018. Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA). MINECON.

Ley N° 20.069/2018. Crea el Instituto de Desarrollo de la Pesca Artesanal y la Acuicultura de Pequeña Escala (Ley INDESPA). MINECON.

Ley N° 20.950/2016. Crea bonificación para repoblamiento y cultivo de algas. MINECON.

D.S. N° 290/1993 y sus modificaciones. Reglamento de Concesiones de Acuicultura. (Actualizado D.S. N° 171/2014). MINECON.

D.S. N° 319/2001 y sus modificaciones. Reglamento de Medidas de Protección, Control y Erradicación de Enfermedades de Alto Riesgo para las Especies Hidrobiológicas. (Última modificación D.S. N° 64/2019). MINECON.

D.S. N° 320/2001. Reglamento Ambiental para la Acuicultura. (Actualizado D.S. N° 151/2017). MINECON.

Res. Ex. N° 3612/2009. Aprueba Resolución que Fija las Metodologías para Elaborar la Caracterización Preliminar de Sitio (CPS) y la Información Ambiental (INFA) (Última Modificación. Res. Ex. N° 905/2020). MINECON.

Decreto N° 40/2013. Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. MMA.

FIPA 2017-16 Adecuación de la normativa ambiental y sanitaria a proyectos de acuicultura de pequeña escala (APE).

White, P., M. Phillips & M. Beveridge. 2010. Review of environmental impact, site selection and carrying capacity estimation for small scale aquaculture in Asia. FAO expert Whorkshop. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland. December 6th to 8th, 2010.



Figura 6. Cultivo de mejillón chileno en Bahía Llico, Comuna de Arauco.



Figura 7. Piscicultura en Loncoche.



Figura 8. Monitoreo del crecimiento del *Mytilus chilensis* cultivado en long-line en Bahía Llico, Comuna de Arauco.



PROGRAMAS DE FORMACIÓN DE RECURSO HUMANO AVANZADO

Impartidos en la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Católica del Norte

L. Bravo¹, M.L.Fernández², N.Cortes³, G.Luna⁴, G.Merino⁵, R. Poblete⁶, J. Vasquez⁷, C.D. Miranda⁸ & H. Flores⁹

¹Jefe de Carrera de Biología Marina, ²Jefe de Carrera de Ingeniería en Acuicultura, ³Jefe de Carrera de Ingeniería en Prevención de Riesgos y Medioambiente, ⁴Director del Magister en Ciencias del Mar, ⁵Director del Magister en Acuicultura, ⁶Director del Magister en Gestión Ambiental, ⁷Director del Doctorado en Biología y Ecología Aplicada, ⁸Director del Doctorado en Acuicultura, ⁹Secretario Docente de la Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile. posgrado.fcm@ucn.cl



FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

La Facultad de Ciencias del Mar (FCM) tiene sus orígenes en el Centro de Investigaciones Submarinas (CIS), fundado como Centro Científico Tecnológico, cuyo propósito fue el estudio interdisciplinario del mar y la costa, en la entonces Universidad del Norte (UCN). Es la única Facultad de Ciencias del Mar que en Chile posee acceso directo al borde costero y cuenta con concesiones para uso de actividades de acuicultura localizadas en la Bahía de La Herradura y en la Bahía de Tongoy.

En el año 1981, la Universidad del Norte concentró en Coquimbo la realización de sus actividades docentes y de investigación en el área marina, trasladando su quehacer en pesquería desde Antofagasta, y la ejecución del Bachillerato en Ciencias con mención en Biología Marina desde su Sede ubicada en Iquique. En el mismo año se crea la carrera de Biología Marina, mientras que en 1985 se crean la Facultad de Ciencias del Mar y la carrera de Ingeniería en Acuicultura. Posteriormente, en el año 2001 se inicia la carrera de Ingeniería en Prevención de Riesgos y Medioambiente, conformando los programas de pregrado impartidos en la actualidad en la FCM de la Universidad Católica del Norte.

En la actualidad, en la FCM de la Universidad Católica del Norte - Sede Coquimbo, también se imparten cinco programas de postgrado, que incluyen el Magister en Ciencias del Mar con mención en Recursos Costeros, creado en el año 1993; el Magister en Acuicultura (MACUI), creado en el año 2002; el Doctorado en Acuicultura (DACUI), programa consorciado creado en el año 2004; el Magister en Gestión Ambiental creado en el año 2006 y el Doctorado de Biología y Ecología Aplicada (BEA), programa consorciado creado en el año 2007.

La FCM está emplazada en el campus Guayacán de la UCN, que se ubica en la ribera norte de la Bahía La Herradura, Coquimbo, y que cuenta con un acceso directo al mar (concesión marítima) y que presenta un entorno natural y tranquilo que invita al estudio y la investigación. En la FCM se dispone de un gran equipamiento científico (embarcaciones, ROV, Microscopio electrónico, acuarios, sistemas de cultivo, entre otros), junto a una sólida infraestructura que cuenta con una amplia variedad de laboratorios y equipamiento necesarios para la mantención, cultivo y ensayos con diversas especies acuícolas, y que incluyen especies de peces marinos, moluscos, crustáceos, microalgas y macroalgas entre otras.

En la FCM de la UCN se han constituido los Centros de Investigación: Centro de Acuicultura e Investigaciones Marinas (1985), el Centro de Awabi (1996) y el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Algas (CIDTA; 2009). En estos centros se realiza investigación en diversas áreas asociadas a las ciencias del mar y que incluye entre otras, biotecnología y acuicultura de diversas especies hidrobiológicas, manejo de recursos costeros y conservación de la biodiversidad; con desarrollado e innovación a escala experimental, prototipo y de escalamiento productivo, que se ha traducido en el desarrollo de la industria de cultivo de ostión del norte del país desde 1985 y del cultivo de abalones en el año 2000. La FCM también participa activamente en las corporaciones AquaPacífico (desde el 2019) y CEAZA (desde el 2003), y cuya finalidad terminal es el desarrollo de la acuicul-

tura en la macrozona norte del país y la investigación en zonas áridas, respectivamente.

La Facultad de Ciencias del Mar está compuesta por una planta de 42 académicos, pertenecientes al Departamento de Acuicultura, Departamento de Biología Marina o Escuela de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente. Tanto los académicos de planta, como los investigadores asociados, participan en la formación de profesionales y recursos humanos avanzados, mediante su participación en los diversos programas de pre y post-gradados impartidos en la Facultad de Ciencias del Mar. A la fecha, se han titulado 2.368 profesionales formados en alguno de los programas de pregrado, mientras que se han graduado un total de 195 Magister y 42 Doctores.

Programas de Pregrado Impartidos en la Facultad de Ciencias del Mar



Carrera de Biología Marina

El Biólogo Marino de la Universidad Católica del Norte es un profesional integral con formación en ciencias básicas con énfasis en procesos biológicos en el ambiente acuícola y en el ámbito de las ciencias del mar, con principios éticos y con un sentido amplio de responsabilidad social, comprometido con el desarrollo sostenible de la región y el país. Este profesional será capaz de analizar la diversidad, organización y funcionamiento de los seres vivos del ambiente acuático, integrando información asociada a los procesos físicos, químicos y biológicos. También podrá diseñar y administrar propuestas de intervención en el ambiente marino y su ámbito de influencia, con énfasis en la conservación y manejo de recursos, para aportar al desarrollo sustentable con énfasis en el borde costero.

Carrera de Ingeniería en Acuicultura

El Ingeniero en Acuicultura de la Universidad Católica del Norte, se caracteriza por ser un profesional emprendedor e innovador en el desarrollo y optimización de sistemas de cultivo en organizaciones productivas acuícolas; orientando su quehacer al bien común, al equilibrio social y a la preservación del entorno. Este profesional es emprendedor, concentrando sus esfuerzos en el desarrollo de oportunidades tendientes a innovaciones en sistemas productivos acuícolas, utilizando para esto sus sólidos conocimientos en tecnología, ingeniería y bases biológicas asociadas a la acuicultura. Tiene las competencias necesarias para integrar

equipos multidisciplinarios cuando las actividades lo requieran, considerando el aporte de otras disciplinas en su quehacer para lograr contribuir al desarrollo sostenible de la acuicultura, logrando la obtención de productos de calidad.

Carrera de Ingeniería en Prevención de Riesgos y Medioambiente



El Ingeniero en Prevención de Riesgos y Medioambiente de la UCN es un profesional integral y productivo en el ámbito de la ingeniería, contando con principios éticos y con un sentido amplio de responsabilidad social, comprometido con el desarrollo permanente de la región y el país. Su formación implica la adquisición y aplicación de conocimientos y herramientas que le permitan estar en constante actualización y demostrar gran iniciativa para adaptarse flexiblemente a las demandas del entorno. El Ingeniero en Prevención de Riesgos y Medioambiente de la UCN, posee competencias genéricas tales como: comunicación efectiva, permeabilidad al cambio, toma de decisiones, gestión del tiempo y de los recursos. Además, es un profesional con capacidad de trabajar efectivamente en equipos técnicos, y orientado a la mejora continua de los procesos productivos.

Programas de Postgrado Impartidos en la Facultad de Ciencias del Mar



Magíster en Ciencias del Mar



El Magíster en Ciencias del Mar mención Recursos Costeros es un programa de carácter científico, cuenta con un plan de estudios de régimen semestral, de modalidad presencial, jornada diurna y dedicación exclusiva. Este programa ha sido acreditado en varias oportunidades, obteniendo una última acreditación de diez años en el año 2017.

La visión del Programa es: “Ser un Programa de postgrado reconocido por su excelencia a nivel nacional y latinoamericano en la formación de experticia científica en el área de las ciencias del mar y los recursos costeros”. La misión declarada es “Formar a científicos en el área de las ciencias del mar y recursos costeros capacitados para la resolución de problemas en el área de la biología y manejo de recursos costeros, a través de propuestas innovadoras que se basan en la generación e integración de conocimientos, para el desarrollo regional y del país”.

Las principales líneas de investigación o especialización del Programa son:

- Manejo y Conservación de Recursos Costeros.
- Ecología Marina.
- Biología de Organismos Marinos.
- Oceanografía.

Magíster en Acuicultura

El Magíster en Acuicultura (MACUI) es un programa de postgrado de carácter mixto dependiente de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Católica del Norte y que cuenta con la colaboración de académicos vinculados al Departamento de Acuicultura, al Departamento de Biología Marina, Escuela de Prevención de Riesgos y Medioambiente, y a la Escuela de Ciencias Empresariales.

La modalidad mixta del MACUI integra los componentes académico (investigación) y profesional (aplicación práctica) para promover la investigación y la aplicación práctica de conocimientos y técnicas avanzadas en acuicultura.

El graduado del Magíster en Acuicultura, de la Universidad Católica del Norte, es un especialista con una visión holística con énfasis en investigación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico en las áreas de:

- Biología aplicada a la Acuicultura.
- Ingeniería y Tecnología en diseño y operación de sistemas de producción en acuicultura.
- Gestión en empresas y organizaciones de acuicultura.

El Programa tiene una duración de 3 semestres académicos, de régimen semestral y presencial. Comprende el cumplimiento de actividades curriculares (asignaturas) obligatorias y electivas, una defensa de proyecto de tesis, una Tesis de Grado y un Examen de Grado. El ingreso es semestral con postulación a las vacantes durante el 2do semestre de cada año.

Magíster en Gestión Ambiental

El Magíster en Gestión Ambiental tiene como misión ser un núcleo de generación y gestión del conocimiento en el área de Ambiental, en una constante búsqueda de la verdad para contribuir en la formación de magísteres íntegros, comprometidos con los valores del Humanismo Cristiano, mediante actividades de investigación aplicada, vinculación con la comunidad y apoyo a las organizaciones públicas y privadas en la gestión de sus aspectos ambientales.

El Magíster en Gestión Ambiental tiene por objetivo contribuir a la formación de capital humano con el fin de mejorar la calidad del ambiente natural y construido, entregando las competencias necesarias para desempeñarse en la investigación, la innovación y la gestión en el área ambiental. Formar profesionales que involucren la gestión ambiental como parte integrante de su quehacer normal, ejecutando y/o liderando iniciativas que propendan a una gestión adecuada de las actividades humanas con respecto a su entorno, preocupándose principalmente de diversos temas ambientales, como ser:

- Proyectos que amenazan o van a amenazar la calidad de vida.
- Los proyectos que impactan los recursos naturales, en un contexto de cambio climático (sequías) y de preocupación cada día más importante para el medio ambiente (contaminación).
- Pérdida de calidad de una región semi árida que necesita cuidar los recursos naturales.
- La fragilidad de una biodiversidad extremadamente rica en la Región de Coquimbo necesita un cuidado particular.

Doctorado en Acuicultura



El Programa de Doctorado en Acuicultura (DACUI) es un programa cooperativo que cuenta con la participación de las Universidades Católica del Norte (UCN), Universidad de Chile (UCH) y Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV), y que otorga el grado académico de Doctor en Acuicultura. Las actividades de docencia directa del Programa DACUI se realizan durante los primeros tres semestres y son impartidas por la Universidad de Chile en Santiago, por la Universidad Católica del Norte, en Coquimbo y en dependencias de la Pontificia Universidad Católica del Norte en Valparaíso, respectivamente. Este programa ha sido acreditado en varias oportunidades desde su inicio, obteniendo una última acreditación de cinco años en el año 2020.

Su misión es formar científicos de excelencia que contribuyan al desarrollo sostenible de la acuicultura nacional e internacional, así como la implementación de innovaciones tecnológicas que produzcan un aumento en la producción acuícola y mejoren su calidad nutricional. El programa DACUI también pretende formar graduados que generen y transmitan conocimiento e innovación para el desarrollo de la acuicultura en el ámbito privado y público, desarrollando estudios multidisciplinarios de vanguardia con honestidad, compromiso y responsabilidad social.

El Doctorado en Acuicultura tiene en perspectiva, mantener su liderazgo a nivel nacional y consolidar un reconocimiento a nivel internacional en la formación de capital humano avanzado con sólidas competencias para la investigación científica-tecnológica, la innovación y solución de problemas asociados a la acuicultura, y en la formación de investigadores competentes, creativos e innovadores, con gran sentido ético y compromiso con el medio ambiente y bienestar animal.

Doctorado en Biología y Ecología Aplicada



El Programa de Doctorado en Biología y Ecología Aplicada es impartido en forma consorciada por la Universidad Católica del Norte (UCN) y la Universidad de La Serena (ULS), con la participación del Centro de Estudios Avanzados en Zonas áridas (CEAZA) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias Intihuasi (INIA Intihuasi). Este programa ha sido acreditado en varias oportunidades, obteniendo una última acreditación de cinco años en el año 2019.

Se pretende que los graduados de este Programa sean capaces de insertarse eficientemente en el sistema académico nacional e internacional, y en organismos públicos o privados vinculados a la administración de recursos naturales, aportando concretamente a la creación de nuevo conocimiento y a su aplicación a la búsqueda de soluciones en el ámbito de su especialidad para apoyar el crecimiento regional y nacional.

El Programa busca la formación de Doctores que sean líderes capaces de investigar, desarrollar y aplicar soluciones prácticas e innovadoras destinadas al uso sustentable de recursos renovables, y el fortalecimiento de la investigación en las instituciones regionales.

El Programa tiene una duración de 8 semestres académicos, de régimen semestral y presencial. Comprende el cumplimiento de actividades curriculares (asignaturas) obligatorias y electivas, un Examen de Calificación, una defensa de proyecto de tesis, una Tesis de Grado y un Examen de Grado.

	Programa	Semestres	Grado	Título	Dirección Web
PREGRADO	Biología Marina	10	Licenciado en Ciencias del Mar	Biólogo Marino	https://www.ucn.cl/carrera/biologia-marina/?tipo=admission
	Ingeniería en Acuicultura	10	Licenciado en Ciencias de la Acuicultura	Ingeniero en Acuicultura	https://www.ucn.cl/carrera/ingenieria-en-acuicultura/?tipo=admission
	Ingeniería en Prevención de Riesgos y Medioambiente	8	Licenciado en Ingeniería en Prevención de Riesgos y Medioambiente	Ingeniero en Prevención de Riesgos y Medioambiente	https://www.ucn.cl/carrera/ingenieria-en-prevencion-de-riesgos-y-medioambiente-coquimbo/
POSTGRADO	Magíster en Ciencias del Mar	3	Magíster en Ciencias del Mar, Mención Recursos Costeros		www.magister-cienciasdelmar.cl
	Magíster en Acuicultura	3	Magíster en Acuicultura		https://www.ucn.cl/academia/postgrado/
	Magíster en Gestión Ambiental	4	Magíster en Gestión Ambiental		http://mga.ucn.cl
	Doctorado en Acuicultura	8	Doctor en Acuicultura		https://www.ucn.cl/academia/postgrado/ http://www.doctoradoenacuicultura.cl/
	Doctorado en Biología y Ecología Aplicada	8	Doctor en Biología y Ecología Aplicada		www.dr-bea.cl
Facultad de Ciencias del Mar Universidad Católica del Norte				Larrondo 1281, Coquimbo carreras.fcm@ucn.cl - posgrado.fcm@ucn.cl	

LOBOS[®]

— INDUSTRIAL —

TECNOLOGÍA EN DISOLUCIÓN
BRINE SOLUTIONS

Tecnología de punta para disolver sal en centros de cultivo. Optimiza y mejora todos los procesos asociados al manejo de la sal.



**PRODUCTO
NATURAL**



**DE RÁPIDA
DISOLUCIÓN**



FUNGICIDA



BACTERICIDA

CONTACTO:

+569 9828 3127 / +569 7749 6881

info@ks-chile.com

TE INVITAMOS A CONOCER NUESTRO NUEVO SITIO WEB

www.ks-latam.com



LOBOS[®]

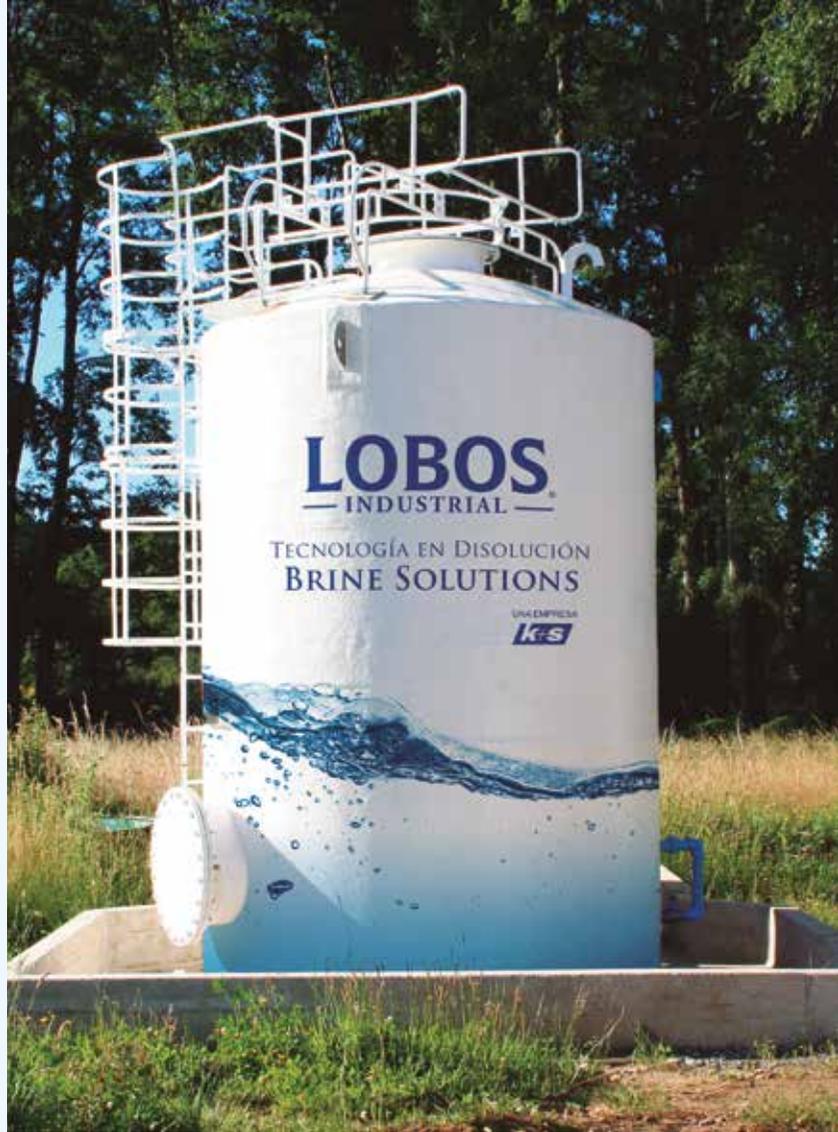
— INDUSTRIAL —

La empresa K+S Chile S.A., más conocida por su sal Lobos y sal Lobos Industrial, es uno de los conglomerados líderes a nivel mundial en el sector de fertilizantes, productos para el cuidado de las plantas y productos derivados de la sal. El grupo K+S es el líder mundial en la producción y comercialización de sal con presencia en Alemania, Estados Unidos, China, Chile, Brasil y Perú, entre otras naciones.

Según explica Jose Luis Ureta, Key Account Manager del Segmento Acuícola de K+S Chile S.A., en la actualidad la empresa explota el gran salar de Tarapacá en el norte de Chile, un lugar único para la extracción de sal. Se trata de uno de los más grandes depósitos mundiales de cloruro de sodio a cielo abierto. Este yacimiento presenta características únicas y privilegiadas, dentro de las que destaca su sal de alta pureza; el bajo contenido de bromo y metales pesados; la ausencia de contenido orgánico y calidad química estable y controlada en el tiempo, además de su cercanía a las costas y, en particular, al puerto de Patillos.

Si bien la empresa Sociedad Punta de Lobos fue adquirida por el grupo Alemán K+S el año 2006 para convertirse en K+S Chile S.A., siempre ha mantenido y mantendrá su esencia y trayectoria. Cuenta con más de 100 años de experiencia en el mercado nacional lo que la ha convertido en la empresa líder en extracción y comercialización de sal en Chile y Sudamérica y ha desarrollado a través del tiempo un proceso industrial óptimo para estar entre los principales productores y proveedores de sal a nivel mundial con una capacidad de más de 9 millones de toneladas anuales.

“Nuestro foco está en el cliente, siempre buscando integrar nuestra estrategia a través de nuestros productos y servicios, con las necesidades reales de sus negocios para transfórmanos en verdaderos aliados estratégicos y en la innovación, realizando mejoras constantes a nuestros productos” señala Matias Camacho, Gerente de Ventas de Productos Industriales Envasados.



Usos industriales de la sal

Los usos industriales del cloruro de sodio son muy diversos y la empresa cuenta con diferentes tipos de sal con calidad química y granulometría específica para abastecer a una gran variedad de industrias, entre ellas la Industria Acuícola.

A la industria de salmones, truchas y miticultura se ofrece sal tanto en estado sólido en sacos de 25kg y maxisacos de 1000kg, como en salmuera. La sal es utilizada para muchos fines entre los cuales destaca su uso en la fase de incubación de ovas y alevines en la industria salmonera por su efecto anti fúngico y bactericida en las pisciculturas y también como elemento clave en las cadenas de frío, ayudando a mantener los productos en óptimas condiciones.

K+S Chile con su marca Lobos Industrial ofrece una innovadora tecnología en la preparación de Salmuera llamada “Lobos Industrial Brine Solutions”. Consiste en un equipo disolvedor, instalado en las dependencias del cliente, capaz de producir salmuera a 60 lts/min, simplificando y optimizando considerablemente la operación. Estos equipos brindan un doble beneficio ya que son eficaces en el control de flavobacterias y saprolegnia en pisciculturas, así como también al aplicar dosis controladas de sal lo que disminuye el estrés de los peces.

10 Razones para preferir lobos industrial brine solutions:

- ✔ Facilidad y autonomía en la aplicación de sal.
- ✔ Producto de alta pureza y bajos niveles de insolubles.
- ✔ Rápida disolución y aplicación sin necesidad de agitación.
- ✔ Proceso sin intervención humana: reemplazo de mano de obra por tuberías de aplicación de salmuera y disminución de riesgos de salud en trabajadores por carga y movilización de sacos.
- ✔ Mayor control: fácil dosificación, medición de salinidad y control automático de producción.
- ✔ Efectividad máxima y control natural no químico en el tratamiento contra hongos y bacterias.
- ✔ Menor estrés de peces durante los tratamientos.
- ✔ Eliminación de residuos asociados al uso de sal sólida como sacos vacíos y pallets, y ahorro de espacio de almacenamiento en bodegas.
- ✔ Permite realizar baños simultáneos a diferentes estanques.
- ✔ Suministro flexible y de rápida respuesta a lo largo de todo Chile.

La empresa además entrega e instala el equipo y se encarga de toda la logística y mantenciones y el tiempo aproximado de obra montaje es de aproximadamente 3 semanas.

Los requerimientos para instalar el equipo son:

- ✔ Suministro de agua dulce a razón de 150lts/min.
- ✔ Conexión eléctrica monofásica de 220V y 5KW.

Por otro lado, los beneficios del uso de la sal ya sea en estado sólido o salmuera en las distintas aplicaciones son los siguientes:

Ovas de salmón

- ✔ Reduce el uso de químicos disminuyendo el daño ambiental.
- ✔ Mejores resultados en sobrevivencia embrionaria y larval.*
- ✔ Baja toxicidad tanto para peces como humanos.

*En comparación con otros productos para inhibir el hongo saprolegnia.

Pisciculturas

- ✔ Rápida disolución.
- ✔ Producto de alta pureza y bajos niveles de insolubles.
- ✔ Bajo porcentaje de residuos y arcillas.
- ✔ Aguas más limpias y cristalinas.
- ✔ Control natural no químico en el tratamiento contra hongos y bacterias.
- ✔ Disminuye las posibilidades de aglomeración de sal y la sedimentación.
- ✔ Calidad controlada y certificada. Producto natural.

Cosecha

- ✔ Mantención de bajas temperaturas al momento de trasladar la cosecha hasta la planta de proceso.
- ✔ Cosecha fresca por más tiempo.
- ✔ Producto natural sin aditivos.
- ✔ Cumple con estándares de calidad de mercados internacionales.

Sin duda la sal es un insumo clave para la industria acuícola y K+S Chile es el principal proveedor. Su foco y conocimiento en profundidad del cliente, la calidad insuperable de su sal, su sólido proceso industrial y potente logística tanto marítima como terrestre, además de su excelencia en el servicio y foco en la innovación la convierten en un actor clave de la industria.



PARA MÁS INFORMACIÓN O DUDAS:

Matías Camacho: matias.camacho@ks-chile.com | José Luis Ureta: jose.ureta@ks-chile.com
 Correo: kschile@ks-chile.com | Página web: www.ks-latam.com

NUEVA NORMATIVA DE GESTIÓN DE OLORES

Un importante avance en materia de gestión ambiental para el país



Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza

Mg. Diego Reyes Espinoza

Escuela de Ingeniería Ambiental, Universidad Austral de Chile, Sede Puerto Montt
diego.reyes.espinoza@uach.cl

El 22 de Julio del año 2020, el Ministerio de Medio Ambiente publicó el primer anteproyecto de lo que será la nueva normativa para gestión y manejo en la emisión de olores; problemática ambiental que ha generado impactos importantes sobre la calidad de vida de las personas y cuya falta de legislación implicaba un incremento en el malestar de la población, así como también un incentivo indirecto a la emisión descontrolada por parte de las industrias (Iglesias, 2010). En general los riesgos y perjuicios que supone la exposición a olores fueron tipificados y actualizados por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) quienes el año 2014 elaboraron una **GUÍA PARA LA PREDICCIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS POR OLOR EN EL SEIA**, donde mencionan que la respuesta o valoración del o los receptores en consideración a sus características como historial de exposición; actividad que desarrolla durante el o los episodios de exposición; factores psicológicos tales como conducta de afrontamiento y percepción de amenaza para la salud; contexto de la percepción, por ejemplo, presencia de otra fuente de olor, antecedentes de los olores, actividad y estado de ánimo del receptor en el contexto de la percepción, por lo que la respuesta se puede expresar en molestias, que pueden constituir en ocasiones quejas de la población afectada. Por otra parte, el Ministerio del Medio Ambiente, menciona que los efectos directos sobre la salud de las personas respecto a la exposición a olores se manifiestan en; mareos, náuseas, vómitos, dolor de cabeza, problemas de concentración, así como también efectos más nocivos debido a la presencia de sustancias tóxicas posibles de ser inhaladas y en conformidad a lo dispuesto en el Decreto Supremo 148/2003 del Ministerio de Salud.

En ese respecto tal como menciona Iglesias (2010) cuando se trata de un olor simple, depende de la mezcla de aquellos olores simples y de su interacción con los que puedan provenir del propio medio. En ese sentido, la resultante de la combinación de todas estas variables constituye el impacto ambiental atribuido al olor generado por una actividad y cuya propagación

en el espacio depende básicamente de las condiciones meteorológicas, y de la topografía del terreno; su intensidad depende fundamentalmente de la temperatura. Por otra parte, en cuanto a responsables de generar olores, el Ministerio del Medio Ambiente, define 5 áreas prioritarias respecto de rubros generadores de olor: Planteles porcinos; Procesamiento de productos del mar; Plantas de tratamiento de aguas servidas; Plantas de celulosa; Sitios de disposición final de residuos, entre otros; los cuales están descritos en la tabla 1 donde se muestran los principales rubros generadores de olor en Chile, según un estudio realizado por el Ministerio de Medio Ambiente en conjunto a la asociación ECOTEC desde el año 2013.

Tabla 1. Principales rubros generadores de olor en Chile establecidos por el Ministerio de Medio Ambiente.

Actividad	Total nacional
Fabricación de alimento para animales	42
Fabricación de celulosa	8
Planteles y establos de crianza y engorda de animales	938
Curtiembres	39
Fabricación de productos lácteos	39
Plantas faenadoras de animales y mataderos	85
Planta de recuperación de molibdeno	12
Pesqueras y procesamiento de productos del mar	231
Plantas de tratamiento de aguas servidas	281
Refinería de petróleo	3
Sitios de disposición final de residuos	212
Talleres de redes	27
Otros	41
Total general	1.958

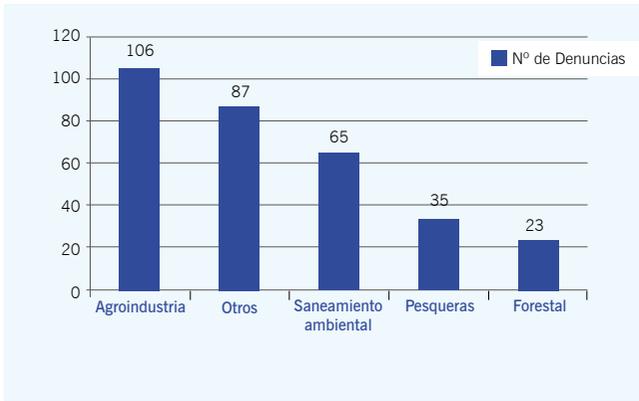


Figura 1. Actividades con mayor número de denuncias de olores entre 2013-2016 (Superintendencia de Medio Ambiente, 2017).

Además, en la figura 1 es posible observar los rubros que han generado mayor número de denuncias producto de la emisión de malos olores según cifras publicadas por la superintendencia de Medio Ambiente el año 2017.

Esto justifica la información otorgada por las instituciones ambientales del país respecto a los mayores responsables en las emisiones de olores en un contexto de inexistente legislación en esta materia, aun cuando los reclamos por parte de la población han sido más visibles año a año. Por lo tanto, este avance en materia legislativa se torna fundamental y positiva desde la perspectiva ambiental, pero también responde a la necesidad de mejorar la calidad de vida de la población, así como también instar a las empresas (en este caso, de plantales porcinos) a una conducta más responsable con su entorno, mejorando sus procesos productivos tanto en materia de emisión como control de gases y sustancias odoríficas.

Aunque la nueva normativa de olores se enfoca principalmente para la emisión de la industria porcina, es un paso importante para abordar otras fuentes de impacto, como industria acuícola y plantas de tratamiento de aguas servidas, que según la entidad sanitaria el año 2018, forma parte de las tres fuentes más importantes en materia de generación de malos olores. La nueva normativa de olores. Particularmente en la región de Los Lagos son

precisamente estas industrias las principales fuentes de olores desagradables afectando a la para la población y ecosistemas circundantes, en la tabla 2 se puede apreciar los compuestos destacados en la producción de olores relacionados con estos rubros, los cuales han sido descritos por autores como Frejo et al. (2006); Arriagada (2008); Gallego et al. (2013), establecen los principales compuestos y tipos de olores generados por actividades acuícolas, plantas de tratamiento de aguas servidas y sitios de disposición de residuos sólidos municipales.

Si bien, el anteproyecto en cuestión próximamente será sometida a participación ciudadana, a través del portal del Ministerio de Medio Ambiente¹, esta institución se ha comprometido a se

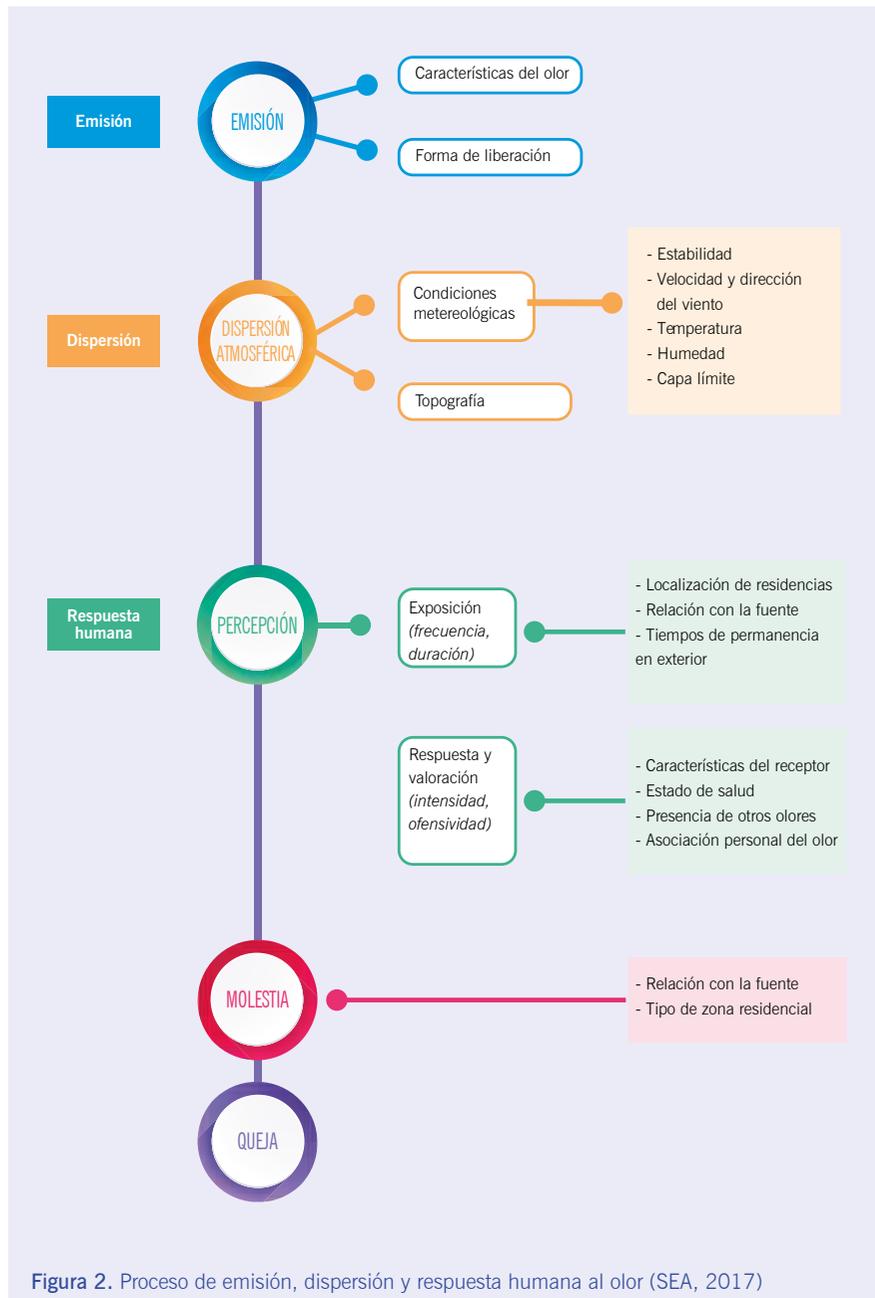


Figura 2. Proceso de emisión, dispersión y respuesta humana al olor (SEA, 2017)

Compuesto	Fórmula	Descripción del olor
Acetaldehído	CH ₃ CHO	Picante, frutoso.
Alil mercaptano	CH ₂ :CHCH ₂ SH	Desagradable, ajo.
Amoniaco	NH ₃	Picante, irritante.
Amilmercaptano	CH ₃ (CH ₂) ₄ SH	Molesto, podrido.
Benzilmercaptano	C ₆ H ₅ CH ₂ SH	Molesto, fuerte.
n-Butilamina	CH ₃ (CH ₂) ₃ NH ₂	Ácido, picante, irritante.
Cloro gas	Cl ₂	Picante, sofocante.
Dibutilamina	(C ₄ H ₉) ₂ NH	Pescado.
Diisopropilamina	(C ₃ H ₇) ₂ NH	Pescado.
Dimetilamina	(CH ₃) ₂ NH	Podrido, pescado.
Dimetilsulfuro	(CH ₃) ₂ S	Repollo descompuesto.
Difenilsulfuro	(C ₆ H ₅) ₂ S	Desagradable.
Etilamina	C ₂ H ₅ NH ₂	Picante, irritante.
Etilmercaptano	C ₂ H ₅ SH	Repollo descompuesto.
Ácido sulfhídrico	H ₂ S	Huevos podridos.
Indol	C ₈ H ₇ (CH) ₂ NH	Fecal, nauseabundo.
Metilamina	CH ₃ NH ₂	Podrido, pescado.
Metilmercaptano	CH ₃ SH	Repollo podrido.
Ozono	O ₃	Picante, irritante.
Fenilmercaptano	C ₆ H ₅ SH	Podrido, ajo.
Propilmercaptano	C ₃ H ₇ SH	Molesto.
Piridina	C ₅ H ₅ N	Picante, irritante.
Skatole	C ₉ H ₉ N	Fecal, nauseabundo.
Dióxido de azufre	SO ₂	Picante, irritante.
Tiocresol	CH ₃ C ₆ H ₄ SH	Zorrillo, irritante
Trimetilamina	(CH ₃) ₃ N	Picante, pescado
Dioxinas	C ₁₂ H ₄ Cl ₄ O ₂	Irritante.
Furanos	C ₄ H ₄ O	Olor similar a cebolla, irritante.
Etilmercaptanos	CH ₃ CH ₂ S	Olor desagradable, ajo.
Butilmercaptanos	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ SH	Fétido, gasolina.

Tabla 2. Caracterización de compuestos odoríficos (peligrosos y no peligrosos) presentes en procesos provenientes de actividad acuícola, plantas de tratamiento de aguas servidas y sitios de disposición final de residuos sólidos municipales.

guir avanzando en incorporar otros rubros de gran impacto en materia de olores, como son el rubro acuícola y los sitios de disposición de residuos (plantas de tratamiento de aguas servidas, vertederos y rellenos sanitarios), aumentando el espectro de acción sobre estas actividades, así como también obligando a las empresas a mantener una conducta responsable con el entorno y cada uno de los factores que lo constituye. En este sentido, en la Universidad Austral de Chile, sede de Puerto Montt, se ha puesto especial atención en esta materia, sobre todo desde la creación de la Escuela de Ingeniería Ambiental, donde uno de sus académicos; el Doctor Manuel Alarcón-Vivero, a través de una tesis de magister enfocada en el control de emisiones de olores de la industria salmonera en la región de Los Lagos, participa activamente en el diseño de biofiltro como sistema de abatimiento de olores y RILes. En ese contexto, a futuro se desea extender el campo de investigación también al tratamiento de olores emitidos en plantas de tratamiento de aguas servidas, una problemática contingente en la ciudad de Puerto Montt y lo que a futuro podría aportar de manera activa en posibles acciones respecto de este problema.

¹ Portal de consulta ciudadana del Ministerio de Medio Ambiente www.consultasciudadanas.mma.gob.cl

Referencias

Arriagada, A. (2008). Tecnologías para el Tratamiento de Olores en Aguas Servidas. Universidad de Chile.

ECOTEC INGENIERÍA LTDA. (2013). Estudio: Antecedentes para la regulación de olores en Chile. Ministerio de Medio Ambiente.

Frejo, T., & Capó, A. (2006). Cuadro clínico tóxico producido por dioxinas. Medicina Balear, 13-19.

Gallego, E., Roca, X., Rosell, M., Guardino, X., & Gadea, E. (2013). Calidad de aire interior: compuestos orgánicos volátiles, olores y confort. Notas Técnicas de Prevención(972), 1-6.

Iglesias, R. (2010). Contaminación atmosférica por olores: unas técnicas de medida avanzadas y una legislación específica inexistente. CONAMA.

Servicio de Evaluación Ambiental. (2017). Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA. SEA.

Superintendencia de Medio Ambiente . (2017). Estrategia para la gestión de olores en Chile. Departamento de Ruido, Lumínica y Olores. División de Calidad del Aire.

Suffet, I. H., Burlingame, G. A., Rosenfeld, P. E., & Bruchet, A. (2004). The value of an odor-quality-wheel classification scheme for wastewater treatment plants. Water Sciences and Technology, 50(4), 25-32.



Generando y Transmitiendo **Conocimiento** Formando profesionales para la sustentabilidad ambiental

Instituto de Acuicultura de la Universidad Austral de Chile.
Contribuyendo al desarrollo de capital humano avanzado para el desarrollo y fortalecimiento de la acuicultura nacional.

INGENIERIA AMBIENTAL



NEM	RANKING	COMPRESIÓN LECTORA	MATEMÁTICAS	CIENCIAS
10%	30%	20%	30%	10%

La carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Austral de Chile, sede Puerto Montt, comenzó a regir con la primera generación en el año 2019, con la llegada de estudiantes de diferentes ciudades de Chile. Consta con una duración de diez semestres lectivos y con grados académicos como Bachiller en Ciencias Ambientales y Licenciado(a) en Ciencias Ambientales.

El enfoque de la carrera, es tener la capacidad de aplicar instrumentos de modo normativo y sanitario para la resolución de problemas, entrega de soluciones, formular y fiscalizar proyectos que interactúen tanto positiva como negativamente con el medio ambiente. Además de tener la facultad de analizar problemas asociados a los diferentes eventos que se generan, como físicos, sociales y culturales, que impacten sobre el medio natural, y sus implicancias sobre el medio social, ya sea a nivel local como global. También justificar las necesidades específicas en el desarrollo de la evaluación de impacto ambiental, moderando y liderando equipos de trabajo interdisciplinarios.

Cada profesional de la carrera, aporta en diferentes áreas como de ingeniería y gestión de empresas o ejerciendo libremente su profesión, en el sector público en los ámbitos de administración y gestión, fiscalización, y desarrollo de políticas. En el sector académico puede desarrollarse en las áreas de investigación, desarrollo e innovación y docencia de pre y postgrado.

iacui



CONTACTO
+ 56 65 2277142
diego.reyes.espinoza@uach.cl

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

Modificaciones al reglamento sobre Concesiones Marítimas



Marcela Benelli Cuevas¹, Augusto Guidi Cabrera², Juan Francisco Toro Garrido¹, Marcelo Campos Larraín^{1,2}

¹Acuasesorías Ltda. y ²Acuadesia Ltda.



El 4 de marzo de 2020 fue publicado en el Diario Oficial el Decreto Supremo (M) N° 183 de fecha 18 de abril de 2019, de Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, Ministerio de Defensa Nacional, el cual modifica el Decreto Supremo N° 9 del 11 de enero de 2018, que sustituyó el Reglamento sobre concesiones marítimas, que había sido dictado por Decreto Supremo (M) N° 2 de 2005. A su vez, mediante Decreto Supremo N° 190 de 2020, publicado en el Diario Oficial el 13 de agosto del presente año, se efectuó una modificación al Decreto Supremo N° 183 de 2019, debido a la situación sanitaria por COVID-19 que afecta al país.

El Decreto Supremo (M) N° 183 de 2019 vino a incorporar, una modernización importante al sistema de tramitación de las concesiones marítimas; esto es, incorporar la tramitación electrónica en los procedimientos regulados en el mencionado reglamento, que tiene por objetivo avanzar hacia una mayor automatización del sistema y mejorar la eficiencia y eficacia en los procedimientos.

La tramitación electrónica aplica para todas las tramitaciones de concesiones o destinaciones marítimas, ya sea otorgamientos, modificaciones, renovaciones, transferencias, arriendos o cesiones de uso. La presentación de los expedientes (formularios y

documentos conforme a lo indicado en el reglamento para cada caso), se realiza vía electrónica a través de la plataforma de tramitación electrónica que el Ministerio de Defensa Nacional pondrá a disposición de los usuarios para estos efectos. Éstos deberán ingresar sus solicitudes directamente a la plataforma y ya no se presentarán los expedientes por las Capitanías de Puerto como se hace hoy en día, a menos que el usuario no disponga de las herramientas tecnológicas para hacerlo. El ingreso al sistema será validado mediante la clave única y el plazo de tramitación no deberá exceder los 6 meses, en directa armonía con lo dispuesto en el artículo 27 de la Ley N° 19.880 de Bases de Procedimientos Administrativos, a propósito de la duración máxima de los procedimientos administrativos, lo que representa una mejora significativa en el procedimiento debido a que actualmente la tramitación puede durar varios años.

Otra modificación importante que incorpora el Decreto Supremo (M) N° 183 de 2019, lo es por ejemplo la incorporación de otros usos que pueden estar afectos a los permisos de escasa importancia -como por ejemplo para actividades de acuicultura- usos que no estaban considerados anteriormente y es necesario normar debido a la necesidad para la industria acuícola contar con permisos temporales para realizar diversas actividades que

no justifican una concesión marítima a largo plazo, ya que se considera de manera subsidiaria la normativa de las concesiones marítimas para tales efectos. Lo anterior trae como consecuencia directa evitar los evidentes problemas en la lentitud de los procedimientos de tramitación de los mismos, que se tornan más bien en un obstáculo para la industria.

A su vez, la modificación realizada mediante Decreto Supremo N° 190 de 2020, incorpora una prórroga para la puesta en marcha de la tramitación electrónica con ocasión de la pandemia que está afectando a todo el orbe. Inicialmente, los plazos para el inicio del funcionamiento de la tramitación electrónica eran -en el caso de las concesiones marítimas mayores- el 1 de junio de 2020 y -para el caso de las concesiones marítimas menores- el 1 de septiembre de 2020. El Decreto Supremo N° 190 de 2020 establece una prórroga para ambos casos, aplazando el inicio de la tramitación electrónica para el 30 de noviembre de 2020.

Como usuarios recurrentes del sistema se espera que una vez se ponga en marcha el nuevo sistema de tramitación electrónica, el procedimiento para la obtención y renovación de las concesiones marítimas sea más expedito y dentro de los plazos establecidos por la norma, lo que conllevará una mayor certeza y seguridad jurídica

para desarrollar las distintas actividades económicas que están afectas a estos procedimientos regulados y con la celeridad necesaria.

En definitiva, se espera que, dadas las recientes modificaciones, las autoridades relacionadas sobre la materia, vayan de la mano con la modernización tan necesaria del Estado en aspectos que los usuarios perciben como excesivamente burocráticos.

Es más, el Estado necesita urgentemente recursos económicos, pues las arcas fiscales se han visto severamente afectadas por el estallido social de 2019 y la pandemia del 2020. La adecuada administración del borde costero, a través del otorgamiento y renovación de todas las concesiones marítimas que se encuentran en trámite, como asimismo de las requeridas por los particulares para desarrollar diversas actividades económicas, incluida la reasignación de las mejoras fiscales actualmente en abandono, son una forma rápida y expedita para recopilar importante cantidad de divisas. En consideración a estas recientes modificaciones reglamentarias, se puede concluir que en lo inmediato ya se cuenta con un marco procedimental bastante moderno y la solución para la regularización del uso del borde costero, sólo depende de la voluntad política para aplicar la normativa vigente y efectuar las tramitaciones de manera expedita y oportuna.

Historial de la normativa aplicable a tramitación de las concesiones marítimas

Contenido	Norma	Fecha	Publicación Diario Oficial	Observaciones
Ley sobre Concesiones Marítimas.	D.F.L. N° 340	05.04.1960	06.04.1960	Vigente
Aprueba el Reglamento General sobre Concesiones Marítimas.	D.S. (M) N° 156	06.02.1961	24.03.1961	Derogado
Reglamento sobre Concesiones Marítimas.	D.S. (M) N° 223	11.03.1968	11.06.1968	Derogado
Sustituye Reglamento sobre Concesiones Marítimas, fijado por Decreto (M) N° 223, de 1968.	D.S. (M) N° 660	14.06.1988	28.11.1988	Derogado
Modifica Decreto (M) N° 660, de 1988, en el sentido que indica.	D.S. (M) N° 476	14.12.1994	08.03.1995	Derogado
Modifica Decreto N° 660, de 1988.	D.S. (M) N° 161	09.09.1997	03.09.1998	Derogado
Sustituye Reglamento sobre Concesiones Marítimas, fijado por Decreto Supremo (M) N° 660 de 1988.	D.S. (M) N° 2	03.01.2005	20.04.2006	Derogado
Modifica el Decreto (M) N° 2 de 2005, que aprobó el nuevo Reglamento sobre Concesiones Marítimas.	D.S. (M) N° 213	12.07.2006	28.08.2006	Derogado
Sustituye Reglamento sobre Concesiones Marítimas, fijado por Decreto Supremo (M) N° 2, de 2005, del Ministerio de Defensa Nacional.	D.S. (M) N° 9	11.01.2018	17.03.2018	Vigente
Modifica Decreto Supremo N° 9, de 11 de enero de 2018, del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, que sustituye el Reglamento sobre Concesiones Marítimas.	D.S. (M) N° 183	18.04.2019	04.03.2020	Vigente
Modifica DS N° 183, de 2019, del Ministerio de Defensa Nacional, que modificó Reglamento sobre Concesiones Marítimas.	D.S. (M) N° 190	10.06.2020	13.08.2020	Vigente
Dispone Suspensión de Plazos y Otras Medidas Provisionales en los Procedimientos Administrativos y Actuaciones que indica.	Resolución Exenta (SSFFAA) N° 4118	11.08.2020	18.08.2020	Vigente

NOTA: Sólo para fines ilustrativos, cabe hacer presente que entre los años 1968 y 1988, el D.S. (M) N° 223 de 1968, tuvo las siguientes modificaciones: 1) Decreto 1.000, de 31 de octubre de 1968; 2) Decreto 125, de 13 de febrero de 1970; 3) Decreto 933, de 8 de octubre de 1970; 4) Decreto 748, de 26 de septiembre de 1972; 5) Decreto 876, de 31 de octubre de 1972; 6) Decreto 477, de 9 de junio de 1975; 7) Decreto 547, de 30 de junio de 1975; 8) Decreto 653, de 14 de julio de 1976; 9) Decreto 719, de 3 agosto de 1977; 10) Decreto 247, de 16 de abril de 1979; 11) Decreto 449, de 6 de mayo de 1981; y, 12) Decreto 843, de 18 de julio de 1986.

Reducción del uso de antimicrobianos a través del porcentaje de reducción de siembra



Daniel Lissard Sepúlveda, Juan Francisco Toro Garrido, Marcelo Campos Larraín
Acuasesorías Ltda.

Las disposiciones del Decreto Supremo (MINECON) N° 319 de 2001 y sus modificaciones, Reglamento de Medidas de Protección, Control y Erradicación de Enfermedades de Alto Riesgo para las Especies Hidrobiológicas (RESA), mandatan el cumplimiento de las densidades de cultivo con el objetivo de limitar la producción a partir del número de peces posibles de sembrar en los centros de cultivo de Salmónidos. Aquellas disposiciones fueron incorporadas a la normativa mediante Decreto Supremo (MINECON) N° 4, de fecha 17 de enero de 2013, publicado en el Diario Oficial el 22 de mayo del mismo año, fecha desde la cual, este Reglamento ha sido constantemente modificado y complementado con relación a esta materia.

Importante es destacar que el RESA, desde su entrada en vigencia a la fecha, ha sufrido 19 modificaciones, las cuales se detallan en el recuadro adjunto.

En la actualidad existen dos mecanismos para limitar la producción: el primero es una medida de tipo general para regular las densidades de cultivo por agrupación de concesiones de cultivo (ACS); y, el segundo es una medida de cumplimiento individual, por titulares de centros de cultivo, denominado Porcentaje de Reducción de Siembra (PRS).

Por otra parte, también es digno destacar que la salmonicultura chilena, tiene entre sus objetivos el reducir el uso de antimicrobianos. De esta manera, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), recientemente dictó la Resolución Exenta N° 904, de fecha 31 de marzo de 2020¹, que modifica el PRS en el sentido de que su cálculo considerará el uso de antimicrobianos en los centros de cultivo de una determinada empresa salmonicultora. La regla general será que, a menor uso de antimicrobianos se presentan mejores escenarios para incrementar el número de peces a sembrar.

Las autoridades, requieren que las producciones se mantengan relativamente constantes a través del tiempo y que el uso de antimicrobianos tienda a la baja. Aquello implicaría menores niveles de riesgos sanitarios y, por lo tanto, una contribución a la sustentabili-

dad ambiental del cultivo de salmónidos. Sin embargo, el PRS modificado debe ser estudiado por las empresas e incluidas en sus actividades de manera óptima, para alcanzar los objetivos formulados.

Uso de antimicrobianos como variable de cálculo del PRS

El RESA establece que el cálculo del número de peces posible de ingresar a los centros de cultivo de un determinado titular, mediante el mecanismo del porcentaje de reducción de siembra (PRS), se obtiene a partir de la cuantificación de las siguientes variables: i) Pérdidas del o de los centros de cultivo del mismo titular, conforme a lo indicado en el artículo 24 A de este reglamento; ii) Indicadores sanitarios de todos los centros de cultivo del mismo titular, asociados a una enfermedad o infección sometida a un programa específico de control, que se vean deteriorados en la medida en que aumentan los niveles de biomasa; y, iii) Indicador de consumo de antibiótico para la producción de especies salmónidas en un período productivo.

La innovación relativa al ingreso para análisis del último indicador (uso de antimicrobianos), está relacionada con el contenido de la Resolución Exenta (SUBPESCA) N° 904 de 2020. En este sentido, las empresas deberán gestionar sus procesos productivos cuando entre sus objetivos se encuentre el alcanzar mayores niveles de siembra, que se calculan sobre sus producciones en los períodos productivos inmediatamente anterior, en función de los resultados obtenidos en los tres indicadores antes señalados.

El indicador de uso de antimicrobianos, se obtiene entre el cociente del total de antimicrobianos utilizados en un período productivo y la biomasa producida. De esta manera, se utilizará una determinada cantidad, en gramos, por tonelada de biomasa producida.

Si una empresa en particular, ingresa dentro de sus objetivos productivos el reducir el uso de antimicrobianos, ésta se posicionará de mejor manera, para gestionar los aumentos del porcentaje de siembra. Los tramos para ubicar el resultado del Indicador de Consumo de Antimicrobianos (ICA), son los siguientes:

¹Esta Resolución que Establece Indicadores Sanitarios, Ponderación de las Variables y Porcentajes de Reducción de Pérdidas conforme al D.S. (MINECON) N° 319 de 2001 y deja sin efecto Resoluciones SUBPESCA N° 3375 de 2016 y N° 3471 de 2017, se publicó en Extracto en el Diario Oficial del 6 de abril de 2020 y a texto íntegro en el sitio www.subpesca.cl con fecha 1 de abril de 2020.

Tabla 1. Escala del Indicador de Consumo de Antimicrobianos (ICA).

ICA (gr/Ton)	0 - 150	150,1 - 300	300,1 - 600	> 600
--------------	---------	-------------	-------------	-------

De esta manera, el uso de antimicrobianos tiene relevancia para las reducciones o incrementos por PRS. En este sentido, los límites inferiores y superiores para cada tramo relativo al resultado del ICA (Tabla 1), son los siguientes:

Tabla 2. Reducciones e incrementos de siembra, por cada tramo del ICA.

Siembra\ ICA (gr/Ton)	0 - 150	150,1 - 300	300,1 - 600	> 600
Límite superior	9%	6%	2%	-3%
Límite inferior	-9%	-12%	-16%	-21%

Cabe destacar que, la variación que existe entre el límite superior e inferior, en cada uno de los tramos, se define en función de los indicadores: i) nivel de pérdidas (cuantificadas desde las mortalidades); y, ii) Indicador promedio porcentual de jaulas tratadas por inmersión con productos farmacológicos para el control de la *Caligidosis* (PPJT).

Conclusiones principales

Desde el 2013, las empresas dedicadas al cultivo de Salmónidos, debido a las modificaciones ingresadas al RESA por D.S. (MINECON) N° 4, de 2013, han debido integrar lineamientos tendientes a cumplir con los parámetros derivados de las densidades de cultivo por centros de cultivo. De las dos opciones que define la norma, el porcentaje de reducción de siembra (PRS) presenta un mayor grado de certeza respecto al nivel que alcanzará la próxima siembra, ya que depende de los resultados ambientales y sanitarios de cada compañía. En este contexto, el PRS puede generar crecimientos posibles de programar con mayor anticipación que el mecanismo general de las densidades de cultivo, cuyos resultados dependen en gran medida de variables externas a la empresa, ya que sus límites corresponden a las agrupaciones de concesiones de salmónidos (ACS).

Teniendo en consideración lo anterior, es importante reconocer la oportunidad que el contenido de la Resolución Exenta (SUBPESCA) N° 904, de 2020, representa respecto a la creación de una relación entre el nivel alcanzado por una siembra por PRS y el nivel de antimicrobianos utilizados. De esta manera, la gestión de los procesos productivos, debería contribuir a la mejora de la eficiencia del uso de antimicrobianos, ya que existe un incentivo para reducir su uso porque aquello implica un incremento de la siembra para el próximo período productivo. El incentivo descrito, además de ayudar a la eficiencia productiva, favorece la sustentabilidad de los cultivos de salmónidos, entregando elementos que permiten la inclusión de la reducción de antimicrobianos en los objetivos productivos de las empresas salmicultoras.

Referencias

Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) N° 18.892 y sus modificaciones.

D.S. (MINECON) N° 319 de 2001 y sus modificaciones.

D.S. (MINECON) N° 4 de 2013.

Resolución Exenta (SUBPESCA) N° 904 de 2020.

D.S. (MINECON) N° 319 de fecha 24.08.2001. Reglamento de Medidas de Protección, Control y Erradicación de Enfermedades de Alto Riesgo para las Especies Hidrobiológicas (RESA).

Modificación N°	D.S. (Minecon) N°	Fecha	Publicación Diario Oficial
	319	24.08.2001	30.01.2002
1	192	20.10.2003	09.12.2003
2	359	26.12.2005	07.06.2006
3	416	15.12.2008	15.09.2009
4	207	31.07.2009	26.11.2009
5	349	31.12.2009	22.05.2010
6	275	21.12.2010	25.03.2011
7	56	15.04.2011	13.09.2011
8	4	17.01.2013	22.05.2013
9	129	14.08.2013	18.12.2013
10	171	06.11.2013	26.02.2014
11	47	06.03.2014	04.06.2014
12	169	07.07.2014	23.10.2014
13	214	09.10.2014	14.01.2015
14	45	18.03.2015	21.10.2015
15	186	07.12.2015	04.05.2016
16	74	27.05.2016	23.08.2016
17	216	16.12.2016	05.08.2017
18	157	15.12.2017	18.01.2019
19	64	04.06.2019	23.01.2020

Variabilidad climática, cambio climático y pesquerías pelágicas en Chile: Un quehacer PUCV



Dr. Eleuterio Yáñez R.¹, Dr. Claudio Silva G.², Dra. María Ángela Barbieri B.¹

¹Profesor Titular PUCV; ²Investigador PUCV

eleuterio.yanez@pucv.cl; claudio.silva@pucv.cl; mabarbarib@gmail.cl

Se han analizado la variabilidad ambiental con las fluctuaciones de las principales pesquerías pelágicas chilenas, tanto temporal como espacio-temporalmente (Yáñez *et al.*, 2008 a). Dichas pesquerías se relacionan con eventos El Niño que afectan la distribución y abundancia de los recursos y con variaciones interdecadales del ambiente que producen cambios de regímenes. También se han analizado modelos conceptuales para las pesquerías de anchoveta (*Engraulis ringens*) y sardina (*Sardinops sagax*), que se alternan en la zona norte de Chile, y para la pesquería de pez espada (*Xiphias gladius*) (Yáñez *et al.*, 2008 b).

Con las mismas bases de datos se han desarrollado modelos pesca-ambiente, con los cuales se estiman proyecciones de capturas considerando diferentes escenarios del cambio climático (Yáñez *et al.*, 2016a). En efecto, con el escenario del cambio climático A2 (método Delta) se estima que en la zona norte de Chile la temperatura superficial del mar (TSM) aumentaría cerca

de 1,5 °C – 2 °C hasta el 2065, no modificándose mayormente las capturas de anchoveta; mientras que las capturas de sardina (*Sardinops sagax*) aumentarían alrededor de los 21% (Yáñez *et al.*, 2017). Sin embargo, previamente Yáñez *et al.* (2014) estimaron disminuciones de captura de anchoveta en la zona norte de Chile de 33% - 39% entre el 2010 y el 2100, para escenarios moderado y fuerte respectivamente; aunque también se estiman aumentos de captura al 2080, si las condiciones fueran de enfriamiento.

En tanto que para el centro-sur de Chile, con los escenarios del cambio climático A2 (método Delta) y 4×CO₂ (modelo ROM; Figura 1) se estima que en la zona de pesca costera de anchoveta y sardina común (*Strangomera bentincki*), y en la zona de pesca más oceánica de jurel (*Trachurus murphyi*), la TSM aumentaría en 0,58 °C - 1,59 °C y en 0,62 °C - 2,51 °C hasta el 2065, respectivamente. Con la proyección del cambio climático A2 los desembarques de anchoveta y sardina común disminuirían, y los de jurel aumentarían, aunque levemente. En tanto que con el escenario 4×CO₂ del cambio climático se estiman considerables aumentos en los desembarcos de jurel (Yáñez *et al.*, 2016b, 2018). El aumento de las capturas de jurel se debería a una distribución más al sur y más cerca de la costa, aumentando la disponibilidad y no necesariamente la abundancia. Este mismo cambio en distribución se estima para el pez espada, al mismo tiempo que una notable disminución de la abundancia de sardina común al 2050 (Silva *et al.*, 2015; Figura 2).

En efecto, la figura 2A muestra el calentamiento generalizado de la temperatura superficial del mar, de hasta 2 °C al 2065; la figura 2B muestra la pérdida de hábitat (color azul) del pez espada y su acercamiento a la costa con valores positivos de CPUE (color rojo), particularmente al sur de Coquimbo; y la figura 2C indica una clara pérdida de hábitat de la sardina común (color azul) en toda su área de distribución. Modelos de predicción al 2050, forzados por cambios ambientales según lo proyectado por el IPCC bajo los escenarios RPC, también han sido considerados (Silva

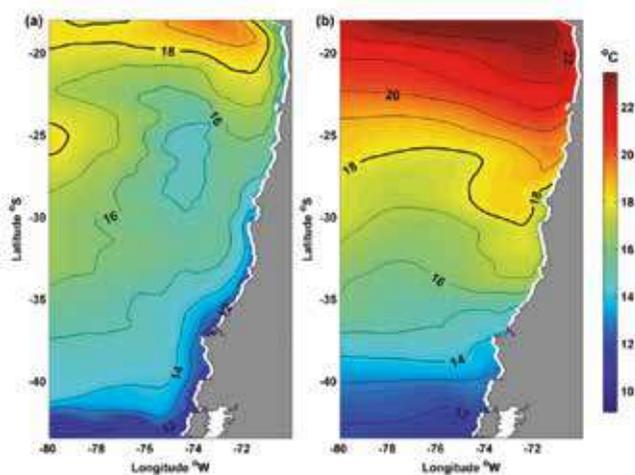


Figura 1. TSM simulada con ROMS utilizando (a) forzamientos históricos (1984-2007) y (b) forzamientos IPSL-CM4 (2000-2100) (Yáñez *et al.*, 2018).

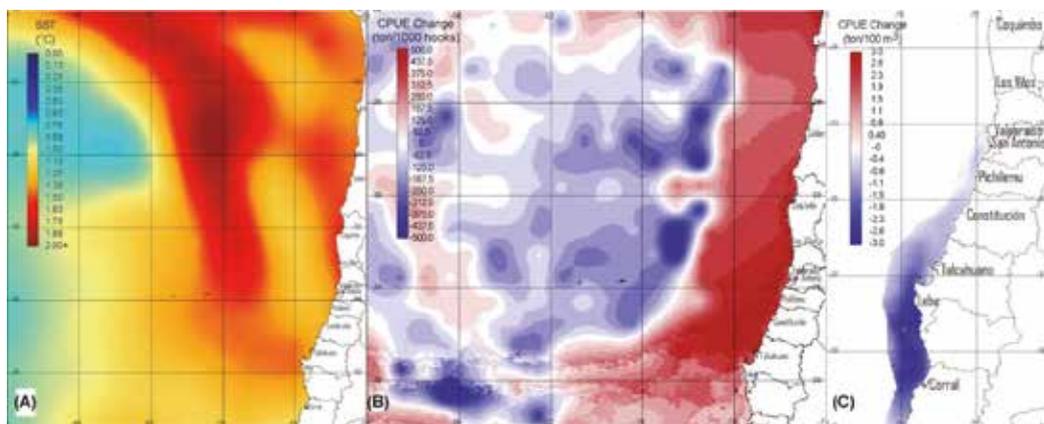


Figura 2. Proyecciones al 2065 de la TSM (A) y del índice de abundancia CPUE de pez espada *Xiphias gladius* (B) y sardina común *Strangomera bentincki* (C) en Chile, considerando el escenario A2 del cambio climático (Silva et al., 2015, con permiso de Elsevier).

et al., 2019). En estos dos trabajos se deduce que el cambio climático afectará el hábitat de los recursos. Recientemente se proyectaron los desembarques chilenos de pez espada al 2065, considerando los escenarios A2 y 4xCO₂, estimándose valores que van entre disminuciones de 8% y aumentos de hasta 24% (Yáñez et al., 2020).

No obstante lo anterior, se considera que no se ha avanzado coordinadamente en investigación y todavía queda mucho para comprender los mecanismos que entran en juego entre los recursos pesqueros, el efecto antrópico, la variabilidad ambiental y el cambio climático. Se deben considerar otras variables del ambiente, particularmente satelitales; el cambio climático no solo es temperatura, sino también acidificación, aumento del nivel del mar,

estratificación, desoxigenación, aumento de la intensidad de las surgencia y de la frecuencia de eventos El Niño, entre otros. También se deben tomar otros parámetros biológicos, particularmente relacionados con la reproducción, la alimentación y la sobrevivencia, a diferentes edades. Así como también incluir los aspectos socio-económicos y de gobernanza (Yáñez, 2019), considerando que éste es un problema de todos y todos tenemos que pasar del temor a la acción. Desde el punto de vista metodológico, el acoplamiento de modelos con fines de predicción es de sumo necesario. Lo anterior sería un aporte al desafío de manejar los recursos pesqueros en forma adaptativa con un enfoque ecosistémico y precautorio, tal como se establece en la Ley de Pesca y Acuicultura. Desde el punto de vista de la investigación científica, esto requiere del diseño de programas de mediano y largo plazo.

REFERENCIAS

- Silva, C., I. Andrade, E. Yáñez, S. Hormazábal, M.Á. Barbieri, A. Aranís & G. Böhm. 2016. Predicting habitat suitability and geographic distribution of anchovy (*Engraulis ringens*) due to climate change in the coastal areas off Chile. *Progress in Oceanography* 146:159-174.
- Silva, C., F. Leiva & José Lastra. 2019. Predicting the current and future suitable habitat distributions of the anchovy (*Engraulis ringens*) using the Maxent model in the coastal areas off central-northern Chile. *Fisheries and Oceanography* 28 (2): 171- 182.
- Silva, C., E. Yáñez, M.Á. Barbieri, C. Bernal & A. Aranís. 2015. Forecasts of swordfish (*Xiphias gladius*) and common sardine (*Strangomera bentincki*) off Chile under the A2 IPCC climate change scenario. *Progress in Oceanography*, 134: 343–355.
- Yáñez, E. 2019 Enfoque ecosistémico en investigación y administración pesquera en Chile: Una reflexión. *Revista Versión Diferente*, Año 16, N° 30, 56-59.
- Yáñez, E., M.A. Barbieri, F. Plaza & C. Silva. 2014. Climate Change and Fisheries in Chile. In: Mohamed Behnassi, Margaret Syomiti Muteng'e, Gopichandran Ramachandran & Kirit N. Shelat (Editors). *Vulnerability of Agriculture, Water and Fisheries to Climate Change: Toward Sustainable Adaptation Strategies*, Springer, Chapter 16, 259-270.
- Yáñez, E., S. Hormazábal, C. Silva, A. Montecinos, M.A. Barbieri, A. Valdenegro, A. Ordenes & F. Gómez. 2008 a. Coupling between the environment and the pelagic resources exploited off North Chile: ecosystem indicators and a conceptual model. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 36(2): 159-181.
- Yáñez, E., N. Lagos, R. Norambuena, C. Silva, J. Letelier, K. –P. Muck, G. San Martín, S. Benítez, B. Broitman, H. Contreras, C. Duarte, S. Gelfich, F. Labra, M. Lardies, P. Manríquez, P. Quijón, L. Ramajo, E. González, R. Molina, A. Gómez, L. Soto, A. Montecino, M.Á. Barbieri, F. Plaza, F. Sánchez, A. Aranís, C. Bernal & G. Böhm. 2018. Impacts of climate change on marine fisheries and aquaculture in Chile. In: Phillips Bruce & Mónica Pérez (Eds.). *The Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture*. Editorial Wiley, Volume 1, Chapter 10, pp. 239-332.
- Yáñez, E., F. Plaza, F. Sánchez, C. Silva, M.Á. Barbieri & G. Bohm. 2017. Modelling climate change impacts on anchovy and sardine landings in northern Chile using ANNs. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 45(4): 675-689.
- Yáñez, E., F. Plaza, C. Silva, F. Sánchez, M.A. Barbieri & A. Aranís. 2016b. Pelagic resources landings in central-southern Chile under the A2 climate change scenario. *Ocean Dynamics*, Volume 66, Issue 10: 1333–1351.
- Yáñez, E., C. Silva, M.Á. Barbieri, L. Soto, G. San Martín, P. Muck, J. Letelier, F. Sánchez, G. Böhm, A. Aranís, A. Parés & F. Plaza. 2016a. Sistema de pronósticos de pesquerías pelágicas chilenas frente a diversos escenarios del cambio climático (CLIPESCA, www.clipesca.cl). Informe Final Proyecto FONDEF D1111137, CONICYT, 46 pp. + Anexos.
- Yáñez, E., R. Vega, C. Silva, J. Letelier, M.A. Barbieri & F. Espíndola. 2008 b. An integrated conceptual approach to study the swordfish (*Xiphias gladius*) fishery in the eastern South Pacific. *Revista Biología Marina Oceanografía*, Volumen 43 (39): 641-652.
- Yáñez, E., F. Sánchez, M.Á. Barbieri, C. Silva & L. Soto. 2020. Cambio climático y proyecciones de capturas chilenas de pez espada: una primera aproximación. *Revista Versión Diferente*, Año 17, Número 32, 66-67.

Capturas totales permisibles de jurel (*Trachurus murphyi*) En el Pacífico Sur Oriental

Eleuterio Yáñez^{1, 4}, Antonio Aranís², Leonardo Caballero², Claudio Silva^{3, 4}

¹Profesor Titular Pontificia Universidad Católica Valparaíso

²Instituto de Fomento Pesquero

³Investigador Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

⁴Centro de Investigación Océano Sustentable
contacto: eleuterio.yañez@pucv.cl

Se analiza nuevamente la pesquería de jurel desarrollada en el Pacífico Sur Oriental (PSO), considerando la hipótesis de una sola unidad de stock. Para tal efecto se toman en cuenta, del período 1983-2019: la captura (C) de los países que explotan el recurso en el PSO; el índice de abundancia captura por unidad de esfuerzo de pesca estándar (CPUE), de la flota industrial de la zona centro-sur de Chile; el esfuerzo de pesca estándar ($E = C/CPUE$); y la temperatura superficial del mar (TSM), registrada con satélites NOAA, de la zona comprendida entre los 32° - 42° S y 71° - 80° W. Las capturas de la flota chilena industrial del centro-sur, registradas por el Instituto de Fomento Pesquero, representan en dicho período el 59% de las capturas realizadas en el PSO y entre ambas una relación lineal ($y = 0,6935x - 232,288$) con un alto grado de ajuste ($R^2 = 0,86$). En el análisis se usan redes neuronales artificiales (RNA) del tipo perceptrón multicapa, ampliamente utilizadas en ciencia pesquera (Suryanarayana, 2008), y modelos de producción que consideran la variabilidad ambiental (CLIMPROD; Fréon et al., 1993). Adicionalmente se consideran correcciones de las capturas chilenas de jurel que implicarían aumentos en la zona centro-sur del orden de 1,79 (1998), 1,95 (1999), 1,63 (2000) y 2,15 (2001) (Yáñez et al., 2016a). Estas diferencias se deberían a "dificultades" para identificar el recurso en presencia de otros abundantes como la sardina común (*Strangomera bentincki*) en la zona centro-sur, o la caballa (*Scomber japonicus*) en la zona norte. También se revisaron los datos mensuales de la flota industrial de cerco del centro-sur de Chile, afinando particularmente las del período 2017-2019, lo que las diferencia de las usadas por Yáñez et al. (2019).

En la aplicación de RNAs se descartan variables correlacionadas y de menor peso, determinando finalmente como variables de entrada la TSM registrada con satélites NOAA y el E (ambas con desfases en el tiempo), de acuerdo con lo planteado por Naranjo et al. (2015) y Yáñez et al. (2016b). Este trabajo presenta una actualización del ajuste de los modelos presentados en dichos trabajos, entrenados y validados con datos seleccionados en forma aleatoria de los datos mensuales del período 1983-2018.



Finalmente, el modelo seleccionado presenta una varianza explicada de 79%, un índice de persistencia (PI) de 0,82 (lo ideal es 1) y un error estándar de predicción del 50%, indicando un cierto grado de dispersión. Así, las capturas mensuales de jurel pueden ser explicadas con el esfuerzo de pesca del mes ($E_{(t-0)}$) y de meses anteriores ($E_{(t-36)}$ y $E_{(t-12)}$), y tres TSM desfasadas ($TSM_{(t-50)}$, $TSM_{(t-18)}$ y $TSM_{(t-14)}$). Estos resultados, consistentes con los publicados en los trabajos antes mencionados, muestran como las capturas del jurel pueden ser explicadas entonces por el esfuerzo de pesca (del mes y de meses previos) y adicionalmente con las condiciones ambientales en la zona de pesca (de meses previos), variables que afectan la abundancia y probablemente también la disponibilidad del recurso.

Con este modelo de RNA y replicando el esfuerzo de pesca y la TSM de 2019, y el esfuerzo de pesca de 2019 y la TSM del período más bien frío de 1999-2014, se simulan desembarques mensuales de jurel para el año 2020, estimando una captura anual permisible de 1.167.933 toneladas para ambas condiciones pesca-ambiente. Con el mismo modelo, pero ajustado sin considerar las correcciones de las capturas chilenas del período 1998-2001, se obtiene una varianza explicada de 59%, un PI de 0,60 y una dispersión del 66% en la validación del modelo,

con el cual se estima una captura total permisible de 807.347 toneladas también para ambas condiciones pesca-ambiente. Al usar el esfuerzo de pesca de 2019 y ambas TSM no se produce ninguna diferencia en las estimaciones, mostrando la importancia del esfuerzo de pesca. Cabe señalar que Yáñez y Aranís (2019) estiman capturas permisibles utilizando una proyección de la TSM que considera el escenario A2 del cambio climático.

Por otra parte, para la pesquería desarrollada en el período 1983-2019, se ajusta y valida el siguiente modelo de producción CLIMPROD:

$$CPUE = (a e - b E)$$

Con $k = 4$ clases significativas en las capturas, consideradas en el recalcado del esfuerzo de pesca promedio del año, se logra un $R^2 = 0,29$, con un R^2 Jackknife = $0,16$ y un T Jackknife = bueno.

Sin embargo, también se ajusta y valida el siguiente modelo mostrando la influencia del ambiente:

$$CPUE = -a + b TSM$$

Con $k = 4$ y R (reclutamiento) = 2 años, el cual es afectado por el ambiente (Espíndola et al., 2016), se logra un $R^2 = 0,54$, con un R^2 Jackknife = $0,47$ y un T Jackknife = bueno.

Finalmente, al considerar ambas variables explicativas se logra el siguiente modelo:

$$CPUE = (-a + b TSM) e - c E$$

Con $k = 4$, $R = 2$ años y el ambiente afectando la abundancia principalmente entre 0 y 2 años, aunque también es altamente probable un efecto del ambiente sobre la disponibilidad (Yáñez et al., 2016b), se logra un $R^2 = 0,65$, con un R^2 Jackknife = $0,54$ y un T Jackknife = bueno. La varianza de la $CPUE = 0,013496$ y la varianza residual = $0,004694$. En tanto que los parámetros de la ecuación y sus desviaciones estándar (s) son: $a = -5,1224701051$ y $s = 1,5995525042$ $b = 0,4054184680$ y $s = 0,1254227336$, y $c = -0,0000000390$ y $s = 0,0000000179$.

Agradecimientos: Agradecemos al Dr. Pierre Freón por sus sugerencias sobre la aplicación del programa CLIMPROD.

Referencias

- Espíndola, F., J.C. Quiroz, R. Wiff & E. Yáñez. 2016. Incorporating sea surface temperature into stock-recruitment relationship: Application to jack mackerel (*Trachurus murphyi*) off Chile. *Revista de Biología Marina & Oceanografía*. Vol. 51 (1): 137-145.
- Fréon, P., G. Pichon & C. Mullon. 1993. CLIMPROD: experimental interactive software for choosing and fitting surplus production models including environmental variables. *FAO, Computerized Information Series Fisheries* 5, 76 pp.
- Naranjo, L., F. Plaza, E. Yáñez, M. Á. Barbieri & F. Sánchez. 2015. Forecasting of jack mackerel landings in central-southern Chile through neural networks. *Fisheries Oceanography*, Vol. 24 (3): 219-228.
- Suryanarayana, I., Braibanti, A., Sambasiva Rao, R., Ramam, V. A.,

Cabe señalar que durante el 2015-2018 se desarrolla un período cálido asociado a fenómenos El Niño, eventos que aumentarían la disponibilidad y por ende la CPUE, y no necesariamente la abundancia del recurso. Luego con el modelo CLIMPROD se estimaron, con réplicas del esfuerzo de pesca de 2019 y de la TSM promedio anual de 2019, y con el esfuerzo de pesca de 2019 y la TSM promedio anual del período 1999-2014, capturas permisibles de 970.891 toneladas y 467.605 toneladas para ambas condiciones ambientales respectivamente.

Si utilizamos este modelo de la misma manera, pero sin considerar las correcciones de las capturas de Chile, el ajuste muestra un $R^2 = 0,61$, con un R^2 Jackknife = $0,49$ y un T Jackknife = bueno. La varianza de la $CPUE = 0,013496$ y la varianza residual = $0,005247$. En tanto que los parámetros de la ecuación y sus desviaciones estándar (s) son: $a = -4,8387775865$ y $s = 1,8070283578$, $b = 0,3835414691$ y $s = 0,1420907403$ y $c = -0,0000000397$ y $s = 0,0000000249$. Con este modelo se estiman respectivamente capturas totales permisibles de 946.477 y 472.123 t. El análisis no muestra diferencias significativas al usar los datos corregidos y los sin corregir, pero si al usar las dos TSM mencionadas.

Estamos considerando entonces una disminución de la TSM, al comparar el promedio anual del período cálido de 2015-2018 ($13,6212^\circ\text{C}$), con el promedio anual de 2019 ($13,1879^\circ\text{C}$); en tanto que el promedio del período 1999-2014 es de características más bien fría ($12,9013^\circ\text{C}$). Cabe considerar que el período 1983-1998 muestra un período más bien cálido con un promedio anual de $13,7122^\circ\text{C}$ y capturas bastante más altas que las más recientes. Cabe señalar que la Comisión de la OROP del Pacífico Sur adoptó para el 2020 una captura total permisible de 680.000 toneladas y para el 2021 el Comité Científico de esta Comisión recomendó una captura de 782.000 toneladas.

Finalmente recordar nuevamente que este recurso implicó capturas cercanas a los 4,4 millones de toneladas en Chile (y 4,9 toneladas en el PSO) en 1995, las que caen a cerca de 300.000 t en Chile (y a cerca de 400.000 t en el PSO) en los últimos años.



- Sudarsan, D., & Nageswara Rao, G. 2008. Neural networks in fisheries research. *Fisheries Research*, 92(2-3), 115-139.
- Yáñez, E. & A. Aranís. 2019. Estimación de capturas permisibles de jurel en el Pacífico sur oriental. *Revista Versión Diferente*, Año 17, N° 31, 56-57.
- Yáñez, E., F. Plaza, C. Silva, F. Sánchez, M.A. Barbieri & A. Aranís. 2016b. Pelagic resources landings in central-southern Chile under the A2 climate change scenario. *Ocean Dynamics*, Vol. 66, Issue 10: 1333-1351.
- Yáñez, E., C. Silva, M.Á. Barbieri, L. Soto, G. San Martín, P. Muck, J. Letelier, F. Sánchez, G. Böhm, A. Aranís, A. Parés & F. Plaza. 2016a. Sistema de pronósticos de pesquerías pelágicas chilenas frente a diversos escenarios del cambio climático. Informe Final Proyecto FONDEF D1111137, CONICYT, 46 pp. + Anexos.

Cambio climático y proyecciones de capturas chilenas de pez espada: UNA PRIMERA APROXIMACIÓN

Eleuterio Yáñez^{1,5}, Felipe Sánchez², María Ángela Barbieri¹, Claudio Silva^{3,5} & Luis Soto⁴

¹Profesor Titular Pontificia Universidad Católica Valparaíso

²Investigador Instituto de Fomento Pesquero

³Investigador Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

⁴Universidad del Bío-Bío

⁵Centro de Investigación Océano Sustentable

Contacto: eleuterio.yanez@pucv.cl

Se analiza la pesquería de pez espada (*Xiphias gladius*) desarrollada por las flotas artesanal e industrial de Chile. Para tal efecto se toma en cuenta el desembarque total mensual (D) de ambas flotas en el período 1986-2012. Además se consideran 5 variables ambientales de las estaciones costeras de Antofagasta y de Concepción (temperatura superficial del mar (TSM), nivel del mar, temperatura del aire e índices de turbulencia (IT) y de surgencia deducidos de los vientos); 5 variables ambientales globales (Oscilación Décadal del Pacífico, TSM en el Niño 1+2, TSM en el Niño 3.4; Índice de Oscilación del Sur e Índice de Lengua Fría); y la TSM registrada con satélites NOAA (TSM-NOAA), de la zona comprendida entre los 22° - 40° S y 73° - 87° W. En el análisis se usan principalmente redes neuronales artificiales (RNA), utilizadas en investigación pesquera (Suryanarayana, 2008).



En la aplicación de RNA se descartan variables correlacionadas y se analizan las variables más representativas en los primeros ejes de un análisis de componentes principales, como la TSM-NOAA en el eje 1, la TSM Niño 3-4 en el eje 2, el IT de Antofagasta en el eje 3 y el IT de Concepción en el eje 4. Después se aplican RNAs en cuatro fases, considerando desde un mayor a un menor número de variables (90, 40, 16, 6), manteniendo los grados de ajuste. Finalmente se considera la RNA cuyas variables, desfases en meses y pesos son: D (t-12) (2.38), TSM-NOAA (-118) (1.89), TSM-NOAA (-58) (1.43), TSM-NOAA (-100) (1.31), TSM-NOAA (-10) (1.29) y TSM-NOAA (-46) (1.20), siguiendo lo planteado por Naranjo et al. (2015). Este modelo presenta un buen ajuste con $r^2 = 0,94$, $PI = 0,97$ y $E = 0,93$ (lo ideal en los tres es 1); además de un $\%SEP = 19,69$ y un $RMS = 63,48$, indicando un cierto grado de dispersión.

Por otro lado, para proyectar la TSM del área de pesca del pez espada se considera el escenario A2 del cambio climático, siguiendo la metodología de regionalización empleada por Silva et al. (2015). También se proyecta la TSM de esta área considerando un modelo ROMS que toma en cuenta el escenario 4 x CO2 del cambio climático (Yáñez et al., 2018). Así, las anomalías proyectadas de la TSM de esta área al 2065 se ajustan a líneas rectas con tendencia positiva. La Tabla 1 muestra los cambios en las proyecciones de la SST de la zona de pesca en cuestión, estimadas de dos formas: una considerando las diferencias entre el final (2065) y el comienzo de las curvas ajustadas (2015), y la otra considerando las diferencias entre el promedio de los diez últimos años de las curvas ajustadas (2056-2065) y el promedio de los últimos diez años de los datos observados (2003-2012). En la tabla 1 podemos observar que los estimados para ambos escenarios son más fuertes con el método de diferencia entre el final y el comienzo de las líneas ajustadas a las anomalías proyectadas de TSM, en comparación con las estimadas de la otra forma.

Tabla 1. Cambios estimados de TSM (°C) para dos escenarios de cambio climático con dos métodos de cálculo.

	Método	Pez espada
A2	Inicio y final de rectas ajustadas	1.12
	Diferencia entre 2056-2065 y 2003-2012	0.43
4 x CO2	Inicio y final de rectas ajustadas	0.56
	Diferencia entre 2056-2065 y 2003-2012	¿0.08?

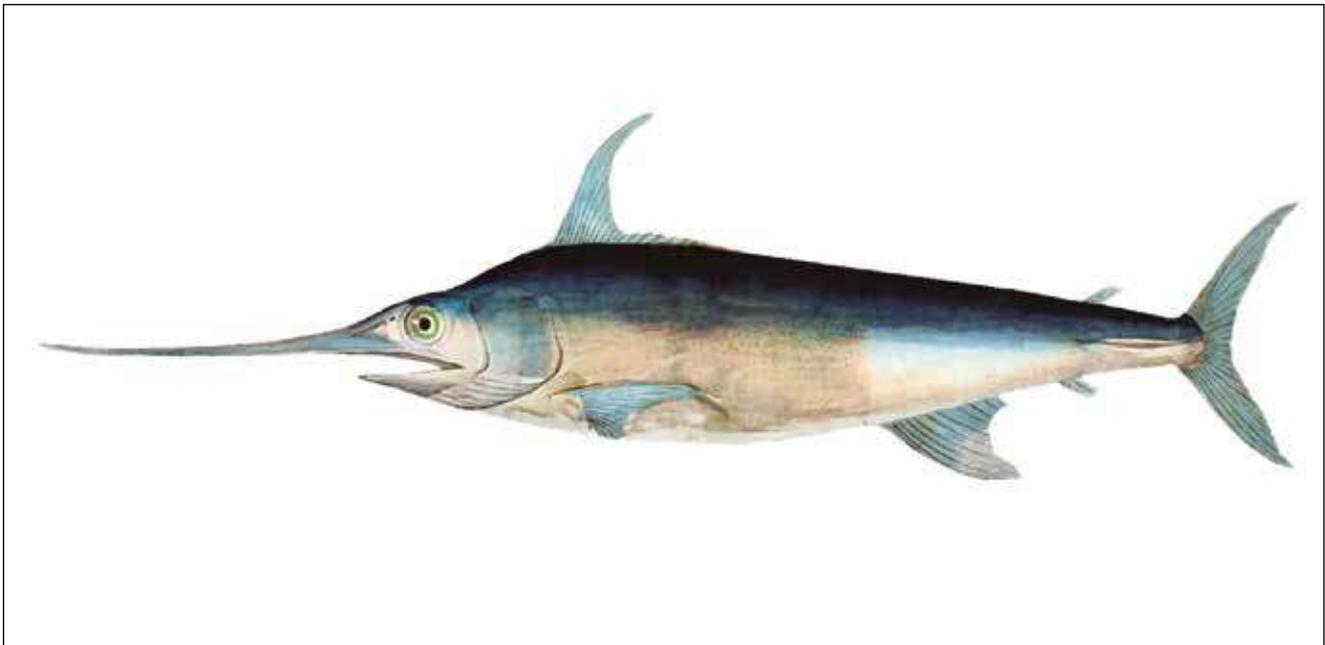
El modelo de RNA seleccionado fue empleado para estimar, con las TSM mensuales proyectadas para la zona de pesca considerando ambos escenarios del cambio climático, los desembarques mensuales de pez espada hasta el 2065, a los cuales se les ajustaron también líneas rectas. Al comparar los desembarques proyectados para el 2065 con lo proyectados para el 2015, se estima una disminución de los desembarques de 8% y 8,1% para los escenarios A2 y 4 x CO2 respectivamente. En cambio al comparar los desembarques estimados para el período 2056-2065 con los observados en el período 2003-2012, se estima un aumento de los desembarques de 14% para el escenario 4 x CO2 y de 24% para el escenario A2 respectivamente. Estos aumentos de desembarque podrían deberse más bien a una mayor disponibilidad del recurso, asociada a una probable migración del recurso hacia el sur (Silva et al., 2015), y no necesariamente a un aumento de la abundancia. Pero esta es una primera aproximación de los impactos del cambio climático sobre la pesquería chilena de pez espada, siendo necesario analizar una mayor cantidad de

información biológico pesquera para precisar dichos alcances.

Nota: Este trabajo es originario del proyecto FONDEF D1111137 (Yáñez et al., 2016).

Referencias

- Naranjo, L., F. Plaza, E. Yáñez, M. Á. Barbieri & F. Sánchez. 2015. Forecasting of jack mackerel landings in central-southern Chile through neural networks. *Fisheries Oceanography*, Vol. 24 (3): 219–228.
- Silva, C., E. Yáñez, M.Á. Barbieri, C. Bernal & A. Aranís. 2015. Forecasts of swordfish (*Xiphias gladius*) and common sardine (*Strangomera bentincki*) off Chile under the A2 IPCC climate change scenario. *Progress in Oceanography*, 134: 343–355.
- Suryanarayana, I., A. Braibanti, R. Sambasiva, V. Ramam, D. Sudarsan & G. Nageswara G. 2008. Neural networks in fisheries research. *Fisheries Research*, 92(2-3), 115–139.
- Yáñez, E., N. Lagos, R. Norambuena, C. Silva, J. Letelier, K.P. Muck, G. San Martín, S. Benítez, B. Broitman, H. Contreras, C. Duarte, S. Gelicich, F. Labra, M. Lardies, P. Manríquez, P. Quijón, L. Ramajo, E. González, R. Molina, A. Gómez, L. Soto, A. Montecino, M.Á. Barbieri, F. Plaza, F. Sánchez, A. Aranís, C. Bernal & G. Böhm. 2018. Impacts of Climate Change on Marine Fisheries and Aquaculture in Chile (Chapter 10). In: Phillips F. Bruce & Mónica Pérez.Ramírez (Editores). *Climate Change Impact on Fisheries and Aquaculture: A Global Analysis*. Editorial Wiley, Volume 1, Chapter 10, pp. 239-332.
- Yáñez, E., C. Silva, M.Á. Barbieri, L. Soto, G. San Martín, P. Muck, J. Letelier, F. Sánchez, G. Böhm, A. Aranís, A. Parés & F. Plaza. 2016. Sistema de pronósticos de pesquerías pelágicas chilenas frente a diversos escenarios del cambio climático. Informe Final Proyecto FONDEF D1111137, CONICYT, 46 pp. + Anexos.



Primera introducción, cultivo y reproducción del pez *Malapterus reticulatus* (nombre común “Vieja”) en un sistema de recirculación de agua en la X Región, Chile como parte del desarrollo de un control biológico para el ectoparásito *Caligus* en la industria del salmón

Daniel Nieto Díaz-Muñoz, PhD*; Julio Mendoza Baeza, MV; Oscar Torres Cárdenas

*Correspondencia autor: sustainablesalmon@yahoo.es



Proyecto Corfo (16IDAE-66064)

Resumen de contexto

Durante el año 2015 algunas empresas salmoneras chilenas organizaron una prueba en que un potencial pez limpiador fue transportado desde la isla Juan Fernández a un centro experimental de mar cercano a Puerto Montt. El objetivo específico fue evaluar la eficacia de esta especie, llamada *Malapterus reticulatus* (nombre común “Vieja”) para remover los ectoparásitos *Caligus* desde la piel de los salmones. Las dos principales conclusiones fueron: (1) *Malapterus reticulatus* se alimenta de *Caligus rogercresseyi* de la piel y aletas del salmón Atlántico cuando cohabitan, y (2) La carga parasitaria de *Caligus* en salmón Atlántico tuvo una reducción significativa entre los conteos primero y último del experimento, por lo que *M. reticulatus* actúa como biocontrolador en la especie salmonídea en las condiciones experimentales dadas (Jorge Mancilla, comunicación personal).

Así como su primo noruego Ballan wrasse (*Labrus bergylta*), el pez limpiador chileno es parte de la familia Labridae la cual es conocida por su simbiosis con otros peces, nadando junto a ellos y limpiándolos de parásitos en la piel, boca y cavidades. *Malapterus reticulatus* es la especie más abundante del archipiélago Juan Fernández (Perez-Mátus et al., 2014: Subtidal reef fish and macrobenthic community structure at the temperate Juan Fernández Archipelago, Chile. Lat. Am. J. Aquat. Res., 42(4): 814-826, 2014). La Tabla 1 muestra la taxonomía de ambas especies.

Dado el enorme interés por buscar alternativas sustentables para la industria salmonera chilena en particular, en el control biológico del *Caligus*, el objetivo de este Proyecto fue reproducir por primera vez la especie *M. reticulatus* en cautiverio, lo cual se logró exitosamente. Este trabajo fue un proyecto Corfo (16IDAE-66064) con el patrocinio de la empresa Cermaq Chile y el trabajo se realizó en una unidad RAS construida para estos efectos en una piscicultura de la X región de Los Lagos, contando con las autorizaciones correspondientes por parte de la Subsecretaría de pesca y el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

Objetivos:

- Conocer aspectos de la biología, nutrición y reproducción de *Malapterus reticulatus*
- Cultivar y reproducir la especie en cautiverio.

Primera Etapa:

Captura, traslado y acondicionamiento de ejemplares vivos de *M. reticulatus* para la formación del plantel experimental de reproductores.

Instalación de la Unidad Experimental.

La unidad de cultivo recircula agua de mar (32 ppm salinidad) al 99%; estuvo compuesta de 16 estanques (2 m³ c/u), con un filtro rotatorio de 60 μ, fraccionador de espuma (skimmer) y desinfección por medio de luz UV. El fotoperiodo y temperatura son los mismos que en la isla de donde vienen los peces. Durante la aclimatación la actividad principal fue aprender a alimentar bien los peces. La construcción se realizó entre noviembre de 2016 y terminó con los últimos detalles en mayo de 2017 (Figura 1).



Figura 1: Vista general de la unidad experimental *Malapterus*.



Figura 2: Reproductor de *M. reticulatus*.



Figura 3: Dientes característicos para remover parásitos.



Figura 4: Necropsia macho: testículo.



Figura 5: Necropsia hembra: ovario.



Figura 6: IMPORTANTE: Al presionar el abdomen de los machos sobre 50 gramos salió semen del poro urogenital evidenciando la madurez sexual.



Figura 7: Ovario maduro, 6.2 cm longitud.

Viaje prospectivo a Juan Fernández, muestreos y análisis sanitario

De acuerdo al plan, se visitó la isla Juan Fernández en diciembre de 2016. En este viaje se contactó al pescador artesanal que nos suministró los peces, buceamos para observar los peces en su entorno natural y se tomaron muestras para laboratorio (Figuras 2 a 7).

El viaje a la isla despejó una variable fundamental: permitió determinar que los machos y hembras pesando sobre 50 gramos eran sexualmente maduros y en actividad reproductiva. Esto es muy relevante puesto que se observó en su contexto: Diciembre 19, dos días antes del solsticio de verano, con una temperatura del mar de 16,8° C y un fotoperiodo de 14 horas luz / 10 horas oscuridad. Otro hito de este viaje fue la observación de que estos peces comen erizos con mucho entusiasmo, lo que resolvió la cuestión (fundamental) de qué darles de comer a su llegada a la unidad experimental.

Análisis sanitario

En esta etapa se realizaron dos análisis sanitarios completos: el primero con las muestras tomadas en la isla (Informe 30 diciembre 2016) y el segundo a la llegada de los peces a Río Pescado (Informe 3 Abril 2017), ambos hechos en un laboratorio certificado para peces de Puerto Montt.

Todos los peces dieron resultados negativos a la técnica el RT-PCR para los siguientes patógenos: ISAV (Virus Anemia Infecciosa), IPNV (Virus Necrosis Pancreática Infecciosa), SRS (Síndrome Rickettsial del Salmón), BKD (Enfermedad Bacteriana del Riñón), PD (Enfermedad del Páncreas), PMCV (Virus Síndrome Cardiomiopático), *Vibrio ordalli*, VNN (Necrosis Nerviosa Viral), *Aeromonas salmonicida* atípica (Furunculosis), *Micobacterium* sp, y PRV (*Piscine reovirus*).

Una vez aclimatados los peces no hubo mortalidad, comieron bien y no se observan signos de enfermedad.

Muestras para histología

Esta es la primera vez que se practica la técnica histológica en *M. reticulatus*. La presencia de oocitos vitelogénicos en el ovario indica un avanzado estado de desarrollo del ciclo reproductivo. Al mismo tiempo, la presencia concomitante de oocitos previtelogénicos sugieren que, al igual que en otras especies de peces marinos, esta es una especie desovadora múltiple (Figura 8).

Acondicionamiento de los ejemplares

No hay literatura científica ni de ningún tipo relativas a los aspectos biológicos, nutricionales y reproductivos para esta especie, por lo que el proyecto se inició sin conocimiento descrito previo y en algunos procedimientos sigue las pautas dadas por el reporte noruego "Producción de Ballan Wrasse, Ciencia y Práctica" (Production of Ballan wrasse; Science and Practice); (www.rensfisk.no).

Alimentación

Por medio de un convenio de trabajo con la Universidad de Chile, en el tema de la nutrición y alimentación de los peces tuvimos la excelente asesoría del Dr. Jurij Wacyk PhD de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. La Tabla 1 muestra la evolución de la dieta a lo largo del proyecto. La dosis fluctúa en torno a un 3 % del peso cuerpo día (Figura 9).

Respecto de la nutrición de *Malapterus reticulatus*, hay que tener en mente que no se cuenta con ningún tipo de información disponible previa a este proyecto para esta especie, por lo que uno de los objetivos de la presente iniciativa fue desarrollar una línea base (Tabla 2) de nutrientes como primera aproximación.

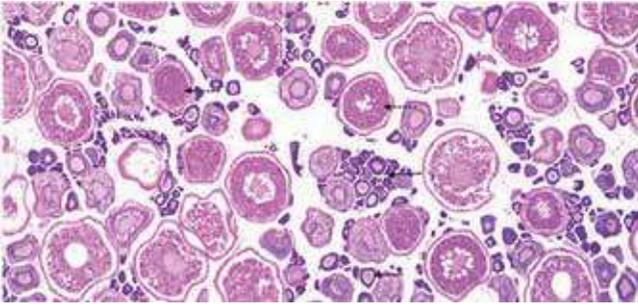


Figura 8: Corte histológico de ovario de *Malapterus reticulatus* (H&E 40x).

Protocolo de Anestesia

Se desarrolló un protocolo utilizándose el producto BZ-20® (Benzocaína al 20%) a razón de 3 ml / 20 litros de agua. Los peces se anestesian no profundamente pero suficientemente bien como para pesarlos y hacer los desoves. El tiempo de recuperación total varía entre 2 y 5 minutos.

Ecografía

Con fecha 2 de Julio de 2017 se procedió a ecografiar los peces con el objetivo de sexar, sin embargo su tamaño y la presencia de una vejiga de aire imposibilitaron hacer el diagnóstico. Para ecografiar los peces se anestesiaron siguiendo el protocolo establecido.

Segunda Etapa:

Determinación los óptimos estados de desarrollo gonadal de ambos sexos para la reproducción.

Manejo de temperatura y fotoperiodo

Dado el término del periodo de aclimatación, se decidió adelantar en dos semanas la “caída” a la mínima temperatura de la mar registrada en la isla Juan Fernández, para comenzar a aumentar lentamente hasta generar una nueva estación reproductiva, esto desde el punto de vista de la hipótesis.

Primera Reproducción de *Malapterus reticulatus* en cautiverio

Se exponen fotografías del primer evento de desove y fecundación artificial (Figuras 10 a 26).

La Figura 27 muestra la relación entre temperatura y desoves naturales (líneas naranjas verticales de valor arbitrario). Las líneas verdes representan los días en que se realizaron desoves manuales; los valores arbitrarios de 5, 10 y 12,5 señalan el grado de éxito alcanzado medido en juveniles (post larvas). Todo el periodo del proyecto.



Figura 9: Platos de alimentación, de manufactura diaria.



Figuras 10 y 11: Extracción de semen de los machos, primera fase en el manejo reproductivo. La cantidad es muy pequeña, de 0,05 a 1,8 cc / pez. Cada extracción se analizó al microscopio para motilidad espermática con lo cual se confeccionó una Protocolo de evaluación.

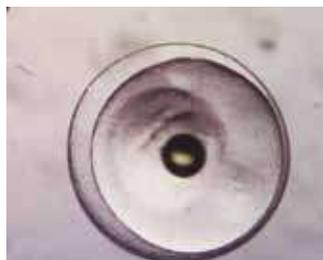


Figura 12: Extracción de huevos a término por presión abdominal en hembras anestesiadas. La cantidad de huevos por gramo es en promedio 3.000, y un desove produce entre 0,2 y 3,4 gramos de huevos (promedio 2.2) de un diámetro promedio de 850 micras. Cada hembra puede aportar huevos, en distintas cantidades, cada dos semanas, en procedimiento de desove manual.



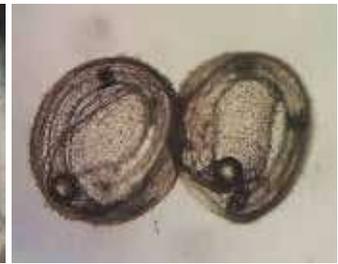
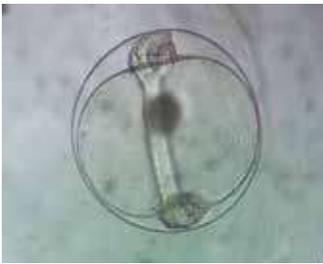
Figuras 13 y 14: Fecundación: se unen los gametos y se agrega agua de mar para la activación espermática.

Figura 15, 16 Y 17: Huevos de *Malapterus reticulatus* de 1 día (izquierda, inicio de formación de blastómeros) y 2 días (derecha, 4 células).



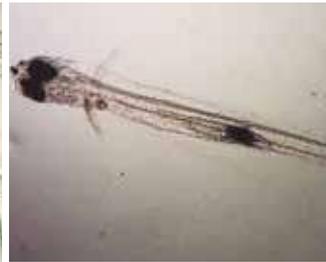
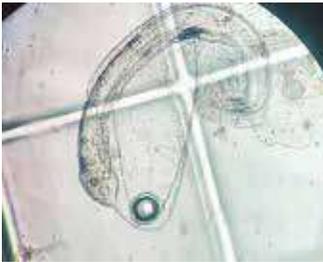
	Ballan Wrasse	Vieja
Reino	Animalia	Animalia
Fila	Chordata	Chordata
Clase	Actinopterygii	Actinopterygii
Orden	Perciformes	Perciformes
Suborden	Labroidei	Labroidei
Familia	Labridae	Labridae
Género	Labrus	Malapterus
Especie	L. Bergylta	M. Reticulatus

Tabla 1: Taxonomía de especies limpiadores chilena y noruega.



Figuras 18 y 19: Formación del embrión, día 3.

Figuras 20 y 21: Al día 4 ya se observa una larva dentro del huevo.



Figuras 22: Día 5: eclosión; nace la larva.

Figura 23: Día 5: Larva de saco vitelino recién eclosionado (cuadrados 1 mm).

Figuras 24 y 25: Día 6; larva absorbiendo saco vitelino, se despliegan las aletas pectorales. Intensa pigmentación de los ojos. En esta etapa se le ofrece rotíferos enriquecidos como parte del protocolo de primera alimentación.



Figura 26: Larva de 20 días, cultivada a 18° C comiendo rotíferos

Humedad %	73
Proteína Cruda % (base seca)	77
Grasa total % (base seca)	10
Ceniza% (base seca)	2,42
Energía (Kj g)	5,7

Taurina	0,88
Treonina	2,98
Valina	3,24
Metionina	1,95
Isoleucina	2,98
Leucina	5,04
Fenilalanina	3,41
Lisina	5,98
Histidina	1,39
Triptófano	0,69

Tabla 2: Línea base de nutrientes para *Malapterus reticulatus*, generada en base a la composición corporal de los peces.

Linoleico (18:2n6)	8,03
Linolénico (18:3n3)	1,43
Araquidónico (20:4n6)	3,26
EPA (20:5n3)	4,77
DHA (22:6n3)	5,93

Amino ácidos, m/m% = gramos por 100 gramos de muestra. Proteína cruda Kjeldahl * = % N x6.25. Ácidos grasos, m/m% = gramos por 100 gramos de muestra. Expresado en % de grasa total.



Figura 27: Fechas de desoves manuales y espontáneos vs temperatura del agua. Las 3 flechas rojas muestran (en orden cronológico) el primer viaje prospectivo a Juan Fernández, y los dos transportes de *Malapterus* a la piscicultura.



Figura 28: Mortalidad diaria durante todo el periodo (no considera muestras de laboratorio)

El manejo de la temperatura en esta especie es muy interesante, ya que al reducir la temperatura del agua (línea azul) para detener los desoves artificiales (una vez por semana), lo que ocurrió es que, en el momento de alcanzar la temperatura más baja, las hembras comenzaron a desovar espontáneamente. La mayoría de los huevos, generados de desoves espontáneos, se adhieren a las paredes del tanque, sobre el nivel del agua, esto dado por una conducta muy particular de los peces. La idea de reducir la temperatura para reducir la actividad sexual no funcionó, (como se puede ver en el gráfico), por lo que se realizaron los trabajos y mejoras en la calidad del agua, así como la forma de recoger automáticamente los huevos de las paredes, para poder ser fecundados. A temperaturas superiores a 18,5° C los huevos nunca fueron fertilizados.

Registro de mortalidad de peces desde el primer día (30 marzo 2017) hasta el 31 de mayo de 2019:

La Figura 28 muestra que durante todo el periodo experimental 2017 – 2019 la mortalidad fue extremadamente baja con un solo evento de un pequeño brote de tenibaculosis que con toda seguridad vino asociada al agua de mar que se transportaba semanalmente en camión desde Parga hacia la piscicultura.

Estudio de otolitos para determinación de la edad.

La metodología del proyecto no contempló este análisis, pero por su utilidad con el Dr. Guido Plaza de la Facultad de Ciencias del Mar de la P. Universidad Católica de Valparaíso se realizó dicho procedimiento. Los resultados (edad de las muestras) se contrastaron con peso, longitud y con las posturas. Un resumen de esta actividad se muestra en las Figuras 29 y 30.

Tercera etapa:

Determinación de los requerimientos ambientales (temperatura, salinidad, oxígeno, ph, densidad, nitrógeno amoniacal, nitritos, alimentación, nutrición) para el desarrollo de los juveniles.

Se establecieron parámetros de cultivo en una unidad de recirculación para los ejemplares adultos con que contamos actualmente. La tabla 3 muestra la evolución de estos indicadores.

Hay que tener presente que tanto la temperatura como el fotoperiodo se manejaron conforme la hipótesis creada a partir de la evolución natural de estos parámetros en el archipiélago de Juan Fernández y modificada para efectos de la investigación.

También es importante destacar que el sistema de recirculación diseñado y construido para este proyecto consideró y calculó en forma adecuada la filtración mecánica y biológica necesarias para mantener en niveles adecuados los sólidos y tanto el ion NH₃ como el nitrito NO₂, lo que se consiguió durante todo el periodo experimental.

Respecto de la salinidad, ésta es la propia del mar en la zona de Puerto Montt y no difiere mucho de la salinidad en Juan Fernández.

Es resumen, postulamos que los parámetros con que trabajamos son los adecuados para la especie, sin perjuicio que, en un posible escalamiento, a mayor densidad de cultivo, habrá que revisar en particular este valor para determinar la mejor relación densidad–rendimiento.

Resumen de datos

Habiendo transcurrido 2 años en el cultivo experimental de *Malapterus reticulatus* en la unidad RAS construida para estos efectos, las principales conclusiones son las siguientes:

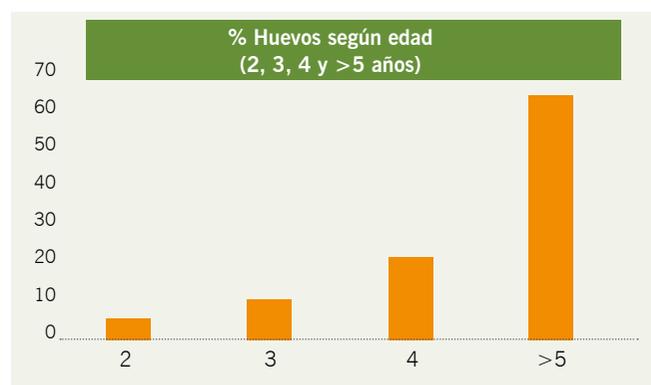
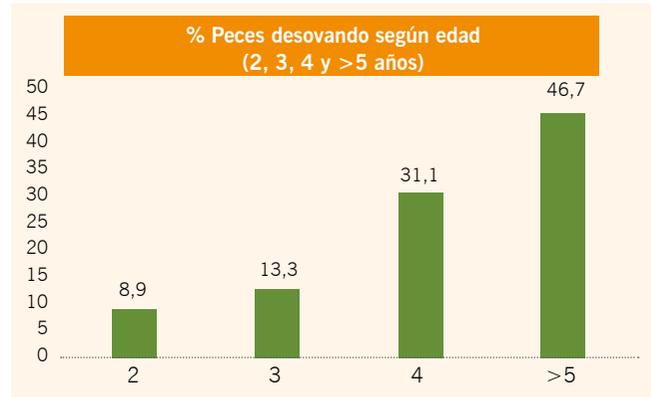
La especie es cultivable, dócil, no se estresa fácilmente; dadas las condiciones de vida correctas se comporta de modo que es manejable, come diariamente, se puede anestesiar sin problema, es bastante territorial y esto suele generar problemas entre machos, y lo más importante es que se reproduce.

En 1 gramo de huevos se contabiliza un promedio de 3.000 huevos, muy pequeños (750 micras) y transparentes.

Para efectos de cálculo en este informe el promedio de gramos de huevos por desove es de 2,2 gr.

Para efectos de cálculo en este informe el promedio de desoves mensuales por hembra es 2. Esto ocurre durante una temporada que se puede extender por 6 meses.

La tasa de alimentación diaria es de 2% del PC.



Figuras 29 y 30: Representación en torta de la relación entre edad y oviposturas.

El peso promedio de los adultos es 110 gr. Aparentemente alcanzan este peso a los 2 años, si bien aún no tenemos clara la tasa de crecimiento de los juveniles.

Según la investigación realizada con la edad de los peces (otolitos) y la madurez sexual y fecundidad (empíricamente) concluimos que en la población con la que se trabajó había ejemplares de 2 años de edad que aportan el 5,6 % de los huevos lo que permitió proyectar que a partir del segundo año se podría haber comenzado a producir ovas.

Etapas por superar y tiempo estimado para llegar a producción

Al igual que todas las especies marinas de cultivo, en este caso también la larvicultura representa el mayor desafío, y se mide en el número de post larvas que se obtienen a partir del número de huevos de un desove, valor que suele considerarse bueno cuando alcanza el 10%.

En nuestro proyecto la etapa por superar es, en consecuencia, la larvicultura.

En lo conceptual y como líneas de investigación una vez superada esta etapa, necesariamente debemos trabajar al menos las siguientes:

- Producción de peces estériles para enviar al mar.
- Genética: producir cohortes con mayor afinidad a trabajar en aguas más frías, para enviar a la XI región.
- Uso de vacunas y monitoreo sanitario.
- Desarrollo de una dieta industrialmente fabricada.
- Profundización y mejora continua en toda la cadena productiva.

Modelo de negocio

Vemos una oportunidad en la producción sistemática de peces limpiadores, lo que en la actualidad ya incluso se ha transformado en una actividad comercial en otros países salmoneros como Noruega y Escocia.

De acuerdo a las estimaciones del modelo de negocio, el proyecto impactará positivamente en la empresa productora que decida reproducir esta especie para control de Cáligus. De acuerdo a algunos supuestos, si las proyecciones para la empresa son un gasto del orden de los MMUSD 2 por concepto antiparasitarios. El uso de estos biocontroladores reduciría en un 75% este costo, lo que sería un beneficio directo para la economía de la empresa. Existe además una disminución de costos de producción de los salmones: menor pérdida de alimento, menor costo de tratamiento, menor costo de laboratorio, menor uso y costo de antibiótico por enfermedades bacterianas, menor costo de cumplimiento normativo y una reducción en las pérdidas de biomasa por menores ayunos, comparados con centros que requieren ayunar cada vez que realizan un tratamiento.

Dado un costo promedio/centro de 46 % para el alimento, con sólo producir un ahorro en un 10% en este insumo por un mejor factor de conversión, la empresa puede dejar de gastar USD 550.000/ciclo/centro de cultivo.

Alternativamente, visto como negocio de venta a terceros, el mercado potencial está dado por las más de 350 centros de engorda de salmón en Chile, a una siembra promedio de 800.000 salmones por centro, esto da un total de 280 millones de salmones; si se incorporan los peces limpiadores en las jaulas en una relación del 10%, esto significa una potencial demanda de 28 millones de *Malapterus* al año a proveer a la industria. A un valor de venta de USD 2.5 / *Malapterus*, esto implica una venta anual potencial de USD 70 millones.

Discusión

En el tiempo transcurrido hemos aprendido mucho de esta especie, de la cual nunca se había publicado nada. Hoy tenemos conocimiento de cómo alimentarlo y todo indica que se mantiene bien, tenemos un protocolo de anestesiado y podemos reconocer el género con un alto margen de seguridad, sabemos que es un desovador múltiple y que los huevos fecundados flotan. En 1 gramo de huevos hay aproximadamente 3.000 huevos, dato que junto a otros antecedentes y supuestos nos permitieron también esbozar un plan de producción y de negocio.

El proyecto culmina con un logro general en los objetivos planteados: captura y transporte de peces vivos, buena aclimatación, una dieta adecuada, manejo de la anestesia, obtención de gametos en un procedimiento manual protocolizado mediante el manejo de la luz y la temperatura, fecundación de los huevos, normal desarrollo embrionario y juveniles iniciales (transición de larva terminada la absorción del saco vitelino a alimentación activa con rotíferos *Braquionis sp.*).

Conclusión

Este proyecto culmina con éxito. No obstante, en este caso queda por investigar para un proyecto de continuidad la cuestión estratégica de la alimentación en la transición de los juveniles.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a todos quienes nos han colaborado en este proyecto, al Dr. Jurij Wacyk de la Universidad de Chile por su muy valiosa contribución al tema alimentación y nutrición, a Cermaq por su patrocinio y a La Corfo por su financiamiento y apoyo, en particular a Claudia Gotschlich por sus orientaciones cada vez que fue necesario.

Programa Profesional de Postgrado Magíster en Medio Ambiente de la Universidad Católica de la Santísima Concepción

Siete años en la formación de profesionales para las necesidades actuales ambientales



UCSC



**Magíster en
Medio Ambiente**
Facultad de Ciencias
Facultad de Ingeniería
Universidad Católica de la Santísima Concepción

Dra. Catterina Sobenes Vennekool

Jefa de Programa Magíster en Medio Ambiente
Depto. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería

El desarrollo mundial requiere considerar la estabilidad y mantenimiento del medio ambiente, siendo la base de ello la propia naturaleza, que mediante procesos de transformación es utilizada para producir manufactura, en conjunto con personas especializadas, de manera de proveer de recursos a las sociedades y así aportar al bienestar de ellas. Esto implica el mejoramiento sostenido de la calidad de vida de las personas, lo cual es logrado mediante medidas de regulación, protección y conservación del medio ambiente y sus recursos, para no comprometer las expectativas de las generaciones futuras.

Sin embargo, cada situación ambiental requiere de miradas de diversas disciplinas para resolverlas y gestionarlas, por lo que es necesario que los profesionales adquieran formación sobre

ecología, políticas de regulación, gestión ambiental, procesos de contaminación, medidas para la conservación y remediación del ambiente. Para responder a esta necesidad, el Magíster en Medio Ambiente de la UCSC es un programa diseñado para profesionales que deseen especializarse en el medio ambiente, por lo que reúne a académicos de las Facultades de Ciencias y de Ingeniería, con experiencia en investigación aplicada.

El Magíster en Medio Ambiente es un programa de carácter profesional que entrega herramientas y conocimientos de la gestión ambiental y los procesos químicos a profesionales y licenciados, que les permitan integrar en su quehacer laboral, iniciativas que permitan el desarrollo de las actividades humanas de manera adecuada con el medio ambiente.



Promoción del año 2018 del Magíster en Medio Ambiente.



Para integrar los distintos aspectos de un problema ambiental, el programa abarca 3 áreas de desarrollo:

Áreas de Desarrollo

Fuentes contaminantes y tecnologías limpias: identificación de fuentes antrópicas, según sus características, origen y efectos en los ecosistemas naturales. Basado en este conocimiento, se estudian alternativas de tecnologías para el tratamiento de contaminantes en distintos elementos (agua, suelo, atmósfera).

Conservación y remediación: considera la evaluación del estado de conservación de ecosistemas como especies, así como el diseño de propuestas o medidas para la conservación y remediación según las actuales normativas y conocimiento.

Evaluación de impactos y gestión ambiental para la empresa: en el marco de problemas de instituciones públicas o privadas, se estiman impactos ambientales, así como la propuesta de medidas de gestión para la reducción de efectos negativos antrópicos.

Dentro de estas áreas, desde el año 2015 al 2020 un total de 36 profesionales graduados, han desarrollado, en su último semestre, sus proyectos de grado en diversos sector industriales y de servicio, realizando análisis de situaciones ambientales, propuestas de soluciones, guías para la gestión ambiental o en la educación ambiental, soluciones tecnológicas para la contaminación o la eficiencia energética, evaluación de contaminantes, análisis de la sociedad frente a condiciones ambientales, revisión de normativa, entre otros.

Nuevo conocimiento para la toma de decisiones

Durante el programa, los temas a abordar son propuestos por el propio interés de cada profesional o bien son temas que nacen desde proyectos en ejecución de los Profesores de Núcleo.

Los profesionales que ingresar al Magíster en Medio Ambiente, logran especializarse en el área del medio ambiente, que le permite identificar los impactos ambientales por la acción antrópica, proponer medidas de remediación, prevenir o mitigar conflictos de carácter ambiental. Lo anterior debe ser mediante un comportamiento ético y responsable socialmente a los desafíos que impone la conservación del medio ambiente y sus recursos natu-

rales. Se instruye en abordar diversas situaciones ambientales mediante un enfoque multidisciplinar, para así coordinar estudios de evaluación de impacto ambiental, según las normativas nacionales e internacionales, organizar y dirigir grupos de trabajo interdisciplinarios, basados en el respeto a la persona humana, sociedad y la naturaleza.

Un ejemplo de proyectos desarrollados es el **“Estudio de contaminación atmosférica por material particulado en la ciudad de San Carlos, Región de Ñuble”** realizado por el Mg. Oscar Ortega bajo la dirección del académico de la Facultad de Ingeniería Dr. Hector Valdés. En el proyecto se realizaron mediciones de material particulado MP 2,5, encontrando que *“existen muchas ciudades y pueblos del centro sur de Chile con evidencias cualitativas de la contaminación por material particulado fino procedente de la calefacción a leña, no existiendo planes sistemáticos de medición por parte de las autoridades correspondientes. Actualmente, sólo se tienen planes de prevención y descontaminación de ciudades grandes, por lo que se tiene una considerable población expuesta sin tener mediciones reales cuantitativas que permitan desarrollar la gestión ambiental necesaria para mitigar el problema. Es muy importante promover estudios cuantitativos fidedignos que permitan identificar los niveles de contaminación y, por ende, evidenciar el riesgo al cual están expuestos los habitantes”*. Con este estudio, y la actual contingencia de enfermedades respiratorias, acentuadas con enfermedades como la pandemia COVID 19, es posible tomar medidas para el bienestar de la población de la ciudad de San Carlos, y de ciudades similares en Chile.

Así mismo, el proyecto desarrollado por la Mg. Andrea Iturria, titulado **“Caracterización de la Influencia Estuarina en el Seno de Reloncaví en Chile Austral y su relación Hidroclimática”**, bajo la dirección del Académico Dr. Sergio Contreras y el Investigador Postdoctoral de la Facultad de Ciencias UCSC Dr. Facundo Barreira, fue ejecutado con apoyo de los proyectos Fondecyt 3180307 y FONDEQUIP EQM160167, Laboratorio de Ciencias Ambientales (LACA) de la Facultad de Ciencias UCSC, el Observatorio Marino Reloncaví-OMARE de la Universidad de Los Lagos y del propio programa de postgrado. Para la caracterización de la calidad y cantidad de materia orgánica particulada, la profesional agrega que *“se hizo uso de indicadores biogeoquímicos, a través de análisis elemental e isotópos, en donde el fitoplancton marino es predominante. Encon-*



tramos altos valores de materia orgánica como carbono orgánico y nitrógeno total, en la zona subsuperficial, que coinciden con las altas concentraciones de clorofila a, medidas a la misma profundidad. Sumado a lo anterior, determinamos una mayor concentración de nitratos y fosfatos bajo los 15 metros, que podría provenir del aporte de agua sub-antártica modificada, a un mayor ingreso de estos nutrientes desde el fiordo y a procesos de remineralización de la materia orgánica. Las bajas concentraciones de estos nutrientes en la capa superficial, se explican por el consumo de organismos fitoplanctónicos". Para evaluar los impactos de las actividades humanas y el cambio climático, generando procesos de mitigación de sus impactos ambientales, se detecta la necesidad de estudios de mayor resolución temporal como series de tiempo e instalación de boyas oceanográficas y estaciones meteorológicas midiendo variables clave (e.g. clorofila, temperatura, oxígeno disuelto, viento entre otras) en sistemas acuáticos costeros como terrestres, para desarrollar modelos integrados de los servicios ecosistémicos especialmente en sistemas de transición como los sistemas estuarinos.

Proyectos de diseño de procesos también han sido abordados como el proyecto ejecutado por el Mg. Víctor Concha titulado **"Evaluación de estrategias para la reutilización y revalorización de aceite vegetal usado"**, bajo la dirección de la Dra. Carolina Aguirre de la Facultad de Ciencias de la UCSCS, en el que se evaluó la revalorización de aceites vegetales como bioenergía, señalando que *"estos aceites en su paso superior e inferior reportan un poder calorífico factible, mayor inclusive a la biomasa forestal. Además, es posible la producción de biodiesel mediante biocatálisis, el cual permite la obtención de glicerol de alta pureza para uso industrial, y no hace uso de agua en el proceso, evitando la generación de riles contaminates, y por último se*

evaluó su potencial uso como biolubricantes de segunda generación, el que requiere estudios más aabados apra optimzar los procesos. Estas alternativas evaluadas, son el comienzo para futuras evaluaciones de revalorización de residuos que en la actualidadprovocna contaminación en redes de alcantarillado."

El diseño de guías para la educación ambiental también han sido proyectos desarrollados por la Mg. Valentina Saavedra y el Mg. Iván Caro, ambos trabajan en el área de educación, de enseñanza media y pre escolar respectivamente; y en gestión ambiental la guía desarrollada por la Mg. Francisca Sandoval, todos proyectos ejecutados bajo la dirección del Mg. Christian Díaz, del Depto. Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería de la UCSC. Para la enseñanza media se detectó que no existía material orientador para profesores como estudiantes aplicable en medio ambiente, lo que implicó integrar distintas asignaturas con actividades prácticas dentro y fuera del establecimiento educacional. Mientras para las etapas pre escolares, diversas actividades que incluyen la instrucción para los educadores como las actividades de pre escolares, que abordan cambio climático, reuso, uso del agua, energía y eficiencia energética, actividades prácticas que incluyen a las familias de los pre escolares. En gestión ambiental se reconoce que para efectuar una Declaración de Impacto Ambiental (D.I.A.) en actividades de Acuicultura de Pequeña y Media Escala implica una serie de gestiones y estudios necesarios. Una Guía fue desarrollada por la Mg. Francisca Sandoval, de manera de facilitar este proceso e incentive esta importante actividad en el nuevo marco normativo nacional.

Mayor información se pueden encontrar en <http://mma.ucsc.cl/estudiantes-graduados/>.



Certificación Intermedia

El programa posee dos certificaciones intermedias:

- Diplomado en Gestión Ambiental
- Diplomado en Medio Ambiente y Procesos Químicos

Más información visita la página web <http://mma.ucsc.cl/> o escríbenos al email: mma@ucsc.cl



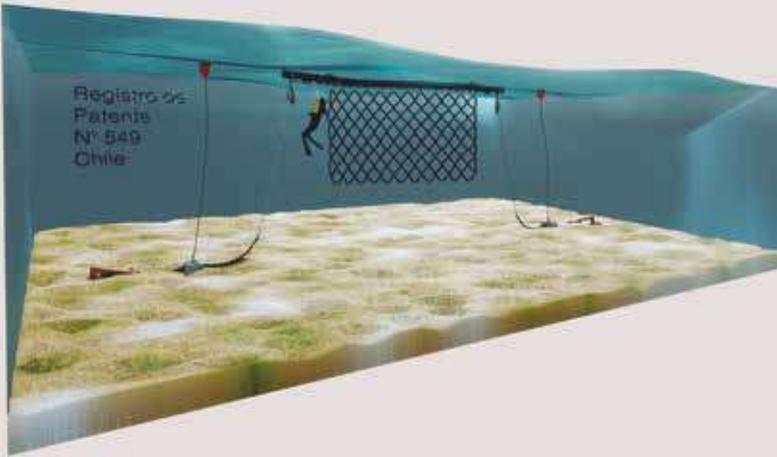
UCSC



Centro de Investigaciones en
Biodiversidad y
Ambientes
Sustentables

BIVALNET

Nuevo Sistema de Crecimiento para Cultivo de Mitílicos



La tecnología Bivalnet es un tramado para el cultivo de mejillones u otros mitílicos para ser utilizados en zonas costeras expuestas o protegidas, que permite disminuir el desprendimiento aumentando así la producción. Bivalnet se puede utilizar en un sistema de cultivo de superficie, longline y bateas, o con flotación sumergible y controlada, lo cual minimiza los efectos negativos en la producción en zonas no protegidas, mejorando así la producción respecto a un sistema de cuelgas tradicional.

Beneficios

- ✓ Permite maximizar el rendimiento por unidad de área de la concesión acuícola,
- ✓ Aumenta los rendimientos de producción en 1,9 veces por metro lineal de flotación, comparado con el sistema de cultivo de cuelga tradicional,
- ✓ Reduce los costos de mantenimiento en un 20%,
- ✓ Reduce los tiempos de engorda de los mejillones en cinco meses cuando se instala en zonas no protegidas,
- ✓ Disminuye el desprendimiento de los moluscos, ya que el diseño del tramado evita que se enrede la unidad de crecimiento.
- ✓ Su diseño optimizado, permite el cultivo en zonas costeras expuestas de alto oleaje, donde existe menor presencia de toxinas que adquirir los moluscos comparados con los métodos de longline utilizados actualmente.



Investigadores:

CHRISTIAN DÍAZ PERALTA
Prof. Asociado
Depto. de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad Católica de la
Santísima Concepción
chdiaz@ucsc.cl

CATTERINA SOBENES VENNEKOOLO
Prof. Asociada
Depto. de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad Católica de la
Santísima Concepción
csobenes@ucsc.cl

Propiedad Intelectual

Titular del modelo de Utilidad:
Universidad Católica de la
Santísima Concepción.
El estado de la tecnología se
encuentra en TRL_7, se cuenta con
un prototipo a gran escala validadas
en un entorno real-operacional.

Esta tecnológica cuenta con Patente por
Modelo de Utilidad en los siguientes países:
Chile: N° 549.
Nueva Zelanda: N° 739475.
Canadá: N° CA2993405.
España: N° EF1205886U.
Contacto: Oficina de Transferencia
Tecnológica — UCSC, ott@ucsc.cl, ott.ucsc.cl

Desafíos para obtener la calidad de *Novel Food* en el mercado europeo para macroalgas chilenas



UCSC



Centro de Investigación en
Biodiversidad y
Ambientes
Sustentables

Christian Díaz Peralta^{1,3}, Catterina Sobenes Vennekool^{2,3}, José Carlos Macías⁴, José Ramón Texiera Ponce⁵

¹: Depto. de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de la Santísima Concepción.

²: Depto. de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de la Santísima Concepción.

³: Centro de Investigación en Biodiversidad y Ambientes Sustentables (CIBAS), Universidad Católica de la Santísima Concepción.

⁴: Consultor Internacional Experto en Pesca y Acuicultura, España.

⁵: Consultora Somos Upwelling S.L., Inglaterra.

chdiaz@ucsc.cl



Introducción

La demanda por alimento con propiedades nutritivas, de carácter orgánico y con seguridad alimenticia certificada, y que favorezcan a la salud, son productos altamente demandados para el consumo humano por la población de la Unión Europea (UE). Para velar por la seguridad alimentaria, en el año 1997 la UE estableció una normativa (Reglamento CE N° 258/1997) a todos aquellos productos alimenticios nuevos que deseen ser comercializados para consumo humano y que no hayan sido previamente comercializados. Aunque en España y Suecia fue comercializado para consumo humano la macroalga cochayuyo seco (*Durvillaea antarctica*), antes de la implementación de la normativa, ingresó mediante una glosa de exportación la que no identificó la especie de alga, por lo que su ingreso para consumo humano ha quedado sujeto a la normativa, siendo considerado como un nuevo alimento, es decir “*novel food*”. Sin embargo, actualmente el cochayuyo se comercializa como fertilizante en la UE.

Actualmente la UE no posee macroalgas certificadas como *novel food*, existiendo únicamente una especie de microalga certificada para su consumo por la población. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue identificar los requerimientos de productos de macroalgas para el comercializar en el mercado de la Unión Europea como *novel food*.

¿Qué son los *novel foods*?

De acuerdo a la legislación europea en materia alimentaria, los nuevos alimentos son aquellos que no han sido consumidos por los seres humanos en la UE antes de 1997. Así, los “nuevos alimentos” o “*novel foods*” pueden ser productos alimentarios o alimentos innovadores de reciente desarrollo producidos utilizando nuevas tecnologías y procesos de producción, así como los alimentos tradicionalmente consumidos fuera de la UE. Los ejemplos de nuevos alimentos incluyen productos agrícolas, nutrientes recién producidos o extractos de alimentos existentes.

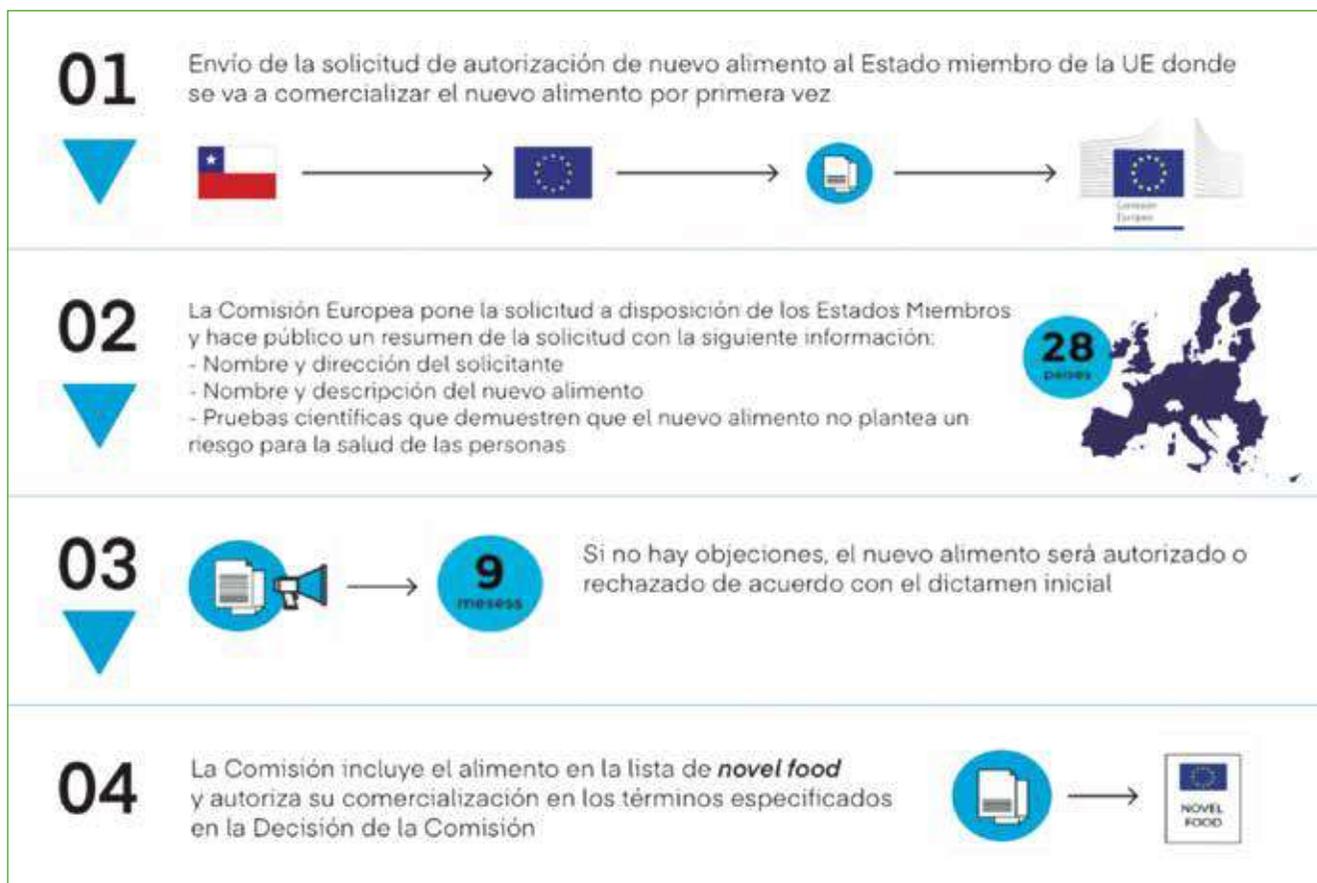


Figura 1. Pasos para la autorización de nuevos alimentos según Reglamento de la Comisión Europea N° 2283/2015. (Fuente: Elaboración propia).

Todos los nuevos alimentos que ingresan a la UE deben ser seguros para los consumidores y etiquetados correctamente para no engañar a los consumidores. Los alimentos que pretendan comercializarse en la UE, deben someterse a un proceso de autorización complejo que incluye una evaluación científica previa, para garantizar su seguridad alimentaria. La autorización, que se obtiene después de la culminación del proceso y el cumplimiento de los requisitos establecidos, fija sus condiciones de uso, su designación como alimento o ingrediente alimentario y los requisitos de etiquetado.

Están excluidos los aditivos alimentarios, los aromas, los disolventes de extracción empleados en la producción de alimentos, ya que están sujetos a su propio procedimiento de evaluación de riesgos de acuerdo con su norma específica.

¿Cuál es la normativa que regula los novel foods en la Unión Europea?

La autorización y el uso de nuevos alimentos e ingredientes alimentarios se han armonizado en la Unión Europea desde 1997 cuando se adoptó el Reglamento CE N° 258/1997 sobre nuevos alimentos e ingredientes alimentarios novedosos.

En el año 2015, el Parlamento Europeo y el Consejo aprobaron el nuevo Reglamento que rigen la autorización para comercializar los novel foods, Reglamento UE N° 2283/2015.

Tabla 1: Evaluación cualitativa de la situación de la macroalga cocha-yuyo (*Durvillaea antarctica*) para solicitar certificación novel food en la Unión Europea

Componente normativo	Nivel de Complejidad
1. Descripción del nuevo alimento	Complejidad Baja
2. Proceso de Producción (certificación HACCP)	Complejidad Media
3. Datos de composición	Complejidad Baja
4. Especificaciones	Complejidad Alta
5. Historial de uso	Complejidad Media
6. Niveles de uso e ingesta	Complejidad Media
7. Absorción, distribución, metabolismo y excreción	Complejidad Media
8. Información nutricional	Complejidad Baja
9. Información toxicológica	Complejidad Alta
10. Test alergenidad	Complejidad Media
11. Certificados (acreditación de laboratorios y validación de técnicas)	Complejidad Media
12. Publicaciones y recomendaciones científicas	Complejidad Baja

- Complejidad Baja
- Complejidad Media
- Complejidad Alta



De esta manera, una empresa solicitante que pretenda comercializar en la UE un alimento nuevo debe presentar una solicitud a la Comisión Europea (CE) que, después de verificar su validez, la pondrá a disposición de los Estados miembros y exigirá a la European Food Safety Authority (EFSA) una evaluación científica (ver figura 1).

La Comisión Europea adoptará su dictamen en un plazo de nueve meses, a partir de la fecha de recepción de una solicitud válida de la CE. Este procedimiento entró en vigencia desde el 1 de enero de 2018.

Los plazos presentados en la figura 1, quedarán suspendidos de forma temporal si fuese necesario realizar alguna aclaración o aporte de documentación, durante alguna de las etapas del proceso de autorización.

¿En qué situación está Chile para solicitar como novel food a la macroalga cochayuyo (*D. antarctica*) en la UE?

Los requisitos mínimos que deben ser cubiertos en todas las aplicaciones guardan relación con la descripción del nuevo alimento, su proceso de producción, datos sobre su composición, especificaciones, usos propuestos y niveles de uso, y la ingesta prevista del nuevo alimento.

Otras secciones como la historia del uso del nuevo alimento y/o su fuente, la absorción, distribución, metabolismo, excreción, la información nutricional, toxicológica y alergenicidad, deben ser considerados por el solicitante de manera predeterminada.

En la tabla 1 se muestra de forma resumida una evaluación cualitativa de la situación del cochayuyo para solicitar su calidad de novel food en la UE, en cuanto a su complejidad para responder a cada componente normativo.

¿Cuál es el proceso productivo de la macroalga cochayuyo (*D. antarctica*) seco trozado para consumo humano nacional?

El proceso productivo del cochayuyo para consumo humano en plantas de proceso, que se presenta, se basa en el proceso observado entre las regiones del Libertador Bernardo O'Higgins, Maule, Ñuble y Biobío.

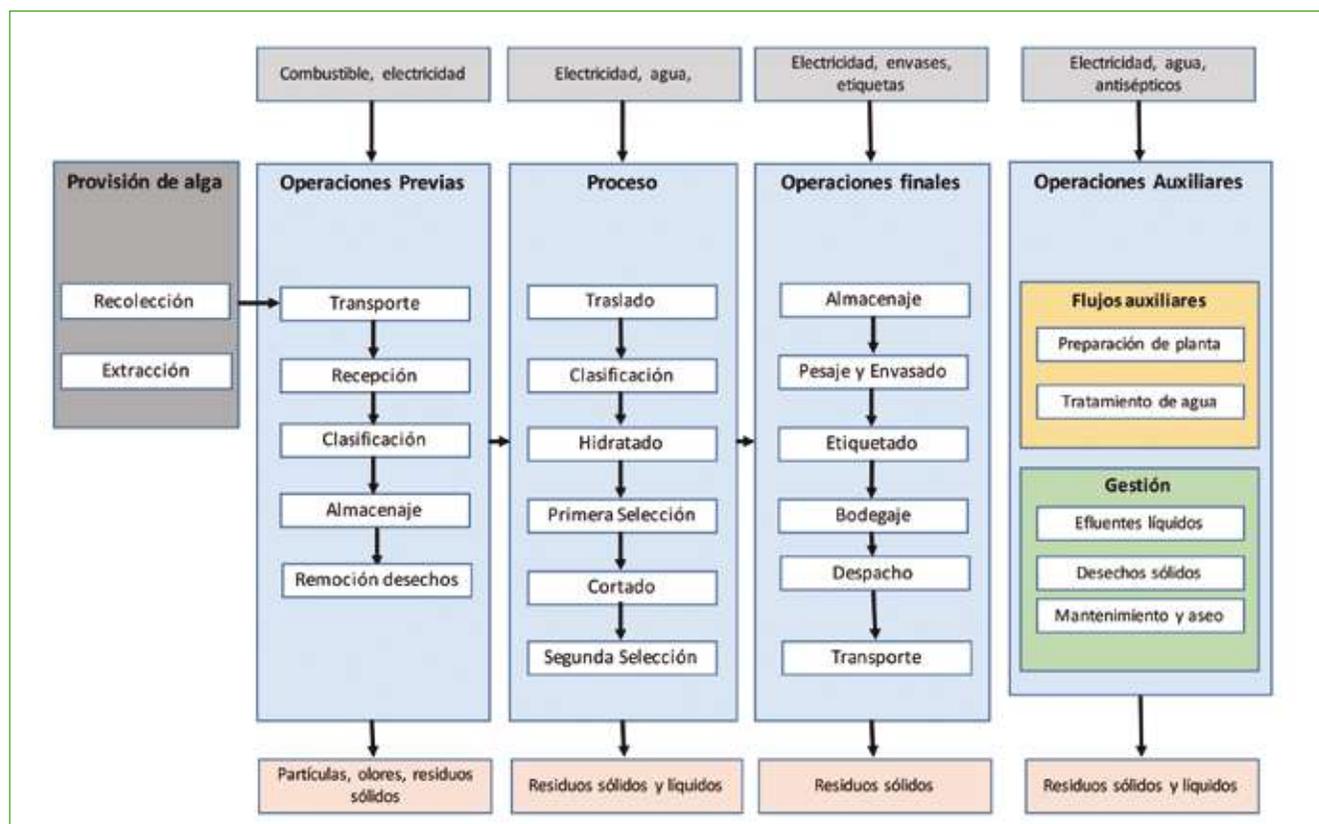


Figura 2. Diagrama de producción de la macroalga cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) seco trozado entre las regiones del Libertador Bernardo O'Higgins, Maule, Ñuble y Biobío. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2, se presentan las etapas del proceso, considerando como materia prima el cochayuyo húmedo.

Cabe señalar que para ser certificado como un producto novel food, el proceso productivo debe contar con certificación de las normas HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*).

Es relevante indicar que, los procesos productivos de la macroalga cochayuyo en Chile se caracterizan por su bajo nivel de desarrollo tecnológico, desde la provisión del alga (recolección/extracción) hasta las operaciones finales, lo cual puede ser una debilidad para lograr la certificación de las normas HACCP.

Conclusiones

Para presentar una solicitud de *novel food* para el cochayuyo (*D. antarctica*) seco trozado, se debe demostrar que existen bajos niveles de toxicidad y alergenicidad. Además, las propias exigencias que algunos países de la UE pudieran plantear, lo cual no es posible establecer a priori, las que constituirían brechas a solucionar.

La viabilidad de exportar cochayuyo seco como *novel food* a la Unión Europea dependerá del cumplimiento de la legislación sanitaria relativa a la toxicidad y presencia de metales pesados. Lo anterior, puede ser logrado a través de un programa de análisis y vigilancia sanitaria; y de caracterización y mejora del proceso productivo de cochayuyo seco, para una empresa en particular o para un conjunto de ellas, las que cuenten con procesos productivos certificados (HACCP) y estandarizados.

A partir de los resultados y avances obtenidos en el proyecto “Evaluación de la viabilidad de apertura del mercado de la Unión Europea para productos derivados de macroalgas extraídas en Chile destinados al consumo humano, como alternativa de diversificación productiva para la pesca artesanal, considerando las barreras impuestas por la UE para *“novel food”*”. Caso de Estudio: cochayuyo (*Durvillaea antarctica*), Cód. (CUI N° 2016-29-DDP-4)”, se podría concluir que el producto cochayuyo tiene

un gran potencial para obtener la autorización de *novel food* en el mercado europeo, y para ello existen conocimientos sobre el procedimiento necesario y como alcanzar dicha consideración.



Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento del estudio mediante el Proyecto CUI N° 2016-29-DDP-4 de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Ministerio de Economía Fomento y Turismo; y a la Universidad Católica de la Santísima Concepción por facilitar los Laboratorios de Ecohidráulica y de Ingeniería Acuícola y Medio Ambiente.

Referencias

- Reglamento CE N° 258/1997 sobre nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios Parlamento Europeo y del Consejo Europeo.
- Reglamento UE N° 2283/2015 sobre relativo a los nuevos alimentos. Parlamento Europeo y del Consejo, el cual modifica lo definido en el Reglamento (UE) N° 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo Europeo.



Comprender la fluidodinámica de los estanques circulares de cultivo de peces

DESAFÍO BÁSICO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LOS SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN (RAS)



UCSC

Pablo A. Venegas , Katherine A. Llancaleo

Laboratorio Húmedo de Ingeniería Acuícola (LHIA), Departamento de Ingeniería Civil
Universidad Católica de la Santísima Concepción, Alonso de Ribera # 2850, Concepción, Chile.

pvenegas@ucsc.cl, <http://lhia.ucsc.cl/>

Mezcla, velocidad y autolimpieza en estanques de cultivo de peces

El uso de grandes estanques circulares para el cultivo de peces en sistemas de recirculación (RAS) se ha convertido en una tendencia generalizada en la industria salmonera nacional e internacional. Esto es debido principalmente a los ahorros que se obtienen al aprovechar las economías de escala en el uso de la mano de obra y por la reducción del costo de capital de los estanques a medida que aumenta la relación volumen útil / número de estanques (Timmons et al., 1998). Las principales ventajas operacionales de estos estanques son: i) proveer un ambiente de cultivo homogéneo en términos de calidad de agua; ii) operar en un amplio rango de velocidades de rotación para optimizar la salud y condición muscular de los peces; y iii) concentrar y remover rápidamente los sólidos sedimentables (i.e. deposiciones y restos de comida) que se acumulan en su interior (Timmons et al., 1998; Lekang, 2007). En términos hidráulicos, las condiciones de velocidad y nivel de mezcla que se alcanzan en los estanques de cultivo, con patrones de flujo circular, son el resultado directo de la transferencia de momento cinético (fuerza de empuje) que se ejerce sobre el volumen de agua que contienen los estanques, formando patrones primarios y secundarios de movimiento (Fig. 1). La fuerza de empuje depende directamente de: i) la magnitud y dirección del caudal de ingreso que se recircula (i.e. velocidades de inyección); ii) las dimensiones y forma del estanque; y iii) de la capacidad de los dispositivos de ingreso de agua para transferir la mayor cantidad de movimiento (Timmons et al., 1998; Lekang, 2007; Oca y Masaló, 2007). Sin embargo, si la inyección de caudales de re-uso o de agua fresca no transforma apropiadamente la energía en fuerza de empuje (caudal másico y variación de velocidad), los beneficios del estanque circular se pierden (Fig. 2) y se favorece la formación de vórtices locales (i.e. zonas de corto circuito) que afectan la disponibilidad de oxígeno disuelto, la auto-limpieza, la dilución de



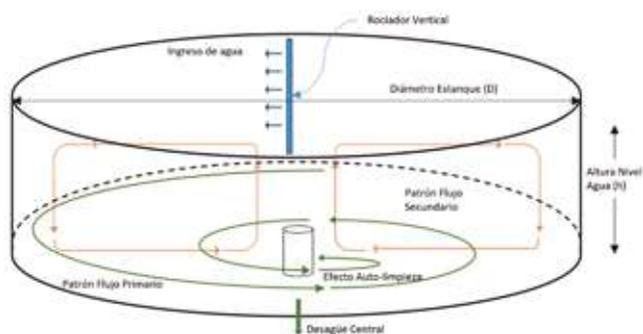


Figura 1. Esquema representativo de la formación de patrones primarios y secundarios en un estanque de cultivo, producto del ingreso de agua. Estanque con una relación de aspecto adecuada. Fuente: LHIA-UCSC.

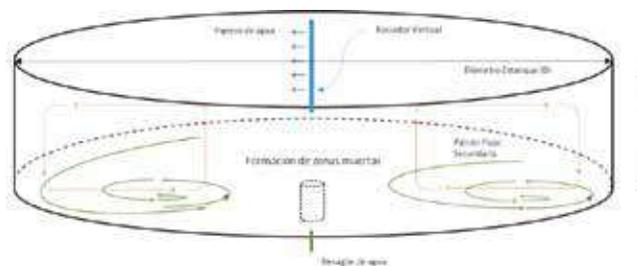


Figura 2. Esquema representativo de la formación de patrones primarios y secundarios en un estanque de cultivo, producto del ingreso de agua. Estanque con una relación de aspecto inadecuada, formación de zonas muertas y sin efecto de autolimpieza. Fuente: LHIA-UCSC.

los contaminantes, y la salud y el desarrollo normal de los peces (Timmons et al., 1998; Watten et al., 2000; Rasmussen et al., 2005; Lekang, 2007; Labatut et al., 2007).

En términos concretos, un estanque circular utilizado para la producción de smolt de 10 m de diámetro (200 m³ de volumen útil), dependiendo de las características físicas del dispositivo de ingreso de agua que se utilice, requerirá de una tasa de recambio de agua entre 1.5 a 3.5 veces/h para obtener una operación adecuada en términos de velocidad y mezcla. Esto implica que los sistemas de bombeo, tratamiento y acondicionamiento del agua de re-uso (filtros mecánicos, biofiltros, sumideros de ecualización, desgasificadores, filtro UV y oxigenadores), deberían ser diseñados y dimensionados para mover y tratar entre 300 y 700 m³ de agua por hora. Esta situación tiene impactos directos en la eficiencia de los sistemas de recirculación, en su demanda de espacios y en su consumo global de energía. A este respecto, Tyedmers (2000) y Colt et al. (2008), afirman que el principal consumo de energía en los SRA es el bombeo y tratamiento de agua, el que podría llegar hasta un 55% del consumo total.

En la actualidad se dispone de literatura sobre el efecto en la hidrodinámica de los estanques de cultivo con distintas configuraciones de dispositivos de ingreso (Skybakmoen, 1998; Tvinnereim y Skybakmoen, 1998; Losordo and Westers, 1994; Timmons et al., 1998; Odeh et al., 2004; Lekang, 2007). Algunos estudios muestran el efecto que se genera en los estanques al modificar el diámetro, número y ángulo de boquillas en los dispositivos de ingreso (Labatut et al., 2007; Davidson y Summerfelt, 2004; Oca y Masaló, 2007). El efecto combinado de la configuración de dispositivo de salida e ingreso de agua sobre la velocidad y tiempos de mezcla (con o sin peces) (Timmons et al., 1998; Davidson y Summerfelt, 2004; Ebelin et al., 2005 y Lekang, 2007; Watten et al., 2000; Rasmussen et al., 2005) y el efecto de la velocidad y los tiempos de mezcla sobre el desarrollo de los peces y la productividad de los sistemas de cultivo (Losordo and Westers, 1994; Ross et al., 1995; Timmons et al., 1998; Lekang, 2007; Duarte et al., 2011). La investigación en esta área se ha realizado principalmente sobre la base de un dispositivo estándar de inyección, tubo vertical con boquillas u orificios tipo rociador genérico, Rociador Vertical.

Innovaciones en Sistema de Inyección de agua para mejorar la fluidodinámica de los estanques

Buscando opciones para mejorar el funcionamiento fluidodinámico de los RAS, Venegas et al. (2014), evaluó el uso de un innovador dispositivo de inyección de agua para acuicultura, Educutores. Este dispositivo se utiliza en una amplia gama de procesos industriales, especialmente en la industria química, petroquímica y de combustibles, que requieren principalmente mantener en movimiento grandes volúmenes de líquidos, evitar decantación, y/o mezclar diferentes compuestos de manera rápida y efectiva (Harnby et al., 1992; Rahimi y Parvareh, 2005). Los Educutores, conocidos también como bombas hidráulicas o Jet Mixer Educutor (Mooney, 2007), presentan como principal característica de operación, al ser utilizados dentro de los estanques, la de "multiplicar" el volumen de líquido que pasa a través de él (Stratton, 1976; Harnby et al., 1992; Mooney, 2007), aumentando la fuerza de empuje que generan. Al ingresar el caudal al educutor, se produce una caída de presión en la boquilla de salida, así el líquido del estanque que rodea al educutor es succionado hacia el interior de la campana Venturi, para luego ser expulsado por la boca de salida del educutor. De esta forma, el volumen total de líquido que se expulsa al interior del estanque es la suma del que sale de la boquilla a alta velocidad, más el que fue succionado por la caída de presión, lo que puede llegar a ser 3 o 5 veces mayor que el volumen inicial que ingreso al dispositivo (Stratton, 1976; Mooney, 2007). Esta "multiplicación" artificial del volumen de agua y flujo másico, genera un drástico aumento de la fuerza impulsora entregada al líquido del estanque, sin la necesidad de aumentar el caudal de líquido inyectado.

Según los resultados obtenidos por Venegas et al. (2014), los educutores muestran un desempeño hidráulico significativamente superior que el sistema tipo rociador vertical estándar que se utiliza en la actualidad. Este mejor desempeño se traduce en que para similares caudales de inyección de agua, los educutores generan significativamente una mayor velocidad circular, uniformidad, tiempos de mezcla significativamente menores y patrones de flujo secundarios que aseguran la auto-limpieza de los residuos sólidos que se acumulan. La Fig. 3, muestra una comparación entre el efecto sobre la mezcla del uso de un Rociador

Vertical y un Eductor. En general los educutores muestran un mejor desempeño que los sistemas tradicionales, generando una mejor calidad de agua y reduciendo los consumos de agua fresca o reduciendo entre 3 a 4 veces el caudal de reuso necesario.

De igual forma, el autor plantea que los educutores presentaron consumos de energía superiores al sistema rociador estándar, sin embargo, bajo iguales condiciones de operación, siempre mostraron una mayor eficiencia en el uso del agua y un desempeño hidráulico significativamente mayor. Así, la decisión de utilizar educutores en algún sistema de cultivo, quedaría sujeta a un análisis costo beneficio entre las mejoras en el nivel de producción que se esperarían (en cantidad y calidad) y los mayores costos de energía.

En esta línea, en 2019, el Laboratorio Húmedo de Ingeniería Acuicola de la Universidad Católica de la Santísima Concepción (LHIA-UCSC), presentó una Declaración de Invención sobre el

desarrollo tecnológico de un Sistema de Inyección de agua para estanques de cultivo, en base a esta innovadora tecnología. El sistema permite de manera efectiva, eficiente y en un mínimo de tiempo lograr la mezcla del agua que ingresan a las unidades, homogenizar la calidad de agua y la auto-limpieza del estanque circular. Para esto se combina el uso de educutores direccionales y un software de simulación de patrones fluidodinámicos. Así, el sistema podrá realizar una estimación de los resultados de las variables fluidodinámicas de un estanque operando actualmente con rociador vertical o educutor, sugiriendo mejoras de ser necesario, o definir cuál son los valores que deberán tomar las variables de empuje, caudal y ángulo de ataque de los chorros de agua para asegurar un comportamiento deseado en mezcla, velocidad rotacional o auto-limpieza.

Sistemas de autolimpieza para el interior de los estanques de cultivo de peces

Bajo el mismo esquema de entender los efectos fluidodinámicos al interior de los estanques de cultivo y plantear opciones concretas de mejora productiva, es posible identificar como un problema relevante la acumulación en su interior de sólidos suspendidos y sedimentales que vienen en el agua o que se generan durante la fase de producción y alimentación de los peces u otros recursos

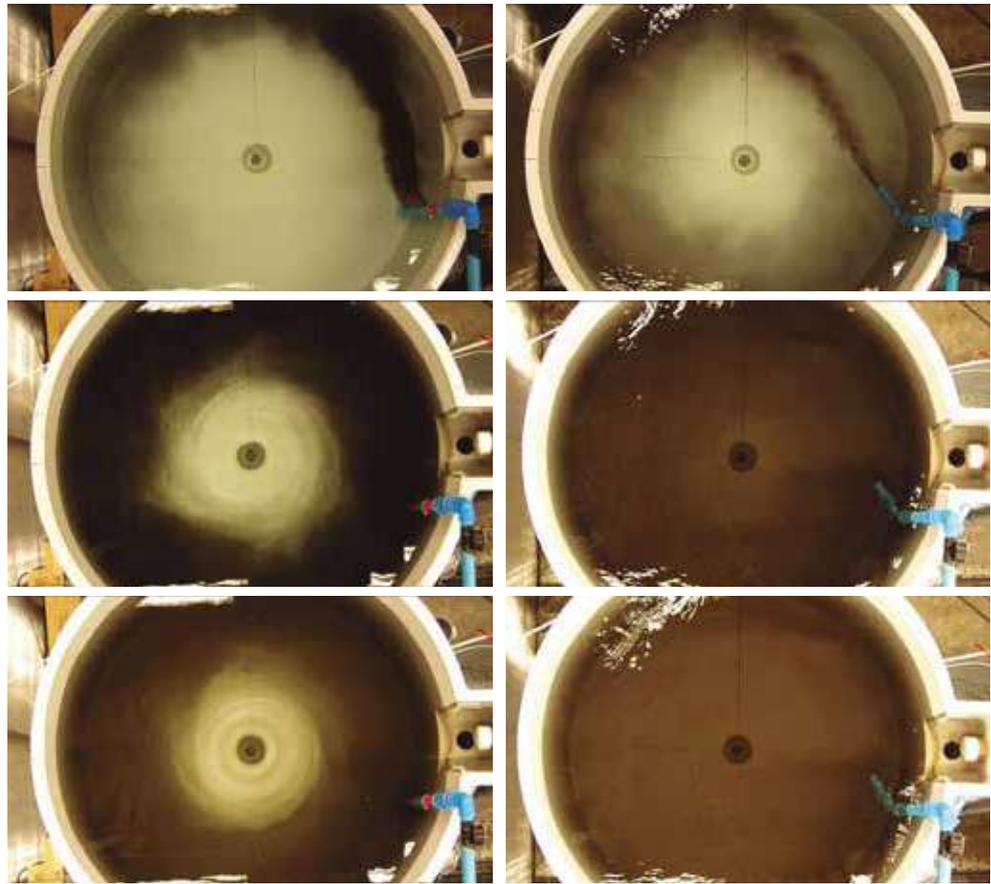


Figura 3. Resultado comparativo de prueba de mezcla de agua con trazador en estanques de cultivo con similares condiciones de operación. Las figuras A, B y C muestran la evolución de la mezcla luego de 0,5, 3 y 7 min utilizando un Rociador Vertical. Las figuras D, E y F muestran la mezcla a los mismos tiempos, pero con un Educutor. Fuente: LHIA-UCSC

(heces y alimento no consumido). El proceso de oxidación de este material acumulado genera una disminución del oxígeno disponible y un aumento de los compuestos nitrogenados amoniacales, dióxido de carbono, entre otros compuestos, consecuencias que pueden ser nocivas para el desarrollo de las especies, incurriendo en el riesgo sanitario del cultivo y un aumento del impacto medioambiental al desechar los efluentes (Gál et al., 2003).

En la actualidad, la cantidad y la forma como se ingresa al agua a los estanques es utilizada para remover y retirar los sólidos que se acumulan en su interior. Esto se logra generando con el ingreso del agua patrones de flujo en el interior de los estanques, permitiendo su auto-limpieza. El primer patrón y más importante es el patrón rotatorio del agua en torno al centro del estanque, llamado flujo primario. Cuando la velocidad del agua en el patrón primario es lo suficientemente alta, sobre 15 cm/s, se crea un flujo secundario radial a lo largo del fondo del tanque hacia el desagüe central (Timmons et al, 2002; Oca & Masaló, 2007), el cual se caracteriza por mover los sólidos acumulados hacia el centro. Sin embargo, para que la auto-limpieza ocurra, las partículas que mueve el segundo patrón de flujo deben llegar al desagüe central y salir por él, lo que en última instancia es definido por la forma de este, en especial por la relación entre su Diámetro y Altura de agua útil (D/h) (Fig. 2).

Por otro lado, existe una interrelación entre la velocidad del agua y actividad natatoria de los peces (Masaló & Oca, 2010). Cuando las velocidades son superiores a la óptima para los peces, la natación se hace insostenible y estresante (Oca & Masaló, 2007), influyendo en la salud de los peces, el tono muscular, la respiración e incluso las zonas donde los peces se ubiquen (Masaló et al., 2008). Así, la generación de velocidades en los estanques para lograr su autolimpieza se encuentra limitada a generar condiciones seguras para la especie de cultivo (Timmons et al., 2002). Esto es evidente en peces pequeños (absorción de saco vitelino o primera alimentación), donde un aumento de velocidad para remover y limpiar los sólidos está restringido a la capacidad natatoria del estado de desarrollo. Por otro lado, en sistemas de cultivo donde las especies se cultivan en una columna pequeña de agua ($D > h$), los residuos forman anillos concéntricos entre la pared y el desagüe central, es decir, se forma el segundo patrón de flujo, pero las partículas no llegan al desagüe central y se acumulan al interior de los estanques.

Para abordar este desafío, el LHIA-UCSC presentó el año 2019 una Solicitud de Patente de Invención (PCT/IB2019/060712) de un Sistema físico y un Método que permite la remoción rápida y continua de residuos sólidos que se acumulan al interior de los estanques circulares de cultivo utilizados en acuicultura en tierra (Disco de Autolimpieza para Acuicultura). El sistema optimiza las condiciones fluido-dinámicas que aseguran la formación del afecto de autolimpieza y mezcla en el estanque con bajo consumo de agua y energía. La remoción de los residuos y la mezcla se realiza incluso cuando las condiciones fluido-dinámicas en el estanque, es decir, velocidad de rotación del agua y/o la relación de aspecto entre el diámetro del estanque y la altura del agua, no son las más adecuadas o convencionales según el estado del arte. La presente tecnología no requiere para su operación generar valores altos de velocidad circular en el agua que puedan afectar negativamente al normal desarrollo de las especies en cultivo, así como también, no requiere modificar estructuralmente los estanques existentes. Mayores detalles de esta tecnología se presentan en el siguiente Brochure Tecnológico.

A nuestro juicio la industria de acuicultura nacional e internacional se enfrenta en la actualidad a serias limitaciones para su desarrollo y crecimiento: restricciones ambientales, el efecto de externalidades de la propia industria (presencia de enfermedades en los cuerpos de agua), de otros sectores productivos; de la expansión de las ciudades; y cambios climáticos que alteran negativamente las disponibilidades de agua dulce y las condiciones oceanográficas en sectores marinos. Bajo este escenario, el crecimiento de la acuicultura en sistemas confinados en tierra del tipo RAS es una opción válida y prometedora, pero requiere enfrentar, entre varios desafíos, el entendimiento y posterior optimización del comportamiento fluidodinámico de las futuras unidades de cultivo, ya no pensando en estanques de 8 o 12 m, sino, en unidades de 20, 40 o más metros de diámetro.

Referencias

- Colt, J., Summerfelt, S., Pfeiffer, T., Fivelstad, S., Rust, M., 2008. Energy and resource consumption of land-based Atlantic salmon smolt hatcheries in the Pacific Northwest (USA). *Aquaculture* 280, 94–108.
- Davidson, J., Summerfelt, S.T., 2004. Solids flushing, mixing and water velocity profiles within large (10 and 150 m³) circular 'Cornell-type' dual-drain tanks. *Aquacult. Eng.* 32, 245–271.
- Duarte, S.L., Reig, L., Masaló, I., Blanco, M., Oca, J. 2011. Influence of tank geometry and flow pattern in fish distribution. *Aquacult. Eng.* 44, 48–54.
- Gál, D., Szabó, P., Pekár, F., & Váradi, L. (2003). Experiments on the nutrient removal and retention of a pond recirculation system. *Hydrobiologia*, 506(1-3), 767-772.
- Harnby, N., Edwards, M. F., & Nienow, A. W. (1992). Mixing in the process industries (p. 10). New York: Butterworth-Heinemann.
- Lekang, O. I. 2007. *Aquaculture Engineering*. Blackwell Publishing editorial offices. 340 pp.
- Labatut, R.A., Ebeling, J.M., Bhaskaran, R., Timmons, M.B. 2007. Effects of inlet and outlet flow characteristics on mixed-cell raceway (MCR) hydrodynamics. *Aquacult. Eng.* 37, 158 – 170.
- Losordo, T.M., Westers, H., 1994. System carrying capacity and flow estimation. In: Timmons, M.B., Losordo, T.M. (Eds.), *Aquaculture Water Systems: Engineering Design and Management*. Elsevier, New York, pp. 9–60.
- Masaló, I. et al 2008b. Study of fish swimming activity using acoustical Doppler velocimetry (ADV) techniques. *Aquacultural Engineering* 38: 43–51.
- Masaló, I. & Oca, J. 2010. Distribution of velocities in aquaculture circular tanks with rotating flow and evaluation of uniformity. Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia (DEAB). Universitat Politècnica de Catalunya. España.
- Mooney, T. 2007. Solution Agitation and Mixing. *Metal Finishing*, Volume 105, Issue 10, Pages 650-656.
- Oca, J. & Masaló, I. 2007. Design criteria for rotating flow cells in rectangular aquaculture tanks. *Aquacultural Engineering* 36: 36–44.
- Odeh, M., Schrock, R., Gannam, A., 2004. Comparative Hydraulics of Two Fishery Research Circular Tanks and Recommendations for Control of Experimental Bias. *Journal of Applied Aquaculture*, 14:3-4, 1-23.
- Rahimi, M., Parvareh, A. (2005). "Experimental and CFD investigation on mixing by a jet in a semi-industrial stirred tank." *Chemical Engineering* 115: 85-92.
- Rasmussen, M. et al 2005. Do fish enhance tank mixing?. *Aquaculture* 250: 162– 174.
- Ross, R.M., Watten, B.J., Krise, W.F., DiLauro, M.N., Soderberg, R.W., 1995. Influence of tank design and hydraulic loading on the behavior, growth and metabolism of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquacult. Eng.* 14, 29–47.
- Skybakmoen, S., 1989. Impact of water hydraulics on water quality in fish rearing units. In: Conference 3—Water Treatment and Quality, Proc. of AquaNor 89, 11–16 August 1989. AquaNor, Trondheim, Norway, pp. 17–21.
- Stratton, H. 1976. *Liquid Jet Eductors – The "Pumps" with No Moving Parts*. Ametek, Inc., Schutte & Koerting Div., Cornwell Heights, PA. Technical Publishing Company.
- Timmons, M.B., Summerfelt, S.T., Vinci, B.J., 1998. Review of circular tank technology and management. *Aquacult. Eng.* 18, 51–69.
- Timmons, M. et al 2002. *Sistemas de recirculación para la acuicultura*. Fundación Chile, Santiago, 750 pp.
- Tvinnereim, K., Skybakmoen, S., 1989. Water exchange and self-cleaning in fish rearing tanks. In: De Pauw, N., Jaspers, E., Ackefors, H., Wilkens, N. (Eds.), *Aquaculture: A Biotechnology in Progress*. European Aquaculture Society, Bredena, Belgium, pp. 1041–1047.
- Tyedmers, P.H., 2000. Salmon and sustainability: the biophysical cost of producing salmon through the commercial salmon fishery and the intensive salmon culture industry. Ph.D. thesis, University of British Columbia, 258 pp.
- Venegas, P.A., Narváez, A.L., Arriagada, A.E., Llancaleo, K.A., 2014. Hydrodynamic effects of use of eductors (Jet-Mixing Eductor) for water inlet on circular tank fish culture. *Aquacultural Engineering* 59, 13-22.
- Watten, J.W., Honeyfield, D.C., Schwartz, M.F., 2000. Hydraulic characteristics of a rectangular mixed-cell rearing unit. *Aquacult. Eng.* 24, 59–73.



UCSC

OFICINA DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
DIRECCIÓN DE INNOVACIÓN

Sistema de Autolimpieza para Acuicultura

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN

RESUMEN DE LA TECNOLOGÍA

Es un sistema físico (disco de fijación) y un método que permite la remoción rápida y continua de residuos sólidos que se acumulan al interior de los estanques circulares de cultivo utilizados en acuicultura en tierra. El sistema optimiza las condiciones fluido-dinámicas que aseguran la formación del efecto de autolimpieza y mezcla en el estanque con bajo consumo de agua y energía. La remoción de los residuos y la mezcla se realiza incluso cuando las condiciones fluido-dinámicas en el estanque, velocidad de rotación del agua y/o la relación de aspecto entre el diámetro del estanque y la altura del agua, no son las consideradas adecuadas o convencionales según el estado del arte. La presente tecnología no requiere para su operación generar valores de velocidad circular en el agua que afecten negativamente al normal desarrollo de las especies en cultivo, así como también, no requiere modificar estructuralmente los estanques existentes.



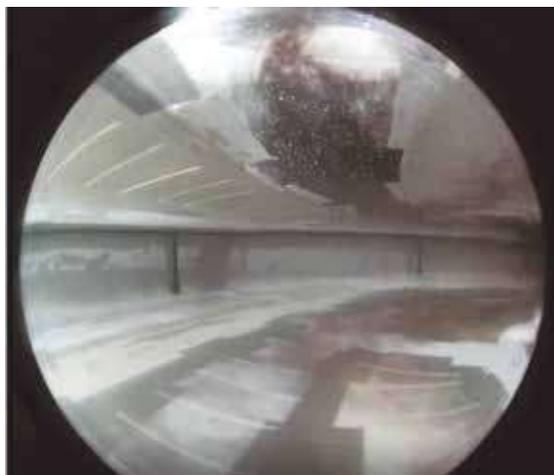
BENEFICIOS

- Mejora la calidad del agua al interior de los estanques de cultivo, al permitir la remoción rápida y continua los residuos sólidos orgánicos que se acumulan en los estanques, evitando su degradación.
- Permite asegurar condiciones hidráulicas adecuadas para el cultivo seguro de las primeras etapas de desarrollo de los alevines (profundidad y velocidad del agua), evitando el estrés o daño mecánico en los individuos.
- Permite asegurar condiciones de autolimpieza y mezcla apropiadas al interior de los estanques de cultivo, sin la necesidad de satisfacer las condiciones convencionales de velocidad angular del agua y/o una relación de aspecto determinada entre el diámetro del estanque y la altura de agua y la altura de agua, no son las consideradas adecuadas o convencionales según el estado del arte.
- Esta tecnología no requiere del uso de altas tasas re-uso de agua para generar velocidad circular o arrastre de partículas al interior de los estanques, por lo que se reduce drásticamente el consumo de este insumo, el tamaño de los sistemas y equipos para su tratamiento y acondicionamiento, el espacio para estos equipamientos y principalmente, la demanda de energía para toda la operación.
- Dadas las cualidades de la tecnología, esta es muy útil en las fases tempranas del cultivo de alevines de salmones e igual de relevante para el cultivo de especies bentónicas como peces planos, moluscos o crustáceos. La tecnología no es invasiva ni dañina para las especies en cultivo.
- No se requiere modificar ni reemplazar los estanques de cultivo existentes.

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

El sistema comprende un disco separador de milímetros de espesor, de un diámetro similar al del estanque de cultivo y que posee una pluralidad de tamices que permiten sólo el paso de residuos sólidos de un tamaño normal para la etapa de cultivo. El disco se instala al interior del estanque de cultivo y en la sección inferior se generan las condiciones fluido-dinámicas que permiten la vorticidad, succión de residuos por el tamiz y la autolimpieza del estanque completo. En la sección inferior que se forma, se concentran y eliminan rápidamente los residuos sólidos por un desagüe central.

Durante la operación del disco, el dispositivo de inyección de agua original del estanque se utiliza para mover la masa de agua de la sección superior y lograr condiciones de velocidad adecuadas para la especie en cultivo. Para la sección inferior, se instala un sistema de inyección independiente que es operado y controlado para generar condiciones fluido dinámicas que permitan que la masa de agua en esta sección rote formando un vórtice de succión en toda la superficie inferior del disco de separación, arrastrando las partículas de la superficie superior del disco hacia abajo. Una vez traspasados a la sección inferior, los residuos sólidos son transportados por los flujos primario y secundario hacia un desagüe central conectado a una tubería de desagüe, y son transportados fuera del estanque de cultivo a sistemas convencionales de limpieza y filtración para el tratamiento del agua.



USOS Y APLICACIONES

Acuicultura confinada en tierra de pequeña, mediana y gran escala, que requiera generar y asegurar condiciones de cultivo y de calidad de agua adecuadas para la especie de interés comercial y reducir consumos de agua y energía. Industria de cultivo de peces (pelágicos, bentónicos y demersales), moluscos, crustáceos y algas.

PROPIEDAD INTELECTUAL

Titular: Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile.

Esta tecnología cuenta con Solicitud de patente: PCT/IB2019/060712

ESTADO DE LATECNOLOGÍA

TRL 5, Validación de componente y/o disposición de los mismos en un entorno relevante.

OPORTUNIDAD DE NEGOCIO

Tecnología disponible para licenciamiento.



INVESTIGADORES

Pablo Venegas Cabello

Ingeniero Pesquero, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Máster en Gestión y Planificación del Medio Natural, Universidad Internacional de Andalucía, España.

Principales áreas de interés de investigación: Acuicultura, Bioingeniería, Ciencias del Medio Ambiente y Pesca.

<https://ingenieria.ucsc.cl/persona/pablo-venegas-cabello/>

Katherine Llancaleo Sánchez

Ingeniera en Acuicultura y Pesca, Universidad Católica de la Santísima Concepción.

Principales áreas de interés de investigación: Acuicultura, Bioingeniería, Ciencias del Medio Ambiente y Pesca.

CONTACTO

Oficina de Transferencia Tecnológica UCSC

ott@ucsc.cl

+56 41 234 5105

ott.ucsc.cl

Pisciculturas en Chile

HACIA LA ECONOMÍA CIRCULAR



UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
TEMUCO



Algas Bucalemu Ltda.

Proyecto FONDEF ID19I10412
Ingeniería y Gestión Ambiental Faro Verde;
Algas Bucalemu Ltda. y Gromor S. A.

A Mardones^{1,2*} G Cabrera-Barjas³ C Pichara⁴ O Betancourt⁵ C Castillo^{1, 2} and X Salas-Carrasco⁴

¹Departamento de Ciencias Agropecuarias y Acuícolas. Universidad Católica de Temuco. Chile

²Núcleo de Investigación en Producción Alimentaria. Universidad Católica de Temuco.

³Unidad de Desarrollo Tecnológico. Universidad de Concepción. Chile

⁴Departamento de Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad Católica de Temuco.

⁵Departamento de Medicina Veterinaria y Salud Pública. Universidad Católica de Temuco.

* E-mail: mardolaz@uct.cl

Resumen

En su fase de agua dulce, el cultivo de salmón genera pasivos ambientales como las heces de los peces, los alimentos que no consumen y la mortalidad natural del proceso productivo. Estos últimos se tratan con ácido fórmico y se usan para la fabricación de harinas para alimentación animal. A su vez, se estima que aproximadamente el 10% de los alimentos suministrados a los peces no es consumido y que el 90% restante, después de ser digerido, produce el 13% de las heces. Ambos residuos pasan por un pretratamiento estabilizador y un proceso de concentración y luego se eliminan como lodos. En la actualidad, el lodo se dispone principalmente en rellenos sanitarios, donde su hedor afecta a las comunidades locales. Además, se libera CO₂ a la atmósfera debido a la descomposición del mismo, lo que contribuye a la huella de carbono neta de esta industria y se suma al problema global de las emisiones de gases de efecto invernadero.

En Chile, hay unas 957 pisciculturas de agua dulce, que generan unas 522.182 toneladas de lodo por año como producto de desecho. La gestión de estos residuos genera una considerable preocupación ambiental, económica y social. Tal problema se encuentra principalmente en la región de la Araucanía (Chile), donde se ubican 53 pisciculturas industriales donde nacen dos de cada cinco salmones que exporta Chile.

En el contexto de la economía circular, nuestro grupo de investigación ha estado trabajando en tres proyectos de investigación, destinados a agregar valor al lodo. Estos son: 1. Uso de lodo como enmienda a suelos agrícolas y forestales, 2. Uso de lodos como materia prima para obtener energía térmica, y 3. Uso de desechos líquidos del proceso de prensado de los lodos para fertirrigación.

Cuando se utiliza el lodo como fuente de energía renovable, estudios previos corroboran que el valor calorífico del gránulo obtenido oscila entre 4.612 y 4.886 kcal / kg. Por lo tanto, estos gránulos tienen el potencial de ser utilizados en el proceso pro-

ductivo de las granjas de salmón, aumentando su sostenibilidad. Se ha desarrollado un proyecto para investigar y crear un prototipo de un producto que llamaremos «enmienda del suelo», utilizando una mezcla de lodos de pisciculturas y los desechos resultantes del procesamiento de algas.

Finalmente, para reducir la concentración de nitrógeno y fósforo en lodos en las plantas de clarificación, se estudió el uso de técnicas de acuaponía e hidropónicas, de la fracción líquida. La flor conocida como crisantemo (*Chrysanthemum spp.*) fue seleccionada como especie modelo debido a su valor comercial y facilidad de manejo.

En el presente trabajo, se presentarán los resultados asociados con estos tres casos locales de economía circular en pisciculturas de agua dulce chilenas, investigados por los investigadores de la Universidad Católica de Temuco.

Introducción

Cepal en el 2016 señaló, que la extracción mundial de materiales se triplicó en cuatro décadas, agudizando el proceso de cambio climático y la contaminación atmosférica. Tenemos que ser capaces de desacoplar el bienestar humano del consumo de recursos. Economía lineal con su mecánica sistémica de “**tomar, hacer, desechar**”. Las maniobras de “**reducir, reutilizar y reciclar**”, buscan reorientar la actuación de la sociedad.

La actividad productiva de las piscifactorías genera principalmente desechos sólidos (RIS) y líquidos (RIL). El RIS, llamado “lodo”, corresponde a las heces de peces y los alimentos residuales no consumidos. El residuo líquido consiste en la orina de los peces y otros compuestos metabólicos disueltos (Figura 1). Tanto RIS como RIL se eliminan utilizando métodos de separación combinados, por ejemplo, decantación-filtración-dilución. En el caso del RIS, se obtiene una torta de lodo que contiene entre 75 a 85% (p/p) de agua como producto final, mientras que la RIL



Lodos



Mortalidades



Nutrientes disueltos



Figura 1: Residuos líquidos y sólidos de las pisciculturas.

se disuelve en el agua efluente de las granjas piscícolas. Las regulaciones indican que los límites máximos de desechos líquidos que pueden descargarse en los cuerpos de agua de los ríos son 50 mg/L de nitrógeno total y 10 mg/L de fósforo total.

El cambio climático es uno de los mayores desafíos que la humanidad tiene que enfrentar hoy. La generación masiva de desechos, como el lodo en las plantas de tratamiento de aguas residuales de las pisciculturas y los desechos de algas, causa un fuerte impacto ambiental. Por lo tanto, el manejo de estos residuos siempre genera una considerable preocupación ambiental, económica y social, principalmente a nivel regional en la región de la Araucanía. Esto está asociado con el manejo y disposición final de los residuos, debido al alto volumen de lodos que se generan. En Chile, existe una regulación para la gestión de lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales, que no permite su disposición directa a suelos agrícolas o forestales.

En la mayoría de los casos, el lodo se estabiliza, deshidrata y elimina en vertederos (64% del total nacional), sin ningún uso alternativo que pueda generar valor. Hasta ahora, las principales propuestas para el uso de dichos residuos se han centrado en la generación de biogás (metano) (Goddek *et al.*, 2018). Sin embargo, se requiere una gran inversión para instalar este tipo de planta, por lo tanto, es necesario encontrar otras alternativas más baratas para el uso masivo de residuos que también puedan generar una nueva propuesta de valor.

El lodo en forma de Residuos Industriales Sólidos (RIS) generado

en las pisciculturas tiene un alto impacto ambiental, tanto local como globalmente, y afecta especialmente el fondo de los cuerpos de agua. Esta es una de las grandes preocupaciones ambientales del país y es especialmente relevante en el cultivo de salmón. Además, el lodo puede contener microorganismos patógenos, parásitos y residuos químicos como inductores de desove, anestésicos, antimicrobianos y desinfectantes (Hepp, 2012).

CASO 1. Uso de algas marinas y lodos de piscicultura para enmendador del suelo

El Ministerio de Agricultura de Chile mantiene un "Programa de recuperación de suelos degradados" con un fuerte énfasis en la fertilización de fosfato, enmiendas de piedra caliza, praderas, prácticas de conservación de suelos y rotación de cultivos. Sin embargo, no estimula el uso de lodos residuales (Hepp, 2012). No obstante, la industria de las algas ha crecido dramáticamente en los últimos años. En 2012, la acuicultura produjo más de 23 millones de toneladas de algas secas, principalmente para consumo humano (Loureiro *et al.*, 2015).

Los desechos del procesamiento de algas marinas y los producidos por algazos, sargazos o varazones de algas, se eliminan en vertederos municipales sin ningún tratamiento previo. En ambos casos, el transporte y la eliminación de estos desechos implican costos para las empresas que los generan. Por lo tanto, si la idea es convertir a Chile en un país basado en una "economía circular", extendiendo la vida útil de los productos, es necesario reutilizar estos desechos y convertirlos en insumos para la generación de nuevos productos con valor agregado.



Figura 2: Filtro prensa y estanque acumulador de una piscicultura.

Se han llevado a cabo tres ensayos preliminares utilizando residuos de algas marinas llamados “brozas” (tamaño de partícula de 0,5 a 1 cm) y restos de algas marinas como una enmienda del suelo (Jara, 2019), comparándolos con diferentes tipos de fertilizantes orgánicos e inorgánicos.

Los resultados mostraron que el tratamiento con ensilaje de algas secas aeróbicas con compostaje de residuos vegetales produjo una mayor estimulación del crecimiento y desarrollo de las plantas. Este tratamiento mostró los mejores resultados en los parámetros medidos: Longitud de la planta (cm), peso de la planta (g) y longitud de la hoja (cm), 35 días después de la germinación de la planta.

Estudios recientes han examinado el potencial de la metodología de ensilaje para preservar las algas mediante la digestión aeróbica y anaeróbica (Mardones y Cordero, 2012). Como resultado, se produce un material estable que contiene humedad y se conserva en un medio ácido. Tradicionalmente, esto ha proporcionado alimento para el ganado cuando el forraje fresco es limitado o no está disponible. Del mismo modo, el ensilaje podría ser un suministro no estacional de material para aplicaciones bio-renovables en la agricultura.

En los últimos años, varios proyectos de investigación sobre ensilaje de algas marinas para diferentes aplicaciones (alimentación animal, biocombustibles, etc.), han ganado fuerza (Cabrita *et al.*, 2017; Herrmann *et al.*, 2015). La Universidad Católica de Temuco participó entre los años 2006 al 2008, el proyecto FONDEF D05110224: “Prospección y evaluación de productos vegetales como nueva alternativa de alimento para el cultivo intensivo del abalón rojo”, donde se desarrolló alimentos para abalones a partir de algas ensiladas. Se demostró que, a través del ensilaje, los nutrientes de las algas se hicieron biodisponibles para el abalón (*Haliotis rufescens*), mejorando su asimilación (Mardones *et al.*, 2015). Por lo tanto, existe cierta evidencia que respalda el uso del proceso de ensilaje de algas y las ventajas que ofrece el producto final.

Recientemente, el equipo de investigación se adjudicó el proyecto FONDEF ID10110412: “Desarrollo de enmendador para suelos agrícola-forestales, en base al reciclaje de lodos de pisciculturas y desechos de algas (brozas)”, el que trabajará sistematizando lo avanzado para producir enmendadores de suelos, eventualmente fertilizantes, hasta el año 2021.

CASO 2. Lodos como biomasa para combustible

En otro de los proyectos de nuestro equipo, un FONDEF VIU

170072: “Optimización del manejo de los lodos de piscicultura como residuos industriales sólidos (RIS)”, realizado entre el 2017 y 2018, se investigó el uso del lodo de las pisciculturas como fuente de energía. De esta manera, los desechos orgánicos podrían convertirse en una fuente de energía renovable (Figura 2). Se estableció que después de que el lodo se somete a un tratamiento mecánico para eliminar el exceso de agua, es necesario un tratamiento de secado térmico. Este proceso agiliza el manejo de lodos sólidos, para el transporte, almacenamiento y eliminación (Li *et al.*, 2016). Se determinó que los gránulos del lodo de los peces tienen un valor calorífico entre 4.612 kcal/kg a 4.886 kcal/kg.

La propuesta se sustenta, en la gran cantidad de lodos producidos en la industria del salmón. De la cantidad total de alimentos suministrados al pescado, aproximadamente el 10% no se consume y el 90% restante después de ser digerido, produce el 13% de las heces. Por lo tanto, la cantidad de lodo seco teóricamente correspondería al 23% del total de alimentos entregados diariamente a los peces en cultivo.

En el 2019 la producción de salmónidos fue de 953.300 toneladas (SERNAPESCA, 2019), utilizando el factor de conversión biológica de 1,3 como promedio en la industria, la cantidad de alimentos utilizados fue de 1.239.290 toneladas. Teniendo en cuenta que sólo el 5% de los alimentos es ocupado en las pisciculturas de agua dulce, se estima que se generan unas 34,17 toneladas de lodo diariamente. Este lodo debe depositarse en vertederos autorizados, lo que implica un gasto adicional para las empresas. Además, constituyen una responsabilidad medioambiental preocupante; por lo tanto, el uso de lodo del cultivo como fuente de energía parece ser una alternativa viable.

CASO 3. Uso de residuos líquidos para fertirriego

Otro estudio fue realizado para la reducción de nitrógeno y fósforo en los residuos industriales líquidos (RIL) generado por el tratamiento de la planta, en una piscicultura en la región de la Araucanía. Se examinó el potencial para el uso de este RIL en fertirrigación en nutrición vegetal. Se evaluó el uso de técnicas adaptadas de la acuaponía e hidroponía para reducir la carga de macronutrientes (N y P) (Figura 3), porque son similares a los niveles de fertirrigación aplicados a cultivos hidropónicos (Monsees *et al.*, 2017).

Entre las principales tecnologías de cultivo mediante hidroponía se encuentran: Sistema de raíz flotante (FRS, Floating root system), donde las raíces de las plantas permanecen en contacto con el agua que debe ser oxigenada diariamente. El sistema FRS es el sistema de cultivo hidropónico más utilizado a escala comercial. Se necesita un estanque para almacenar la solución de nutrientes, un sistema



Figura 3: Proyecto de fertirrigación para la producción de *Chrysanthemum*.

de bombeo automatizado y un sistema de tubos interconectados. Se hacen agujeros para colocar los contenedores de la planta. En el sistema de sustrato sólido, se usa un medio sólido (sustrato) para sostener las raíces de las plantas y es el más comúnmente utilizado en hidroponía y acuaponía (Colagrosso, 2014).

Considerando las alternativas existentes, se propuso la implementación de un método de canaleta, que consiste en la circulación constante de una capa de solución nutritiva y agua. En este caso, el RIL pasa a través de las raíces del cultivo de vegetales, evitando así perder o estropear la solución nutritiva. Por lo tanto, se transforma en un sistema de almacenamiento del RIL cerrado donde este se recircula a través del sistema a través de tuberías de PVC y una bomba. Además, se puede mantener un tanque de almacenamiento con agua del grifo sin nutrientes. Por lo tanto, el RIL está disponible para su aplicación en plantas y también permite preparar la mezcla deseada de agua más nutrientes del RIL. De esta manera, la dosis de nutrientes se puede ajustar de acuerdo con los requerimientos de minerales de la planta. Las concentraciones de N y P que se utilizarán, se corrigen en base al análisis foliar periódico de la planta.

Otros macro y micronutrientes ausentes en el RIL deben agregarse externamente. Se determinó que se necesitarían casi 900 m² de cultivo de plantas de crisantemo con una densidad de plantas de 20 plantas por m². De esta forma, se trató el 96% del volumen producido por día, de acuerdo con cálculos procesados en la concentración de nutrientes del RIL.

Según Calvache (2013), el tipo óptimo de planta para usar en la extracción de nutrientes es el crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*), esto se debe a la alta frecuencia de aplicación de fertirrigación en comparación con otras flores cortadas y al aumento de los requisitos de nutrientes. Además, en la región de la Araucanía, hay plantaciones de crisantemo exitosas, lo que indica que un clima frío no es un impedimento para su cultivo (Chahin, 2000).

Con respecto a las observaciones de P en el RIL, se especificó un promedio de 11±5mg/L considerado un requerimiento de agua de crisantemo con una dosis de fertirrigación de 25mg/L, notar que la concentración de P en el RIL es 14,2mg/L por debajo de la concentración requerida para las plantas. En el caso de las concentraciones de N, hubo una concentración promedio de 49±19mg/L, que está en el mismo rango que los 50mg/L que

requiere esta planta para un crecimiento óptimo. Dada la aplicación frecuente del RIL con una concentración subóptima de nutrientes y el hecho de que los crisantemos no tienen daños de fitotoxicidad, se estima que los nutrientes absorbidos por las plantas pueden reducirse.

Con respecto a las dificultades de N y P en el flujo del RIL en una piscicultura promedio, se necesitarían 900m² de cultivo de flores de crisantemo a una densidad de 20 plantas/m² si el objetivo es reducir la concentración de N y P del RIL en un 96%.

Referencias

- Cabrita A R J Maia MRG Sousa-Pinto I & AJM Fonseca.** 2017. Ensilage of seaweeds from an integrated multi-trophic aquaculture system *Algal Research* 24 pp 290-298 DOI:10.1016/j.algal.2017.04.024.
- Calvache M.** 2013. Fertirrigación en cultivos ornamentales Universidad Central del Ecuador.
- Chahin M.** 2000. Producción de flores en la región de la Araucanía Gobierno de Chile Ministerio de Agricultura Instituto de Investigaciones Agropecuarias - Carillanca.
- Colagrosso A.** 2014. Instalación y manejo de sistemas de cultivo acuapónicos a pequeña escala Editorial You can print Self-Publishing Rome Italia p 61.
- Goddek S Delaide B Joyce A Wuertz S Haïssam Jijakli M Gross A Eding E Bläser I Reuter M Keizer P Morgenstern R Körner O Verreth J & K Keesman K.** 2018. Nutrient mineralization and organic matter reduction performance of RAS-based sludge in sequential UASB-EGSB reactors *Aquacultural Engineering* 83 pp 10-19 DOI: 10.1016/j.aquaeng.2018.07.003.
- Herrmann C J Fitz Gerald R O'Shea R P O'Kiely & J Murphy.** 2015. Ensilage of seaweed for a seaweed biofuel industry *Bioresource Technology* 196 pp 301-313.
- Hepp C.** 2012. Resultados preliminares sobre uso de lodos de pisciculturas sobre suelos agropecuarios de origen volcánico de la Patagonia Occidental (Aysén) Instituto de Investigaciones Agropecuarias Centro de Investigación INIA Tamel Aike Coyhaique Aysén-Patagonia Chile Boletín técnico 223 p 82.
- Jara V.** 2019. Uso de algas marinas y residuos vegetales, como fertilizantes naturales para la agricultura Tesis para optar al Título de Ingeniero en Acuicultura Universidad Católica de Temuco Chile p 39.
- Li J, Fraikin L Salmon T Plougonven E D Toye & A Léonard.** 2016. Convective drying behavior of sawdust-sludge mixtures in a fixed bed *Drying Technology* 34:4 pp 395-402 DOI: 10.1080/07373937.2015.1076835.
- Loureiro R Gachon C M M & Rebours C.** 2015. Seaweed cultivation: potential and challenges of crop domestication at an unprecedented pace *New Phytol.* 26 (2) pp 489– 492 DOI:10.1111/nph.13278.
- Mardones A & R Cordero.** 2012. Desarrollo del ensilado de algas marinas Alimento para el cultivo de herbívoros marinos Ed ISBN 978-3-8484-7542-1 por la Editorial LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG en la Editorial Académica Española.
- Mardones A Cordero R Augsburger A & P De Los Ríos-Escalante.** 2015. Development of algae *Gracilaria chilensis* silage for feeding red abalone *Haliotis rufescens*. *Latin American Journal of Aquatic Research* 43(2) pp 295-303 DOI: 10.3856/vol43-issue2-fulltext-4.
- Monsees H Keitel J Paul M Kloas W & S Wuertz.** 2017. Potential of aquacultural sludge treatment for aquaponics: evaluation of nutrient mobilization under aerobic and anaerobic conditions *Aquac Environ Interact* 9 pp 9-18 DOI: 10.3354/aei00205.
- Sandoval J.** 2017. Uso de algas o varazones de algas marinas, como fertilizantes naturales para la agricultura. Tesis para optar al Título de Ingeniero en Acuicultura Universidad Católica de Temuco Chile p 45.

Proyecto de Cooperación Chile-Japón

Desarrollo de métodos de monitoreo y sistema de predicción de floraciones algales nocivas para una acuicultura y pesca costera sustentable en Chile



UNIVERSIDAD DE LOS LAGOS



Milko Jorquera¹, Leonardo Guzmán², Gonzalo Gajardo³ y Carlos Riquelme⁴

¹ Laboratorio de Ecología Microbiana Aplicada (EMALAB), Núcleo Científico Tecnológico en Biorrecursos (BIOREN), Universidad de La Frontera (UFRO), Temuco. [milko.jorquera@ufrontera.cl]

² Centro de Estudios de Algas Nocivas (CREAN), Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Puerto Montt. [leonardo.guzman@ifop.cl]

³ Laboratorio de Genética, Acuicultura & Biodiversidad, Depto. Ciencias Biológicas y Biodiversidad, Universidad de Los Lagos (ULAGOS), Osorno. [ggajardo@ulagos.cl]

⁴ Centro de Bioinnovación, Facultad de Ciencias del Mar y Recursos Biológicos, Universidad de Antofagasta (UA), Antofagasta. [ceriquelme@gmail.com]
www.mach-satreps.org/es



1. Introducción

Las floraciones de algas nocivas (FANs) son fenómenos naturales y recurrentes causados por organismos fitoplanctónicos microscópicos que en condiciones ambientales favorables para su desarrollo se multiplican explosivamente con riesgo para la salud humana, la vida marina y la economía del área afectada (CONA, 2020). Su impacto económico y social es producto del daño causado a la acuicultura regional y al sector pesquero artesanal que comercializa moluscos bivalvos filtradores. Todo ello quedó de manifiesto en el evento del año 2016 causado por las especies *Pseudochattonella verruculosa* y *Alexandrium catenella*, que provocaron alta mortalidad de peces y bivalvos, con pérdidas en exportaciones de ~800 millones de dólares, y movilizaciones sociales y protestas en la isla de Chiloé (Díaz *et al.*, 2019).

Aunque existen diversos programas de monitoreo de FANs en Chile y en el mundo, su variabilidad espaciotemporal y la falta de conocimientos respecto de que factores gatillan el fenómeno, hacen difícil encontrar contramedidas eficientes, y las respuestas actuales son paliativas como prohibir la comercialización de moluscos o, alternativamente, mover las jaulas de salmones o cuelgas de mitílidos a lugares no contaminados. Tradicionalmente el foco de estos programas son el monitoreo de variables ambientales y parámetros fisicoquímicos del agua, y cuantificación e identificación microscópica de especies fitoplanctónicas complementadas con pruebas moleculares. En un escenario de cambio climático y de otras perturbaciones antrópicas, se proyecta un incremento en la ocurrencia de eventos de FANs, dificultando cumplir con estándares internacionales para el manejo sustentable de ecosistemas y de seguridad alimentaria. En este contexto, el Proyecto para el Desarrollo de Métodos de Monitoreo y Sistema de Predicción de Floraciones Algales Nocivas para una Acuicultura y Pesca Costera Sustentable en Chile, también conocido como **Monitoreo de Algas en Chile (MACH)**, es un esfuerzo colaborativo científico y tecnológico entre Chile y Japón con una mirada holística-ecosistémica que reconoce que el fenómeno de FANs depende de la calidad ambiental y de la diversidad biótica del ecosistema producto de lo cual se establecen relaciones de colaboración (mutualismo) y antagonicas (parasitismo) entre la diversidad microbiana y especies fitoplanctónicas. La hipótesis de trabajo es que ciertas bacterias asociadas a algas inducen o reprimen la ocurrencia de FANs a lo largo de la costa de Chile y en el mar interior de la Isla de Chiloé donde se concentra la actividad acuícola regional.

2. Colaboración científica y tecnológica asociativa Chile-Japón para el desarrollo sustentable

El proyecto MACH es financiado por el Programa Asociativo de Investigación en Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Sustentable (SATREPS), que es un programa del gobierno japonés que promueve la investigación conjunta internacional. El programa está estructurado como una colaboración entre la Agencia Japonesa de Ciencia y Tecnología (JST), que proporciona fondos de investigación competitivos para proyectos de ciencia y tecnología, y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), que proporciona fondos de asistencia para el Desarrollo, a través de la transferencia tecnológica, donación de equipamientos, entre otros aspectos necesarios para alcanzar las metas propuestas dentro del marco de la cooperación y contribuir a los objetivos de desarrollo sostenible.

El programa SATREPS promueve la cooperación científica y tecnológica entre Japón y países en desarrollo para abordar problemas globales como son el medio ambiente, cambio climático, enfermedades infecciosas, los desastres naturales, recursos

biológicos y, en este caso, las FANs como tema prioritario tanto para Chile como Japón. El proyecto MACH está conformado por un grupo selecto de profesionales de ambos países (10 investigadores, 3 postdoctorantes, 7 asistentes de investigación y 2 asistentes de administración y gestión, y 1 asistente de difusión y divulgación) a cargo de diferentes objetivos del proyecto, con experiencia en la gestión y ejecución de proyectos científicos en las áreas de microbiología marina, fitoplancton marino, biología molecular, genética, metagenómica y bioinformática.

También son parte del proyecto MACH instituciones públicas como la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) y Ministerio de Salud (MINSAL), y entidades privadas como el Instituto Tecnológico del Salmón (INTESAL) e Instituto Tecnológico de Mitilicultura (INTEMIT). De esta manera el proyecto es un consorcio que involucra a todos los *stakeholders*: Academia, Sector Público y Privado.



Reunión de Comité de Coordinación Conjunto y seminario de divulgación desarrollados en el marco del Proyecto MACH con representantes de la academia, sector público y sector privado de Chile y Japón.

3. Holobioma: una aproximación holística al ecosistema marino

El proyecto MACH propone entender las FANs como un holobioma (holo=completo, bioma=ecosistema), es decir, la suma total de los genomas microbianos ambientales asociados a un huésped eucariota (Guerrero *et al.*, 2013). Así, el proyecto se centra en desentrañar la diversidad microbiana y sus redes de conexión e interacciones biológicas con algas hospedadoras. Este es el carácter distintivo e innovador para nuestra realidad local, a pesar de que desde la década de los 80's investigadores japoneses aportaron evidencia de que las bacterias interactúan de manera simbiótica y antagónica con algas formadoras de floraciones, estimulando o inhibiendo su crecimiento. Sin embargo, las FANs involucran una alta diversidad microbiana y sus redes de conexión e interacciones son complejas y dinámicas, por ello se

requiere el apoyo de nuevas tecnologías como la secuenciación de alto rendimiento y recursos bioinformáticos para identificar los microbiomas asociados a las algas, y relacionarlos con los parámetros tradicionalmente considerados en su estudio.

Finalmente, pero por eso no menos relevante, el proyecto MACH pretende transferir y divulgar el conocimiento adquirido a la sociedad chilena en su conjunto, incluyendo sector público, sector privado, pescadores artesanales, científicos jóvenes, estudiantes y ciudadano común. Se espera que el conocimiento logrado permita el desarrollo de políticas y herramientas eficaces para enfrentar episodios de FANs en Chile.

4. Monitoreo y Diversidad microbológica: una propuesta metodológica estandarizada

A pesar de la realización de monitoreos sistemáticos de FANs a diversas escalas espaciotemporales por el organismo asesor del gobierno para estos efectos, IFOP, los procedimientos son complicados y existe una diversidad de metodologías para las mediciones físicas, químicas y biológicas de muestras de agua, dependiendo de los grupos involucrados. Por lo mismo, en un artículo hemos propuesto el uso de métodos intercalibrados para un análisis comparativo de los datos, los que combinan meto-

dologías clásicas de monitoreo con métodos moleculares, considerando costos, disponibilidad de materiales e instrumentos, y la facilidad y eficiencia del desempeño de monitoreo (Yarimizu *et al.*, 2020). El artículo también presenta los resultados de un estudio metagenómico piloto que revela la gran diversidad bacteriana asociadas especies fitoplanctónicas y que demuestra la viabilidad y plausibilidad del muestreo y análisis desarrollado.

5. Un proyecto en movimiento

A la fecha el programa SATREPS lleva invertido cerca de 400 millones de pesos chilenos y un logro a destacar son las herramientas disponibles para actividades de investigación en terreno, pero también para dar a conocer las metodologías empleadas y los resultados a las comunidades locales y, en general, a la sociedad chilena. En este sentido hay que mencionar el desarrollo de una maleta científica (denominada *Suitcase Lab*) que contiene todo lo necesario para la toma de muestra y la rápida detección de especies fitoplanctónicas asociadas a FANs. Sus características, su uso y su validación con muestras ambientales de *Alexandrium catenella* estará prontamente disponibles en un artículo aceptado (So *et al.*, 2020). Se espera que esta maleta sea atractiva y una herramienta útil para que el sector público y privado del país puedan detectar y realizar monitoreos rutinarios de especies de FANs.

Un gran desafío adquirido por el proyecto MACH es la difusión y divulgación de los resultados y/o conocimiento adquirido a grupos de interés (pescadores artesanales, funcionarios públicos, profesionales del área y jóvenes científicos), así como a estudiantes (educación básica, media y universitaria) y ciudadano común. Para este efecto se adquirió un Laboratorio Móvil, el cual contendrá todo lo necesario para realizar muestreos y análisis en terreno de FANs, incluyendo la extracción y amplificación de ADN microbiano y su posterior secuenciación a través del dispositivo portátil MINION (Oxford Nanopore Technology).

Es importante destacar la generación de un base de datos de genes ribosomales de microorganismos fitoplanctónicos (18S



Maleta científica (*Suitcase Lab*) desarrollada para trabajo en terreno y actividades de difusión y divulgación del proyecto MACH.

ARNr) y bacterias asociadas (16S ARNr) provenientes de aproximadamente 400 muestreos realizados durante el año 2019 (y en aumento durante el año 2020), y sobre 1000 muestras con ADN secuenciado con tecnología MiSeq de Illumina®. Esta información genética está almacenada en el Servidor SOROBAN, adquirido con fondos del proyecto MACH e instalado en el Centro de Modelación y Computación Científica (CMCC) de la UFRO. Toda la información generada durante la ejecución del proyecto MACH será también depositada en una base de datos de acceso público, tales como GenBank (EE. UU.) o DDBJ (Japón) y disponible para otros investigadores interesados en el estudio de FANs.



Muestra a estudiantes de *Suitcase Lab* (maleta científica).



Laboratorio Móvil para realizar muestreos y análisis en terreno de FANs.

6. Un proyecto para la comunidad y para el futuro



Trabajo en terreno y talleres con pescadores artesanales en el marco del proyecto MACH.

Una característica relevante del proyecto MACH es la difusión de los resultados y la divulgación del conocimiento sobre FANs. Para ello se contratará un Asistente de Difusión y Divulgación, para coordinar el desarrollo de la estrategia y acciones operacionales relativas a la difusión, capacitación y educación acerca de las FANs. El Asistente de Difusión y Divulgación también impulsará el establecimiento de un Consorcio para analizar, discutir y compartir información con el sector público, industrial y la academia con el propósito de diseñar, mejorar y/o complementar políticas públicas para reducir los daños económico-sociales de las FANs.

Para el buen funcionamiento y toma de decisiones del Consorcio MACH es también necesario contar con herramientas eficientes. Al término del proyecto se desarrollará un sistema de consulta pública para mejorar y/o complementar los programas de monitoreo y predicción de FANs existentes en Chile. Este sistema será de acceso gratuito, complementado los esfuerzos desarrollados por el IFOP a la fecha, y contendrá toda la información biológica y modelos predictivos generados durante el proyecto para su uso en la mitigación de las alteraciones a la vida marina, la salud humana o la economía del área afectada por FANs.



7. Agradecimientos

Los miembros del proyecto MACH agradecen el aporte pecuniario otorgado por la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, y la disponibilidad de oficinas y acceso a uso de secuenciadores de ADN (MiSeq y ABI3500) otorgado por el Núcleo Científico Tecnológico en Biorecursos (BIOREN), ambos de la UFRO.

Igualmente, el aporte de contraparte de todas las entidades universitarias asociadas, U. de Antofagasta, IFOP y U. de Los Lagos, a través de readecuación de laboratorios para acomodar equipamiento adquirido y oficinas para investigadores japoneses, postdoctorantes y asistentes.

DURACIÓN PROYECTO: Abril 2018 a Marzo 2023

8. Referencias

- CONA. 2020. Comité Oceanográfico Nacional Chile. <http://www.cona.cl/chilesumar/fan.htm>
- Díaz, P.A., G. Álvarez, D. Varela, I. Pérez-Santos, M. Díaz, C. Molinet, M. Seguel, A. Aguilera-Belmonte, L. Guzmán, E. Uribe, J. Rengel, C. Hernández, C. Segura, R.I. Figueroa. 2019. Impacts of harmful algal blooms on the aquaculture industry: Chile as a case study. *Perspectives in Phycology* 6 (1-2): 39 – 50. <https://doi.org/10.1127/pip/2019/0081>
- Guerrero, R., L. Margulis and M. Berlanga. 2013. Symbiogenesis: the holobiont as a unit of evolution. *International Microbiology* (2013) 16:133-143. <https://doi.org/10.2436/20.1501.01.188>
- Fujiyoshi, S., K. Yarimizu, Y. Miyashita, J. Rilling, J.J. Acuña, S. Ueki, G. Gajardo, O. Espinoza-González, L. Guzmán, M.A. Jorquera, S. Nagai and F. Maruyama. 2020.2 Suitcase Lab: New, portable and deployable equipment for rapid detection of specific harmful algae in Chilean coastal waters. *Environ. Sci. Pollut. Res.* Aceptada.
- Yarimizu, K., S. Fujiyoshi, M. Kawai, L. Norambuena-Subiabre, E.K. Cascales, J.I. Rilling, J. Vilugrón, H. Cameron, K. Vergara, J. Morón-López, J.J. Acuña, G. Gajardo, O. Espinoza-González, L. Guzmán, M.A. Jorquera, Satoshi Nagai, Gemita Pizarro, C. Riquelme, S. Ueki and F. Maruyama. 2020. Protocols for monitoring Harmful Algal Blooms for sustainable aquaculture and coastal fisheries in Chile. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(20): 7642. <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/20/7642>.



Matamos por encargo...

NUESTROS SERVICIOS



CONTROL DE AVES

SANITIZACIONES

DES RATIZACIONES

CAPTURA ANIMAL

TERMO NIEBLA

EQUIPOS ATRAPA INSECTOS

NUESTRO EQUIPO



BUSCANOS EN:

Fono Fax (65) 2 253203 / (65) 2 480625
 Cel. +56 9 6830 1662 / +56 9 6830 1647
 Av. Presidente Ibáñez 352 - Puerto Montt



- Temuco
- Valdivia
- Osorno
- Puerto Montt
- Chiloé
- Coyhaique
- Puerto Aysén

info@7plagas.cl / www.7plagas.cl

Biorremediación *in situ* de sedimentos marinos impactados por cultivo intensivo de salmónidos



Carlos P. Aranda^{1*}, Mauricio Pineda², Oscar Mora²

¹ Departamento de Ciencias Biológicas y Biodiversidad, Universidad de Los Lagos, Osorno.

² Unidad de Producción Acuícola (UPA), Universidad de Los Lagos, Osorno-Puerto Montt.

*email: caranda@ulagos.cl

Actualmente Chile es el segundo productor y exportador mundial de salmónidos y las razones que han contribuido a lograr este posicionamiento son varias, destacándose el clima, la geografía y la escasa eutroficación y escasa contaminación inorgánica, orgánica y biológica de los ecosistemas de soporte emplazados en los archipiélagos, canales y fiordos de la patagonia Chilena. Por lo tanto, la preservación de estos ambientes es uno de los principales desafíos de esta importante actividad productiva, y para proteger los ecosistemas se hace necesario una adecuada gestión que permita operar dentro del umbral de la capacidad de carga para prevenir, controlar y, de ser necesario, también remediar los posibles impactos.

Uno de los impactos más críticos de esta actividad es el enriquecimiento orgánico del fondo marino causado por los residuos de alimentos no consumidos y fecas de los salmónidos que caen al sedimento. En condiciones ecológicas normales la mayor parte de la materia orgánica que se deposita en los sedimentos costeros logra finalmente ser mineralizada por bacterias anaerobias reductoras de sulfato de la clase *Deltaproteobacteria*. Como subproducto de esta actividad se produce H_2S que normalmente logra ser reoxidado en los propios sedimentos por múltiples bacterias quimiolitotróficas que dependen de la disponibilidad del poder oxidante del oxígeno, nitratos o compuestos de Fe(III) y Mn(VI) (Jørgensen y col. 2019). Sin embargo, en condiciones de alta carga orgánica, como la ocurrida bajo las instalaciones de acuicultura intensiva, se produce un incremento de la actividad de las bacterias reductoras de sulfato implicando una producción exacerbada de H_2S , con la consecuente emisión de sulfuro disuelto (HS^- y S^{2-}) hacia la columna de agua. Esto estimula el enriquecimiento de una cubierta de microorganismos dominada por bacterias sulfuro oxidantes formadoras de tapete que aparecen como manchas blanquecinas en los registros de inspecciones visuales del fondo, por las propiedades ópticas de alta reflectancia asociada a los gránulos y fibras de azufre que generan. Estas cubiertas son ampliamente consideradas como buenos indicadores de impacto en los sedimentos de acuicultura marina y, de hecho, su detección filmográfica forma parte de la batería de indicadores de anaerobiosis considerados en la normativa chilena.

Según nuestra legislación ambiental (RAMA) y sus múltiples actualizaciones, si se reportan condiciones anaeróbicas en el fondo marino no se permite el ingreso de nuevos lotes de peces a las jaulas mientras no se restablecen las condiciones aeróbicas. El tiempo que puede tardar esta recuperación es variable según las condiciones oceanográficas y el impacto sufrido en la concesión, reportándose incluso casos con más de 4 años para aerobiosis en INFA postanaeróbico (Sernapesca 2018). Este tiempo de recuperación afecta seriamente la valorización económica, ambiental y social de las concesiones afectadas, y también entra en franco conflicto con la exigencia de productividad establecida en la actual normativa sanitaria, pudiendo así implicar su caducidad y la importante pérdida de este activo que compromete la viabilidad de las empresas.

Asumiendo este desafío y consolidando el compromiso de la Universidad de Los Lagos para cultivar el conocimiento científico tecnológico y enfrentar así de manera oportuna los desafíos regionales, nuestro grupo ha desarrollado una línea de investigación tendiente a caracterizar la dinámica del impacto bentónico por enriquecimiento orgánico en los fondos marinos bajo las instalaciones de cultivo. Como principal resultado se logró caracterizar la cubierta de microorganismos estipulada en la normativa ambiental, dominada por bacterias sulfuro oxidantes gigantes formadoras de tapete de la familia *Beggiatoaceae* (Fig. 1), así como también algunos grupos bien definidos de la microbiota asociada en estrecha relación con el tapete, destacando una comunidad diversa de bacterias respiradoras de sulfato que incluye principalmente a las familias *Desulfobacteraceae* y *Desulfovibrionaceae*, además de múltiples oxidantes de sulfuro y otros representantes del ciclo del azufre, con familias tales como *Sulfurovaceae* y también *Desulfobulbaceae*, entre otros (Aranda y col. 2010, 2015). Vale mencionar que las bacterias filamentosas de la familia *Desulfobulbaceae* son ahora ampliamente reconocidas como "bacterias cable" capaces de acoplar eléctricamente la oxidación de sulfuros provenientes de capas más profundas de los primeros centímetros de sedimento con el consumo de oxígeno u otros oxidantes disponibles en la primera capa (Pfeffer y col. 2012, Burdorf y col. 2017) y hoy, junto a las bacterias formadoras

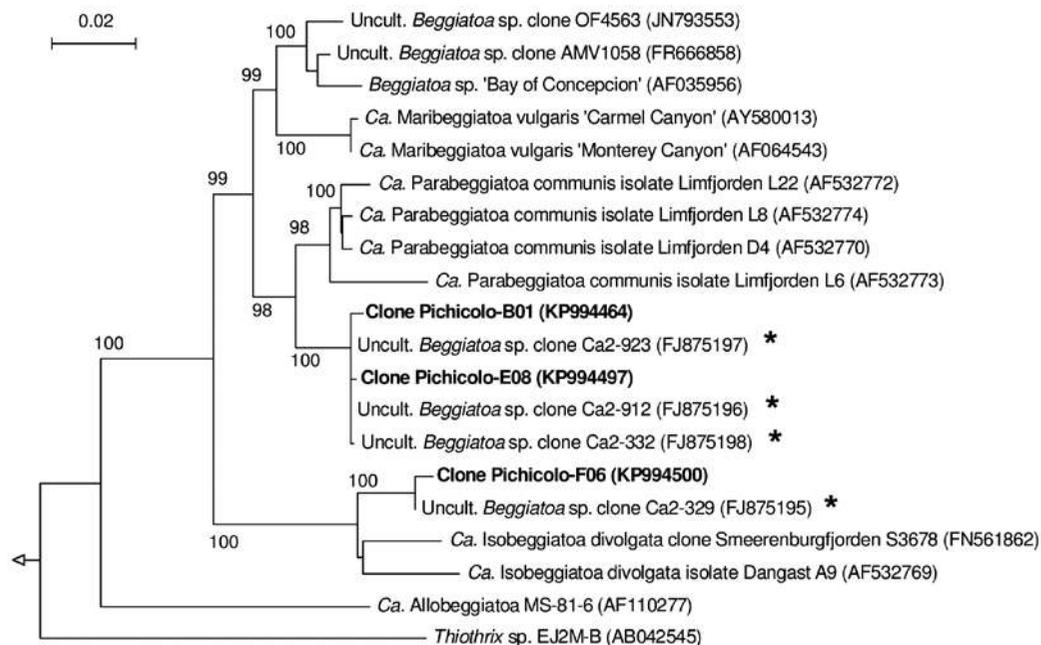


Figura 1. Dendrograma NJ de secuencias de ARNr 16S (posición 61 a 1441) para bacterias de la familia *Beggiatoaceae* formadoras de tapete microbianos en sedimentos cultivo intensivo de salmónidos en Hornopirén (negritas) y Calbuco (*) (Aranda y col. 2015).

ras de tapete, se les atribuye un importante rol en la capacidad para reoxidar el sulfuro producido en los sedimentos (Jørgensen y col. 2019), y con ello la posibilidad de contribuir a incrementar la capacidad para mineralizar el carbono orgánico depositado.

Con el proyecto Fondef ID18110089 **Desarrollo de un sistema bio-electroquímico para la remediación de sedimentos marinos bajo instalaciones de cultivo intensivo de salmónidos** se busca demostrar una prueba de concepto para un proceso de biorremediación que optimizará la operación de los centros de cultivo.

Para las actividades de este proyecto se cuenta con la importante contribución de dos empresas asociadas que se espera formen parte del consorcio que permita la masificación de esta solución. Son la empresa AquaService S.A., que desarrolla soluciones de alta calidad y tecnología para la industria acuícola, y la empresa Gestión Acuícola Marítima y Ambiental Ltda., GEOGAMA, consultora especializada en el desarrollo de proyectos marítimo costeros. Finalmente, con el apoyo de dos empresas salmoneras y la respectiva autorización de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, se procede en este proyecto con ensayos de la prueba de concepto en dos centros de cultivo con fondos blandos y relativo riesgo de INFA anaeróbica, uno ubicado en Fiordo de Reloncaví y el otro en el Fiordo de Aysén. En estos lugares se instalan prototipos y se procede con la validación del efecto *in situ* con distintos parámetros de operación.

Con la validación de la prueba de concepto se dispondrá de una solución que permitirá tanto la recuperación de concesiones acuícolas con cierto grado de deterioro, así como también la protección de aquellas en archipiélagos, canales y fiordos de la patagonia

Chilena con escaso impacto. Como promesa tecnológica se espera que el sistema funcione como un dispositivo de oxidación avanzada y sin ningún tipo de resuspensión y/o remoción de material particulado que pudiese comprometer los parámetros sanitarios y/o ambientales de la concesión, asegurando una tasa de descomposición de la materia orgánica igual a la de sedimentación y evitando la acumulación de materia orgánica y la emanación de sulfuro y metano desde los sedimentos. Con todo, el sistema permitirá evitar la condición anaeróbica definida por normativa, contribuyendo de esta forma a elevar la competitividad de la industria, facilitando especialmente que muchas concesiones recuperen o maximicen su valor ambiental, económico y social.

Referencias

- Aranda y col. (2010) 16S rRNA gene-based molecular analysis of mat-forming and accompanying bacteria covering organically-enriched marine sediments underlying a salmon farm in Southern Chile (Calbuco Island). *Gayana*. 74, 125-135. doi:10.4067/S0717-65382010000200006.
- Aranda y col. (2015) Sulphur-cycling bacteria and ciliated protozoans in a *Beggiatoaceae* mat covering organically enriched sediments beneath a salmon farm in a southern Chilean fjord. *Marine Pollution Bulletin*. 100, 270-278. doi:10.1016/j.marpolbul.2015.08.040.
- Burdorf y col. (2017) Long-distance electron transport occurs globally in marine sediments. *Biogeosciences*. 14, 683-701. doi:10.5194/bg-14-683-2017.
- Jørgensen BB y col. (2019) The biogeochemical sulfur cycle of marine sediments. *Frontiers Microbiology*. 10, 849. doi:10.3389/fmicb.2019.00849.
- Pfeffer y col. (2012) Filamentous bacteria transport electrons over centimetre distances. *Nature*. 491, 218-221. doi:10.1038/nature11586
- Sernapesca (2018) Informe Web INFAS. Planilla de datos. www.sernapesca.cl/index.php?option=com_remository&Itemid=246&unc=startdown&id=17905.

La Universidad de Los Lagos instala el primer microscopio electrónico de barrido y microanálisis elemental en la región



Carlos P. Aranda Borghero

Departamento de Ciencias Biológicas y Biodiversidad, Universidad de Los Lagos, Osorno.
email: caranda@ulagos.cl



Para la Universidad de Los Lagos el conocimiento científico es la base para dar sustento a las políticas públicas, ya que por su intermedio se otorga legitimidad a las decisiones que marcarán el destino de los ciudadanos del territorio. Este conocimiento debe también contribuir a otorgar respuestas a las necesidades de los diversos sectores productivos regionales, mediante una investigación pertinente, con sentido y de calidad.

Por intermedio del proyecto Fondecap EQM180139 la ULagos logra fortalecer su compromiso con la investigación científica multidisciplinaria con la misión de contribuir a transformar, conservar y desarrollar el territorio de la Región de Los Lagos para las siguientes generaciones. Se trata de la implementación del primer Laboratorio de Microscopía Avanzada habilitado con un microscopio electrónico de barrido (SEM) de alta resolución. Este laboratorio es dirigido por su Coordinador Responsable ante Fondecap, Dr. Carlos Aranda, y está ubicado en el Campus Chuyaca de la Universidad de Los Lagos, en la ciudad de Osorno.

El equipo adquirido a la empresa Microxchile SpA es el SEM modelo EVO 15 de la marca ZEISS, con compartimiento de muestras robotizado a 5 ejes y capacidad para trabajar desde alto vacío hasta presión ambiente y con muestras termostatzadas

mediante una platina peltier (-30°C a +45°C). La oferta del laboratorio incluye la capacidad para el recubrimiento de muestras con oro o grafito para la observación de estructuras ocupando la máxima resolución en alto vacío (hasta 3 nm), además, será posible la observación directa en bajo vacío o a presión atmosférica para muestras que requieran condiciones de hidratación y/o congelamiento por su estructura en particular. El microscopio también incorpora un sistema de microanálisis por dispersión de energía de rayos X (EDS) marca Oxford Instruments, con detector analítico tipo SDD Ultim Max de 40 mm² y rango de detección desde los elementos Berilio (Be) al Californio (Cf). Este sistema permitirá el análisis cualitativo y cuantitativo de los elementos presentes en la superficie de las estructuras observadas.

Gracias al carácter interdisciplinario de sus aplicaciones en ciencia y tecnología, este nuevo equipamiento potenciará las investigaciones no sólo de los académicos de la ULagos, sino también de las instituciones asociadas que son el Centro Regional de Investigación INIA Remehue (Osorno) del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y el Laboratorio Regional Los Lagos del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Además, estará disponible para análisis e investigaciones de toda institución que quiera dar uso a esta tecnología.



Figura 1. Equipo EVO 15 de ZEISS.



Figura 2. Plano del Laboratorio de Microscopía Avanzada (LMA-ULagos) habilitado en el Pabellón Riñihue del Campus Chuyaca, Osorno. Incluye el área del SEM-EDS y la sala de preparación de muestras con un secador de punto crítico y un metalizador/grafitador.

Mediante esta iniciativa pionera en la Región de Los Lagos, la ULagos busca crear y enriquecer las alianzas institucionales para ampliar y profundizar los estudios tendientes a conocer y gestionar la riqueza y diversidad biológica de este territorio y sus riesgos ambientales tanto naturales como antropogénicos. Se espera también contribuir a la investigación y desarrollo sustentable de algunos sectores económicos prioritarios en la macrozona como

el acuícola, el agrícola y el ganadero. Se ofrece entonces esta nueva infraestructura como una plataforma de investigación al servicio de los múltiples desafíos y oportunidades regionales.

Este SEM-EDS será operado por el Sr. Mauricio Quiroz, Bioquímico y Mg. en Ciencias (mauricio.quiroz@ulagos.cl). Para mayor información se invita a revisar la página web <http://lma.ulagos.cl/>

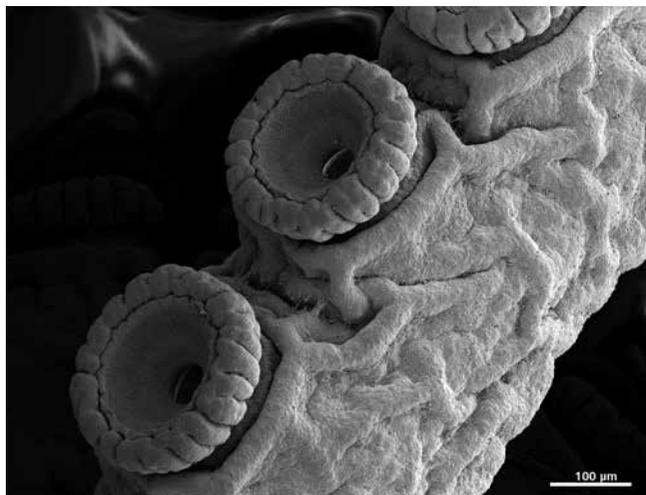


Figura 3. Larva de pulpo (*Eledone* sp.). EVO 15_SE2. Cortesía de ZEISS.



Figura 4. Moho de hoja en falso color. EVO 15. Cortesía de ZEISS.

Control de vibriosis en larvas y postlarvas de moluscos, crustáceos y peces marinos



Carlos P. Aranda^{1*}, Boris A. López², Pablo Alviz¹

¹ Depto. de Ciencias Biológicas y Biodiversidad, Universidad de Los Lagos, Osorno.

² Depto. Acuicultura y Recursos Agroalimentarios, Universidad de Los Lagos, Osorno.

*email: caranda@ulagos.cl

Los hatcheries hoy en día constituyen la principal solución para sostener el incremento productivo y diversificación de la acuicultura de moluscos, crustáceos y peces marinos. No obstante, la intensificación de los sistemas productivos está limitada por los brotes de infecciones por patógenos virales, bacterianos y eucariotas, que ocasionan fuertes incrementos en las mortalidades, implicando lo que hoy se conoce como una crisis sanitaria de la industria acuícola global (Stentiford y col. 2017, Henriksson y col. 2018). Los patógenos bacterianos en los cultivos acuícolas son diversos, pero el grupo que más destaca es el

representado por las bacterias del género *Vibrio*, siendo el principal problema de la larvicultura marina y causa de importantes pérdidas económicas por mortalidad masiva en camarones, peces y moluscos cultivados (Novriadi 2016, Rønneseth y col. 2017). Los vibrios son bacterias mesófilas que aunque persisten y proliferan en ambientes fríos encuentran una ventaja competitiva en aguas cálidas y someras (>17°C), razón por lo cual también se ha asociado los emergentes comportamientos epidemiológicos de vibrios patógenos con el incremento de episodios de altas temperaturas en la superficie marina y cultivos (Montánchez

y Kaberdin 2020). Actualmente, la administración de antibióticos de uso clínico en la acuicultura no es sostenible debido al riesgo de transmisión de resistencias a patógenos humanos. Es por ello que la necesidad de nuevos terapéuticos de uso veterinario para el control de vibriosis se ha vuelto una prioridad a nivel global.

El Portafolio de Tecnologías de la Universidad de Los Lagos incluye la oferta de un probiótico con actividad selectiva anti- *Vibrio* para la acuicultura sustentable (<http://otl.ulagos.cl/>). Esta oferta se apoya en ensayos *in vitro* que respaldan la actividad probiótica de la cepa, además de estudios que han permitido avanzar en la purificación y caracterización del ingrediente activo, y el respectivo registro de la cepa en colecciones de cultivo para fines de protección de propiedad intelectual e industrial. Con el proyecto Fondef ID20110127 **Nuevo terapéutico para el control de vibriosis en etapas tempranas de cultivo de moluscos, crustáceos y peces marinos**, se busca validar la prueba de concepto de una nueva alternativa terapéutica chilena eficaz para el control de vibriosis en etapas tempranas de cultivos acuícolas, necesidad de la acuicultura global que tiene una alta prioridad para permitir la expansión del rubro y así suplir la demanda creciente de alimento proteico para consumo humano. Este desarrollo sin duda contribuirá al posicionamiento del país en el contexto de una acuicultura globalizada y, además, facilitará el desarrollo y/o consolidación de las nuevas alternativas nacionales para la diversificación de nuestra acuicultura.

Las actividades del proyecto incluyen el desarrollo de un prototipo de producción a escala experimental, seguido de una amplia caracterización química y funcional (potencia, solubilidad, estabilidad, hidrofobicidad, espectro de acción y naturaleza química de sus ingredientes activos) y su evaluación como controlador costo-efectivo de vibriosis en etapas tempranas de cultivo de os-

ción del norte, artemia y peces marinos, todos utilizados como modelos de validación de la prueba de concepto.

La promesa tecnológica del producto se espera que incluya múltiples atributos. Entre los principales se destaca una alta potencia como antimicrobiano bacteriostático y selectivo para la microbiota del género *Vibrio* y también una amplia compatibilidad con la diversidad de posibles condiciones de temperatura y salinidad en múltiples tipos de hatchery. Finalmente, se espera una relación costo-efecto favorable como producto profiláctico y metafiláctico anti- *Vibrio* en los estanques de maduración y desove de progenitores e incubación temprana de estados larvales y postlarvas.

En el desarrollo de este proyecto participa VETERQUIMICA S.A., una importante empresa nacional dedicada a la producción de productos para la nutrición y salud animal, con filiales en Latinoamérica y socios comerciales a nivel global. Esta empresa participará especialmente en ensayos de estabilidad y eficacia de formulaciones prototipo, además de estudios de marketing y evaluación de la factibilidad de penetración a los mercados destino. Esta empresa compromete además su participación en las etapas posteriores de escalamiento y validación piloto y precomercial para la generación de registros, y se espera que asumiría la producción y comercialización del nuevo producto como parte de una nueva línea de negocios que les permita consolidar sus operaciones en Latinoamérica y también ampliar sus operaciones especialmente al sudeste asiático.

Finalmente, este proyecto cuenta con la contraparte de la Federación de Pescadores y Mariscadores de la III y IV Región, con variados proyectos de hatchery para repoblamiento y diversificación acuícola, y la empresa Acuicola del Norte S. A., empresa que ha dado un inicio exitoso al ciclo completo de cultivo industrial de la Yellowtail Hiramasa en Chile (*Seriola lalandi*).

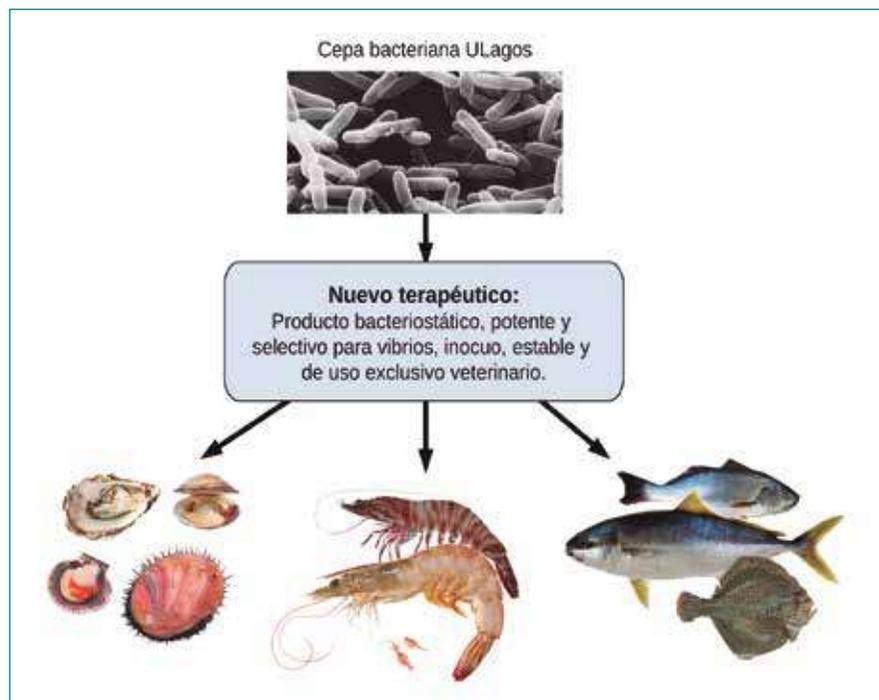


Figura 1. Nuevo producto de origen bacteriano para el control de vibriosis en etapas tempranas de diversos cultivos de moluscos, crustáceos y peces marinos.

Referencias

- Henriksson PJG y col. (2018) Unpacking factors influencing antimicrobial use in global aquaculture and their implication for management: a review from a systems perspective. *Sustainability Science* 13:1105-1120. doi:10.1007/s11625-017-0511-8
- Montánchez I y Kaberdin VR (2020) *Vibrio harveyi*: A brief survey of general characteristics and recent epidemiological traits associated with climate change. *Marine Environmental Research* 154:104850. doi:10.1016/j.marenvres.2019.104850.
- Novriadi R (2016) Vibriosis in aquaculture. *Omni-Akuatika* 12:1-12. doi:10.20884/1.oa.2016.12.1.24.
- Rønneseth A y col. (2017) Comparative assessment of *Vibrio* virulence in marine fish larvae. *Journal of Fish Diseases* 40:1373-1385. doi:10.1111/jfd.12612.
- Stentiford GD y col. (2017) New Paradigms to Help Solve the Global Aquaculture Disease Crisis. *PLOS Pathogens* 13:e1006160. doi:10.1371/journal.ppat.1006160.

Área Prioritaria de Investigación (API): Producción Acuícola Sustentable (PAS)



CIENCIA  **ULAGOS**
Redes Territoriales de Investigación

Alex González
Dr. en Biotecnología e Investigador ULAGOS



1. Introducción

La acuicultura es una de las actividades industriales del rubro alimentos con más rápido crecimiento global en el último tiempo según la FAO (2019) y se espera que proporcione buena parte de las proteínas de calidad que la población humana demandará para el 2030, cumpliendo los crecientes estándares de seguridad alimentaria y acuerdos internacionales para la protección de ecosistemas marinos y la diversidad genética de especies de cultivo y de sus parientes silvestres, la cual es necesaria para la estabilidad del ecosistema y para la explotación sostenible de los recursos naturales (UN Global Compact 2020; FAO 2019; CBD 2020; Laikre et al. 2020). Los acuerdos internacionales representan un gran desafío para la acuicultura nacional concentrada en la X región (salmonicultura y mitilicultura), más aún en un escenario de calentamiento y acidificación del océano que pondrán a prueba la capacidad adaptativa y resiliencia de poblaciones y especies, junto con las crecientes perturbaciones antrópicas producto del uso de antibióticos que generan resistencia en especies sésiles y bentónicas y el uso de anti-parasitarios tóxicos. Una perturbación recurrente son los eventos cada vez más intensos y extensos geográficamente de floraciones de algas nocivas o marea roja asociados cuyos factores gatillantes son desconocidos. Por otro lado, el nuevo desafío emprendido por la región de diversificar la acuicultura marina con especies nativas demanda conocimiento científico y tecnológico no disponible para la mayor parte de las especies, así como recursos humanos e infraestructura especializada.

En este escenario la universidad definió áreas prioritarias (API) de investigación que tengan pertinencia con los problemas y desafíos regionales, y en este sentido la API **Producción Acuícola Sustentable** reúne a académicos de los departamentos de Acuicultura y Agro-recursos alimentarios y del departamento de Ciencias Biológicas y Biodiversidad, con un destacado historial de proyectos I+D+i, tanto nacionales como internacionales,

que abordan problemas en especies acuícolas consolidadas y en aquellas que son parte de la diversificación acuícola (Ver Box proyectos). Producto de ello en sus líneas de investigación convergen disciplinas relacionadas con la acuicultura, biodiversidad de recursos naturales a nivel del gen, población y ecosistema, incluyendo recursos microbiológicos, y aproximaciones moleculares para el estudio de la biodiversidad y estabilidad ecosistémica.

Los objetivos específicos de la API son: fortalecer el trabajo colaborativo y la investigación interdisciplinaria, fortalecer el trabajo con redes nacionales e internacionales.

2. Investigación regional pertinente

Área acuicultura y sustentabilidad ambiental

Diversos proyectos FONDEF en esta área tienen que ver con especies nativas como el Róbalo, *Eleginops maclovinus* (seguimiento de peces marcados para repoblamiento en estuario), Congrio colorado, *Genypterus chilensis*, especie del programa de diversificación, y del congrio dorado *Genypterus blacodes*, orientados a disponer de reproductores de buena calidad en cautiverio manipulando el fotoperíodo. Otra área de investigación está relacionada con el estudio y repoblamiento de especies bentónicas como el *Loxechinus albus*, estudio que abarca desde la captura y mantención en el *hatchery* de reproductores, desove, fecundación, cultivo y alimentación larval hasta el repoblamiento.

Otros proyectos abordan la dieta viva *Artemia* que es un recurso estratégico para la diversificación acuícola, pues debido a sus múltiples propiedades es la dieta de más amplia utilización en el cultivo de larvas de peces marinos (larvicultura). La larvicultura, especialmente la etapa de alimentación con *Artemia*, es el cuello de botella para el desarrollo del cultivo de peces marinos. A pesar de

no ser una dieta natural *Artemia* es un filtrador de partículas y por ello se puede enriquecer (bioencapsulación) para utilizar como *carrier* de terapéuticos y nutraceuticos (emulsiones lipídicas) directamente a las larvas de peces, sin perjuicio para el ambiente. Por este motivo es un organismo ideal para diseñar “dietas a la carta” para las especies del Programa de diversificación, cuyos requerimientos nutricionales son desconocidos. El modelo *Artemia* gnotobiótica es ideal para el estudio de la relación huésped-patógenos en el hatchery (proyectos FONDEF D09I1256 y D09E1256). El organismo se usa igualmente para evaluar de qué manera diferentes perturbaciones ambientales, por ejemplo, microplásticos, algas nocivas, pueden afectar al zooplancton marino.

El Proyecto de Cooperación Chile–Japón para el *desarrollo de métodos de monitoreo y sistema de predicción de floraciones algales nocivas para una acuicultura y pesca costera sustentable en Chile* es un esfuerzo internacional (participan los investigadores API G. Gajardo y A. González) (<https://www.mach-satrep.org/es/>) para cumplir con estándares internacionales de manejo sustentable ecosistemas y de seguridad alimentaria (detalles del mismo en otro artículo de este número).

Área recursos naturales y Biodiversidad

El Observatorio para la sustentabilidad del Ecosistema Acuicultor (OSEA, FIC GORE X Región) tuvo por objetivo generar datos científicos sobre la diversidad genética en genes de alto valor adaptativo en 8 centros productivos de choritos (*Mytilus chilensis*) para usarlos como marcadores para monitorear el efecto de las perturbaciones ambientales, y compartir estos datos con los *stakeholders*, particularmente pescadores artesanales, para apoyar la idea de sustentabilidad del ecosistema, adaptación y resiliencia de las poblaciones de choritos. En relación con el tópico de sustentabilidad y colaboración internacional, el aporte realizado por un investigador API a la discusión de los objetivos y metas post 2020 de la Convención de Diversidad Biológica (CBD, <https://www.cbd.int/>). Expertos de diferentes países del mundo cuestionaron a través de una carta a la revista Science (Laikre et al. 2020) el poco valor asignado a la diversidad genética en el nuevo plan de la Convención para los próximos 10 años referido a proteger la estabilidad de los ecosistemas y diversidad genética de especies cultivadas y sus parientes silvestres. Esta carta es también relevante con rela-



Encuentro de investigación Centro de biotecnología Acuícola_USACH y API-ULagos 8-9 septiembre de 2020.



Workshop Internacional Desafíos y mejoras biotecnológicas para una acuicultura sustentable en la X región (mayo 2019).

ción a *UN Decade of the Ocean Implementation Plan* y al programa *Blue Resilience: towards a more resilient and sustainable Blue Economy* de las Naciones Unidas (UN Global Compact 2020).

Área Biodiversidad microbiológica y Biotecnología Acuicola

El estudio de la diversidad microbiológica en ambientes acuáticos y específicamente en especies acuícolas de importancia productiva. La información actualmente recabada, en estudios en conjunto con el Centro de Biotecnología de la USACH, ha permitido establecer la importancia del microbioma en la salud de los peces y su susceptibilidad. En estos estudios se han utilizado aproximaciones genómicas y metagenómicas para establecer las diferencias en las comunidades microbianas (Tello et al., 2019; Valdés et al., 2020; Parra et al; 2020). Adicionalmente desde la perspectiva de aplicación biotecnológica se está desarrollando un proyecto FONDEF que utiliza una biomolécula capaz de inhibir a microorganismos patógenos del género *Vibrio*. En la actualidad se encuentra en curso una iniciativa de la caracterización del microbioma de diferentes especies acuícolas nativas con la finalidad de obtener información biológica que permita realizar aplicaciones biotecnológicas en ellas.

3. Relaciones nacionales e internacionales

Al ya mencionado proyecto de colaboración Chile Japón, se protocolizó un convenio de cooperación científica con la Universidad de Santiago de Chile (USACH) y específicamente con el Centro de Biotecnología Acuicola de la Universidad de Santiago para complementar esfuerzos científico-tecnológicos, en el área acuícola, formación de capital humano (la USACH tiene un Magister y doctorado en Biotecnología acuícola al cual han contribuido investigadores API durante este año), y facilitar acceso a infraestructura científica en ambas universidades. A la fecha ya se han realizado reuniones técnicas de investigación con miras a definir estratégicamente las líneas a desarrollar en conjunto. La USACH aporta experiencia en las área de inmunología de peces y bioinformática principalmente.

Proyectos relacionados	Financiamiento	
La dieta viva artemia: un recurso local estratégico para la sustentabilidad, bio-seguridad y costo- efectividad del programa de diversificación de la acuicultura chilena.	FONDEF	Gonzalo Gajardo Depto. Cs. Biológicas y Biodiversidad
Seguimiento de peces marcados como base de información científica para la formulación de planes de ranching en Chile. aplicación: el caso de robalo (eleginops maclovinus) en el estuario.	FONDEF	Alberto Medina Depto. Acuicultura y Recursos Agrolimentarios
Evaluación del rol de la luz y el fotoperiodo sobre la reproducción del congrio colorado <i>Genypterus chilensis</i> y del congrio dorado <i>Genypterus blacodes</i> en condiciones de cultivo en el sur de Chile.	FONDEF	Juan Carlos Uribe Depto. Acuicultura y Recursos Agrolimentarios
Desarrollo de nuevos alimentos basados en el uso de microalgas ricas en DHA y EPA, para la producción sustentable de trucha arcoiris enriquecida con omega3 destinada a mercados de calidad Premium	FONDEF	Robert simpferdorfer, Uribe Depto. Acuicultura y Recursos Agrolimentarios
Nuevo terapéutico para el control de vibriosis en etapas tempranas de cultivo de moluscos, crustáceos y peces marino.	FONDEF	Carlos Aranda, Departamento de Cs. Biológicas y Biodiversidad
Optimización de los aspectos críticos de la tecnología del cultivo del erizo (<i>Loxechinus albus</i>) con fines de repoblamiento y explotación sustentable del recurso, en áreas de manejo.	FONDEF	René Espinoza, Depto. Acuicultura y Recursos Agrolimentarios
Observatorio para la sustentabilidad del ecosistema acuícola (Osea) de la X región.	FIC Regional	Gonzalo Gajardo Depto. Cs. Biológicas y Biodiversidad

4. Referencias

CBD, 2020. Zero Draft of the Post-2020 Global Biodiversity Framework. Convention On Biological Diversity, (January), pp.1–14.

FAO, 2019. The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Resources.

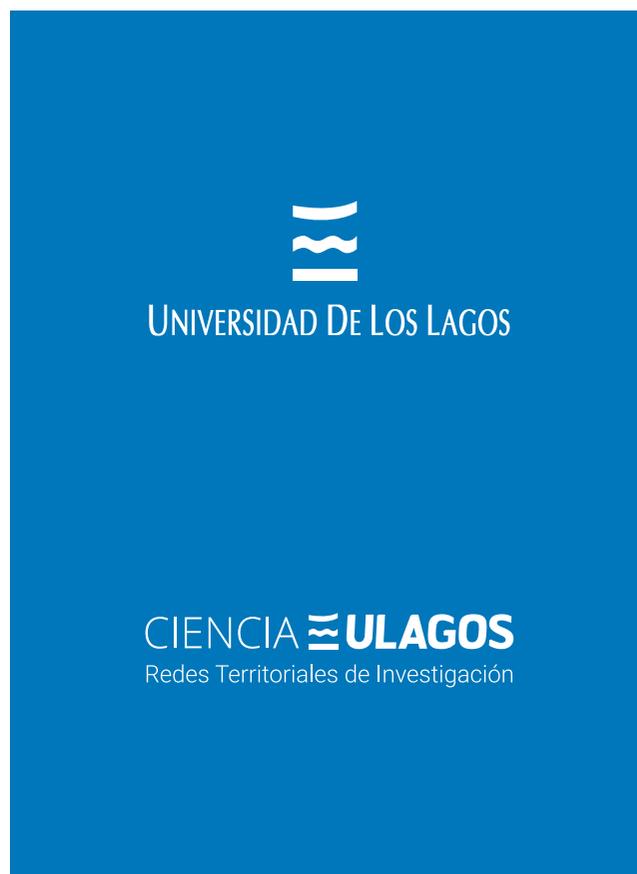
*Laikre L, Hoban S, Bruford MW, Segelbacher G, Allendorf F.W, Gajardo G, Gonzalez-Rodríguez A, Hedrick P. W, Heuertz M, Hohenlohe P. A, Jaffé R, Johannesson K, Liggins L, MacDonald AJ, Orozco Wengel P, Reusch TBH, Rodríguez-Correa H, Russo IM, Ryman N, Vernesi C. 2020. Post-2020 goals overlook genetic diversity. *Science*, 367 (6482): 1083-1085. DOI: 10.1126/science.abb2748

*Parra M. Espinoza D, Valdés N, Vargas R, González A, Modak B, Tello M. 2020 Microbiota Modulates the Immunomodulatory Effects of Filifolinone on Atlantic Salmon, *Microorganisms*,8,10.3390/microorganisms8091320

*Tello M, Valdés N, Vargas R, Rojas J, Parra M, Gajardo G, González A. 2019. Application of Metagenomics to Chilean Aquaculture, "Metagenomics-Basics, Methods and Applications", IntechOpen. DOI: 10.5772/intechopen.86302

*Valdés N, González A, Garcia V, Tello M 2020. Analysis of the Microbiome of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Exposed to the Pathogen *Flavobacterium psychrophilum* 10094, *Microbiology Resource Announcements*,9,12.

*aportes miembros API



2021 Nuevo Régimen Tributario



Este año tenemos nuevas modificaciones de los sistemas tributarios, para la Operación Renta 2021, se aplicará un nuevo Régimen Tributario.

Para poder optar a un régimen tributario de la Operación Renta de 2021, cumpliendo los requisitos se dio plazo hasta el 30 de septiembre de 2020 en la página del servicio de impuestos internos, www.sii.cl.

El proceso para tomar la opción era entrar con su rut y clave del sii a la opción, servicios online, peticiones administrativas y otras solicitudes, regímenes tributarios, inscripción regímenes tributarios, en este punto despliega en la página la información de la empresa, correspondiente a los ingresos anuales de los últimos 3 periodos comerciales, describe cual es su actual situación tributaria y cuales son los regímenes a los cuales podía optar, entregando una breve explicación de estos, este es el punto en su asesor contable debería efectuar el análisis para tomar la mejor opción.

Bien continuando con la descripción de estos regímenes tenemos que la Ley de Modernización Tributaria establece los Regímenes Tributarios vigentes a partir del 1 de enero de 2020, con ella se crean los Regímenes Tributarios que se indican:

- ✓ Régimen General 14 A
- ✓ Pro Pyme General 14 D
- ✓ Pro Pyme Transparente 14 D nro 8

Se mantienen los regímenes:

- Renta Presunta
- Contribuyentes no afectos al artículo 14 de la LIR

Cuando se publicó de la ley, la modificación de régimen por cada contribuyente se realizó de forma automática, considerando las características y los requisitos de cada régimen tributario.

A continuación, veremos los puntos más importantes de cada uno de los REGÍMENES TRIBUTARIOS AÑO TRIBUTARIO 2021

Régimen General nuevo artículo 14 Letra A:

(Similar al 14 B antiguo)

Se tienen que incorporar TODOS los contribuyentes sin importar su estructura jurídica que hayan superado el promedio de ingresos de 75.000 UF en los últimos 3 ejercicios comerciales (2017, 2018, 2019), o que posean un Capital efectivo al inicio de actividades que supere las 85.000 UF.

Para el computo de los ingresos, se deberán considerar los ingresos de las EMPRESAS CON LAS CUALES SE ENCUENTREN RELACIONADOS.

- ✓ Deberán llevar CONTABILIDAD COMPLETA
- ✓ Los socios o accionistas tributarán en base a los retiros efectivos con tasa de crédito rebajada al 65%.
- ✓ La Tasa de Impuesto de 1ra. Categoría asciende a un 27%
- ✓ Podrá utilizar el mecanismo de INCENTIVO AL AHORRO SIN
- ✓ LA OBLIGACIÓN DE DEVOLUCIÓN con un nuevo tope de 5.000 UF.
- ✓ Puede aplicar depreciación instantánea equivalente al 50% del monto correspondiente a Activos Fijos adquiridos a partir del 01.10.2019 cuando se trate de nuevos proyectos de inversión.
- ✓ Determinarán la RLI por medio del sistema tradicional de agregados y deducciones al resultado del Balance.
- ✓ Deberán confeccionar el registro de rentas empresariales sólo en el caso que al incorporarse al régimen tengan saldos de REX, provenientes del ejercicio comercial 2019 o hayan percibido estas rentas (REX) en el futuro.





Régimen Pro-pyme nuevo artículo 14 Letra D

- ✓ Se deben incorporar TODOS los contribuyentes sin importar su estructura jurídica que tengan ingresos promedio en los últimos 3 ejercicios iguales o inferiores a 75.000 UF y un Capital Efectivo inferior a 85.000 UF.
- ✓ Los ingresos promedio señalados en el punto anterior deberán considerar los ingresos con relacionados.
- ✓ La tasa de impuesto alcanza al 25%, los socios o accionistas podrán utilizar como crédito al Global C. o Adicional el 100% de dicho impuesto.
- ✓ Podrán optar por llevar CONTABILIDAD COMPLETA O SIMPLIFICADA.
- ✓ Tributarán en base a ingresos percibidos y gastos pagados lo anterior es equivalente al actual régimen 14 ter vigente en AT 2020.
- ✓ Los socios o accionistas tributarán en Global Complementario o Adicional en virtud de los retiros o dividendos percibidos en el ejercicio.
- ✓ Podrán utilizar la franquicia tributaria del artículo 14 letra C) denominada incentivo al ahorro al comparar su RLI determinada y los retiros efectivos actualizados, si se genera un ahorro, la franquicia tributaria alcanzará al 50 % con un tope anual de 5.000 UF.

Novedades: Para este primer año de implementación los Activos fijos se reconocerán como gasto del periodo, por lo tanto aquellos contribuyentes que posean existencias y activos fijos reconocerán un gasto importante.

Cabe destacar que la Ley N° 21.256 disminuyó transitoriamente la tasa del 25% a 10% para las rentas que se perciban o devenguen durante los ejercicios comerciales 2020, 2021 y 2022.

Lo bueno, si anteriormente tributaba en el 14 A, podrá retirar tales rentas sin problema porque ya pagó impuesto, pero las generadas en a partir de este año la tasa de primera categoría podría ser menor que la tasa del Global Complementario (punto de indiferencia 45 millones aprox).

Régimen de transparencia fiscal artículo 14 D - 8

Es aplicable a empresas :

- ✓ Cuyos ingresos por explotación de inmuebles (salvo agrícolas), valores mobiliarios, participación en contratos de asociación o cuentas en participación y/o derechos sociales, NO EXCEDA del 35% del total de ingresos.
- ✓ NO APLICAN IMPUESTO DE 1ERA CATEGORÍA.
- ✓ Podrán optar por tributar en 1era categoría o en su defecto sólo tributar en Global Complementario sin crédito, para tal efecto la empresa deberá poner a disposición de los socios o accionistas el 100% de sus PPM.
- ✓ Podrán llevar contabilidad completa o simplificada
- ✓ La base del impuesto corporativo se determina considerando los ingresos percibidos y los egresos efectivamente pagados, por regla general.
- ✓ Los socios o accionistas tributarán en Global Complementario en virtud de la Renta atribuida informada por la empresa según su % de participación.
- ✓ TODOS LOS SOCIOS O ACCIONISTAS QUE CONFORMAN LA EMPRESA ACOGIDA AL RÉGIMEN 14 D-8 (DEBEN SER PERSONAS NATURALES).
- ✓ En el caso de SOCIEDADES DE RESP. LIMITADA, SPA Y S.A. CERRADAS, deberán Protocolizar el acuerdo de ingreso a este régimen mediante escritura pública contando con la unanimidad de sus integrantes, salvo en el caso de las S.A. cerradas que requieren el acuerdo de los 2/3 de los accionistas. Deberán inscribirse en el registro hasta el 31 de Julio de 2020, en la medida que la aplicación del SII no los haya clasificado en este régimen.

www.asesoria-gestion.cl

Oficina: O´ Higgins 685 of 204, Osorno

Horario de atención: continuado 8:00 a 17:00 hrs.

asesoriaygestionspa@gmail.com

Móvil +56 9 67617949



VACUUM SKIN PACKAGING (VSP)

ventas@globalpacific.cl.
www.globalpacific.cl



¿Qué es VSP?

Vacuum Skin Packaging (VSP), es un sistema de envasado al vacío que se usa típicamente para aumentar la vida útil de productos cárnicos frescos o procesados, refrigerados o congelados.

- ✓ Los films de VSP tiene una resistencia a la fusión extremadamente alta, lo cual les permite formarse en las esquinas más agresivas y adaptarse a las formas más variadas, al mismo tiempo que mantienen la integridad de los films.
- ✓ Las propiedades físicas de los films VSP se optimizan mediante el uso de polímeros de EVA, ionómeros y polímeros de PE que se entretajan por medio de un proceso llamado haz de electrones.

¿Por qué elegir VSP?

- ✓ Los films de VSP mantienen el producto en su lugar, ofreciendo un producto más atractivo y una reducción del drip.
- ✓ Aumentan la visibilidad del producto en góndola. Aumentan la vida útil del producto.

VSP respirable 10K (Mercado, consumidor y orientación FDA)

- ✓ La venta de productos del mar es un mercado en crecimiento.
- ✓ Los consumidores prefieren cada vez más productos del mar frescos en lugar de congelados.
- ✓ La tendencia actual es la preferencia de productos del mar frescos, en pequeñas porciones y listos para cocinar.
- ✓ El envasado de productos frescos del mar debe ser mayor que 10.000 cc/m² x día a 23° y 0% RH (10K) para cumplir con los requisitos de la FDA para prevenir el crecimiento del botulismo (bacterias anaeróbicas).
- ✓ Los films 10K están hechos por una combinación de polímeros especiales de PE, post tratados con un espesor de 2,6 mils.
- ✓ Resisten temperaturas de "pelado" hasta 220°C y son muy estirables.

Otras potenciales aplicaciones para VSP respirable 10K

Para usarlo en aplicaciones de envasado de productos cárnicos frescos o congelados para los cuales se necesite una gran elasticidad y una muy alta resistencia a la punción.



PROLONGUE LA VIDA ÚTIL Y DESTAQUE LA CALIDAD DE SUS PRODUCTOS CON LOS NUEVOS

FILMS RESPIRABLES (10K)

PARA PESCADOS Y MARISCOS DE BEMIS.



Nivel de Barrera: 10.000 cc/m²/día OTR.



Cumple con normas de permeabilidad de oxígeno de la FDA para pescados y mariscos frescos.



Formatos de envasados disponibles:
VSP (Vacuum Skin Packaging) y bolsas preformadas.

Póngase en contacto con nosotros hoy mismo para buscar una solución que mejor se adapte a sus necesidades operativas y comerciales



Global Pacific S.A. representante exclusivo Bemis®

Teléfonos: Santiago (+562)27392878 / Puerto Montt (+65)2275560 / email: ventas@globalpacific.cl



A better way.™



BEKA-VAX®

Vacuna inactivada contra
Renibacterium salmoninarum
Emulsión Inyectable

- ✓ Única vacuna inactivada homóloga.
- ✓ Elaborada a partir de antígeno de aislados nacionales de *Renibacterium salmoninarum*.
- ✓ Alta eficacia: Fracción prevenible superior al 75%.
- ✓ Estimula la inmunidad y disminuye la susceptibilidad a otras enfermedades.
- ✓ Menor prevalencia de BKD.

Experiencia que da confianza.



VETERQUÍMICA®
CREANDO SALUD ANIMAL