

Distribución Gratuita
Consérvela

Año 18 Nº33 2021

versión[®] diferente

revista

Salmon-Acuícola



- Acortamiento Opercular en Peces
- PCR para la Genotipificación del Patógeno *P. salmonis*
- La Salmonicultura y Escape de Peces en Chile
- Ensayos de Cortinas de Microburbujas para mitigación de FAN
- Formación de Biopelículas por el patógeno *P. salmonis*
- Aplicaciones para el Estudio de Bosques de Huiro
- Acuicultura en pequeña Escala en la Industria Mitilicultora
- El problema del Cadmio en el Medio Ambiente



issuu



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



Año 18 - Nº 33
Edición Semestral 2021



Versión
Digital

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:

- Hugo Ecobar, CORFO
- Sandra Bravo, UACH
- Daniel Nieto
- Pirjo Huovinen, UACH
- Cristián Díaz, UCSC

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	51
Aquaservice	04/05
Comercial EcoGrup	70
Copec	43
Global Pacific	T4/19
Lobos Industrial - K+S	37
Opción Comunicaciones	T3/42
Plásticos Austral	30
TermoIndustrial	25
VeHiCe	11
Veterquímica	T2

Contenidos

Indice de Universidades	02
Editorial	03
Ferias Internacionales	04
Fases Lunares	05
Ferriados Internacionales	06
Mareas Puerto Montt	07
Mareas Puerto Chacabuco	09
Acertamiento Opercular: Etiología, Hallazgos Macroscópicos e Histología	12
Ensayos de cortinas de microburbujas para mitigación de floraciones algales nocivos.	26
La Explotación del Jurel en el Pacífico Sur Oriental (1973-2020): Estimaciones del Rendimiento Máximo Sostenido	58
La APE: Como parte de la Industria mitilicultora	60
Nuevo Libro Electrónico de remuneraciones y Mayor Control del SII y Dirección del Trabajo	71

Índice de Universidades

SUS ESTUDIOS E INVESTIGACIONES

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

Uso de genómica comparativa para el desarrollo de un multiplex-PCR para la genotipificación del patógeno de salmónidos *Piscirickettsia salmonis*. 16

La salmonicultura y el escape de peces en Chile. 20

Percepción remota satelital: Aplicaciones para el estudio de los bosques de huiro (*Macrocystis pyrifera*). 31

Valorización de Residuos Orgánicos: Una oportunidad dentro de la necesidad. 44

UNIVERSIDAD ANDRES BELLO

Rol ecológico de la formación de biopelículas por el patógeno de salmónidos *Piscirickettsia salmonis*. 34

UNIVERSIDAD DE ATACAMA

Diseño, Dimensionamiento, Implementación y Desarrollo de Estación Modular de Acuicultura utilizando Energías Renovables No Convencionales FIC EMA-SOLAR. 40

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN

Salmonídeos en la Laguna Galletué, Nacimiento del Río Biobío. 48

Magíster en Medio Ambiente Universidad Católica de la Santísima Concepción, Un programa consolidado a nivel nacional. 52

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA

El problema del Cadmio en el ambiente marino. 54

Centro de Excelencia en Investigación Biotecnológica Aplicada al Medioambiente. 57

Desarrollo de métodos de monitoreo y sistema de predicción de floraciones algales nocivas, para una acuicultura y pesca costera sustentable en Chile - Monitoreo de Algas en Chile (MACH). 64

Editorial

*P*ara el año 2021, ha habido una recuperación paulatina de la economía mundial y nacional lo que nos alienta a seguir esforzándonos aún en pandemia, a buscar contenidos relevantes en materia de histopatologías, veterinaria, patologías de peces, medio ambiental, proyectos de investigación para la acuicultura nacional.

Continuamos manteniendo el cambio de fecha, dada las circunstancias de pandemia vigente 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 primera edición digital e impresa año 2021, la revista pueda ser vista por un mayor número de personas que consideren un aporte en materia de investigación y tecnología en el ámbito salmonero-acuícola del país.

Queremos dar un especial agradecimiento a todos nuestros colaboradores e investigadores académicos que hacen un aporte con artículos científicos de extensión de proyectos en ejecución en materias como: biotecnología, patologías, nutrición, genética, medio ambiental, normativas, tecnología y muchos otros temas de interés que consolidan la revista "Versión Diferente" como un medio escrito científico de extensión de consulta diaria.

Continuamos en la búsqueda de información técnica relevante en materia de investigación para la industria salmón-acuícola, mitilicultora y pesquera de Chile. Siendo algunos de los temas a tratar como: "Acortamiento Opercular"; "Genotificación del Patógeno de salmónidos *Piscirickettsia salmonis*"; "La Salmonicultura y Escape de peces en Chile"; "Microburbujas para mitigación de Floraciones Algales nocivas"; "Aplicaciones para el estudio de los bosques de Huiro"; "Formación de Biopelículas para el patógeno *P. salmonis*"; "Usos de la Sal en la industria acuícola"; "Estaciones Modulares utilizando energías renovables, no convencionales"; "Magíster en Medio Ambiente"; "Salmonídeos en la Laguna Galletue nacimiento Río Bio-Bio"; "Valorización de Residuos Orgánicos una oportunidad dentro de la necesidad"; "El Problema del Cadmio en el Medio Ambiente"; "La Acuicultura Pequeña Escala (APE) en la industria Mitilicultora".

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

Los invitamos a participar en próxima edición digital e impresa noviembre 2021

Richard Araya Véliz
Gerente VERSIÓN DIFERENTE

Ferias Internacionales 2º Semestre 2021

JULIO

28 AL 01 DE JULIO

Aquaculture Africa 2021

Lusaka – Zambia

06 AL 08 DE JULIO

Global Fishery Forum & Seafood

Expo Rusia

ExpoForum St Petersburg - Rusia

AGOSTO

25 AL 27 DE AGOSTO

World Seafood Industry WST

Expo Guadalajara, Jalisco – México

25 AL 27 DE AGOSTO

VIETFISH Saigon Exhibition & Convention Center

Hochi Minh Viet Nam

SEPTIEMBRE

07 AL 10 DE SEPTIEMBRE

Asian Pacific Aquaculture 2021

08 AL 10 DE SEPTIEMBRE

Expo Pesca & Acuicultura Perú 2021

Centro de Exposiciones Jockey

Lima Perú

15 AL 17 DE SEPTIEMBRE

Icelandic Fisheries Exhibition & Awards 2021

Iceland

16 AL 17 DE SEPTIEMBRE

4 th Iceland Fisheries Conference

Iceland

22 AL 24 DE SEPTIEMBRE

VIV Asia Exhibition 2021

Bangkok – Thailand

26 AL 29 DE SEPTIEMBRE

Aquaculture Canada And Was Nort America

St. John's Convention Centre New Fundland and Labrador - Canadá

OCTUBRE

05 AL 08 OCTUBRE

Aquaculture Europe 2021

Madeira – Portugal

27 AL 29 DE OCTUBRE

China Fisheries & Seafood Expo Hongdao

International Convention And Expo Center Hongdao – China

NOVIEMBRE

15 AL 19 DE NOVIEMBRE

World Aquaculture 2021

Merida – México

DICIEMBRE

10 AL 13 DE DICIEMBRE

AFRAQ 2021

Aquaculture Africa Exhibition
Alejandria – Egipto



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



Fases Lunares 2º Semestre 2021



NUEVA



CRECIENTE



LLENA



MENGUANTE

JULIO	09 21:17 hrs.	17 06:11 hrs.	23 22:37 hrs.	01/31 17:11 hrs./09:16
AGOSTO	08 09:50 hrs.	15 11:20 hrs.	22 08:02 hrs.	30 03:13 hrs.
SEPTIEMBRE	06 20:52 hrs.	13 16:39 hrs.	20 19:55 hrs.	28 21:57 hrs.
OCTUBRE	06 07:05 hrs.	12 23:25 hrs.	20 10:57 hrs.	28 16:05 hrs.
NOVIEMBRE	04 17:15 hrs.	11 08:46 hrs.	19 04:57 hrs.	27 08:28 hrs.
DICIEMBRE	04 03:43 hrs.	10 21:36 hrs.	19 00:35 hrs.	26 22:24 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

AquaService
Since 1999

AQUASERVICE
NUEVO MODELO

Fishpump

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

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

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 trasvasije.

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 Canadá		●				
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 Ascensión				●		
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	Noche vieja					●	

MAREAS Puerto Montt 2º Semestre 2021

JULIO						AGOSTO						SEPTIEMBRE					
DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS
01	0020	1.99	16	0535	5.36	01	0109	2.67	16	0037	2.18	01	0302	3.21	16	0356	2.55
J	0635	5.02	V	1141	2.05	D	0742	4.83	L	0705	5.37	MI	0926	4.78	J	1015	5.51
	1237	2.50		1749	5.61		1406	2.87		1338	2.34		1623	2.69		1656	1.72
	1847	5.09					2015	4.45		1950	4.78		2234	4.46		2308	5.26
02	0119	2.19	17	0015	1.80	02	0225	2.82	17	0158	2.50	02	0419	2.96	17	0507	2.01
V	0742	4.95	S	0632	5.35	L	0857	4.91	M	0834	5.31	J	1029	5.11	V	1119	6.03
	1350	2.63		1242	2.17		1537	2.76		1523	2.33		1711	2.29		1747	1.20
	1958	4.87		1851	5.38		2142	4.47		2135	4.77		2319	4.81		2356	5.79
03	0224	2.30	18	0114	1.96	03	0340	2.79	18	0340	2.51	03	0507	2.58	18	0556	1.48
S	0850	5.04	D	0738	5.38	M	1002	5.13	MI	1007	5.54	V	1114	5.51	S	1206	6.48
	1508	2.58		1356	2.25		1644	2.48		1653	1.96		1748	1.87		1829	0.81
	2111	4.81		2005	5.21		2246	4.66		2302	5.12		2354	5.18			
04	0328	2.29	19	0224	2.08	04	0439	2.61	19	0503	2.18	04	0546	2.15	19	0034	6.20
D	0949	5.24	L	0851	5.51	MI	1054	5.42	J	1120	5.99	S	1152	5.93	D	0637	1.07
	1614	2.37		1520	2.17		1731	2.16		1756	1.47		1821	1.44		1244	6.78
	2214	4.88		2127	5.19		2334	4.91								1905	0.58
05	0422	2.20	20	0342	2.07	05	0524	2.38	20	0003	5.60	05	0027	5.57	20	0109	6.45
L	1039	5.50	M	1005	5.76	J	1136	5.74	V	0602	1.72	D	0622	1.71	L	0713	0.84
	1707	2.11		1640	1.91		1810	1.84		1216	6.44		1229	6.32		1319	6.88
	2306	5.02		2246	5.35					1844	1.04		1853	1.05		1937	0.53
06	0506	2.08	21	0455	1.90	06	0013	5.16	21	0049	6.01	06	0059	5.93	21	0140	6.53
M	1122	5.76	MI	1114	6.10	V	0602	2.12	S	0650	1.33	L	0659	1.29	M	0746	0.80
	1750	1.87		1749	1.54		1214	6.04		1300	6.77		1305	6.64		1350	6.80
	2349	5.17		2353	5.62		1845	1.55		1925	0.76		1927	0.73		2007	0.64
07	0545	1.96	22	0557	1.65	07	0048	5.40	22	0129	6.28	07	0132	6.23	22	0210	6.47
MI	1159	5.99	J	1214	6.46	S	0639	1.85	D	0730	1.08	M	0735	0.95	MI	0817	0.91
	1828	1.66		1845	1.18		1250	6.30		1339	6.92		1341	6.84		1420	6.57
							1919	1.29		2002	0.66		2001	0.54		2035	0.89
08	0028	5.30	23	0049	5.90	08	0122	5.62	23	0204	6.38	08	0206	6.45	23	0237	6.29
J	0621	1.85	V	0651	1.40	D	0716	1.61	L	0807	1.00	MI	0813	0.74	J	0846	1.14
	1235	6.18		1306	6.74		1326	6.50		1414	6.88		1418	6.87		1448	6.24
	1903	1.50		1935	0.93		1953	1.09		2035	0.74		2036	0.50		2101	1.22
09	0104	5.39	24	0138	6.10	09	0156	5.80	24	0237	6.34	09	0241	6.54	24	0304	6.03
V	0655	1.77	S	0738	1.23	L	0753	1.41	M	0841	1.09	J	0852	0.69	V	0915	1.44
	1309	6.32		1351	6.88		1402	6.61		1446	6.67		1456	6.72		1517	5.85
	1938	1.40		2018	0.83		2027	0.96		2106	0.95		2111	0.62		2126	1.61
10	0139	5.45	25	0220	6.17	10	0231	5.92	25	0308	6.16	10	0317	6.50	25	0331	5.73
S	0730	1.72	D	0821	1.19	M	0831	1.29	MI	0913	1.30	V	0932	0.82	S	0944	1.80
	1343	6.38		1432	6.84		1438	6.62		1517	6.33		1535	6.39		1546	5.40
	2012	1.35		2058	0.89		2102	0.92		2135	1.26		2147	0.92		2153	2.04
11	0214	5.47	26	0259	6.11	11	0306	5.99	26	0338	5.91	11	0356	6.32	26	0400	5.40
D	0806	1.70	L	0900	1.28	MI	0910	1.25	J	0944	1.60	S	1014	1.12	D	1017	2.19
	1418	6.37		1510	6.65		1516	6.51		1547	5.92		1616	5.91		1619	4.95
	2047	1.34		2135	1.07		2137	0.99		2203	1.63		2226	1.35		2222	2.47
12	0249	5.47	27	0336	5.94	12	0342	5.99	27	0409	5.61	12	0439	6.01	27	0434	5.04
L	0843	1.73	M	0938	1.49	J	0950	1.31	V	1017	1.95	D	1103	1.56	L	1057	2.58
	1455	6.31		1546	6.33		1554	6.30		1619	5.46		1706	5.34		1702	4.50
	2123	1.37		2211	1.34		2214	1.15		2233	2.04		2312	1.89		2259	2.89
13	0326	5.45	28	0413	5.70	13	0421	5.92	28	0442	5.29	13	0533	5.61	28	0522	4.71
M	0923	1.77	MI	1015	1.78	V	1032	1.47	S	1054	2.33	L	1206	2.04	M	1157	2.93
	1532	6.19		1621	5.93		1636	5.98		1656	4.98		1814	4.78		1817	4.13
	2201	1.44		2246	1.67		2254	1.42		2307	2.46						
14	0405	5.42	29	0451	5.43	14	0504	5.77	29	0525	4.98	14	0016	2.44	29	0002	3.25
MI	1004	1.85	J	1054	2.10	S	1120	1.74	D	1142	2.70	M	0651	5.24	MI	0648	4.48
	1613	6.03		1700	5.49		1724	5.57		1747	4.53		1343	2.37		1354	3.07
	2241	1.53		2324	2.03		2339	1.77		2353	2.87		2001	4.47		2036	4.06
15	0447	5.39	30	0536	5.16	15	0557	5.57	30	0627	4.72	15	0201	2.77	30	0210	3.36
J	1050	1.94	V	1141	2.44	D	1218	2.06	L	1258	2.98	MI	0839	5.16	J	0840	4.54
	1658	5.83		1746	5.04		1825	5.13		1917	4.19		1539	2.21		1546	2.80
	2325	1.65											2157	4.71		2205	4.36
			31	0009	2.37				31	0110	3.17						
			S	0631	4.93				M	0757	4.62						
				1242	2.73					1458	2.99						
				1850	4.66					2117	4.19						

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 2º Semestre 2021

OCTUBRE

DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS
01	0351	3.06	16	0449	1.76
V	0956	4.89	S	1100	5.99
	1637	2.37		1722	1.13
	2248	4.77		2330	5.86
02	0441	2.57	17	0535	1.29
S	1044	5.35	D	1143	6.36
	1714	1.86		1802	0.81
	2322	5.24			
03	0519	2.02	18	0007	6.22
D	1124	5.87	L	0614	0.94
	1748	1.35		1220	6.57
	2354	5.73		1836	0.64
04	0556	1.45	19	0041	6.43
L	1201	6.35	M	0649	0.77
	1822	0.87		1254	6.64
				1908	0.63
05	0028	6.19	20	0112	6.50
M	0633	0.93	MI	0721	0.75
	1239	6.74		1325	6.55
	1857	0.50		1937	0.76
06	0102	6.57	21	0141	6.45
MI	0712	0.53	J	0752	0.87
	1317	6.96		1355	6.36
	1932	0.30		2004	0.99
07	0138	6.82	22	0208	6.30
J	0751	0.31	V	0821	1.08
	1356	6.97		1424	6.07
	2009	0.30		2031	1.30
08	0215	6.90	23	0235	6.07
V	0831	0.32	S	0849	1.37
	1435	6.75		1452	5.73
	2046	0.51		2056	1.65
09	0253	6.78	24	0302	5.79
S	0913	0.55	D	0919	1.70
	1517	6.33		1522	5.35
	2125	0.90		2123	2.04
10	0335	6.48	25	0330	5.47
D	0959	0.96	L	0950	2.07
	1603	5.77		1554	4.95
	2207	1.43		2153	2.42
11	0422	6.04	26	0403	5.13
L	1052	1.49	M	1027	2.44
	1658	5.16		1633	4.57
	2259	2.01		2229	2.80
12	0522	5.54	27	0445	4.80
M	1204	2.01	MI	1119	2.77
	1817	4.66		1733	4.24
				2325	3.11
13	0015	2.53	28	0555	4.54
MI	0652	5.16	J	1244	2.96
	1348	2.24		1918	4.11
	2009	4.53			
14	0210	2.67	29	0104	3.24
J	0840	5.17	V	0737	4.51
	1529	2.01		1433	2.83
	2146	4.88		2058	4.32
15	0348	2.30	30	0251	3.00
V	1003	5.54	S	0903	4.79
	1635	1.56		1541	2.44
	2246	5.39		2154	4.74
			31	0354	2.51
			D	1000	5.26
				1627	1.94
				2236	5.24

NOVIEMBRE

DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS
01	0440	1.92	16	0547	1.15
L	1046	5.78	M	1153	6.12
	1707	1.41		1805	1.04
	2314	5.77			
02	0522	1.33	17	0011	6.22
M	1129	6.28	MI	0624	1.00
	1746	0.93		1229	6.18
	2352	6.28		1838	1.02
03	0604	0.80	18	0044	6.32
MI	1210	6.66	J	0659	0.96
	1825	0.58		1302	6.14
				1909	1.11
04	0031	6.68	19	0114	6.32
J	0646	0.42	V	0731	1.03
	1252	6.85		1334	6.02
	1905	0.41		1938	1.27
05	0111	6.93	20	0144	6.24
V	0729	0.25	S	0801	1.19
	1335	6.82		1405	5.83
	1945	0.44		2006	1.49
06	0153	6.97	21	0213	6.08
S	0814	0.30	D	0832	1.41
	1419	6.58		1435	5.58
	2026	0.67		2034	1.75
07	0236	6.82	22	0242	5.87
D	0900	0.57	L	0902	1.68
	1505	6.18		1507	5.30
	2110	1.05		2103	2.04
08	0322	6.48	23	0312	5.61
L	0950	0.99	M	0935	1.98
	1556	5.68		1540	5.00
	2158	1.52		2135	2.33
09	0414	6.04	24	0346	5.33
M	1048	1.47	MI	1012	2.27
	1656	5.19		1618	4.72
	2257	2.00		2213	2.61
10	0519	5.58	25	0427	5.06
MI	1159	1.89	J	1058	2.51
	1812	4.83		1707	4.49
				2304	2.82
11	0013	2.36	26	0522	4.85
J	0642	5.25	V	1158	2.66
	1327	2.08		1815	4.39
	1943	4.75			
12	0149	2.42	27	0013	2.92
V	0813	5.22	S	0635	4.77
	1452	1.97		1314	2.64
	2107	4.97		1935	4.48
13	0314	2.17	28	0136	2.81
S	0930	5.42	D	0754	4.89
	1557	1.69		1428	2.42
	2208	5.35		2045	4.78
14	0417	1.78	29	0251	2.48
D	1028	5.70	L	0903	5.19
	1647	1.39		1529	2.07
	2255	5.71		2142	5.21
15	0506	1.42	30	0353	2.01
L	1114	5.95	M	1002	5.59
	1729	1.16		1622	1.65
	2335	6.02		2231	5.71

DICIEMBRE

DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS
01	0447	1.51	16	0606	1.47
MI	1054	5.98	J	1210	5.59
	1710	1.28		1813	1.59
	2319	6.17			
02	0537	1.06	17	0021	6.07
J	1144	6.28	V	0644	1.36
	1757	1.00		1247	5.64
				1846	1.59
03	0006	6.55	18	0055	6.17
V	0627	0.73	S	0718	1.33
	1234	6.44		1321	5.63
	1843	0.85		1917	1.63
04	0053	6.79	19	0127	6.19
S	0716	0.56	D	0751	1.37
	1323	6.45		1354	5.56
	1930	0.84		1948	1.72
05	0140	6.87	20	0158	6.14
D	0806	0.57	L	0823	1.47
	1412	6.31		1426	5.44
	2016	0.97		2019	1.85
06	0228	6.77	21	0230	6.03
L	0856	0.74	M	0855	1.62
	1502	6.06		1458	5.28
	2105	1.21		2051	2.00
07	0318	6.52	22	0302	5.87
M	0948	1.03	MI	0928	1.80
	1554	5.74		1532	5.12
	2155	1.52		2125	2.17
08	0411	6.18	23	0336	5.67
MI	1042	1.37	J	1003	1.97
	1648	5.42		1607	4.97
	2250	1.84		2202	2.33
09	0508	5.80	24	0413	5.48
J	1141	1.70	V	1042	2.12
	1750	5.14		1647	4.86
	2353	2.12		2245	2.46
10	0612	5.45	25	0456	5.30
V	1247	1.95	S	1126	2.23
	1900	4.98		1735	4.80
				2337	2.54
11	0106	2.30	26	0548	5.17
S	0725	5.21	D	1218	2.29
	1358	2.06		1833	4.82
	2014	4.99			
12	0225	2.30	27	0038	2.56
D	0840	5.14	L	0651	5.10
	1506	2.03		1319	2.28
	2121	5.17		1939	4.95
13	0337	2.14	28	0150	2.48
L	0947	5.21	M	0803	5.12
	1605	1.91		1427	2.21
	2217	5.42		2048	5.20
14	0436	1.89	29	0306	2.27
M	1043	5.35	MI	0916	5.25
	1654	1.76		1535	2.05
	2304	5.68		2153	5.53
15	0524	1.65	30	0419	1.96
MI	1129	5.49	J	1026	5.45
	1736	1.65		1640	1.83
	2345	5.91		2255	5.92
			31	0524	1.58
			V	1130	5.70
				1740	1.59
				2354	6.30

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 2º Semestre 2021

JULIO						AGOSTO						SEPTIEMBRE					
DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS
01	0044	0.93	16	0608	2.04	01	0209	1.21	16	0109	0.92	01	0300	1.31	16	0308	1.00
J	0709	1.97	V	1150	1.00	D	0838	2.15	L	0749	2.36	MI	0930	2.26	J	0942	2.65
	1248	1.20		1813	2.17		1529	1.15		1434	0.84		1636	0.92		1631	0.49
	1916	2.18					2129	1.83		2039	1.89		2254	1.79		2254	2.07
02	0159	1.03	17	0041	0.84	02	0307	1.21	17	0225	0.96	02	0349	1.25	17	0411	0.89
V	0822	2.01	S	0714	2.09	L	0939	2.24	M	0901	2.48	J	1017	2.34	V	1043	2.78
	1423	1.23		1317	1.02		1627	1.02		1550	0.66		1709	0.79		1719	0.37
	2037	2.06		1930	2.06		2237	1.86		2204	1.96		2330	1.89		2342	2.22
03	0304	1.05	18	0155	0.86	03	0354	1.17	18	0331	0.91	03	0433	1.14	18	0507	0.75
S	0932	2.13	D	0825	2.21	M	1025	2.34	MI	1006	2.65	V	1058	2.44	S	1136	2.89
	1548	1.14		1448	0.93		1708	0.88		1648	0.46		1739	0.65		1802	0.29
	2156	2.03		2052	2.02		2322	1.92		2309	2.09						
04	0354	1.04	19	0300	0.83	04	0434	1.11	19	0430	0.80	04	0001	2.00	19	0023	2.36
D	1027	2.27	L	0933	2.39	MI	1103	2.44	J	1102	2.82	S	0515	1.02	D	0558	0.63
	1648	1.00		1602	0.73		1740	0.75		1736	0.30		1137	2.54		1223	2.94
	2258	2.05		2211	2.06		2356	1.99		2358	2.24		1809	0.52		1843	0.26
05	0436	0.99	20	0357	0.76	05	0510	1.03	20	0523	0.68	05	0030	2.10	20	0103	2.46
L	1108	2.41	M	1031	2.60	J	1137	2.53	V	1153	2.97	D	0555	0.87	L	0645	0.56
	1732	0.85		1700	0.50		1810	0.63		1820	0.19		1216	2.63		1307	2.91
	2343	2.09		2316	2.16								1841	0.41		1923	0.28
06	0512	0.95	21	0449	0.68	06	0025	2.05	21	0040	2.35	06	0100	2.21	21	0143	2.53
M	1143	2.52	MI	1122	2.81	V	0544	0.95	S	0612	0.56	L	0635	0.71	M	0730	0.55
	1807	0.73		1750	0.30		1209	2.62		1240	3.05		1254	2.70		1349	2.80
							1838	0.52		1903	0.15		1915	0.33		2001	0.36
07	0018	2.12	22	0009	2.27	07	0053	2.11	22	0121	2.43	07	0133	2.31	22	0223	2.55
MI	0546	0.90	J	0539	0.58	S	0619	0.85	D	0659	0.49	M	0715	0.59	MI	0814	0.59
	1213	2.61		1210	2.98		1241	2.69		1324	3.05		1333	2.72		1428	2.63
	1838	0.62		1836	0.16		1908	0.43		1945	0.18		1951	0.28		2038	0.48
08	0048	2.14	23	0054	2.36	08	0122	2.16	23	0202	2.45	08	0209	2.39	23	0303	2.54
J	0617	0.85	V	0628	0.50	D	0654	0.75	L	0743	0.49	MI	0757	0.51	J	0858	0.68
	1242	2.67		1257	3.09		1316	2.73		1407	2.97		1413	2.68		1507	2.42
	1907	0.54		1920	0.10		1940	0.37		2026	0.27		2028	0.29		2112	0.64
09	0116	2.14	24	0137	2.40	09	0153	2.20	24	0244	2.44	09	0250	2.46	24	0342	2.49
V	0647	0.80	S	0714	0.45	L	0731	0.66	M	0827	0.57	J	0841	0.49	V	0943	0.80
	1311	2.72		1342	3.11		1352	2.74		1448	2.80		1455	2.57		1547	2.20
	1936	0.48		2004	0.12		2015	0.35		2106	0.41		2107	0.34		2144	0.81
10	0144	2.14	25	0220	2.40	10	0229	2.23	25	0328	2.40	10	0334	2.49	25	0419	2.43
S	0717	0.76	D	0758	0.46	M	0810	0.62	MI	0911	0.69	V	0928	0.54	S	1030	0.92
	1341	2.74		1426	3.06		1431	2.70		1529	2.58		1540	2.39		1629	1.99
	2007	0.45		2048	0.22		2052	0.37		2144	0.60		2147	0.46		2214	0.98
11	0214	2.12	26	0304	2.35	11	0309	2.25	26	0412	2.34	11	0422	2.50	26	0455	2.37
D	0750	0.73	L	0841	0.54	MI	0852	0.62	J	0958	0.85	S	1023	0.64	D	1122	1.04
	1413	2.73		1509	2.92		1512	2.61		1611	2.33		1633	2.19		1718	1.81
	2040	0.45		2132	0.37		2132	0.43		2222	0.80		2231	0.62		2244	1.13
12	0248	2.10	27	0351	2.27	12	0355	2.25	27	0457	2.28	12	0514	2.49	27	0534	2.30
L	0825	0.71	M	0925	0.68	J	0938	0.68	V	1052	1.01	D	1127	0.74	L	1225	1.12
	1450	2.69		1552	2.72		1556	2.46		1700	2.08		1739	1.99		1819	1.68
	2116	0.49		2215	0.57		2214	0.53		2300	1.00		2323	0.81		2318	1.25
13	0327	2.07	28	0440	2.19	13	0445	2.26	28	0543	2.23	13	0611	2.47	28	0618	2.24
M	0904	0.74	MI	1012	0.87	V	1031	0.78	S	1158	1.14	L	1246	0.80	M	1346	1.14
	1530	2.59		1638	2.47		1648	2.27		1802	1.87		1900	1.85		1932	1.61
	2156	0.56		2301	0.78		2301	0.67		2345	1.17						
14	0414	2.05	29	0532	2.13	14	0540	2.27	29	0633	2.19	14	0032	0.98	29	0016	1.35
MI	0948	0.81	J	1109	1.05	S	1138	0.88	D	1322	1.19	M	0719	2.48	MI	0714	2.20
	1615	2.47		1732	2.22		1753	2.08		1918	1.73		1417	0.76		1503	1.08
	2242	0.66		2352	0.98		2358	0.81					2028	1.83		2059	1.61
15	0508	2.03	30	0628	2.09	15	0641	2.29	30	0046	1.29	15	0154	1.05	30	0145	1.38
J	1041	0.91	V	1225	1.19	D	1301	0.92	L	0730	2.18	MI	0833	2.53	J	0821	2.20
	1708	2.32		1841	2.00		1912	1.94		1451	1.15		1534	0.63		1555	0.97
	2335	0.76								2042	1.68		2151	1.92		2213	1.70
			31	0057	1.13				31	0200	1.33						
			S	0731	2.09				M	0833	2.20						
				1401	1.23					1554	1.05						
				2004	1.87					2202	1.71						

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 2º Semestre 2021

OCTUBRE

DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS
01 V	0259 0925 1633 2258	1.32 2.25 0.84 1.83	16 S	0353 1023 1658 2322	0.96 2.67 0.50 2.22
02 S	0358 1020 1706 2332	1.20 2.34 0.69 1.98	17 D	0453 1118 1740	0.83 2.73 0.44
03 D	0449 1108 1739	1.04 2.45 0.54	18 L	0005 0546 1207 1820	2.38 0.71 2.74 0.41
04 L	0004 0535 1153 1813	2.14 0.84 2.56 0.41	19 M	0045 0635 1252 1858	2.52 0.63 2.69 0.42
05 M	0036 0618 1234 1848	2.30 0.65 2.64 0.31	20 MI	0123 0720 1333 1935	2.62 0.59 2.60 0.48
06 MI	0111 0701 1315 1925	2.45 0.50 2.65 0.25	21 J	0200 0802 1411 2009	2.66 0.59 2.46 0.57
07 J	0149 0745 1357 2003	2.59 0.40 2.60 0.25	22 V	0235 0843 1447 2040	2.66 0.64 2.30 0.68
08 V	0229 0831 1440 2042	2.68 0.37 2.48 0.31	23 S	0309 0923 1522 2109	2.62 0.71 2.13 0.81
09 S	0313 0919 1527 2123	2.72 0.41 2.30 0.45	24 D	0340 1001 1557 2134	2.56 0.81 1.96 0.94
10 D	0400 1013 1623 2207	2.72 0.50 2.11 0.63	25 L	0411 1041 1635 2159	2.49 0.91 1.81 1.05
11 L	0450 1115 1731 2258	2.67 0.61 1.94 0.83	26 M	0443 1126 1722 2227	2.41 1.01 1.70 1.15
12 M	0547 1228 1848	2.60 0.70 1.84	27 MI	0521 1224 1823 2308	2.32 1.07 1.62 1.26
13 MI	0004 0653 1354 2009	1.00 2.55 0.73 1.83	28 J	0610 1346 1940	2.24 1.08 1.61
14 J	0127 0807 1512 2128	1.09 2.54 0.67 1.91	29 V	0025 0717 1501 2109	1.34 2.18 1.01 1.68
15 V	0245 0919 1611 2232	1.06 2.59 0.58 2.05	30 S	0207 0834 1551 2214	1.33 2.18 0.88 1.82
			31 D	0325 0943 1630 2258	1.20 2.25 0.73 2.00

NOVIEMBRE

DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS
01 L	0426 1041 1707 2335	1.02 2.36 0.58 2.20	16 M	0538 1154 1755	0.78 2.50 0.59
02 M	0517 1131 1744	0.80 2.46 0.44	17 MI	0023 0626 1239 1832	2.58 0.67 2.47 0.59
03 MI	0011 0603 1216 1821	2.42 0.59 2.52 0.34	18 J	0100 0708 1318 1907	2.68 0.59 2.41 0.61
04 J	0048 0648 1300 1900	2.61 0.41 2.53 0.28	19 V	0134 0747 1353 1939	2.73 0.56 2.32 0.66
05 V	0127 0734 1344 1940	2.77 0.29 2.49 0.28	20 S	0205 0823 1425 2009	2.74 0.58 2.22 0.73
06 S	0209 0821 1429 2021	2.88 0.24 2.38 0.35	21 D	0235 0857 1456 2035	2.70 0.62 2.09 0.80
07 D	0253 0909 1519 2104	2.91 0.27 2.25 0.47	22 L	0303 0929 1526 2100	2.65 0.69 1.97 0.88
08 L	0339 1002 1615 2149	2.88 0.37 2.10 0.64	23 M	0332 1003 1600 2127	2.58 0.78 1.86 0.96
09 M	0429 1059 1720 2239	2.79 0.50 1.97 0.82	24 MI	0403 1040 1642 2158	2.49 0.86 1.77 1.05
10 MI	0525 1205 1829 2341	2.68 0.64 1.89 0.99	25 J	0440 1125 1736 2240	2.39 0.95 1.71 1.15
11 J	0629 1324 1941	2.57 0.74 1.87	26 V	0528 1228 1843 2346	2.28 1.01 1.70 1.25
12 V	0100 0741 1443 2057	1.09 2.50 0.75 1.92	27 S	0633 1352 2002	2.18 1.00 1.74
13 S	0222 0854 1544 2206	1.10 2.48 0.71 2.06	28 D	0125 0752 1501 2120	1.26 2.14 0.91 1.87
14 D	0337 1002 1633 2300	1.03 2.49 0.66 2.24	29 L	0256 0908 1550 2218	1.16 2.16 0.78 2.07
15 L	0443 1103 1715 2344	0.91 2.50 0.62 2.42	30 M	0405 1014 1633 2303	0.97 2.23 0.64 2.31

DICIEMBRE

DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS	DIA	HORA H.M.	ALTURA METROS
01 MI	0501 1111 1713 2344	0.74 2.31 0.52 2.54	16 J	0614 1226 1804	0.68 2.27 0.76
02 J	0550 1202 1754	0.51 2.37 0.42	17 V	0032 0651 1301 1838	2.69 0.59 2.26 0.75
03 V	0025 0637 1249 1837	2.76 0.32 2.40 0.37	18 S	0104 0725 1332 1909	2.74 0.54 2.22 0.75
04 S	0107 0723 1335 1920	2.92 0.19 2.39 0.36	19 D	0134 0757 1401 1938	2.75 0.53 2.17 0.77
05 D	0150 0809 1421 2004	3.01 0.14 2.34 0.39	20 L	0202 0827 1430 2005	2.74 0.55 2.10 0.80
06 L	0235 0857 1510 2048	3.03 0.17 2.26 0.48	21 M	0230 0858 1459 2033	2.70 0.58 2.02 0.83
07 M	0322 0947 1603 2133	2.97 0.28 2.15 0.62	22 MI	0259 0929 1532 2104	2.64 0.64 1.95 0.88
08 MI	0411 1040 1702 2222	2.86 0.44 2.05 0.78	23 J	0333 1005 1613 2140	2.55 0.72 1.90 0.94
09 J	0503 1139 1804 2320	2.71 0.62 1.97 0.95	24 V	0412 1046 1704 2225	2.43 0.81 1.86 1.03
10 V	0603 1248 1910	2.55 0.78 1.93	25 S	0500 1138 1805 2328	2.30 0.89 1.85 1.12
11 S	0034 0713 1405 2022	1.10 2.40 0.86 1.97	26 D	0601 1247 1913	2.17 0.94 1.89
12 D	0202 0828 1511 2135	1.15 2.30 0.87 2.10	27 L	0056 0717 1404 2027	1.16 2.08 0.92 2.00
13 L	0327 0944 1603 2234	1.09 2.25 0.85 2.27	28 M	0230 0836 1506 2135	1.09 2.05 0.84 2.19
14 M	0437 1051 1647 2319	0.96 2.25 0.82 2.45	29 MI	0348 0952 1557 2230	0.90 2.08 0.74 2.42
15 MI	0530 1144 1727 2358	0.81 2.27 0.79 2.60	30 J	0448 1057 1644 2317	0.66 2.15 0.64 2.65
			31 V	0539 1153 1731	0.43 2.24 0.55

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



Especialistas En Investigación Aplicada

Una Nueva Dimensión En Análisis Radiográfico



Primer servicio de rayos-x en la industria capaz de obtener imágenes radiológicas a partir de etapas muy tempranas de desarrollo.



Detección temprana de malformaciones.



Asociación a factores de riesgo en etapas iniciales de desarrollo.



Larvas, alevín de saco, start feeding.



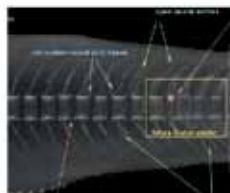
01. Imagen obtenida con equipo Rx UHD de vista latero-lateral de alevín, indicando aumento de imagen en cuerpo vertebral del segmento caudal.



02. Imagen obtenida con equipo Rx UHD de vista latero-lateral de alevín, indicando aumento de imagen en cuerpo vertebral del segmento transicional.



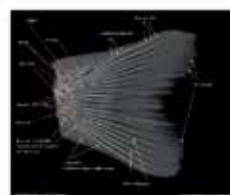
03. Vista latero-lateral de alevín de 2,5 cm, (0,5 g). Este alevín es el mismo radiografiado en las imágenes 1 y 2.



04. Vista latero-lateral de segmento caudal de alevín, con fusión completa y central de cuerpos vertebrales, apertura de los arcos hemales y neurales, dislocación de la base de los arcos neurales y futuras fusiones.



05. Vista latero-lateral del segmento caudal en alevín. Se observa fusión central y completa de cuerpos vertebrales, apertura de los arcos neurales y dislocación en base de estos.



06. Vista latero-lateral de aleta caudal en alevín, indicando las estructuras óseas que la componen. El equipo Rx UHD permite identificar alteraciones en la aleta caudal.



07. Corte horizontal de alevín utilizando tinción histoquímica para evaluación de mineralización de hueso opercular.



08. Se observa alevín con opérculo corto y plegamiento externo de este. Lo cual es un cuadro patológico.

Seguimiento A Problemáticas De Relevancia Para La Industria



Seguimientos cuantitativos y semi-cuantitativos utilizando técnicas de patología e histopatología digital avanzada.



Asesoría de expertos a nivel internacional.



Reportabilidad personalizada y consolidada.



Alta tecnología e I+D+i.



Técnicas histoquímicas e inmunohistoquímicas.



info@vehice.com



www.vehice.com

Acortamiento Opercular

Etiología, Hallazgos Macroscópicos e Histología



Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

Carlos Sandoval^{1,2}, Josefa Fuentes², Karina Carrasco², Marcelo Vera², Karla Mariman², Manuel Ulloa², Karen Acuña²,
Paulina Moreno², 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 M.V., MSc, PhD. Instituto de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile.

Introducción:

Fisiológicamente el opérculo se forma a partir de células mesenquimales que posteriormente se diferencian en osteoblastos y en conjunto con tejido conectivo forman una osificación intramembranosa, cuya matriz ósea se encuentra en ausencia de osteocitos (Thoung *et al.* 2017). De acuerdo con la clasificación de Vernier, 1969 en *Oncorhynchus nerka* indica que el desarrollo opercular (organogénesis) comienza en la etapa 26 correspondiente a 304 UTA a 8°C y cubriendo todos los arcos branquiales en la etapa 30 correspondiente a 640 UTA a 8°C (Velsen 1980). El opérculo se encuentra anatómicamente formado por capas de piel exterior e interior, y una capa intermedia de hueso. El borde posterior del opérculo es una estructura nervada flexible que cierra la cavidad branquial como una tapa (Ortiz-Delgado 2014). El acortamiento del opérculo es una de las deformidades esqueléticas principalmente reportadas en conjunto con deformidades craneales y de columna vertebral. Esta deformidad opercular puede ser unilateral o bilateral, con un pliegue en opérculo y sub-opérculo hacia dentro o fuera de la cavidad branquial, presentándose desde etapas larvales.

La importancia en la presentación de esta condición en peces radica en la compleja función opercular dentro de la función respiratoria, ya que las deformidades operculares podrían causar enfermedades branquiales por una mayor exposición al ambiente, además puede disminuir la eficiencia respiratoria (Beraldo, 2002; Galeotti. M, 2000; Larsen *et al.*, 2018; Thoung *et al.*, 2017).

Etiología

ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES

Los factores que influyen en la incidencia de deformaciones esqueléticas pueden ser luz, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, flujo de agua, pH), presencia de metales pesados en el agua.

TEMPERATURA

La temperatura de cultivo es considerada una de las causales más importantes en el desarrollo de malformaciones morfológicas,

debido a su importancia en los procesos ontogénicos, control de crecimiento, desarrollo y supervivencia de animales exotérmicos, sobre todo en estadios tempranos de desarrollo, lo que puede afectar la ontogenia esquelética. Sin embargo, diversos estudios llevan a concluir que el tipo y forma de malformación esquelética inducidos por temperatura, parecen ser especie-específico y dependen del estadio de desarrollo en el cual se encuentran. Por otro lado, algunos autores indican que no se puede subestimar la influencia de otros factores en la etiología de las malformaciones, por lo que la influencia de la temperatura sobre el desarrollo pudiese tener relaciones complejas con múltiples factores (Argüello-Guevara *et al.*, 2014).

SUSTANCIAS QUÍMICAS

Se ha podido atribuir la presentación de opérculo corto a los efectos tóxicos de efluentes contaminados y presencia de metales pesados en el agua. En el proceso de metabolismo hepático de algunos compuestos químicos (contaminantes organoclorados en el medio como el toxafeno) requiere vitamina C como cofactor, por lo cual se genera una deficiencia de ácido ascórbico (vitamina C) secundaria a la intoxicación (Lindesjö *et al.*, 1994).

DAÑO MECÁNICO

La osificación del opérculo ocurre luego de las 14 días post-eclosión en *Sparus aurata*, por lo que es esperable que previo a esta etapa, factores tales como el exceso de flujo afecten la morfogénesis ósea (Thoung *et al.*, 2017).

Se ha descrito además la remodelación ósea inducida por estímulos mecánicos, para adaptarse a esos estímulos ejercidos sobre los tejidos (Witten y col., 2009).

En estudios con *Solea senegalensis* se observa un aumento en la incidencia de malformaciones mandibulares bajo diferentes condiciones de luz debido a cambio de comportamiento de los individuos, los cuales mantienen contacto con el estanque. Este comportamiento se observa dependiendo del color de los estan-

ques y con el aumento en las densidades de cultivo (Argüello-Guevara *et al.*, 2014).

El consumo de alimento de un calibre mayor al recomendado, o la hiperventilación para aumentar las tasas de alimentación podrían ser igualmente factores predisponentes durante los primeros estadios, aún más si es correlacionando con desequilibrios nutricionales (Beraldo, 2002).

SALINIDAD

Se observó en estudios de *Anguilla japonica* y *Ophiodon elongatus* que condiciones subóptimas de salinidad, mediante diferentes vías, generaron un aumento en la incidencia de malformaciones a nivel mandibular (Argüello-Guevara *et al.*, 2014).

OXÍGENO

Se observó en larvas de *Salmo gairdneri* que al aumentar la presión total de gases a 111% existe un aumento en la incidencia de deformidades operculares de un 1.4%, lo cual podría deberse a grandes burbujas que quedan atrapadas en la cavidad bucal por cortos periodos de tiempo (Jensen, 1988).

Aspectos Nutricionales

Cultivos de *Sparus aurata* alimentados con dietas altas en ácidos grasos insaturados y enriquecidos con vitamina C tienen una menor incidencia en la presentación de deformidades operculares; por otro lado, dietas con bajos niveles de DHA (ácidos docosahexaenoicos) retardan la mineralización temprana, por lo que aumenta el riesgo de deformidades operculares (Thoung *et al.*, 2017). Igualmente, se ha podido relacionar malformaciones operculares en *Chanos, chanos* con insuficiencia de ácidos grasos altamente insaturados o vitamina C.

Por otro lado, se ha observado que alteraciones del metabolismo de sales de calcio/vitamina D provocan debilidad y plegamiento de opérculo. Además, en *Paralichthys olivaceus* se ha observado que al ser sometidos a dietas deficientes en fósforo se observa un aumento en la incidencia de opérculos deformados, sin embargo, en otras especies esta deficiencia sólo genera falla en la mineralización de huesos y cartílagos.

ÁCIDOS GRASOS: Los ácidos grasos altamente insaturados actúan a nivel genómico, utilizando receptores nucleares específicos encargados del desarrollo esquelético durante la ontogénesis.

VITAMINAS: El ácido retinoico (vitamina A) es un cofactor importante durante el desarrollo embrionario y post-embrionario durante los procesos de diferenciación, crecimiento y desarrollo de las células y tejidos.

La vitamina C es esencial para la producción de colágeno, lo cual permite la correcta formación de estructuras óseas y cartílagos de soporte.

La vitamina D se encuentra relacionada con el metabolismo del calcio, lo cual se encuentra relacionado directamente con la co-

recta formación de la estructura ósea.

MINERALES: El calcio y fósforo, debido a su importante rol en el crecimiento y mineralización ósea, han sido evaluados como posibles causas de malformaciones (Argüello-Guevara *et al.*, 2014).

Finalmente, es importante tener en cuenta que la nutrición de los reproductores, así como las reservas endógenas en gota lipídica pueden estar involucrados en las malformaciones mandibulares, tal como se indica en estudio en *Seriola lalandi* por presencia de deformaciones mandibulares en etapas tempranas de desarrollo (4 días post-eclosión), sin descartar la influencia de factores ambientales y nutricionales de las larvas (Argüello-Guevara *et al.*, 2014; Cobcroft J., 2004).

Aspectos Genéticos

Se ha observado una mayor incidencia de acortamiento opercular en individuos de *Salmo salar* triploides en comparación con individuos diploides en distintos estadios. (Sadler *et al.*, 2001). Sin embargo, la literatura disponible referente a malformaciones y anomalías corresponden en su mayoría a las situadas en el eje vertebral o apendiculares, y no se ha obtenido hallazgos estadísticamente significativos que permitan atribuir de forma certera la influencia génica sobre el desarrollo de esta condición de opérculo corto (Argüello-Guevara *et al.*, 2014).

Signología Clínica

En un estudio se observa que los peces que se encuentran cursando con esta condición tienden a dispersarse de la población (peces de baja condición), lo cual se explica debido que esta condición significa un mayor gasto energético para oxigenación. Además, estos son más susceptibles a enfermedades debido al aumento en la exposición de las branquias a patógenos medioambientales y daño del tejido branquial (Iannone B., 2014).

Hallazgos Macroscópicos

De acuerdo con lo descrito por Beraldo (2002) los hallazgos se pueden caracterizar como:

1. Plegamiento del opérculo hacia la cámara branquial, comenzando en la esquina superior de la hendidura ramificada y extendiéndose hacia el tercio inferior.
2. Depresión cóncava externa del complejo opercular con una regresión consiguiente del borde del opérculo y un ensanchamiento de la hendidura branquial en el tercio medio-superior con exposición del tejido branquial (dependiendo de la intensidad).
3. Ausencia parcial del opérculo con una regresión del borde externo que se extiende hacia el tercio inferior.
4. Ausencia parcial del opérculo o plegamiento de este, principalmente en el tercio inferior, junto con hipogénesis o flexión excesiva de los rayos braquiostegos.

Estas irregularidades operculares además pueden ser de presentación unilateral o bilateral.

Hallazgos Histológicos

En *Sparus aurata* la histología normal del opérculo muestra que durante la etapa de desarrollo existe una regularidad en la su

cesión entre sus capas tisulares, lo que incluye posición axial y soporte esquelético formado por cuatro placas óseas dérmicas. Por otro lado, el opérculo anormal y plegado puede mantener las capas de tejidos regulares, pero muestra detalles estructurales específicos y cambios en las áreas involucradas (Beraldo, 2002).

A la histología en larvas de entre 7-9 días pos-eclosión, se observa en la estructura opercular un núcleo condensado de células mesenquimales (blastema), las cuales comienzan a convertirse en fibroblastos y segregan colágeno. Entre los 10-12 días se puede observar colágeno y fibras elásticas en el complejo opercular. Entre los 17-20 días se observan los primeros cambios histológicos de osificación intramembranosa de los elementos operculares, pudiendo ser identificados por su coloración basófila intensa, limitando con láminas de tejido conectivo (Galeotti, 2000).

En nuestros estudios operculares hemos observado en salmónidos que los primeros indicios de alteración comienzan en el borde caudal del opérculo con plegamiento externo o interno de tejido blando, en algunos casos con aumento de la cara interna de la demis. Esto se presenta en asociación con hallazgos patológicos de curso agudo en piel principalmente espongiosis, necrosis y exfoliación epidermal. En casos de carácter severos, se encuentra plegamiento interno o externo el hueso sub-opercular y opercular acompañado de alteraciones de curso crónico como dermatitis.

Referencias

Argüello-Guevara W., Bohórquez-Cruz M., Silva A. (2014). Malformaciones craneales en larvas y juveniles de peces cultivados. Lat. Am J. Aquat. Res., 42(5): 950-962.

Beraldo P., Pinoso M., Tibaldi E., Canavese B. (2002). Abnormalities of the operculum in gilthead sea bream (*Sparus aurata*): morphological

description. Aquaculture 220: 89-99.

Cobcroft J., Pankhurst P., Poortenaar C., Hickman B., Tait M. (2004). Jaw malformation in cultured yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*) larvae. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. 38: 67-71.

Ferguson, H.W. (1989). Systemic pathology of fish. A text and atlas of comparative tissue responses in diseases of teleosts. Iowa State University Press, Ames, 263 pp.

Galeotti M., Beraldo P., de Dominis S., D'Angelo L., Ballestrazzi R., Musetti R., Pizzolito S., Pinoso M. (2000). A preliminary histological and ultrastructural study of opercular anomalies in gilthead sea bream larvae (*Sparus aurata*). Fish Physiology and biochemistry 22: 151-157.

Iannone B. (2014). Prevalence of fin erosion, shortened operculum and lesions in farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*). Master thesis, Department of Biology, Norwegian University of Science and Technology.

Jensen J.O.T. (1988). Combined effects of gas supersaturation and dissolved oxygen levels on Steelhead Trout (*Salmo gairdneri*) eggs, larvae, and fry. Aquaculture, 68: 131-139.

Morel C., Adriaens D., Boone M., De Wolf T., Van Hoorebeke L., Sorgeloos P. (2010). Visualizing mineralization in deformed opercular bones of larval gilthead sea bream (*Sparus aurata*). J. Appl. Ichthyol. 26, 278-279.

Ortiz-Delgado J., Fernández I., Sarasquete C., Gisbert E. (2014). Normal and histopathological organization of the opercular bone and vertebrae in gilthead sea bream *Sparus aurata*. Aquat. Biol. (21): 67-84.

Lindesjö E., Thulin J., Bengtsson B., Tjärnlund U. (1994). Abnormalities of a gill cover bone, the operculum in perch *Perca fluviatilis* from a pulp mill effluent area. Aquatic Toxicology (28): 189-207.

Sadler J., Pankhurst P. M., King H. R. (2000). High prevalence of skeletal deformity and reduced gill surface area in triploid Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture 198 (3-4) 369-386.

Thoung N. P., Verstraeten B., Kegel B. D., Christiaens J., Wolf T. D., Sorgeloos P., Bonte D. & Adriaens D. (2017). Ontogenesis of opercular deformities in gilthead sea bream *Sparus aurata*: a histological description. J Fish Biol. 91(5): 1419-1434.

Witten, P. E. & Huysseune, A. (2009). A comparative view on mechanisms and functions of skeletal remodelling in teleost fish, with special emphasis on osteoclasts and their function. Biological Reviews 84, 315-346.

Hallazgos Macroscópicos



Figura 1. Opérculo.
Sin hallazgos macroscópicos (grado 0).



Figura 2. Opérculo.
Acortamiento opercular leve (grado 1).



Figura 3. Opérculo.
Acortamiento opercular moderado (grado 2).



Figura 4. Opérculo.
Acortamiento opercular severo (grado 3).

Hallazgos Histológicos

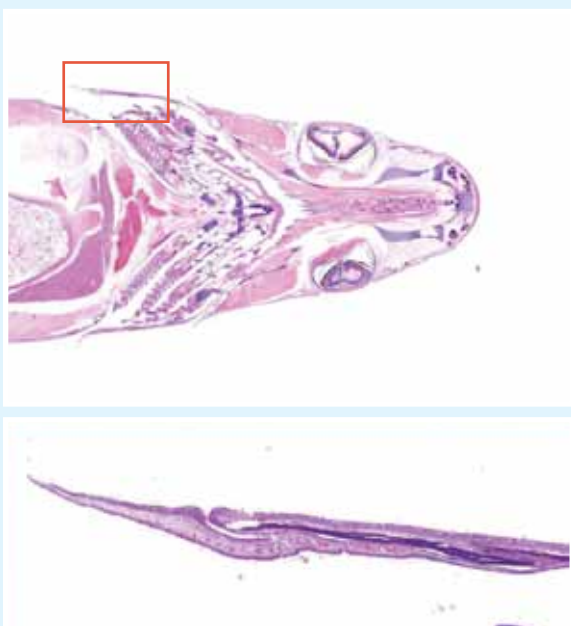


Figura 5. **Opérculo.** H&E. Sin hallazgos (grado 0).

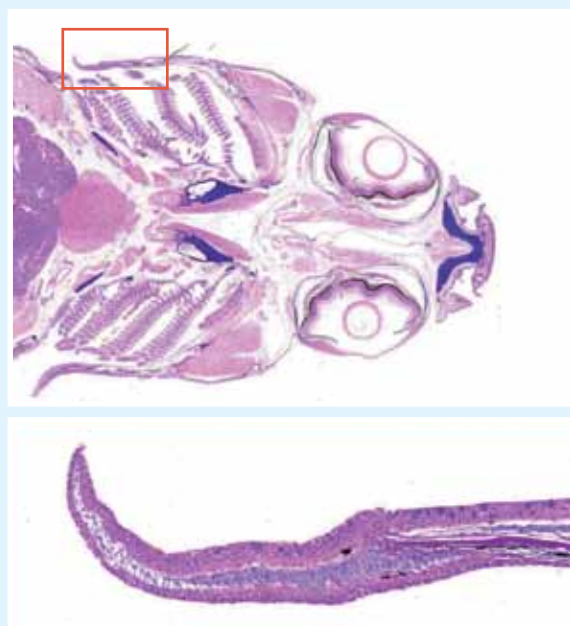


Figura 6. **Opérculo.** H&E. Plegamiento externo y acortamiento opercular leve (grado 1).

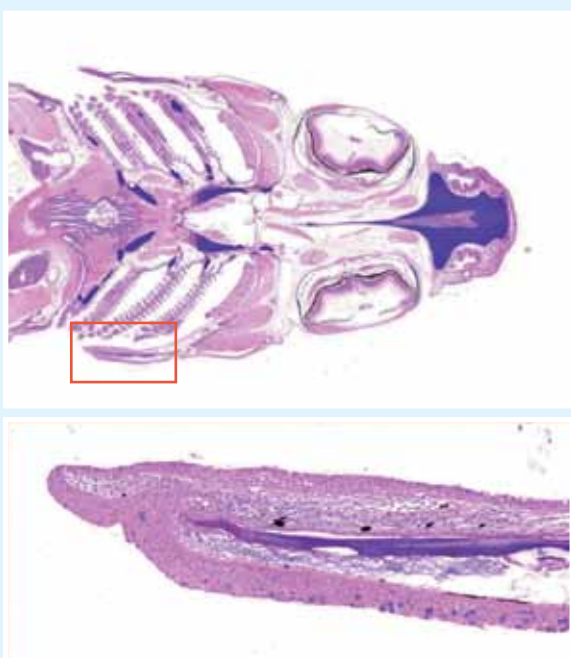


Figura 7. **Opérculo.** Acortamiento opercular moderado (grado 2).

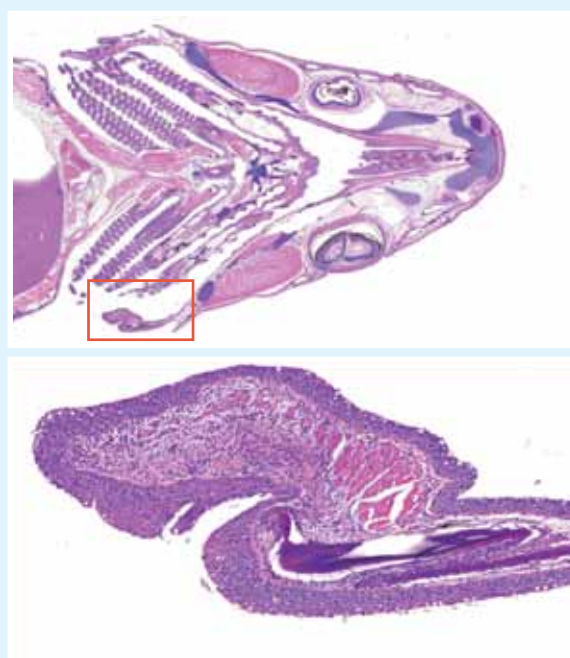


Figura 8. **Opérculo.** Acortamiento opercular severo (grado 3).

Uso de genómica comparativa para el desarrollo de un multiplex-PCR para la genotipificación del patógeno de salmónidos *Piscirickettsia salmonis*



Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza



Universidad de
Playa Ancha



Adolfo Isla^{1,2,3}, J. Eduardo Martínez-Hernández^{4,5,6}, Héctor A. Levipan⁷, Denise Haussmann³, Jaime Figueroa^{1,2},
María Cecilia Rauch¹, Vinicius Maracaja-Coutinho^{4,8,9}, Alejandro Yáñez^{2,10} / ayanez@uach.cl

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

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

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

⁴Centro de Modelamiento Molecular, Biofísica y Bioinformática – CM2B2, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile

⁵Programa de Doctorado en Genómica Integrativa, Vicerrectoría de Investigación, Universidad Mayor, Santiago, Chile

⁶Laboratorio de Biología de Redes, Centro de Genómica y Bioinformática, Facultad de Ciencias, Universidad Mayor, Santiago, Chile

⁷Laboratorio de Ecopatología y Nanobiomateriales, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Chile

⁸Instituto Vandique, João Pessoa, Brazil

⁹Beagle Bioinformatics, Santiago, Chile

¹⁰Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

ANTECEDENTES

Piscirickettsia salmonis es una bacteria que afecta a todas las especies cultivables de salmón (Mauel et al., 2008; Figueroa et al., 2019). En Chile, la bacteria tiene una amplia distribución y genera un importante costo a la industria salmonera, cercano a los 700 millones de dólares al año (Maisey et al., 2017). Durante el primer semestre de 2019, *P. salmonis* fue la principal fuente de mortalidad por enfermedades infecciosas del salmón atlántico y la trucha arco iris cultivadas (Sernapesca, 2020b). Como consecuencia, una importante fracción (93,85%) de todos los antibióticos utilizados entre enero y junio de 2020 en la fase marina de la acuicultura chilena (Sernapesca, 2020a) se utilizaron para tratar los brotes de Piscirickettsiosis.

P. salmonis fue inicialmente clasificada en el orden *Rickettsiales* (Cvitanich et al., 1991). Más tarde la bacteria fue reclasificada como miembro de la clase Gamma-proteobacteria del filo Proteobacteria (Fryer et al., 1992). La caracterización de aislados obtenidos en diferentes sitios geográficos (por ejemplo, de Chile, Noruega, Canadá, Irlanda, entre otros) ha permitido la descripción de dos grupos genéticos denominados LF-89 y EM-90 (Heath et al., 2000; Saavedra et al., 2017; Nourdin-Galindo et al., 2017). En este contexto, el estudio de Saavedra et al. (2017), el cual analizó 500 aislados de *P. salmonis* de campo, indicó que el 50% de las muestras estuvieron relacionadas filogenéticamente con los genogrupos EM-90 o LF-89. Este mismo

estudio reveló que ambos genogrupos tienen una amplia distribución y fueron responsables de los brotes de Piscirickettsiosis en los centros de cultivo.

La existencia de dos grupos genéticos fue reforzada mediante el análisis genómico comparativo de 19 aislados de *P. salmonis* completamente secuenciados (Nourdin-Galindo et al., 2017). Posteriormente, estos resultados fueron respaldados mediante diferentes técnicas experimentales, tales como MLST y PCR-RFLP del gen 16S ADNr (Isla et al., 2019; Aravena et al., 2020). Además, las diferencias en los rasgos genómicos y fenotípicos entre los genogrupos de *P. salmonis* resaltan la necesidad de desarrollar metodologías alternativas para el genotipado. Por ejemplo, el análisis comparativo del core-genoma muestra la presencia de diversos genes que codifican para factores transcripcionales y de virulencia específicos dentro de cada genogrupo (Nourdin-Galindo et al., 2017).

Las diferencias genómicas y fenotípicas entre los genogrupos EM-90 y LF-89 plantean la necesidad de nuevas herramientas que permitan la discriminación rápida de los miembros pertenecientes a cada genogrupo en muestras de campo y cultivos de laboratorio. El objetivo del presente estudio es la implementación de un multiplex-PCR para discriminar entre cepas LF-89 y EM-90 basado en un enfoque genómico comparativo.

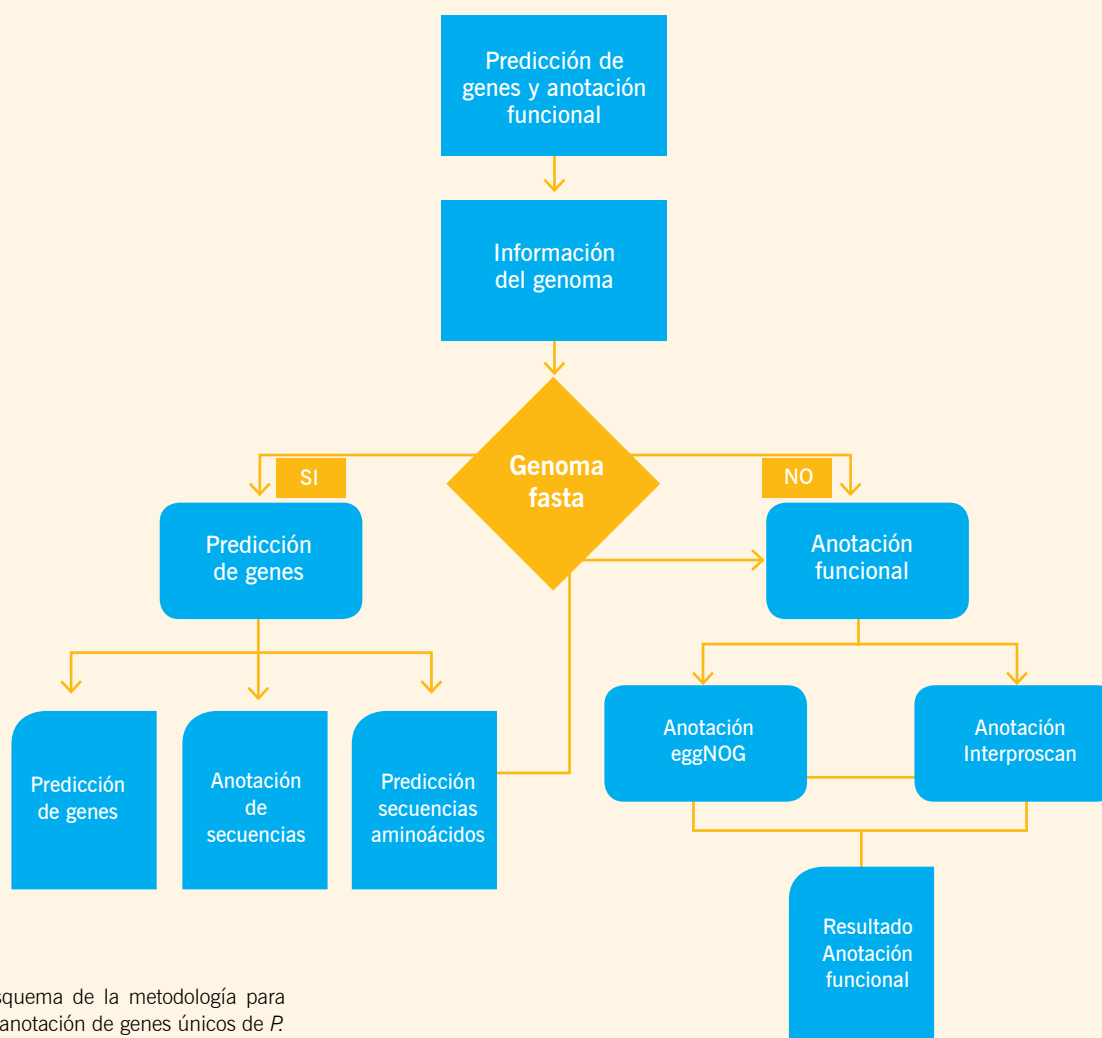


Figura 1. Esquema de la metodología para predicción y anotación de genes únicos de *P. salmonis*.

RESULTADOS

Análisis in-silico de los genomas de *P. salmonis*

Se analizaron 73 genomas completamente secuenciados de *P. salmonis* disponibles en la base de datos del NCBI. A partir de cada genoma se predijeron las secuencias nucleotídicas codificantes para proteínas usando la herramienta Prodigal. Cada secuencia fue anotada funcionalmente con la herramienta EggNOG 4.5 y los dominios funcionales se identificaron con InterproScan. La Figura 1 muestra un esquema resumen de la metodología utilizada.

Posteriormente, las secuencias codificantes predichas *in-silico* para cada genoma se agruparon con la herramienta CD-HIT, a fin de separarlas en los genogrupos LF-89 y EM-90. Para ello, se utilizó un nivel de identidad de un 75% y un 50% de cobertura entre las secuencias más largas y cortas; los resultados de este análisis permitieron separar los genomas en dos genogrupos, los cuales se muestran en la Figura 2.

A continuación, las secuencias nucleotídicas fueron analizadas en forma independiente por genogrupo. Para ello, se generó una

matriz binaria de presencia/ausencia de las secuencias codificantes y obtuvo el core de genes para cada genogrupo. El análisis *in-silico* de los 73 genomas permitió predecir inicialmente que los genogrupos LF-89 y EM-90 poseen un pan-genoma de 2653 y 2814 secuencias, respectivamente (Figura 3A). Como se muestra en esta figura, cada pan-genoma incluye el core-genoma y genes accesorios. Además, el análisis comparativo entre los core de genes de los genogrupos LF-89 y EM-90 permitió identificar un total 253 y 291 secuencias únicas para cada genogrupo, respectivamente (Figura 3B). Estos genes únicos son representantes exclusivos de cada genogrupo y son la semilla para el desarrollo del PCR de genotipificación múltiple.

Finalmente, para la selección de las secuencias nucleotídicas que serían utilizadas para el diseño de partidores para la genotipificación mediante un multiplex-PCR, se realizó la anotación funcional de cada secuencia única utilizando la base de datos *Clusters of Orthologous Groups* o COG. Las secuencias fueron clasificadas en proteínas relacionadas con Almacenamiento y procesamiento de información, Procesos celulares y Señalización, Metabolismo y Escasamente caracterizadas. Esta información

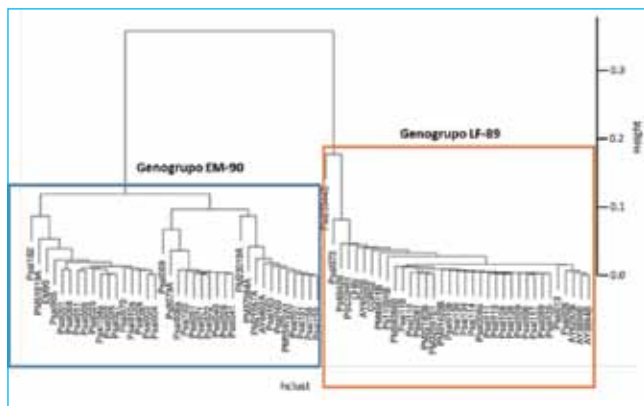


Figura 2. Clasificación de genomas de *P. salmonis* disponibles en la base de datos NCBI en los genogrupos LF-89 y EM-90.

fue utilizada para seleccionar secuencias nucleotídicas codificantes para proteínas relacionadas con las categorías de Metabolismo y Procesos celulares y Señalización para el diseño de partidores (Tabla 1).

Desarrollo de multiplex-PCR

En base a la caracterización bioinformática de los 73 genomas y la identificación de los genes únicos para cada genogrupo, se procedió al diseño de partidores que permitieran amplificar los genes específicos únicos seleccionados, mediante Multiplex-PCR. Para ello se procedió a utilizar ADN genómico de las cepas LF-89 (ATCC VR-1361) y EM-90 para evaluar la amplificación de un producto único con un tamaño de 130bp para el genogrupo LF-89 y 170 bp en el caso del genogrupo EM-90. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 4A, observándose los productos de amplificación obtenidos con los partidores para cada genogrupo. Los ensayos fueron realizados utilizando ADN genómico del genogrupo contrario del blanco de los partidores

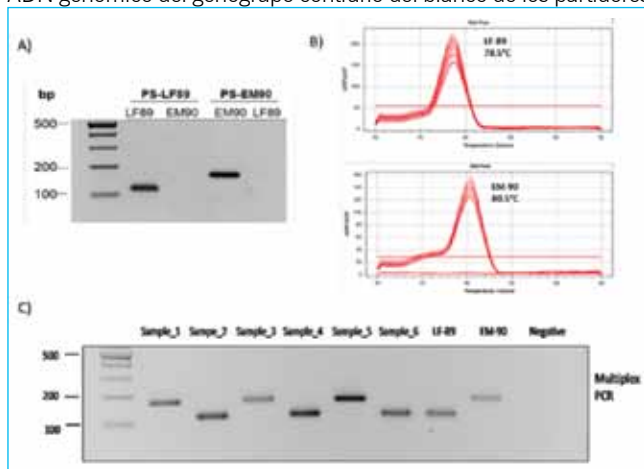


Figura 4. Análisis de muestras de *P. salmonis* mediante Multiplex PCR. A) Evaluación mediante PCR convencional y DNA de cepas LF-89 (ATCC VR-1361) y EM-90. B) Temperatura de fusión del producto de amplificación determinada mediante qPCR. C) Evaluación de muestras de campo de *P. salmonis* utilizando PCR convencional.

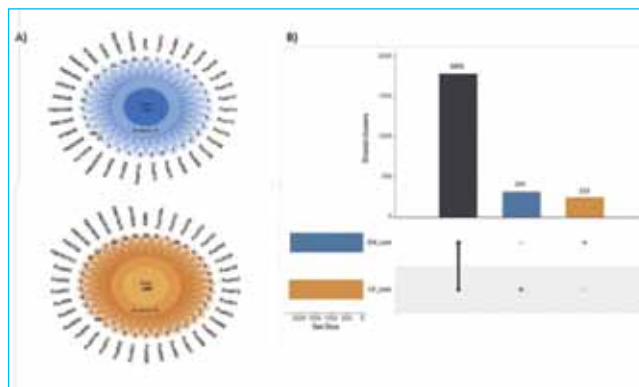


Figura 3. Identificación *in-silico* del core-genoma de *P. salmonis*. A) secuencias core y accesorias en los genomas LF-89 y EM-90. B) Grafico de secuencias compartidas y únicas identificadas en cada genogrupo.

Tabla 1. Secuencia de partidores (forward y reverse) utilizados en la genotipificación de *Piscirickettsia salmonis*.

Geno grupo	Secuencia de Partidores		Tamaño producto (bp)	Código de acceso NCBI
LF-89	Forward	ACACCTGTAGTTGCTGCTGG	131	WP_144420689.1
	Reverse	GCAGCTTCAATGCCATTAGCC		
EM-90	Forward	TGACGAAGCGTATTGTTGCG	177	WP_016210154.1
	Reverse	ACGCTATCGCCACATCATCC		

como control negativo y los resultados muestran la amplificación solo con el ADN respectivo. Además, se evaluó el multiplex-PCR mediante qPCR con el objetivo de determinar la temperatura de fusión (*melting temperatura*) del producto obtenido. Los resultados mostraron una diferencia de 2°C entre ambas curvas (Figura 4B), lo cual permitirá utilizar esta reacción para identificar la presencia de cada genogrupo en una muestra pura o reconocer una coinfección de ambos genogrupos (Isla et al.,2021).

Finalmente, se evaluó la reproducibilidad de los resultados del multiplex PCR utilizando ADN genómico obtenido desde 48 aislados de campo. Las muestras fueron obtenidas de diferentes hospederos, años de aislamiento y ubicaciones geográficas en el sur de Chile. Los resultados obtenidos indican que el 48% de las muestras corresponden al genogrupo LF-89 y las restantes al genogrupo EM-90 (n=25 muestras). El análisis se realizó utilizando ADN genómico de las cepas LF-89 y EM-90 como control positivo; un gel de referencia muestra estos resultados en la figura 4C. Finalmente cabe mencionar que una gran fortaleza del ensayo de PCR múltiple desarrollado permite detectar la presencia de co-infecciones de cepas de LF-89 y EM-90 en un mismo pez.

CONCLUSIÓN

El análisis comparativo de genomas permitió identificar un grupo importante de secuencias nucleotídicas únicas para cada genogrupo de *P. salmonis*, las cuales podrían estar asociadas a las diferencias que se observan en la progresión de la infección en el hospedero por ambos genogrupos. Además, el análisis de estas secuencias permitió el diseño e implementación de una herramienta rápida y económica para la genotipificación de muestras de campo y aislados en condiciones de laboratorio de un patógeno de interés para industria acuícola nacional.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue apoyado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID, Chile) FONDAPE N° 15110027. Vicerrectoría de Investigación, Desarrollo y Creación Artística (VIDCA), Universidad Austral de Chile y CONICYT-PFCHA Doctorado Nacional 2015-21151459.

REFERENCIAS

- Aravena, P., Pulgar, R., Ortiz-Severín, J., Maza, F., Gaete, A., Martínez, S., et al. (2020). PCR-RFLP detection and genogroup identification of *Piscirickettsia salmonis* in field samples. *Pathogens* 9:358. doi: 10.3390/pathogens9050358
- Cvitanich, J. D., Gárate, O., and Smith, C. E. (1991). The isolation of a rickettsia-like organism causing disease and mortality in Chilean salmonids and its confirmation by Koch's postulate. *J. Fish Dis.* 14, 121–145. doi: 10.1111/j.1365-2761.1991.tb00584.x
- Figuerola, J., Cárcamo, J., Yañez, A., Olavarria, 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. *Reviews in Aquaculture*. 11, 299–342. doi: <https://doi.org/10.1111/raq.12333>
- Fryer, J. L., Lannan, C. N., Giovannoni, S. J., and Wood, N. D. (1992). *Piscirickettsia salmonis* gen. nov., sp. nov., the causative agent of an epizootic disease in salmonid fishes. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 42, 120–126. doi: 10.1099/00207713-42-1-120
- Heath, S., Pak, S., Marshall, S., Prager, E. M., and Orrego, C. (2000). Monitoring *Piscirickettsia salmonis* by denaturant gel electrophoresis and competitive PCR. *Dis. Aquat. Organ.* 41, 19–29. doi: 10.3354/dao041019
- Isla, A., Saldariaga-Córdoba, M., Fuentes, D. E., Alborno, R., Haussmann, D., Mancilla-Schulz, J., et al. (2019). Multilocus sequence typing detects new *Piscirickettsia salmonis* hybrid genogroup in Chilean fish farms: evidence for genetic diversity and population structure. *J. Fish Dis.* 42, 721–737. doi: 10.1111/jfd.12976
- Isla, A., Martínez-Hernández, J. E., Levipan, H. A., Haussmann, D., Figuerola, J., Rauch, M. C., Maracaja-Coutinho, V., Yañez, A. (2021). Development of a Multiplex PCR Assay for Genotyping the Fish Pathogen *Piscirickettsia salmonis* Through Comparative Genomics. *Front. Microbiol.* 12, 673216. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.673216>
- Maisey, K., Montero, R., and Christodoulides, M. (2017). Vaccines for piscirickettsiosis (salmonid rickettsial septicaemia, SRS): the Chile perspective. *Expert. Rev. Vaccines* 16, 215–228. doi: 10.1080/14760584.2017.1244483
- Mauel, M. J., Ware, C., and Smith, P. A. (2008). Culture of *Piscirickettsia salmonis* on enriched blood agar. *J. Vet. Diagnostic. Investig.* 20, 213–214. doi: 10.1177/104063870802000211
- Nourdin-Galindo, G., Sánchez, P., Molina, C. F., Espinoza-Rojas, D. A., Oliver, C., Ruiz, P., et al. (2017). Comparative pan-genome analysis of *Piscirickettsia salmonis* reveals genomic divergences within genogroups. *Front. Cell. Infect. Microbiol.* 7:459. doi: 10.3389/fcimb.2017.00459
- Saavedra, J., Hernández, N., Osses, A., Castillo, A., Cancino, A., Grothuesen, H., et al. (2017). Prevalence, geographic distribution and phenotypic differences of *Piscirickettsia salmonis* EM-90-like isolates. *J. Fish Dis.* 40, 1055–1063. doi: 10.1111/jfd.12581
- Sernapesca (2020a). Report on Antimicrobial Use in the National Salmoniculture Industry. Valparaíso: National Service of Fisheries.
- Sernapesca (2020b). Salmon Farming Health Report. Chile: National Service of Fisheries.

Trabajemos juntos hacia un futuro sostenible

Octubre 2018
Ellen MacArthur Foundation



Todos los empaques desarrollados serán reciclables o reutilizables en 2025

Aumentar de manera significativa el uso de materiales reciclados

Impulsar un mayor reciclaje en todo el mundo de manera sistemática





ventas@globalpacific.cl



La salmonicultura y el escape de peces en Chile



Sandra Bravo, Yonatan Díaz

Instituto de Acuicultura, Universidad Austral de Chile



Entre las principales amenazas para el salmón del Atlántico silvestre en Noruega, el escape de peces ha sido identificada como la principal, seguida por el piojo del salmón (Forseth et al., 2017), generando un dilema político, al tratar de equilibrar los intereses de una próspera industria de cultivo de salmón, y garantizar al mismo tiempo la conservación de las poblaciones silvestres de salmón del Atlántico a lo largo de la costa Noruega. Muchos de los ríos habitados por salmones silvestres, son de importancia económica y cultural para los habitantes de la zona, siendo la pesca recreativa (pesca con mosca) su principal fuente de ingresos (Forseth et al., 2017).

Los estudios realizados en el hemisferio norte, reflejan la problemática que genera el escape de salmones en las poblaciones de salmones silvestres. Sin embargo, no refleja la situación de los salmones escapados en Chile, ya que los salmones y truchas son especies exóticas, originarias del hemisferio norte, algunas de las cuales se han establecido exitosamente en los cuerpos de agua de la zona sur austral, como resultado de las introducciones de ovas realizadas a través de los años.

Cronología de la introducción de especies salmonídeas con fines de pesca recreativa en Chile

Los inicios de la introducción de especies salmonídeas en Chile están muy bien documentados en la publicación de Basulto (2003) “El largo viaje de los salmones: Una crónica olvidada” y en la publicación de Dazarola (2019) “Historia de la Piscicultura Río Blanco”. Los salmónidos son especies introducidas en el hemisferio sur. Los primeros intentos de introducción en

Chile datan de 1865, con el proyecto de Luis Cousiño y con la importación de ovas de trucha fario por parte de Isidora Goyenechea en 1885.

1886 - 1889: Se efectuaron importaciones de ovas y alevines de salmónidos desde Europa, las que tuvieron un pobre resultado. En 1902, por encargo del Ministerio de Industria, Federico Albert escribió el folleto “La Introducción de los Salmones”, donde propuso introducir tres especies salmonídeas: salmón del Atlántico, trucha arcoíris y trucha fario. También sugirió la creación de un criadero en la zona centro-sur del país. A esto, se sumó una serie de introducciones apoyadas por el Estado Chileno.

1904: Se adquirieron las primeras ovas de salmón del Atlántico, trucha arcoíris y trucha fario. En octubre de ese mismo año comenzó la introducción de salmónidos en los ríos de la zona centro-sur del país.

1924: Fueron importados huevos embrionados de salmón Chinook desde los Estados Unidos y fueron sembrados en los ríos Maullín, Cochamó y Puelo.

1930: Se importaron desde los Estados Unidos 114.000 ovas fertilizadas de salmón nerka (*Oncorhynchus nerka*); 200.000 ovas de salmón Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*); 225.000 ovas de salmón Coho (*Oncorhynchus kisutch*); 250.000 ovas de coregonos (*Coregonus clupeiformes*) y 200.000 ovas de trucha del lago (*Salvelinus namaycush*).

1968 - 1971: Se ingresaron ovas de salmón Coho y salmón Chinook, originarias del Departamento de Pesquerías del Estado

Tabla 1: Importación y piscicultura de destino ovas de salmón Coho y Chinook desde Los Estados Unidos entre 1968 y 1971.

Procedencia	Especie	Nº de ovas	Fecha	Piscicultura	% de sobrevivencia
Washington	Coho	30.000	1/28/1968	Río Blanco	60,0%
Oregon	Coho	46.000	1/25/1969	Río Blanco	26,0%
Washington	Coho	94.000	1/26/1969	Río Blanco	26,0%
Washington	Chinook	500.000	12/29/1969	Lautaro	10,9%
Washington	Coho	210.000	1/26/1970	Lautaro	55,5%
Washington	Coho	309.000	1/26/1970	Polcura	0
Washington	Chinook	626.000	12/7/1970	Lautaro	43,0%
Washington	Coho	150.000	2/19/1971	Lautaro	s/i
Washington	Coho	450.000	2/19/1971	Polcura	s/i

Fuente: Basulto, 2003; Dazarola, 2019

de Washington, a través de un programa para aclimatar los salmones del Pacífico en las aguas continentales de Chile, por parte de la División de Pesca y Caza del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y el Cuerpo de Paz de los Estados Unidos (Tabla 1). A pesar de los esfuerzos realizados durante los primeros años de introducción de salmones anádromos al país, no se obtuvieron resultados positivos, a diferencia de lo que ocurrió con las especies de truchas arcoíris y fario, las que hoy están ampliamente distribuidas en los ríos y lagos del sur de Chile.

1969: El Servicio nacional de Pesca (Sernapesca) fue designado como contraparte del “Programa de Introducción del Salmón del Pacífico en Chile” en el convenio de cooperación con el Gobierno del Japón, a través de su Agencia de Cooperación Internacional (JICA), dándose inicio a la liberación de salmones del Pacífico en la región de Aysén, con fines de Ranching.

Entre **1974 y 1987** se recibieron aproximadamente 40 millones de ovas embrionadas de las especies salmón cereza (*Oncorhynchus masou*); salmón rosado (*Oncorhynchus gorbuscha*) y salmón perro (*Oncorhynchus keta*). Esto permitió la liberación de 26 millones de juveniles en la región de Aysén, sin lograr los retornos esperados (Méndez & Munita, 1989).

1977: Fundación Chile junto a Domsea Farms, llevaron a cabo programas de Ranching con salmón Coho y salmón Chinook, liberándose entre **1978 y 1982** desde Curaco de Vélez (Chiloé), 600.000 smolts de salmón Coho y 400.000 smolts de salmón Chinook, obteniéndose el primer retorno de salmón Chinook en 1979, retornos que se mantuvieron hasta 1991. En el período **1982-1989**, con fines de Ranching, Fundación Chile liberó 820.000 smolts en Curaco de Vélez, 1.070.000 smolts en Astilleros y 4.057.000 smolts en Puerto Natales, lo que totaliza 5.947.000 smolts de salmón Coho y salmón Chinook liberados (Méndez & Munita, 1989).

1979: se da inicio a la engorda de salmón Coho en jaulas en el mar, por parte de las empresas Nichiro Chile Ltda. y la empresa Mytilus S.A., lo que es el comienzo de la salmonicultura actual. En los primeros años de funcionamiento de Nichiro Chile, la autoridad le solicitó liberar el 10% de los alevines de salmón Coho generados. Así, en el río Correntoso (Puerto Montt), fueron liberados 32.000 alevines de salmón Coho en 1980 y 10.000 alevines en 1981, quedando sin efecto esta obligación a partir de 1982 (Méndez & Munita, 1989).

Con el inicio de la salmonicultura en Chile se suspendieron los programas de repoblamiento de los cuerpos de agua dulce con especies salmonídeas. El último programa nacional de repoblamiento con ovas embrionadas de trucha arcoíris y trucha café en los ríos del sur de Chile, con fines de pesca recreativa, se realizó en el período 1981-1982.

A diferencia de lo que ha ocurrido con el salmón Coho y salmón del Atlántico, el salmón Chinook logró finalmente adaptarse y establecerse en los ríos del sur de Chile, registrándose el primer retorno en el río Palena en 1985 (Bravo et al., 2019), especie que hoy tiene una distribución entre los 39° y 53°LS en Chile (Correa & Gross, 2008) y entre los 43° y 54°LS en Argentina (Di Prinzio & Pascual, 2008), convirtiéndose en una de las especies salmonídeas de alto valor para la pesca recreativa en ambos países. Por el contrario, las especies salmón Coho y salmón del Atlántico, a la fecha, no han logrado adaptarse y constituirse en poblaciones naturales (Arismendi et al., 2014; Soto et al. 2001; Soto et al. 2006), lo que ha sido corroborado con los resultados generados en los informes emitidos anualmente por el proyecto “Evaluación y seguimiento de la situación sanitaria de especies silvestres en agua dulce y mar”, ejecutado por el Instituto de Fomento pesquero (IFOP) a partir de 2016, y en los proyectos liderados por la Universidad Austral de Chile, “Determinación y evaluación de los factores que inciden los stocks de

salmónidos, objeto de pesca recreativa en el río Palena (región de Los Lagos), en un marco de sustentabilidad económica y ambiental” financiado por el FIC Los Lagos (2014) y “Modelo de Gestión para el Desarrollo de la Pesca Recreativa como Actividad Turística Sustentable”, financiado por la CORFO (2018). Sin embargo, en la región de Magallanes se han reportado en los últimos años, evidencias de la posible naturalización del salmón Coho (Górski et al., 2017; Chalde et al., 2019; Maldonado-Marquez et al., 2020).

Registro de escape de salmones en Chile

Han pasado más de 40 años desde que se inició el cultivo de salmones en el mar a principios de 1981. Inicialmente las jaulas eran pequeñas y de madera, construidas por los propios operarios de los centros de cultivos, y los centros se ubicaban en sectores protegidos de los vientos. En la medida que la salmonicultura fue desarrollándose, los centros de cultivos fueron incorporando tecnología cada vez más sofisticada y ubicándose en sectores más expuestos, lo que incrementó los riesgos de escape de peces producto de condiciones climáticas extremas.

Solo a partir de 2004, la industria del salmón en Chile debe informar a las instituciones gubernamentales cada evento de escape en sus instalaciones. No hay registros oficiales de escapes de salmones para el período 1997-2003. Solo se cuenta con la información publicada por Sepúlveda y colaboradores (2013), acerca del número de ejemplares escapados anualmente en el período 1993-1996, para las tres especies salmonídeas cultivadas en Chile. Los mismos autores reportaron que para el período 2004-2012 se notificaron 58 eventos de escape en la fase de engorda en el mar, representando alrededor de 6,57 millones de salmónidos escapados. De este total, 2,26 millones correspondió a salmón del Atlántico (34,4%); 1,07 millones a salmón coho (16,3%) y 3,24 millones a trucha arcoíris (49,3%). En tanto que para agua dulce, reportan 11 eventos de escape para el período 2004 - 2012, con un total de 613.586 salmónidos escapados (75% trucha arcoíris y 25% salmón del Atlántico) (Sepúlveda et al., 2013).

En la tabla 2 se presenta un resumen de los escapes registrados, por especie salmonídea, a través del tiempo. En el período 2010-2020, los mayores escapes correspondieron a salmón del Atlántico (74,3%), lo que está en sintonía con la producción nacional, la que en el año 2020 alcanzó 1.043.000 toneladas, de las cuales el 74,8% correspondió a salmón del Atlántico, 17% a salmón Coho y 8,2% a trucha arcoíris.

Riesgos ambientales generados por el escape de salmones

Las cepas cultivadas difieren genéticamente de las poblaciones silvestres debido a la domesticación y a la selección de rasgos genéticos que favorecen el desempeño productivo. La producción mundial de salmón cultivado se basa en gran medida en unas pocas cepas reproductoras, y los programas de selección genética se centran en múltiples rasgos de valor productivo, privilegiando por ejemplo: la tasa de crecimiento; tamaño del cuerpo; supervivencia; madurez retrasada; tolerancia al estrés; tolerancia a la temperatura; resistencia a enfermedades; calidad de la carne, y calidad y producción de ovas. Pero, también pueden producirse cambios no intencionales, relacionados con rasgos genéticos no deseados, tales como: baja supervivencia; deformidades; alteración del comportamiento y problemas en el desove; alteración de los tiempos de desove; tasa de fecundidad y viabilidad de las ovas; adaptación al agua de mar y producción de hormona de crecimiento, entre otros (Thorstad et al., 2008). Estas alteraciones genéticas, generadas por la domesticación a la que ha sido sometido el salmón del Atlántico a través de los años, es lo que preocupa a la comunidad científica en el hemisferio norte, debido al riesgo de que las poblaciones de salmones silvestres se vean afectadas, al cruzarse con salmones escapados desde los centros de cultivo.

En Chile, las preocupaciones ambientales generadas por el escape de salmones se han centrado en los efectos depredadores a corto plazo sobre los peces nativos; los efectos a largo plazo relacionados con la probabilidad de que el salmón cultivado establezca poblaciones autosostenibles, y la transferencia de patógenos y enfermedades a las poblaciones de peces nativos (Young et al. 2010, Arismendi et al., 2012; Niklitschek et al. 2013; Sepúlveda et al., 2013). Los principales patógenos que afectan a los salmones en Chile fueron importados desde el hemisferio norte a través de las ovas y provocan enfermedad solamente en los salmónidos, en tanto que el piojo de mar es un parásito natural de peces marinos silvestres. Sin embargo, debido a que es una red lo único que separa a los salmones del ambiente en la fase de engorda en el mar, cuando los peces están cursando un brote de enfermedad, los patógenos son constantemente liberados al ambiente acuático, durante el período que dura el brote.

Regulaciones implementadas para prevenir el escape de peces

En Noruega, el escape de salmones está regulado desde el año 1985, exigiéndosele al titular del centro de cultivo la notifica-

Tabla 2: Resumen de escapes de peces, por especie salmonídea.

Años	salmón del Atlántico	salmón coho	trucha Arcoíris	Total	Fuente
1993-1996	1.947.400 (40,2%)	2.049.600 (42,3%)	846.700 (17,5%)	4.843.700	Sepúlveda et al., 2013
2004-2009	1.820.923 (55,9%)	422.294 (13,0%)	1.012.241 (31,1%)	3.255.461	Sernapesca
2010-2020	3.583.423 (74,3%)	365.867 (7,6%)	873.865 (18,1%)	4.823.155	Sernapesca

ción inmediata frente a un escape y la recaptura de los salmones escapados en un radio de 500 m del centro en que ocurrió el escape, por un período que se extiende hasta que ningún salmón escapado sea recapturado. En Canadá la normativa implementada a partir de 2002 exige un Plan de Prevención para evitar el escape de peces y los procedimientos de recaptura para los salmones escapados, señalando que los resultados de la recaptura deben ser informados en el transcurso de la primera semana de ocurrido el escape. En Escocia, a partir del año 2009 los titulares de los centros de cultivos deben contar con un Plan de Contingencia que describa las acciones a seguir frente a un escape de salmones. En 2018, como una forma de orientar acerca de las medidas que deben adoptarse frente al escape de peces, la autoridad Escocesa publicó la guía “What to do in the event of an escape of fish from a fish farm”.

En Chile, en el Artículo 118 quáter de la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) se señala, “*en caso de escape o pérdida masiva de recursos en sistemas de cultivo intensivo o el desprendimiento o pérdida de recursos hidrobiológicos exóticos en sistemas extensivos, se presumirá que existe daño ambiental de conformidad con la Ley No 19.300 si el titular del centro no recaptura como mínimo el 10% de los ejemplares en el plazo de 30 días contados desde el evento, prorrogables por una vez en los mismos término*”. En el Artículo 5º del Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA) N° 320, del 24 agosto 2001, se señala que “*Todo centro debe disponer de un plan de acción ante contingencias, que establezca las acciones y responsabilidades operativas en caso de ocurrir circunstancias susceptibles de provocar efectos ambientales negativos o adversos.*”

Las entidades que regulan el escape de peces en Chile son la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca); El Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca) y la Subsecretaría de Medio Ambiente (SMA), las que integran el **Comité Inter-institucional de Contingencias Ambientales (CIICA)**, instancia creada a nivel central a partir de una resolución del Ministerio del Medio Ambiente (resolución exenta N°459 de fecha 15 de junio de 2018), el que es presidido por Sernapesca e incluye las siguientes instituciones:

- Seremi de Medio Ambiente.
- Seremi de Salud.
- Dirección Zonal de Pesca.
- Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca).
- Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).
- Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (Directemar).
- Instituto de Fomento Pesquero (IFOP).

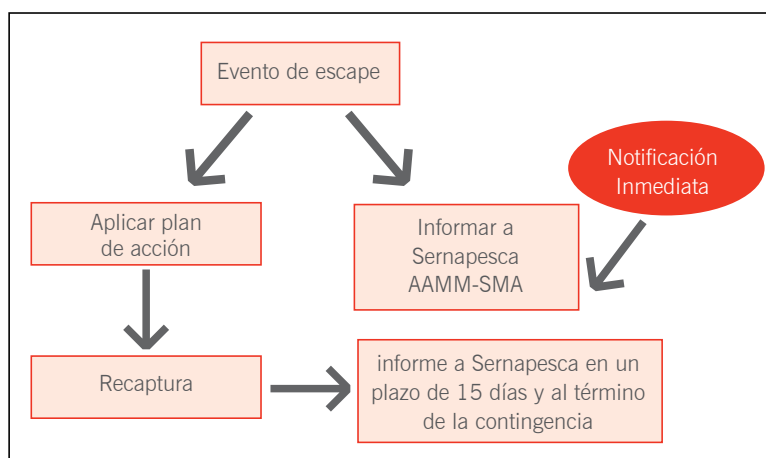


Figura 1: Acciones a seguir frente a un escape de peces en Chile. Fuente: Sernapesca.

En la figura 1 se presenta el flujograma elaborado por Sernapesca, respecto a las acciones que se deben realizar frente a un evento de escape de peces.

Como una forma de minimizar el escape de peces por problemas de diseño u obsolescencia del material y estructuras que los contienen, se han incorporado estándares técnicos que deben cumplir los materiales y estructuras utilizadas en las jaulas y fondeos. Es así que en Noruega en el año 2004, fue implementada la regulación que establece los estándares técnicos que deben cumplir los centros de cultivos en el mar (NS 9415). Esta norma establece los requerimientos específicos para el diseño de las jaulas, redes-jaulas y fondeos, entre otros, que sean capaces de soportar las fuerzas ambientales que afectan a los centros de cultivos (vientos, olas y corrientes). En 2015, fueron implementados en Escocia los estándares técnicos para minimizar el escape de peces, estableciendo los requisitos para las estructuras de los centros de engorda en mar, poniendo énfasis en la capacitación de los profesionales que participan en estas operaciones. En agosto de 2020 fue promulgada en Chile la Res. Ex. N°1821, que establece “Metodología para el levantamiento de información, procesamiento y cálculo del estudio de ingeniería, y especificaciones técnicas de las estructuras de cultivo, a la que se refiere el Artículo 4º, letra E del D.S. N° 320 de 2001”. Importante es señalar, que en los países que se normó la certificación de los estándares técnicos que deben cumplir los centros de cultivos, se produjo una reducción importante en el número de eventos y magnitud de los escapes de salmones.

Conclusiones

En el período 2010-2020 el 74,3% de los peces escapados correspondió a salmón del Atlántico, sin embargo, a la fecha no hay evidencia científica que demuestre que esta especie se ha naturalizado en los cuerpos de agua del sur de Chile. Lo anterior puede ser explicado por la alta domesticación que ha sufrido el salmón del Atlántico, en su vida en cautiverio. Está altamente

documentado que los intentos históricos de introducir poblaciones anádromas de salmón del Atlántico en todo el mundo han fracasado, lo que indicaría que esta especie es un colonizador pobre fuera de su área de distribución nativa (Thorstad et al., 2008). Por otro lado, ejemplares recapturados de salmón del Atlántico en British Columbia, demostraron la poca habilidad de esta especie para alimentarse por su propia cuenta, al registrarse que el 94% de sus estómagos se encontraron vacíos (McKinnell et al., 1997). Esto también es corroborado por investigadores nacionales, quienes declaran que el salmón del Atlántico, no logra sobrevivir exitosamente en vida libre (Soto et al., 2001; Soto et al., 2006; Arismendi et al., 2009; Sepúlveda et al., 2013), a diferencia de lo que ha ocurrido con el salmón Chinook que ha logrado adaptarse exitosamente a la vida silvestre en el sur de Chile.

Aun cuando el escape de peces en Chile no genera el daño ambiental que provoca en los países del hemisferio norte, en el cual los salmones de cultivo pueden afectar seriamente el desempeño genético de los salmones silvestre al cruzarse con salmones domesticados, las pérdidas económicas generadas por los siniestros en las jaulas pueden ser cuantiosas, dependiendo del tamaño en el que se encuentren los salmones escapados, por lo que la normativa implementada por la autoridad (Res. Ex. N°1821) beneficia directamente a los productores de salmón.

Referencias Bibliográficas

- Arismendi I., Penaluna B.E., Dunham J.B., García de Leaniz C., Soto D., Fleming I.A., Gómez-Uchida D., Gajardo G., Vargas P., León-Muñoz J. 2014. Differential invasion success of salmonids in southern Chile: patterns and hypotheses. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24: 919-941. doi:10.1007/s11160-014-9351-0.
- Arismendi I., González J., Soto D., Penaluna. 2012. Piscivory and diet overlap between two non-native fishes in southern Chilean stream. *Austral Ecology*, 37: 346-354.
- Arismendi I., Soto D., Penaluna B., Jara C., Leal C., León-Muñoz J. 2009. Aquaculture, non-native salmonid invasions, and associated declines of native fishes in lakes of the northern Chilean Patagonia. *Freshwater Biology*, 54: 1135-1147.
- Basulto S. 2003. El largo viaje de los salmones: Una crónica olvidada: propagación y cultivo de especies acuáticas en Chile. Maval Limitada Editores, Santiago.
- Bravo S., Silva M.T., Ciancio J., Whelan K. 2019. Size structure, age and diets of introduced Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) inhabiting the Palena River, Chilean Patagonia. *Lat. Am.J.Aquat. Res.* 47(1):129-137.
- Correa C., Gross M. R. 2008. Chinook salmon invades southern South America. *Biol. Invasions*, 10: 615-639.
- Chalde, T., Nardi, C. F., & Fernández, D. A. 2019. Early warning: detection of exotic Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) by environmental DNA and evidence of establishment at the extreme South Patagonia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 76(12), 2343-2349.
- Dazarola G. 2019. Historia de la Piscicultura Río Blanco. Escuela de Ciencias del Mar. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile. 203 pp. <http://librosonline.ucv.cl/index.php/pucv/catalog/view/4/15/49-1>
- Di Prinzio C.Y., Pascual M.A. 2008. The establishment of exotic Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in Pacific rivers of Chubut, Patagonia Argentina. *Ann. Limnol. Int. J. Limnol.* 1: 61-68.
- Forseth T., Barlaup B.T., Finstad B. 2017. The major threats to Atlantic salmon in Norway. *ICES J. Mar. Sci.* <http://dx.doi.org/10.1093/icesjms/lsx020>.
- Górski, K., González, J. F., Vivancos, A., Habit, E. M., & Ruzzante, D. E. (2016). Young-of the-year Coho Salmon *Oncorhynchus kisutch* recruit in fresh waters of remote Patagonian fjords in southern Chile (51S). *Biological Invasions*, 19(4), 1127-1136.
- Maldonado-Márquez A., Contador T., Rendoll-Cárcamo J., Moore S., Perez-Troncoso C., Gomez-Uchida D., Harrod C. 2020. Southernmost distribution limit for endangered Peladillas (*Aplochiton taeniatus*) and non-native coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) coexisting within the Cape Horn biosphere reserve, Chile. *Journal of Fish Biology*, 96(6): 1495-1500.
- Marine Scotland. 2018. What to do in the event of an escape of fish from a fish farm. 20 pp. <https://www.gov.scot/publications/what-to-do-in-the-event-of-a-fish-farm-escape/>
- Méndez R., Munita C. 1989. La salmonicultura en Chile. Fundación Chile, Santiago, Chile. 228 pp.
- McKinnell S., Thomson A.J., Black E.A., Wing B.L., Koerner J.F., Hell J.H. 1997. Atlantic salmon in the North Pacific. *Aquaculture Research* 28:145-157.
- Niklitschek E.J., Soto D., Lafon A., Molinet C., Toledo P. 2013. Southward expansion of the Chilean salmon industry in the Patagonian Fjords: main environmental challenges. *Rev Aquacult* 4:1-24
- Sepúlveda M., Arismendi I., Soto D., Jara F., Farias F. 2013. Escaped farmed salmon and trout in Chile: incidence, impacts, and the need for an ecosystem view. *Aquaculture Environment Interactions*. 4:273-283.
- Soto D., Arismendi I., González J., Sanzana J., Jara F., Jara C., Guzmán E., Lara, A. 2006. Southern Chile, trout and salmon country: invasion patterns and threats for native species. *Revista Chilena de Historia Natural*, 79: 97-117.
- Soto D., Jara F., Moreno C. 2001. Escaped salmon in the inner seas, southern Chile: facing ecological and social conflicts. *Ecol Appl.*, 11:1750-1762.
- Thorstad E.B., Fleming I.A., McGinnity P., Soto D., Wennevik V., Whoriskey F. 2008. Incidence and impacts of escaped farmed Atlantic salmon *Salmo salar* in nature. Report from the Technical Working Group on Escapes of the Salmon Aquaculture Dialogue. 113 pp.
- Young K.A., Dunham J.B., Stephenson J.F., Terreau A., Thailly A.F., Gajardo G., García de Leaniz C. 2010. A trial of two trouts: comparing the impacts of rainbow and brown trout on a native galaxiid. *Anim Conserv* 13:399-410.

TERMOINDUSTRIAL LÍDER EN:

- Fabricación de Paneles

FrigoPol, FrigoPur, FrigoPir y de Lana de Roca

- Soluciones constructivas termoaislantes



TermoIndustrial®
Soluciones Termoaislantes



+56 9 6236 9684



termoindustrial

+56 2 2784 6400 www.termoindustrial.cl

Ensayos de cortinas de microburbujas para mitigación de floraciones algales nocivas



Daniel Nieto Díaz-Muñoz PhD y Bruno López Aedo
Universidad Austral de Chile - PSP Soluciones - Plancton Andino

INTRODUCCIÓN

El uso de cortinas de burbujas para las más diversas actividades marinas y acuáticas en general es una práctica creciente en operaciones tan diferentes como la mitigación del impacto causado por un bloom de microalgas en un cultivo de peces en jaulas en el mar, y la mitigación del ruido submarino creado durante el hincado de pilotes de muelles y plataformas marinas; este ruido afecta negativamente la interacción poblacional de las ballenas y delfines a cientos de kilómetros de distancia. En los lagos eutroficados las FAN (Floraciones de Algas Nocivo, Bloom) de cianobacterias pueden causar serios daños y hasta la muerte por sus hépato y neuro toxinas.

Sin embargo, no existe información relativa a la cuantificación objetiva del impacto de estas tecnologías, en cada caso. Para generar una línea base de información medible basada en un modelo a escala, la empresa PSP Soluciones contactó en torno al Canal de Pruebas Hidráulicas de la Facultad de Ingeniería Naval de la Universidad Austral de Chile en Valdivia, a la empresa Plancton Andino SpA., para realizar los ensayos.

EL CANAL DE ENSAYOS

El Canal tiene una longitud de 45 metros junto a una sección transversal de 3m de ancho y 2m de profundidad, lo que permite realizar distintos tipos de ensayos con modelos a escala. Cuenta además con un carro de aluminio el que suele utilizarse para remolcar modelos de embarcaciones, no obstante, puede ser usado también como plataforma para el montaje de instrumentos de medición. El Canal, único en su tipo en Chile, también está provisto de un generador de olas irregulares (Figura 1).

OBJETIVO DEL ESTUDIO

El Objetivo es constatar y registrar la eficiencia de las microburbujas empleando un colorante sintético inocuo como simulación de un bloom de fitoplancton o FAN.

Los resultados a obtener aportarán valor a la mirada que se tiene de estas prácticas al generar datos para los análisis comparativos y las proyecciones que pueden derivar de las tendencias observadas. Una vez estructurados los protocolos se llevaron a



Figura 1: Vista longitudinal del Canal

cabo ensayos para la efectividad de distintas configuraciones de cortinas de burbujas y a distintas velocidades de corriente para desplazar o mitigar un colorante disuelto.

MATERIALES Y METODO

a) Medición del tamaño de partículas (colorante): Durante los experimentos se utilizaron las pastillas colorantes para simular un bloom de algas. Con el objetivo de fundamentar esta analogía se realiza un experimento utilizando FlowCam (Figura 2). Este instrumento permite analizar las partículas que se encuentran en el agua, pudiéndose obtener parámetros morfológicos como perímetro, área, diámetro, circularidad, entre otros.



Figura 2:
Toma de muestras para ensayo FlowCam.

Metodología del ensayo:

1. Dilución de la Pastilla colorante azul (1.215 g) en agua destilada (AD – 600 mL);
2. Después de 1 minuto de iniciado efervescencia, fueron retiradas alícuotas de 1 mL en cuatro diferentes tiempos, para análisis por el citómetro de flujo, con adquisición de imágenes (FlowCam):
20 segundos
40 segundos
60 segundos
300 segundos
3. Por la FlowCam fueron analizados 1 mL de la solución en modo Auto Image, con celda de flujo de $120\ \mu\text{m}$ y aumento de 10 x. El rango de partículas analizadas fue de 10 a $120\ \mu\text{m}$.

La Figura 3 muestra un ejemplo del resultado del ensayo de FlowCam, en la imagen se muestran las diferentes partículas detectadas durante el ensayo. Cabe destacar que, para cada una de las partículas detectadas, se obtienen sus parámetros morfológicos (diámetro, área, perímetro, etc). El valor de estas imágenes está en la observación de los diferentes tamaños, formas y volúmenes que la barrera puede retener.



Figura 3: Ejemplo de partículas encontradas en el agua

El Resultado de esta medición se sintetiza en La Tabla 1 que muestra los diámetros promedio de las partículas del ensayo, llegando a un tamaño promedio de las partículas que se encontraron en el agua de $20.28\ \mu\text{m}$. Este resultado primero indica que sí existen partículas en el agua, y el rango de tamaño está en el orden de magnitud de una célula de fitoplancton.

Tabla 1: Diámetro promedio de partículas

Tiempo[s]	Diámetro Promedio [μm]	Desviación Estandar
20	19.37	10.91
40	18.30	8.60
60	22.54	12.67
300	19.94	14.27
Promedio Final	20.28	11.96

b) Los 3 difusores fueron proporcionados por PSP (Figura 4) y se conectan a una estructura de sujeción de acero (Figura 5), montada en el carro de arrastre del Canal de Ensayos (Figura 6). Un compresor conectado con 3 mangueras a través de válvulas y flujómetros suministró aire de calidad. Se utilizó colorantes ino-

cuos en tabletas solubles azules (*Crayola Bath Dropz*), lo que ha entregado resultados satisfactorios en ensayos previos. Para el registro de ensayos con colorantes se usó una cámara en la ventana de observación del canal, además, una cámara submarina montada en el costado opuesto (Figura 7). Para los ensayos con partículas se instaló una cámara sobre el carro y otra debajo de éste. Plancton Andino realizó muestreos y mediciones para los ensayos con colorantes.

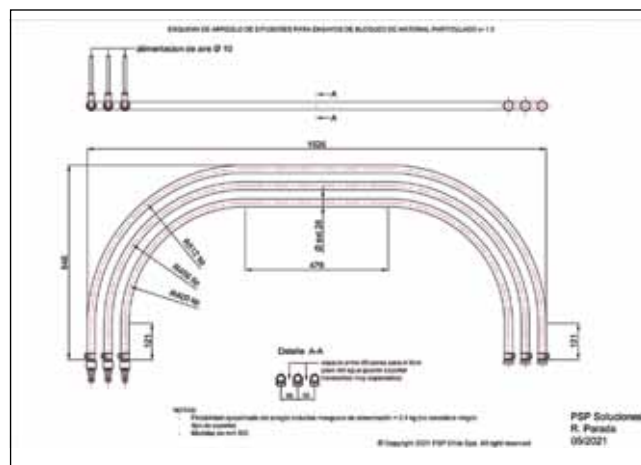


Figura 4: Esquema de los tres difusores ensayados.



Figura 5: Difusores montados en la estructura de acero.



Figura 6: Difusores montados en carro de arrastre.

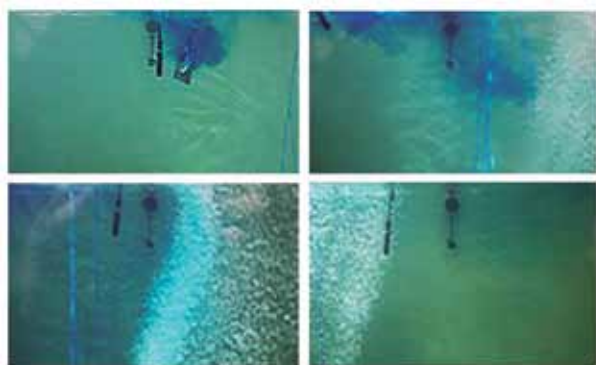
Metodología de los ensayos: Se preparó un diseño experimental para distintas velocidades y configuraciones de difusores. Previo a los ensayos se realizaron pruebas de calibración para las distintas tareas y configuraciones asociadas a cada ensayo. En base a dichas pruebas de calibración se definieron los siguientes detalles:

Síntesis de Ensayos con colorante.

1. Vertido y disolución de tabletas colorantes en el agua del canal. 2. Colecta de muestras discretas de agua (P. Andino) 3. Medición en línea y en tiempo real con sensores ópticos de la señal del colorante (P. Andino) 4. El tiempo de dilución total del colorante posterior a cada ensayo fue de un mínimo de 5 minutos, (condición para realizar el siguiente ensayo) y varió en función del caudal de aire y velocidad del carro.

Nomenclatura de los ensayos.

Cada ensayo es identificado mediante un Código que indica; Velocidad V1, 0.1 m/s; V2, 0.2 m/s; V3, 0.3 m/s, cantidad de difusores (D1, D2, D3) y repetición (R1, R2, R3). El registro audiovisual fue con 3 cámaras en distintas posiciones.



Figuras 7 (a, b, c, d): Secuencia de imágenes registradas con cámara 1 durante la dilución y antes, durante y después del paso de la cortina de burbujas.

Aparte de las muestras discretas de agua para Absorbancia en espectrofotómetro de doble haz, también se realiza mediciones con sensor Trilux de Chelsea Technology el cual tiene la capacidad de medir cada 2 segundos señales ópticas del agua. El sistema desarrollado se llama **Bio-Óptico Aqua Sensor (BAS)** el cual permite capturar datos en tiempo real y la validación de la correcta (o errónea) ejecución de las pruebas in situ. El BAS es un equipo fluorométrico que mide parámetros bio-ópticos, tales como clorofila a, ficocianina y turbidez. Mediante pruebas preliminares en ensayos experimentales en Plancton Andino, se determinó que el BAS detecta señal de color de las pastillas colorantes, en particular, el sensor de ficocianina mide claramente la señal óptica azul disuelto de las pastillas utilizadas en los experimentos (Clément, com per).

Análisis de espectrofotómetro: Se analiza la absorbancia de las muestras de agua (Figura 8) mediante un Scan en un rango del espectro entre los 350 y 750 nm; y el principal peak de absorbancia se detecta cercano a los 630 nm.



Figura 8: Muestras de agua en distintos periodos para análisis de Absorbancia o Densidad Óptica.

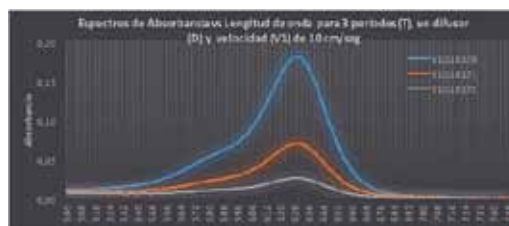


Figura 9: Espectros para 3 periodos; (t_0) trazo azul es el momento de aplicación del colorante, (t_1) trazo naranja corresponde justo después del paso de la cortina de microburbujas y (t_2) trazo gris representa el espectro luego que disminuye turbulencia del agua. Eje X Longitud de Onda en nm y eje Y la Absorbancia.

La eficiencia de bloqueo se determina en función de la amplitud de la Absorbancia de cada espectro, y cabe destacar que se utiliza la Absorbancia como un proxy a la concentración del colorante en el agua.

El porcentaje de bloqueo se calcula según la siguiente ecuación que relaciona los peaks que se observan en los espectros:

$$\eta [\%] = 1 - \frac{P_0 - P_2}{P_1 - P_2}$$

Donde:

P_x : Absorbancia máxima en la longitud de onda igual a 630 nm para el tiempo.

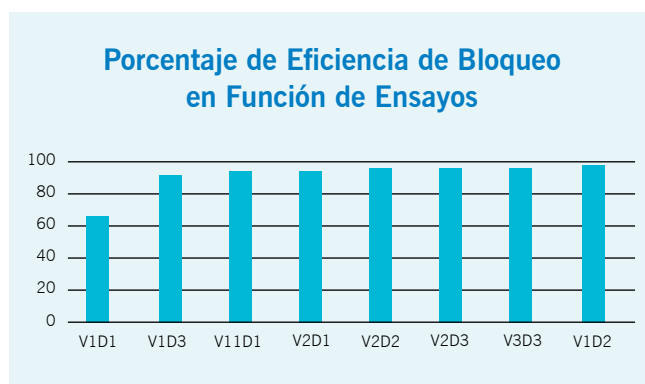


Figura 10: Las mayores eficiencias de bloqueo se observan en velocidad 1 con 2 difusores, y menor eficiencia con velocidad 1 y un difusor. Con velocidad 3 y 3 difusores se genera un flujo muy turbulento en las condiciones experimentales.

CONCLUSIONES GENERALES

Los resultados de la eficiencia de bloqueo de las cortinas de microburbujas, indican valores mayores del 80 % en Canal de Ensayos Hidrodinámicos, lo que, sin duda, es considerado muy adecuado.

En base a estos auspiciosos resultados en un sistema controlado y de fácil operación es relevante transferir este conocimiento y experiencia a situaciones reales en centros de cultivo en el mar, e idealmente medir señales de fitoplancton en condiciones de primavera, con floraciones inofensivas y no una situación extremo stress cuando ocurren los eventos FAN.

Por otra parte, se observa una menor eficiencia del tratamiento de V3D3, resultado esperable, pues a la velocidad de la cortina y los 3 difusores encendidos crearon una turbulencia considerable en el agua, generando mezcla y permitiendo que la colorante pasara la cortina principalmente por la zona superior del sistema.

COMENTARIO FINAL

Mediante las pruebas realizadas con mangueras de alta tecnología se logró determinar en forma cuantitativa la alta eficiencia de las cortinas de burbujas en un sistema artificial para mitigar y bloquear un colorante (partículas de menor o igual tamaño que las microalgas Figuras 9, 10 y 11). Los resultados permiten asumir, bajo diversas con-



Figura 11: Curvas obtenidas por el BAS, siendo la azul datos brutos y se eliminan valores cuando se movió el sensor del agua, debido al paso de la estructura que sujeta la cortina en el canal; y curva naranja corresponde a media móvil.

diciones, porcentajes de eficiencia variable pero siempre importante en el manejo de las FAN, medusas, basura, semillas, larvas, algas, zooplancton y otros. Los protocolos iniciales de trabajo también demostraron que en el logro de la mayor eficiencia las variables calidad de aire y % de caudal de aire son determinantes.

BIBLIOGRAFIA

Clément, A., & Lembeye, G. (1994). Intergovernmental Oceanographic Commission IOC Regional Science Planning Workshop on Harmful Algal Blooms.

Haberlin, D., McAllen, R., & Doyle, T. K. (2021). Field and flume tank experiments investigating the efficacy of a bubble curtain to keep harmful jellyfish out of finfish pens. *Aquaculture*, 531(September 2020), 735915. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735915>.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente al Dr.-Ing. Gonzalo Tampier Brockhaus, Administrador del Canal de Ensayos Hidrodinámicos Instituto de Cs. Navales y Marítimas Universidad Austral de Chile y su equipo humano, a los Srs. Alejandro Clement y Alvaro Jorquera de Plancton Andino y al equipo de ingenieros y biólogos de PSP Soluciones, todos de excelente disposición a colaborar con cada detalle de las pruebas; por su importante contribución a generar datos que orientan la vocación de mejora continua de PSP. Todo el detalle de esta investigación se divulgará en papers y presentación en un Seminario.



- ▶ 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

Percepción remota satelital: Aplicaciones para el estudio de los bosques de huiro (*Macrocystis pyrifera*)



Pirjo Huovinen^{1,2}, Jaime Ramírez¹, Mauricio Palacios^{1,2,3} & Iván Gómez^{1,2}

¹Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia

²Centro Fondep de Investigación en Dinámica de Altas Latitudes (IDEAL)

³Wildlife Conservation Society, Programa Marino Chile

e-mail: pirjo.huovinen@uach.cl

Los bosques de huiro de la región sur-austral de Chile

El huiro (*Macrocystis pyrifera*) es una de las especies de alga parda más ampliamente distribuidas, cubriendo una variedad de regiones templadas frías, especialmente en la costa del Pacífico occidental de América del Norte, el sur de Australia, Nueva Zelanda y el sur de América del Sur (ver Huovinen y Gómez 2012). Los bosques de esta especie clave representan “ecosistemas” en sí mismos y se caracterizan por una alta productividad y biomasa, proporcionando hábitat, alimento y refugio a una gran diversidad de organismos bentónicos y pelágicos (Fig. 1). Sin embargo, debido a las perturbaciones provocadas por el cambio climático y la extracción indiscriminada, estos bosques están amenazados (Krumhansl et al. 2016).

En los fiordos y canales sub-antárticos de la ecorregión Patagónica de Chile, el huiro es probablemente el organismo bentónico más representativo. Por ejemplo, los bosques de huiro albergan muchos invertebrados bentónicos que sustentan importantes pesquerías, por ejemplo, la centolla (*Lithodes santolla*). Principalmente debido a la lejanía y difícil acceso a sus poblaciones, no son muchos los estudios que se han realizado y varios aspectos relacionados con estos organismos permanecen aún desconocidos. La heterogénea geografía de la región, marcada por costas altamente fragmentadas, y una fuerte influencia de agua dulce proveniente de glaciares y ríos, genera un mosaico de condiciones ambientales que determinan múltiples gradientes en la penetración de la luz, turbidez, salinidad, temperatura, carga de nutrientes, entre otros (Palacios et al. 2021). Este alto grado de heterogeneidad regional determina en gran medida las dinámicas de los bosques de huiro.

Conceptos generales de la teledetección

Los sensores satélites que registran la intensidad de la radiación electromagnética solar que se refleja de la superficie de la Tierra se conocen como sensores pasivos (Fig. 2). Dado que requieren

energía solar, su uso está limitado a mediciones durante el día, con la excepción de sensores de radiación infra-roja (IR) que permiten registrar la emisión de calor, también en la noche. La teledetección se basa en las características de absorptancia y reflectancia que presentan diferentes tipos de superficies y compuestos. Por ejemplo, la observación de vegetación está asociada con la típica absorción de la luz azul y roja por la clorofila, resultando en una reflectancia de la luz verde e IR. Por otro lado, el agua absorbe fuertemente la IR, pero refleja el espectro de luz azul (Fig. 3). Estas características de la reflectancia espectral se conocen como firmas espectrales. Las longitudes de onda de la radiación solar que atraviesan la atmósfera (y que por lo tanto no son absorbidas) definen la “ventana atmosférica”, es decir los rangos del espectro solar que pueden ser utilizados para la detección remota (ver Natural Resources Canada 2007) (Fig. 2). Los sensores emplazados en los satélites colectan datos en



Figura 1. Las frondas del huiro (*Macrocystis pyrifera*) que flotan en la superficie del agua constituyen los elementos esenciales para la observación usando técnicas de teledetección (Fotografía: Mauricio Palacios).

diferentes rangos espectrales (bandas). Con diferentes combinaciones de múltiples bandas se busca destacar las características de interés. Por ejemplo, al combinar las mediciones de las bandas azul, verde y roja se puede obtener una imagen de color que parece natural ("color real"). Al incorporar bandas del rango de luz no visible (infrarrojo cercano (NIR) o infrarrojo de onda corta (SWIR)) se puede visualizar objetos en "color falso", que se usa comúnmente para mejorar la visualización por ejemplo de la vegetación (Riebeek 2014; Fig. 2).

El acceso gratuito a datos satelitales con mejor resolución espacial y radiométrica en los últimos años ha generado un incremento en la aplicación de técnicas de detección remota en diferentes áreas de la investigación científica. En este contexto, el Programa Landsat de NASA/USGS provee el registro continuo mas largo de datos. Este programa comenzó con el lanzamiento de Landsat 1 en 1972, siendo el primer satélite civil para la observación de la Tierra, y que continua actualmente con Landsat 8. Sentinel-2 MSI (MultiSpectral Instrument) de la misión Sentinel de ESA (European Space Agency), con imágenes multispectrales de alta resolución espacial y temporal ha ofrecido oportunidades para la investigación desde su lanzamiento en 2015. Con WorldView-2, el primer satélite comercial multispectral, se abrió la posibilidad de obtener datos de imágenes comerciales de alta

resolución espacial (1,85 m) y temporal (periodicidad diaria de visita) en la última década.

Evaluación de los bosques de huiró mediante imágenes satelitales

La detección remota ha sido usada ampliamente para mapear la vegetación terrestre, sin embargo, su utilización en el estudio de macroalgas ha aumentado recientemente. Las frondas del huiró típicamente flotan en la superficie del agua, lo cual presenta una ventaja para su percepción remota (Fig. 1 y 2). Para analizar los datos de reflectancia derivados de satélites se ha usado diferentes índices basados en algoritmos o la relación entre las distintas bandas espectrales. Un ejemplo es el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), que se basa en la reflectancia de la luz roja y NIR (Fig. 3). Análisis de mezclas espectrales que integran firmas espectrales puras extraídas de múltiples elementos (conocidos como "end members", por ejemplo, algas o agua) es un método que permite estimar la fracción de cada endmember dentro de cada pixel de la imagen (ver Huovinen et al. 2018, 2020; Fig. 3). Independiente del método de clasificación, es esencial verificar y evaluar su exactitud, contrastándola con datos de referencia (ej. observaciones de terreno). Por ejemplo, si un alga no se clasifica correctamente como tal dentro de un pixel puede resultar en una subestimación de cobertura de sus bosques, y por el contrario, la clasificación errónea de un pixel sin alga (falso positivo) resulta en una sobreestimación. En los últimos años el uso de drones para obtener fotografías aéreas ha contribuido a mejorar el proceso de validación.

El monitoreo de los bosques de huiró mediante teledetección satelital comenzó en la década de 1970 en la costa sur de California utilizando imágenes de la misión Landsat, que complementaron los registros realizados anteriormente con fotografías tomadas desde aviones (Jensen et al. 1980). Los registros de larga data del satélite Landsat han permitido observar la dinámica de estas poblaciones de huiró durante las últimas tres décadas (Cavanaugh et al. 2011) y recientemente se han desarrollado nuevas aproximaciones para poder examinar no solo los patrones de distribución y abundancia, sino también la condición fisiológica de estas poblaciones (Bell et al. 2015).

En el hemisferio sur se ha aplicado técnicas de teledetección (satélites SPOT y NOAA) en los bosques de huiró del archipiélago de Kerguelen (Belsher & Mouchot 1991) y recientemente utilizando imágenes de Landsat 8 alrededor de Cabo de Horn y Estrecho de Magallanes (Friedlander et al. 2018). Dentro de los primeros en utilizar imágenes de alta resolución generadas por Sentinel-2 destaca el estudio de Huovinen et al. (2020) en bosques de huiró del Fiordo Yendegaia en el Canal Beagle. Dicha investiga

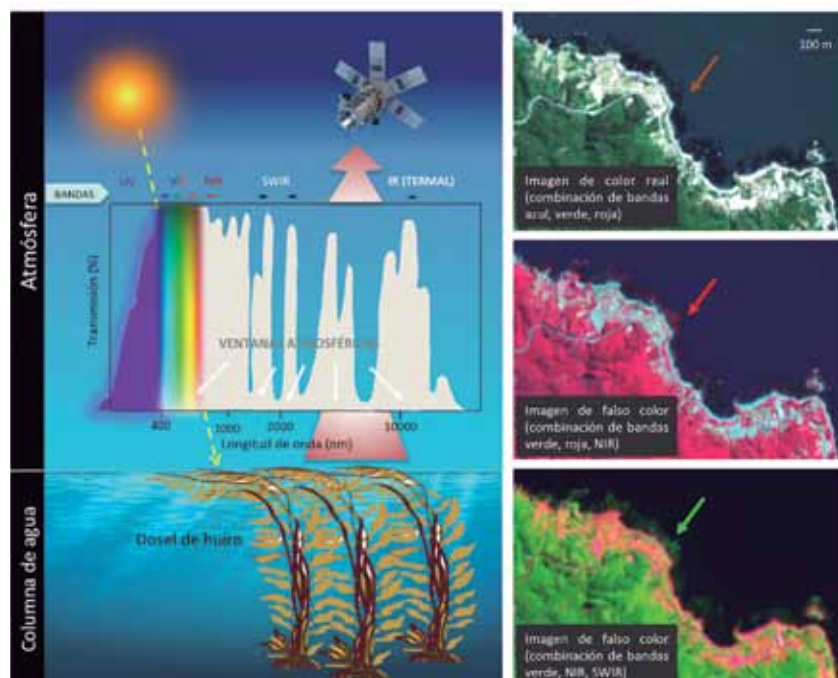


Figura 2. Detección remota del huiró usando sensores satelitales que registran la radiación espectral reflejada de sus frondas flotantes. Una presentación generalizada (no en escala) de la "ventana atmosférica" visualiza los rangos del espectro solar que pueden ser utilizados en la teledetección. Los satélites coleccionan datos en diferentes bandas espectrales (se presentan ejemplos de algunas bandas).

Bosques del huiró (indicados con flecha) en la costa de Valdivia en una imagen de reflectancia (Top of the Atmosphere (TOA)) de Sentinel-2 visualizada con tres combinaciones de bandas múltiples a "color real" y "color falso" visualizando vegetación en rojo y verde. Copernicus Sentinel data [2020], Sentinel-2 (ESA) image courtesy of the U.S. Geological Survey.

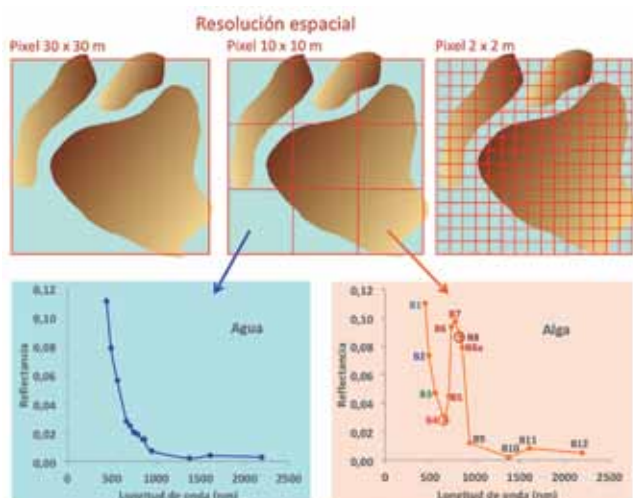


Figura 3. Los sensores de diferentes satélites varían en su resolución espacial que define la precisión de la clasificación del objeto a observar. Se presenta un ejemplo de bosques del huir en relación con el tamaño del pixel.

La clasificación de cada pixel se basa en características de la reflectancia espectral de los componentes. Por ejemplo, Sentinel-2 obtiene datos de 13 bandas espectrales, permitiendo la observación de las firmas espectrales en un pixel de agua y con doseles de huir. El índice NDVI, comúnmente utilizado para clasificación de vegetación, se basa en la reflectancia de la luz roja y NIR (ejemplo bandas 4 y 8 de Sentinel-2).

Financiamiento: Proyecto FONDECYT 1201053 y 1201069, Centro Fondap-IDEAL (Grant 15150003) CONICYT, y Beca Doctoral ANID 21171029.

ción comparó la utilidad de tres diferentes índices de vegetación y análisis de mezclas espectrales para su clasificación.

Actualmente se han desarrollado nuevas herramientas para automatizar la detección de bosques de huir utilizando Google Earth Engine (GEE), la plataforma en la nube con acceso a los repositorios de imágenes satelitales (de uso gratuito). Es así como Nijland et al. (2019), utilizando imágenes de Landsat, reconstruyeron la dinámica de las poblaciones de huir en la costa del Pacífico de Canadá a lo largo de tres décadas, mientras Mora et al. (2020) crearon un mapa de distribución global del huir a partir del repositorio de imágenes de Sentinel-2, incluyendo validaciones *in situ* en el sur de Chile.

Desafíos y futuras direcciones

La aplicación y precisión de la teledetección remota en ambientes acuáticos todavía implica desafíos, y su implementación para evaluar los bosques de huir en particular aún es incipiente y en desarrollo. Por ejemplo, la variación en el nivel de la marea influye en la proporción del dosel que flota en la superficie. Por otro lado, la cercanía de estos bosques al borde costero implica mayores interferencias de otros elementos, tales como sedimentos, algas intermareales y otro tipo de vegetación acuática. Además, en zonas geográficas con alta presencia de nubes, como en el sur de Chile, la disponibilidad de imágenes satelitales de alta calidad es limitada, especialmente si se considera una periodicidad de visita de 16 días en el caso de Landsat y de 5-10 días en el caso de Sentinel-2. Especialmente en latitudes altas también la elevación solar en invierno hace difícil la aplicación de la teledetección.

Para los bosques de huir de la región sur austral los desafíos aún son importantes, especialmente debido al cambio climático que está alterando el hábitat de estos organismos y cambiando sus dinámicas espaciales (Palacios et al. 2021). La aplicación de nuevas técnicas de teledetección, junto con mejores registros oceanográficos, así como un monitoreo exhaustivo de los cambios ecofisiológicos permitirá conocer en mayor detalle si la distribución presente y futura de esta especie seguirá los cambios en los gradientes ambientales.

Referencias

- Bell TW, Cavanaugh KC, Siegel DA (2015) Remote monitoring of giant kelp biomass and physiological condition: An evaluation of the potential for the Hyperspectral Infrared Imager (HypSIIRI) mission. *Remote Sensing of Environment* 167: 218-228.
- Belsher T, Mouchot MC (1992) Use of satellite imagery in management of giant kelp resources, Morbihan Gulf, Kerguelen archipelago. *Oceanologica Acta* 15: 297-307.
- Cavanaugh KC, Siegel DA, Reed DC, Dennison PE (2011) Environmental controls of giant-kelp biomass in the Santa Barbara Channel, California. *Marine Ecology Progress Series* 429: 1-17.
- Friedlander AM, Ballesteros E, Bell TW, Giddens J, Henning B et al. (2018) Marine biodiversity at the end of the world: Cape Horn and Diego Ramírez Islands. *PLoS ONE* 13: e0189930.
- Huovinen P, Gómez I (2012) Cold-temperate seaweed communities of the Southern Hemisphere. En: Wiencke C, Bischof K (eds), *Seaweed Biology, Ecological Studies* 219. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp. 293-33.
- Huovinen P, Ramírez J, Gómez I (2018) Remote sensing of albedo-reducing snow algae and impurities in the Maritime Antarctica. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 146: 507-517.
- Huovinen P, Ramírez J, Palacios M, Gómez I (2020) Satellite-derived mapping of kelp distribution and water optics in the glacier impacted Yendegaia Bay (Beagle Channel, Southern Chilean Patagonia). *Science of the Total Environment* 703: 135531.
- Jensen JR (1980) Remote sensing techniques for kelp surveys. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 46: 743-755.
- Krumhansl KA, Okamoto DK, Rassweiler A, Novak M, Bolton JJ (2016) Global patterns of kelp forest change over the past half-century. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113: 13785-13790.
- Mora-Soto A, Palacios M, Macaya EC, Gómez I, Huovinen P, Pérez-Matus A, Young M, Golding N, Toro M, Yaqub M, Macías-Fauria M (2020) A high-resolution global map of giant kelp (*Macrocystis pyrifera*) forests and intertidal green algae (*Ulvothyceae*) with Sentinel-2 imagery. *Remote Sensing* 12: 694.
- Natural Resources Canada (Canada Centre for Remote Sensing) (2007) *Fundamentals of remote sensing*. 258 p.
- Nijland W, Reshitnyk L, Rubidge E (2019) Satellite remote sensing of canopy-forming kelp on a complex coastline: A novel procedure using the Landsat image archive. *Remote Sensing of Environment* 220: 41-50.
- Palacios M, Osman D, Ramírez J, Huovinen P, Gómez I (2021) Photobiology of the giant kelp *Macrocystis pyrifera* in the land-terminating glacier fjord Yendegaia (Tierra del Fuego): A look into the future? *Science of the Total Environment* 751: 141810.
- Riebeek H (2014) Why is that Forest Red and that Cloud Blue? How to Interpret a False-Color Satellite Image. <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/FalseColor/>

Rol ecológico de la formación de biopelículas por el patógeno de salmónidos *Piscirickettsia salmonis*



Héctor Levipan¹, Rubén Avendaño-Herrera^{2, 3, 4}

1) Laboratorio de Ecopatología y Nanobiomateriales, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Chile.

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

3) Interdisciplinary Center for Aquaculture Research (INCAR-Chile)

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

ANTECEDENTES

La referencia bibliográfica más antigua en la base de datos PubMed que hace uso del término 'biopelícula' se remonta a la década del 70 (Mack et al., 1975). Posteriormente, el término fue delineado por Donlan y Costerton (2002) como "una comunidad microbiana sésil, caracterizada por células que están adheridas irreversiblemente a un sustrato o interfase, o unas con otras, embebida en una matriz de sustancias extracelulares poliméricas que ellas han producido, y que exhiben un fenotipo alterado con respecto a la tasa de crecimiento y transcripción génica". Esta definición también incluye a los agregados y flóculos microbianos. Actualmente, se reconoce que el proceso de formación es cíclico, alcanzándose un ciclo completo cuando los microorganismos sésiles se dispersan desde la biopelícula madura para retomar un estilo de vida planctónico. Sin embargo, es importante mencionar que la bacteria recién dispersada no es simplemente una reversión del estilo de vida de la biopelícula al modo de crecimiento planctónico (Chua et al., 2014).

A escala global, se ha estimado que entre el 40 y el 80% de las células procariontes (bacterias y arqueas) de la tierra prosperan como biopelículas en diferentes hábitats (Flemming and Wuerzt, 2019). Una vez formadas, las biopelículas adquieren propiedades emergentes (Flemming et al., 2016) que confieren varias

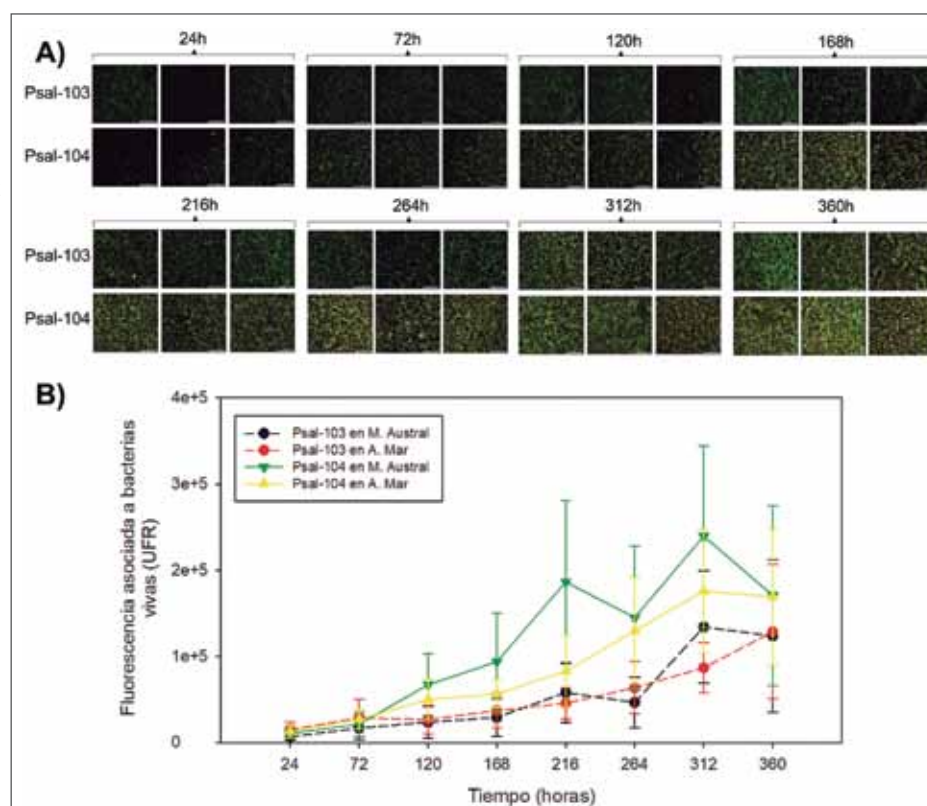


Figura 1. Formación de biopelículas y señal de fluorescencia de bacterias vivas (fluorescencia verde). (A) Biopelículas formadas por *P. salmonis* Psal-103 y Psal-104 microplacas de 96 pocillos en medio austral y teñidas con el kit de viabilidad celular LIVE/DEAD. Las imágenes fueron capturadas con el dispositivo cytation-5 y la barra de escala representa 100 μm . (B) Aumento de la señal fluorescente verde de las bacterias vivas en el tiempo para biopelículas formadas en medio Austral (rico en nutrientes) y en agua de mar (pobre en nutrientes).

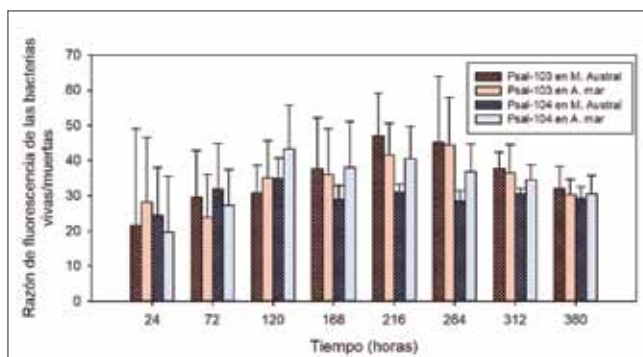


Figura 2. Proporción de la fluorescencia entre bacterias sésiles vivas (fluorescencia verde) y muertas (fluorescencia roja). Las fluorescencias fueron registradas por el cytation-5 para biopelículas formadas por *P. salmonis* Psal-103 y Psal-104 en dos condiciones nutricionalmente contrastantes (i.e., agua de mar versus medio Austral).

ventajas a sus miembros tales como: i) protección contra un daño físico; ii) facilitan las interacciones metabólicas entre especies microbianas; iii) incrementan el intercambio genético entre células microbianas (transferencia horizontal de genes incluida) iv) aumentan la comunicación entre las células facilitando un comportamiento coordinado, y vi) protegen contra los biocidas y antibióticos (Flemming et al., 2016; Yin et al., 2019; Abe et al., 2020). La mayoría de las bacterias son capaces de formar

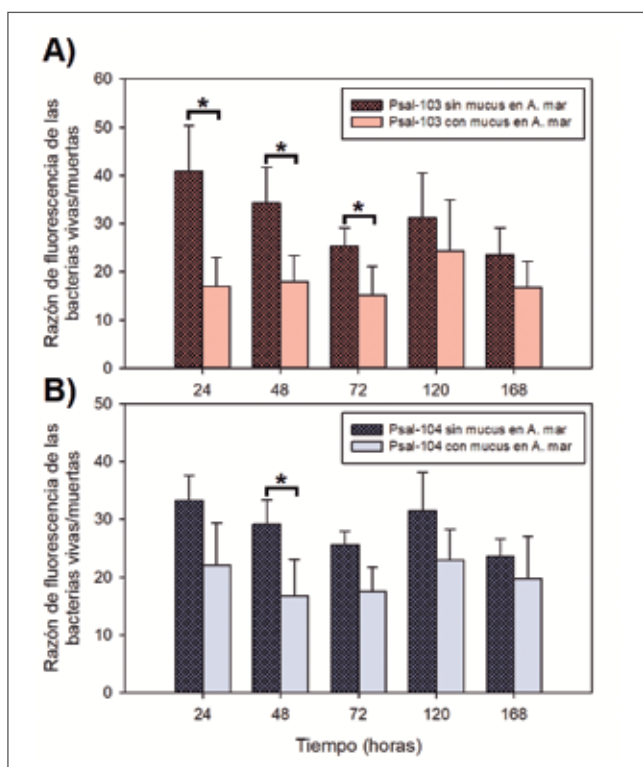


Figura 3. Proporción de la fluorescencia entre bacterias vivas (fluorescencia verde) y muertas (fluorescencia roja). (A) Biopelículas formadas en agua de mar por Psal-103 y (B) Psal-104 en la presencia y ausencia de mucus de piel de *Salmo salar* a una concentración final de 100 μg totales de proteínas mL^{-1} .

biopelículas, aunque sus propiedades emergentes suelen ser especialmente contraproducentes cuando la biopelícula es conformada por agentes etiológicos de enfermedades. Esta característica abarca desde el hecho que la biopelícula puede actuar como un mero reservorio/semillero de bacterias patógenas, hasta desempeñar un papel activo en la patogenia de una enfermedad (Vestby et al., 2020).

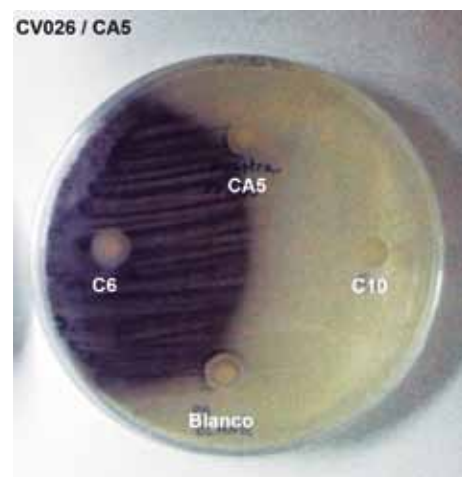
En el desarrollo primario, la maduración y la interrupción de una biopelícula pueden verse involucrados procesos dependientes de la densidad poblacional o “Quorum sensing”, mediados por moléculas de comunicación célula a célula como las homoserina lactonas (Bramhachari, 2019). Por otra parte, tanto la dispersión como la formación de biopelículas puede coincidir con cambios significativos en los niveles del segundo mensajero di-GMP cíclico, el cual está implicado en la regulación de numerosas funciones bacterianas, además de la regulación de las biopelículas (Sauer, 2020). Además, la señalización eléctrica dentro de las biopelículas atrae células móviles distantes; esta atracción es independiente de la especie bacteriana, lo cual puede ser relevante en el caso de la formación de biopelículas polimicrobianas (Humphries et al., 2017).

El objetivo de este estudio fue realizar una caracterización exhaustiva de la formación *in vitro* de biopelículas por el patógeno de peces *Piscirickettsia salmonis* usando dos aislados representativos de la especie (Psal-103 y Psal-104 representante de los genogrupos tipo LF-89 y EM-90, respectivamente) y la plataforma de investigación asociativa cytation-5 (un lector multi-modal con sistema de captura de imágenes microscópicas) de la Universidad de Playa Ancha. Se estudió la viabilidad celular de las biopelículas usando el kit LIVE/DEAD bajo condiciones ricas (medio Austral) y pobres (agua de mar) en nutrientes en microplacas de 96 pocillos. Además, se estudió la producción de señales *N*-acil homoserina lactonas (AHLs) por *P. salmonis* LF-89^T y CA5 (un aislado de campo) a partir de los extractos orgánicos (en acetato de etilo) de sobrenadantes de cultivo crecidos previamente en medio Austral. Los extractos fueron evaluados mediante biosensores (*Chromobacterium violaceum* CV026 y VIR07) y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS) para detectar la producción de AHLs de cadena lateral corta y larga en *P. salmonis*.

RESULTADOS

P. salmonis formó biopelículas *in vitro* tanto en medio Austral (condición rica en nutrientes) como en condiciones nutricionalmente pobres en agua de mar. La Figura 1A muestra las biopelículas formadas en el tiempo en placas de 96 pocillos en medio Austral previamente teñidas con el kit de viabilidad celular LIVE/DEAD. Las células sésiles viables se observan en tonalidad verde y las células muertas o inactivas en color rojizo. Además, el aumento de la cantidad de células viables en las biopelículas formadas por ambos aislados fue claramente perceptible desde las 216 horas de incubación en adelante (Figura 1B).

Figura 4. Ejemplo de ensayo con el biosensor *C. violaceum* CV026 para extractos (en acetato de etilo) de sobrenadantes de cultivos de *P. salmonis* CA5. Una reacción positiva para la producción de AHLs de cadena lateral corta (C6 a C8) por el biosensor es evidenciado por viraje de color al púrpura. C6 y C10 son estándares de AHLs de cadena lateral de 6 (corta) y 10 (larga) átomos de carbono, respectivamente. Tanto C6 como C10 fueron disueltos en acetato de etilo. El blanco corresponde al solvente usado (i.e., acetato de etilo) en la extracción orgánica de los sobrenadantes de cultivo. Todos los extractos orgánicos, suspensiones de estándares y el blanco fueron ensayados en discos de papel impregnados en 5 μ L de cada uno y depositados (previo secado) sobre placas de agar LB inoculadas con el biosensor correspondiente.



La razón entre las bacterias vivas (fluorescencia verde) y muertas (fluorescencia roja) a lo largo del tiempo se muestra en la Figura 2 para ambos aislados de *P. salmonis*, tanto en medio Austral (medio nutritivo) como en agua de mar (baja disponibilidad de nutrientes). En las primeras 72-120 h de incubación la razón vivas/muertas tendió a mostrar mayor variabilidad respecto a los tiempos posteriores de incubación, en especial después de las 264 h de incubación en ambas condiciones nutricionales y aislados estudiados.

Cuando se comparó el efecto del mucus de piel del Salmon del Atlántico (*Salmo salar*) sobre la formación de biopelículas en agua de mar por ambos aislados, se observó que dicho efecto fue más significativo para Psal-103 en las primeras 72 horas (Figura 3A) de incubación con respecto a Psal-104 en el mismo intervalo de tiempo (Figura 3B). Después de las 72 h, ambos aislados recuperaron su capacidad de formación en presencia de mucus de piel, y no mostraron diferencias significativas respecto a las biopelículas formadas en agua de mar sin mucus (Figura 3).

Finalmente, tanto el método de biosensores bacterianos (CV026 y VI07) como GC/MS (no mostrado) no indicaron la producción de *N*-acil homoserina lactonas (AHLs) de cadena lateral corta y larga secretadas por *P. salmonis* LF-89^T y CA5 (Figura 4).

CONCLUSIÓN

La formación de biopelículas viables y tolerantes a la mucosidad de la piel en el agua de mar indica una buena capacidad de persistencia y diseminación de *P. salmonis*. La investigación de campo futura será útil para conocer si estas biopelículas pueden ser vinculadas a la patogenia de la piscirickettsiosis, más allá de representar sólo un reservorio ambiental. La ausencia de producción de *N*-acil homoserina lactonas por cepas de *P. salmonis* representativas de la especie indicó que la formación de biopelículas no estuvo asociada a la producción de este tipo de moléculas señales dependientes de la densidad poblacional del microorganismo.

AGRADECIMIENTOS

H.L. agradece a CONICYT-PAI / Convocatoria Nacional Subvención a la Instalación en la Academia, Convocatoria 2018 Folio 77180039. También agradecemos a AGL-2015-331 63569-R, FONDECYT 1190283 y FONDAP-INCAR Center 15110027.

REFERENCIAS

- Abe, K., Nomura, N., & Suzuki, S. (2020). Biofilms: hot spots of horizontal gene transfer (HGT) in aquatic environments, with a focus on a new HGT mechanism. *FEMS microbiology ecology*, 96(5), fiae031.
- Bramhachari, P. V. (Ed.). (2019). *Implication of Quorum Sensing and Biofilm Formation in Medicine, Agriculture and Food Industry*. Springer.
- Chua, S. L., Liu, Y., Yam, J. K. H., Chen, Y., Vejborg, R. M., Tan, B. G. C., Kjelleberg, S., Tolker-Nielsen, T., Givskov, M., & Yang, L. (2014). Dispersed cells represent a distinct stage in the transition from bacterial biofilm to planktonic lifestyles. *Nature communications*, 5(1), 1-12.
- Donlan, R. M., & Costerton, J. W. (2002). Biofilms: survival mechanisms of clinically relevant microorganisms. *Clinical microbiology reviews*, 15(2), 167-193.
- Flemming, H. C., Wingender, J., Szewzyk, U., Steinberg, P., Rice, S. A., & Kjelleberg, S. (2016). Biofilms: an emergent form of bacterial life. *Nature Reviews Microbiology*, 14(9), 563-575.
- Flemming, H. C., & Wurtz, S. (2019). Bacteria and archaea on Earth and their abundance in biofilms. *Nature Reviews Microbiology*, 17(4), 247-260.
- Humphries, J., Xiong, L., Liu, J., Prindle, A., Yuan, F., Arjes, H. A., ... & Süel, G. M. (2017). Species-independent attraction to biofilms through electrical signaling. *Cell*, 168(1-2), 200-209.
- Mack, W. N., Mack, J. P., & Ackerson, A. O. (1975). Microbial film development in a trickling filter. *Microbial ecology*, 2(3), 215-226.
- Sauer, K. (2020). Cyclic di-GMP and the Regulation of Biofilm Dispersion. In *Microbial Cyclic Di-Nucleotide Signaling* (pp. 545-560). Springer, Cham.
- Vestby, L. K., Grønseth, T., Simm, R., & Nesse, L. L. (2020). Bacterial biofilm and its role in the pathogenesis of disease. *Antibiotics*, 9(2), 59.
- Yin, W., Wang, Y., Liu, L., & He, J. (2019). Biofilms: the microbial "protective clothing" in extreme environments. *International journal of molecular sciences*, 20(14), 3423.

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 | ventas@spl.cl | www.spl-latam.com



SOCIEDAD PUNTA DE LOBOS S.A.

Sociedad Punta de Lobos S.A., más conocida por sal Lobos y sal Lobos Industrial, es uno de los conglomerados líderes a nivel local en el sector de productos derivados de la sal. Se dedica a la producción y comercialización de sal con presencia en Chile, Brasil y Perú. Desde el año 2020 que dejó de ser K+S Chile S.A. y pasó a ser parte del grupo americano Stone Canyon Industries Holding LLC que ahora maneja importantes marcas en el mundo de la sal como lo son Morton Salt, Kissner y ahora también Sal Lobos.

Según explica Jose Luis Ureta, Key Account Manager del Segmento Acuícola de SPL 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.

La empresa 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 transformarnos en verdaderos aliados estratégicos y en la innovación, realizando mejoras constantes a nuestros productos” señala Matías Camacho, Gerente de Ventas de Productos Industriales Envasados.

USOS DE LA SAL EN LA INDUSTRIA ACUÍCOLA

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 antifúngico y bactericida en las pisciculturas y también como elemento clave en las cadenas de frío, ayudando a mantener los productos en óptimas condiciones.

SPL S.A. con su marca Lobos Industrial ofrece una innovadora tecnología en la preparación de Salmuera llamada “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:

1. Facilidad y autonomía en la aplicación de sal.
2. Producto de alta pureza y bajos niveles de insolubles.
3. Rápida disolución y aplicación sin necesidad de agitación.
4. 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.
5. Mayor control: fácil dosificación, medición de salinidad y control automático de producción.
6. Efectividad máxima y control natural no químico en el tratamiento contra hongos y bacterias.
7. Menor estrés de peces durante los tratamientos.
8. Eliminación de residuos asociados al uso de sal sólida como sacos vacíos y pallets, y ahorro de espacio de almacenamiento en bodegas.
9. Permite realizar baños simultáneos a diferentes estanques.
10. 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 y montaje es de 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 Lobos Industrial 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.

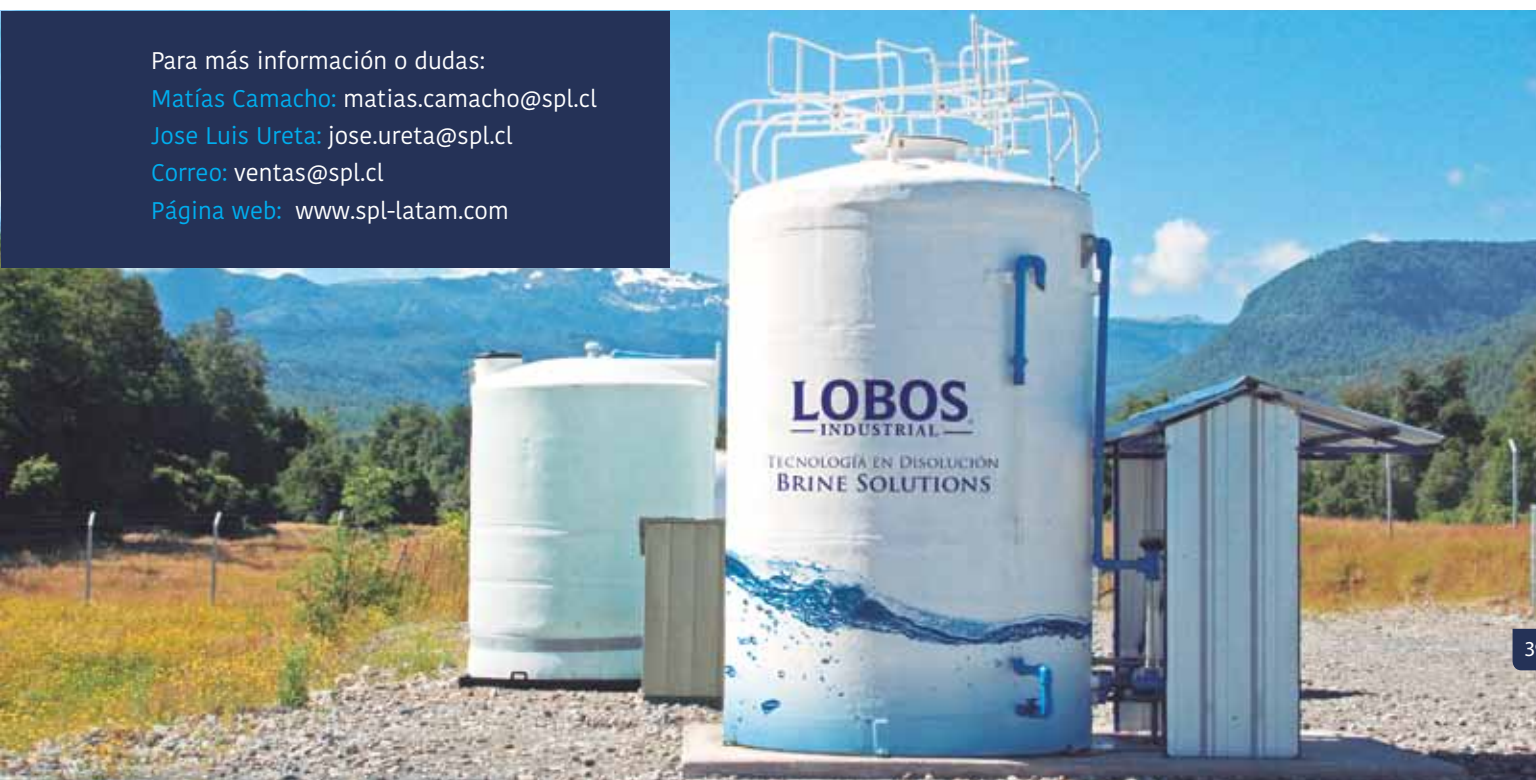
Para más información o dudas:

Matías Camacho: matias.camacho@spl.cl

Jose Luis Ureta: jose.ureta@spl.cl

Correo: ventas@spl.cl

Página web: www.spl-latam.com



Diseño, Dimensionamiento, Implementación y Desarrollo de Estación Modular de Acuicultura utilizando Energías Renovables No Convencionales

FIC EMA-SOLAR



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA



CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS DE LA UNIVERSIDAD DE ATACAMA (CIC-UDA)

OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Desarrollar una Estación Modular de Acuicultura utilizando energías renovables no convencionales (ERNC)

Objetivos específicos del proyecto

- “Estudio de radiación solar satelital para las zonas de impacto del proyecto”
- “Diseño, dimensionamiento e implementación de la estación modular de acuicultura”.
- Difusión de la estación modular de acuicultura, para su utilización en zonas de rezagó, como caletas de pescadores o acuicultores a pequeña escala en la Región de Atacama.



Introducción

Históricamente la región de Atacama ha sido la quinta región con mayor actividad acuícola después de la región de los Lagos, los Ríos, Aysén y Coquimbo. Su producción se sustenta en su mayoría, por el cultivo intensivo de moluscos como el Ostión del norte (*Argopecten purpuratus*) y el abalón rojo (*Haliotis rufescens*). Actualmente, Atacama cuenta con 34 centrales de generación eléctrica, 21 de ellas son en base a energía solar fotovoltaica, que totalizan 949 MW instalados, posicionando a la región en

la cúspide del ranking nacional de capacidad instalada respecto de este tipo de tecnología, y también, como una de las líderes indiscutidas en el concierto Sudamericano. En este sentido, de acuerdo al último informe de la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA), en este lado del continente, Brasil es el país top en materia de capacidad instalada solar fotovoltaica con 2.296 MW (41%) y muy de cerca le sigue nuestro país con 2.137 MW (39%); panorama en el que Atacama aparece representando el 17,4% del total sudamericano.

Es por estas razón que el Centro de Investigaciones Costeras de la Universidad de Atacama se propuso mediante la formulación y adjudicación de este proyecto, el desafío de desarrollar una estación modular de acuicultura multipropósito EMA SOLAR, que permita el cultivo, mantención o acopio de diferentes especies hidrobiológicas de agua dulce o agua de mar utilizando como insumo energético la luz solar, lo que en términos de costos genera una disminución significativa en los costos de producción y por consecuencia mayores réditos productivos. Con esta iniciativa se espera dar una alternativa de desarrollo eficiente, productivo y amigable con el medio ambiente para pequeños y medianos acuicultores de la región de atacama.

Desarrollo del proyecto

Para lograr el desarrollo de una estación modular de acuicultura multipropósito, alimentada energéticamente de luz solar (EMA-SOLAR), lo primero que debieron realizar los profesionales del Centro de Investigaciones Costeras de la Universidad de Atacama, fue determinar la capacidad energética de las principales zonas de interés para la implementación de estas estaciones (Chañaral, Caldera y Huasco).

Este estudio de factibilidad permitió conocer los principales factores que inciden en la producción de energía mediante la radia-



Figura N°1 equipos de la estación modular de acuicultura EMA solar, para el tratamiento integral del agua.

ción solar y con todos estos antecedentes se pudo determinar la producción promedio de energía para cada una de las localidades de interés del proyecto.

Este antecedente es fundamental para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico que alimentara de energía a las estaciones modulares en cada una de las zonas de interés. La energía solar pone en funcionamiento un sistema de recirculación de agua, que posibilita la producción, mantención y cultivo de especies hidrobiológicas, como ostiones, erizos, truchas, entre otras. Los sistemas de recirculación acuícola (SRA) son procesos donde el agua utilizada en los estanques de producción se canaliza a un tren de tratamiento para reacondicionar el efluente, permitiendo la vida acuática. Estos trenes de tratamiento tienen cuatro funciones básicas: circulación de agua, remoción de sólidos, biofiltración e intercambio gaseoso (Timmons et al., 2009). Dentro de los equipos de tratamiento del sistema de recirculación de la estación modular de acuicultura EMA solar (Figura N°2), se encuentran:



Sistema de Impulsión primario de Agua:

Se realiza a través de motobomba de 11HP, permite el ingreso de agua fresca al sistema, esta agua es acopiada en estanques de 5 m3, para ser entregada al sistema en forma lenta y continúa.

Sistema de Impulsión secundario:

Se realiza a través de bomba de agua eléctrica de 1,2 hp, permite la recirculación del agua dentro del sistema, permitiendo dirigir y controlar los caudales a los distintos trenes de tratamientos.

Sistema de desgasificación de agua:

permite la liberación de CO₂, producido por la respiración de los seres acuáticos, esto se logra por medio del rompimiento de la partícula de agua y su mayor exposición a la aireación de esta, provocando una disminución del CO₂ y un aumento del PH.

Sistema de decantación de sólidos:

permite realizar un pre tratamiento de eliminación de sólidos y corresponde a la decantación de los sólidos de mayor tamaño sobre 100 micras.



Figura N°2. Reproductores de Corvina (*Cilus gilberti*), mantenidos en la Estación modular de acuicultura EMA solar.



Sistema de Filtración mecánica:

para la remoción de sólidos, hasta 50 micras se cuenta con un filtro de arena, con 3/4 cuarzo fino en su interior 1 a 2 mm.

Sistema tratamiento antibacteriano UV:

permite reducir la carga de bacterias antes de ingresar al filtro biológico, permitiendo la colonización de bacterias nitrificantes (reductoras del Amonio) y evitando las heterótrofas consumidoras de material orgánico y productoras de amonio.

Sistema de tratamiento Biológico del Biofiltro:

permite transformar los desechos nitrogenados (amoníaco y amonio) producidos por los moluscos y peces tras ingerir el alimento. Al pasar el agua por el biofiltro, esos desechos se oxidan, reducen y pierden su toxicidad además favorece la eficiencia energética, porque no es necesario estar succionando agua una y otra vez, sino que integra un sistema de recirculación RAS.

La versatilidad del sistema le permite, asimismo, orientarse a distintos usos en cultivos integrados de pequeña escala donde puede servir desde un puesto que comercialice moluscos o peces vivos en una caleta rezagada rural o una caleta de origen turístico emplazada en centros urbanos, este sistema también puede adaptarse y ser utilizado como hatchery en donde sirva para activar procesos de repoblamiento de zonas de impacto ecológicas. Este sistema EMA Solar en su etapa final desarrollo y creó un sistema de sensores, mediante el cual se mide cons-

tantemente el pH, la temperatura y el oxígeno en los estanques en donde con los datos tabulados, aspiramos a implementar, en una siguiente fase del proyecto, el control automático del sistemas, teniendo la opción de que se efectúe, por ejemplo, en modo remoto y en tiempo real.

Proyectos con continuidad

La etapa final de EMA Solar tiene, como principal desafío, la integración de un sistema de producción de agua de mar desalinizada, que potenciará la activación de polos productivos eficientes y encadenará este proyecto con otra iniciativa de CIC-UDA, también financiada por el FIC, denominada REPROTECH. Esta se focaliza en la mantención de reproductores de corvina chilena (*Cilus gilberti*) (Figura N°3), en condiciones ambientales óptimas de cultivo, lo cual requiere agua de mar pero también se puede utilizar el sistema para mantención de truchas con agua dulce o en su efecto en etapas de engorda en crecimiento en agua de mar.

Aprovechando estas ventajas, se proyecta generar un sistema de acuaponía, que combina la acuicultura y la hidroponía, el cual consistiría en acoplar un módulo extra, donde se pueden cultivar algas u hortalizas, en donde se puede destacar que este tipo de cultivos tienen un impacto positivo en donde no se desaprovecha nada pues, en lugar de desechar los compuestos nitrogenados que resultan del proceso de inyección por medio del cultivo de peces o moluscos o ambos, estos se reingresan y utilizan como nutriente orgánico para los vegetales, mejorando el nivel de nitrato del agua y dejándola purificada, lo cual permite también recircularla y no desaprovecharla, teniendo así una integración de procesos de eficiencia hídrica y eficiencia energética en sistemas integrados de cultivos para proporcionar a la comunidad alimentos de alta calidad por medio de procesos sostenibles y sustentables con el medio ambiente.

El propósito de los sistemas productivos acuapónicos radica en que puede contribuir a paliar problemas de seguridad alimentaria, en donde es factible producir peces y vegetales asegurando así la ingesta de proteína y vitaminas para comunidades partidas y en general a la población que requiere de aminoácidos esenciales y vitaminas para su buena nutrición.

Publique con opción *Diversidad de productos*

Calendarios de escritorio

Cuadernos y Agendas corporativas

www.opcionaraya.cl

Revista Salmón Acuicola

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

VALORIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS

Una oportunidad dentro de la necesidad

Dr. Manuel Alarcón Vivero, Escuela de Ingeniería Ambiental, Instituto de Acuicultura, Universidad Austral de Chile sede Puerto Montt

Manuel.alarcon@uach.cl



Universidad Austral de Chile

Conocimiento y Naturaleza

La región de Los Lagos se ha visto beneficiada por las exportaciones acuícolas, concentrada en la zona sur-austral del país, principalmente en el mar interior de la Región de Los Lagos y en los fiordos y canales de Aysén, ambas regiones concentraron en 2019 el 90,6 % de la producción total (Sernapesca, 2019). Este bienestar económico trae aparejado la producción de residuos orgánicos sólidos y líquidos, los cuales deben tener una buena gestión para no producir un impacto ambiental negativo tal como contaminación de los suelos, acuíferos, aguas superficiales, emisión de gases de efecto invernadero y material particulado a la atmósfera, ocupación no controlada del territorio generando cambios e impactos negativos sobre el paisaje y los espacios naturales, creación de focos infecciosos, proliferación de plagas y vectores de enfermedades (roedores e insectos), generación de malos olores, sensación de abandono y suciedad, producida por la presencia de residuos diseminados, contaminación visual, saturación del relleno sanitario. (Arellano, 2013) que pueden afectar de forma directa a la actividad turística, inquietando a las organizaciones locales por el impacto al medio ambiente, social y cultural. Por cual, es fundamental ver los residuos como materia prima; con un alto potencial de ayuda al medio ambiente como remediación de suelos y también como fuente de energía y trabajo y más considerando su diversidad por las diferentes actividades económicas de la región y con las características específicas según su origen.

Para el tratamiento de los diversos residuos se presentan instalaciones dedicadas a la valorización de estos, siendo estas instalaciones de valorización de tres tipos: reciclaje, compostaje y co-incineración (Conama, 2010). La valorización de los residuos orgánicos solo representaba el 14% del total, en comparación al reciclaje (papel, vidrio, cartón, etc.) el cual aportaba con un 80% de las instalaciones de valorización, y en menor grado la co-incineración con el 6%. Actualmente este comportamiento en la valorización de los residuos orgánicos no peligrosos se ha mantenido en un rango nacional entre 20% y 23% (Sinia, 2018), siendo por ejemplo 12,24% la técnica de valorización compostaje similar al valor reportado el 2010. Arellano en 2013 indica que posiblemente la razón de los bajos porcentajes en la valorización final de residuos no peligrosos se deba princi-

palmente a barreras legales y de procedimiento, las que desincentivan o dificultan la puesta en marcha de los proyectos que intentan reutilizar o valorizar los residuos orgánicos. Por ejemplo, en el caso de los biosólidos y los lodos de la agroindustria se han establecido en las últimas décadas algunas normativas pioneras y específicas en el país que dan un marco legal para la valorización de ellos como enmiendas de suelo en sistemas agroforestales y degradados. Sin embargo, la mayor parte de ellos son dispuestos en rellenos sanitarios, siendo menor su valorización como enmiendas de suelos agrícolas y degradados.

En los últimos años, ha surgido un creciente interés en la opción verde, inserto en el proceso de economía circular (Figura 1), el tratamiento de residuos y se ha concentrado la atención en procesos aerobios y anaerobios, además de ser una solución para la disposición final de desechos orgánicos, posee beneficios en la producción de abono orgánico estable y producción de energía, técnicas tales como el compostaje y metanización, además de tratamientos biológicos con lombrices (Balin, 2016).

Los lodos residuales provenientes de pisciculturas son componentes orgánicos ricos en nitrógeno y fósforo, pueden ser utilizados como mejoradores de suelo y fertilizantes agrícolas, destinados a ganadería y forraje, entre otros. La valorización de estos residuos constituye una gran disminución de la carga en vertederos y sitios de disposición final (Balin, 2016), con ello el realizar un diseño adecuado y sustentable de estabilización de los residuos tiene gran potencial técnico, sin embargo, existen problemáticas asociadas principalmente a la logística en la recolección y transporte de los subproductos que servirán de materia prima para el sistema, dado el grado de dispersión territorial de las fuentes emisoras de los residuos, la cual se ve aumentada por la escasa fiscalización en la disposición de éstos, por parte de las empresas.

En el presente trabajo propone, aprovechar los residuos sólidos orgánicos no peligrosos provenientes de las empresas asimilables a domésticos (Figura 2), orientando este aprovechamiento principalmente a la digestión anaerobia y al compostaje.

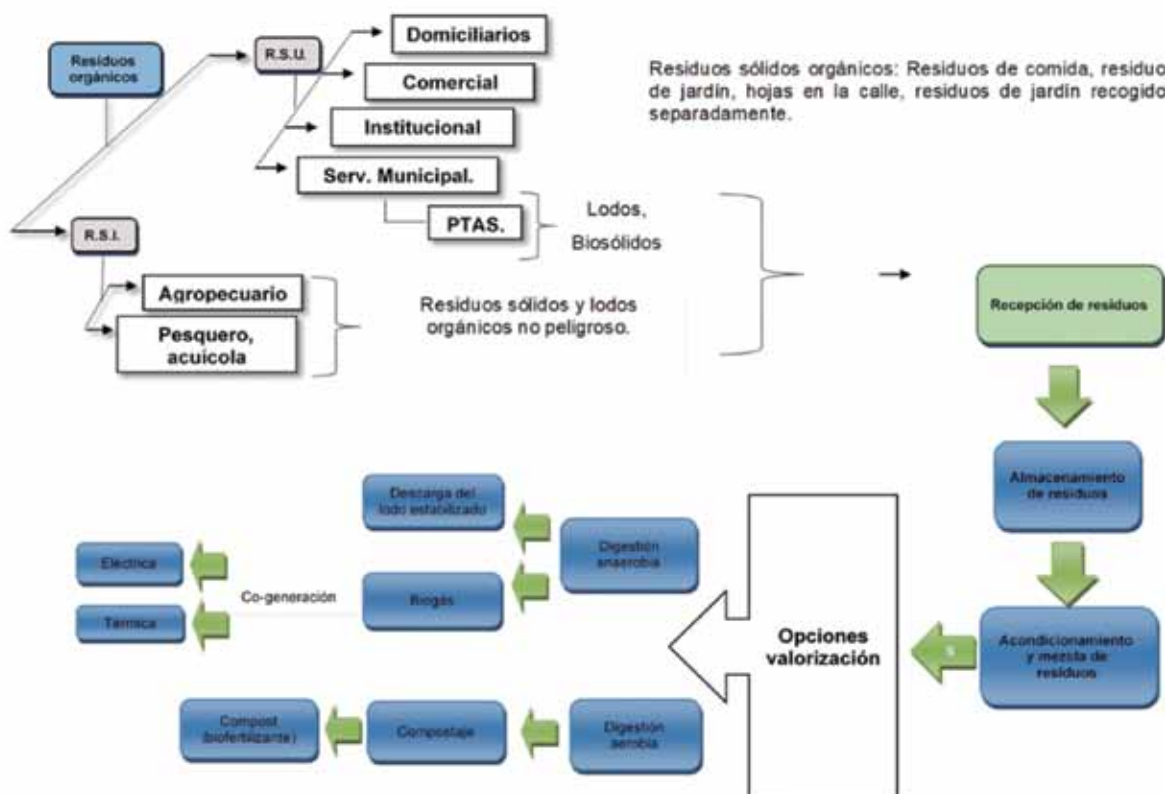


Figura. 1. Concepto de economía circular en la utilización de residuos orgánicos no peligrosos.



Figura 2. Residuos orgánicos domiciliarios, a nivel municipal entre el 50 y 60% de los residuos son orgánicos y factibles de compostar o de tratar en digestores anaerobios para la obtención de energía y enmienda agrícola.

DIGESTIÓN ANAEROBIA

La digestión anaeróbica se define como un proceso biológico complejo y degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos de un sustrato (residuos animales y vegetales) son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos, por un consorcio de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno o sus precursores (FAO, 2011).

Este proceso biológico controlado de transformación, estabilización y mineralización de los residuos orgánicos se lleva a cabo en equipos denominados digestores anaerobios. El proceso que generalmente se opera entre 20-40 °C, con baja o alta carga orgánica; operando en discontinuo o continuo y en una o dos etapas desde el punto de vista de las poblaciones microbiológicas involucradas (FAO, 2011).

Los digestores anaerobios (Figura 3) son una valiosa herramienta para reducir la concentración de contaminantes presentes en las aguas residuales y en el tratamiento de residuos sólidos, hasta conseguir niveles aceptables, con una amplia variedad en diseño de bioreactores tales como RCTA, contacto, filtro, UASB, entre otros, todos igual de efectivos con porcentajes de remoción de materia orgánica (DQO) en su mayoría mayor al 90%. Operacionalmente en general los reactores anaerobios de residuos sólidos pueden clasificarse en digestores por lotes o continuos, y sobre la base de la microbiología del proceso en reactores de una o dos

fases (FAO, 2011). Dependiendo de las características de la biomasa original, el biogás puede tener una composición de entre 50 y 70% de metano (CH_4), por lo que posee un buen potencial energético, alcanzando alrededor de 5.000 [Kcal·m⁻³]. El poder calorífico del biogás depende directamente de la concentración de metano, con un 60% de metano, es de aproximadamente 5.600 [Kcal·m⁻³]. La composición del biogás es variada, en la Tabla 1 se muestra la composición de biogás que se considera generalmente (CNE, 2007).

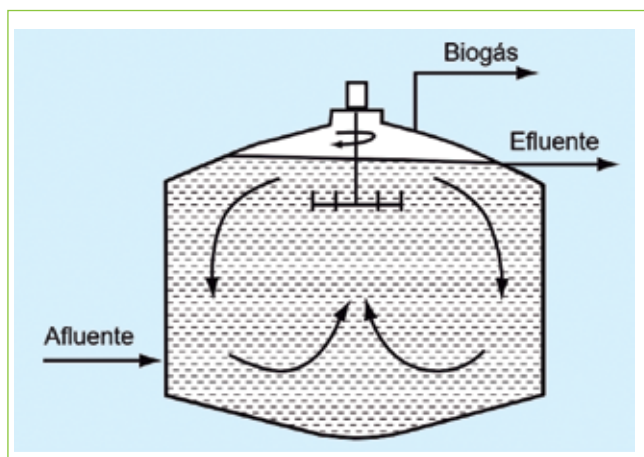


Figura 3. Esquema de un reactor de mezcla completa sin recirculación (FAO, 2011).

El proceso de digestión anaerobia y por ende de producción de biogás, permite la producción conjunta de energía eléctrica y energía térmica, sistema de cogeneración que permite aprovechar el calor de la combustión del biogás (u otros combustibles) para producir electricidad. Los beneficios ambientales derivados de la reducción del consumo de combustibles, además del gran desarrollo tecnológico alcanzado, han hecho de la cogeneración una alternativa altamente atractiva, ya que además proporciona una mayor eficiencia en el uso de los combustibles.

DIGESTIÓN AERÓBICA

La digestión aeróbica consiste en procesos realizados por diversos grupos de microorganismos, principalmente bacterias y protozoos que, en presencia de oxígeno actúan sobre la materia orgánica disuelta, transformándola en productos finales inocuos y materia celular (FAO, 2011).

La digestión aeróbica es un proceso mediante el cual los lodos son sometidos a una aireación prolongada en un tanque separado, descubierto o cerrado, el proceso involucra la oxidación directa de la materia orgánica biodegradable y la autooxidación de la materia celular (Figura 4) (FAO, 2011).

El Compost, se define como el producto que resulta del proceso de compostaje, está constituido principalmente por materia orgánica estabilizada, donde no se reconoce su origen, puesto que se degrada generando partículas más finas y oscuras (FAO, 2013).

El proceso de compostaje o composteo de los residuos sólidos consiste en la descomposición o fermentación natural de la porción orgánica de los residuos, mediada por la acción biológica de los microorganismos presentes, tales como actinomicetos, bacterias y hongos, siendo las bacterias las que desempeñan el papel principal, dando origen a un producto estabilizado, inocuo, libre de sustancias fitotóxicas y con alto valor fertilizante cuyas propiedades la hacen particularmente útil como mejorador de la estructura y textura de los suelos y en menor grado como fertilizante vegetal (UNA, 2015)

Algunas propiedades del compost que le distinguen de otros materiales orgánicos son:

1. Un color marrón hasta marrón oscuro.
2. Una baja relación carbono- nitrógeno
3. Una naturaleza continuamente cambiante debido a la acción de microorganismos.
4. Una alta capacidad para el intercambio de cationes y para la absorción de agua.

Cuando se añade compost al suelo, se sueltan los suelos compactos, se mejora la textura de suelos arenosos, y se incrementa la capacidad de retención de agua en la mayoría de los suelos (Tchobanoglous, 1994)

Tabla 1 Composición promedio del biogás (FAO, 2011)

COMPONENTE	FÓRMULA	CONCENTRACIÓN
Metano	CH ₄	50-75 % Vol.
Dióxido de carbono	CO ₂	25-45% Vol.
Vapor de agua	H ₂ O	2-7 % Vol.
Oxígeno	O ₂	<2% Vol.
Nitrógeno	N ₂	<2% Vol.
Amoníaco	NH ₃	<1% Vol.
Hidrógeno	H ₂	<1% Vol.
Ácido sulfhídrico	H ₂ S	20-20.000 ppm

Aireación

La aireación es necesaria para la descomposición aerobia termofílica de la materia orgánica, tendiente a una rápida transformación sin molestias ni malos olores. La aireación se puede llevar a cabo de diversas formas.

- Los volteos frecuentes de las pilas o muelles a mano o a máquina,
- Haciendo circular aire por conductos perforados,
- Inyectar aire a presión (caliente o no) en los residuos,
- Mediante una pequeña descompresión (aspiración a través de la pila o muelle),
- Mezclando continua o intermitentemente los residuos.

Técnicas de compostaje

- Compostaje en hilera.
- Compostaje en pila estática aireada.
- Sistema de compostaje en reactor.

El aporte de oxígeno puede realizarse de forma continua, a intervalos o ligados a un termostato que al llegar a una temperatura de 60° C, acciona el mecanismo de inyección de aire hasta que la temperatura desciende hasta el valor deseado. Una vez armada la pila, no se toca, hasta que la etapa activa de compostaje sea completa. Este sistema permite tener un mayor control de la concentración de oxígeno y mantenerla en un intervalo apropiado (15 - 20%), para favorecer la actividad metabólica de los microorganismos aerobios que desarrollan el proceso. (Tchobanoglous, 1994).

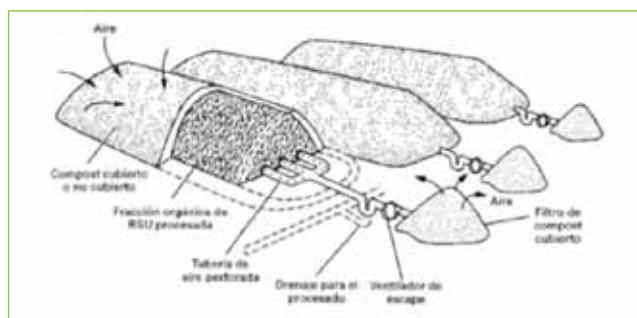


Figura 4. Esquema de compostaje con aireación forzada (Tchobanoglous, 1994).

BIBLIOGRAFÍA

- Arellano, E. (2013).** Desafíos de las políticas públicas de gestión de residuos orgánicos en Chile para fomentar su reutilización en sistemas degradados. En <https://repositorio.uc.cl/>: <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/4900/000628434.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Balin, D. (25 de 01 de 2016).** Manejo de residuos orgánicos en la industria. Recuperado el 10 de 06 de 2021, de <https://www.salmonexpert.cl/article/manejo-de-residuos-organicos-en-la-industria/>: <https://www.salmonexpert.cl/https://www.salmonexpert.cl/>.
- CNE. (2007).** Guía para evaluación ambiental Energías Renovables No Convencionales Proyectos de Biomasa. (Consejo nacional. energía, Ed.) en <https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/guiabiomasaeia.pdf>.
- Conama. (2010).** Primer Reporte de Manejo de Residuos Sólidos. En <http://www.hidronor.cl/>: http://www.hidronor.cl/pdf/1_Primer_Reporte_del_Manejo_de_Residuos_S%C3%B3lidos_en_Chile_Conama_2010.pdf.
- UNA (2015)** Guía práctica para el manejo de los residuos orgánicos utilizando composteras rotatorias y lombricompost. Universidad Nacional de Costa Rica. Campus Sostenible. 16 pp en <https://documentos.una.ac.cr/bitstream/handle/unadocs/3818/Manual%20Composteras.pdf?sequence=1>
- FAO (2011).** Manual de Biogás. 119 pp. En <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>
- FAO (2013).** Manual de compostaje del agricultor, experiencias en América latina. 112 pp. En <http://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>
- Sernapesca. (2019).** Anuarios estadísticos del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura de Chile. En <http://www.sernapesca.cl/>: <http://www.sernapesca.cl/informacion-utilidad/anuarios-estadisticos-de-pesca-y-acuicultura>.
- Sinia. (2018).** Quinto reporte del estado del medio ambiente. en: <https://sinia.mma.gob.cl/quinto-reporte-del-estado-del-medio-ambiente/>
- Tchobanoglous G., Vigil S., Theisen H. (1994)** Gestión integral de residuos sólidos Gestión integral de residuos sólidos. McGraw-Hill Interamericana de España. ISBN 84-481-1766-2.

Salmonídeos en la Laguna Galletué Nacimiento del Río Biobío



UCSC



Centro de Investigación en
Biodiversidad y
Ambientes
Sustentables

Catterina Sobenes Vennekool^{1,4}, Christian Díaz Peralta^{2,4}, Antonio Brante^{3,4}, Rodrigo Riera^{4,5}, Yael Montecino¹

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

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

³: Depto. de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad Católica de la Santísima Concepción.

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

⁵: Depto. de Biología, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, España.



Introducción

Actualmente un total de 22 especies de peces exóticos son reconocidos por estar presente en los sistemas ribereños y lacustres de Chile (Ministerio de Medio Ambiente, 2017). Estos amenazan a la biodiversidad sobre todo en especies endémicas y nativas, así como en las tramas tróficas, deteriorando los servicios ecosistémicos. Por ello, su control y gestión son acciones necesarias para la protección de los ecosistemas y su biodiversidad, la que se debe realizar sobre la base de conocimiento actualizado de las poblaciones y especies presentes. En la zona alta de la cuenca del Biobío se reportan un total de 8 especies de peces presentes siendo 2 especies salmonídeas (Valdovinos &, 2006): trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y trucha café (*Salmo trutta*). Estas

últimas dos especies, son especies objetivo de la pesca recreativa en Chile (Niklitschek & Aedo, 2002; Núñez & Niklitschek, 2010, SERNAPESCA, 2015), en las que existe evidencias de impactos negativos sobre ecosistemas y especies nativas (Habit et al., 2015). Considerando la necesidad de que se implementen medidas de gestión que favorezcan al desarrollo sustentable, como son vedas, cuotas de extracción, tipos de artes, entre otros, es necesario conocer la dinámica poblacional de las especies de salmonídeos. Uno de estos aspectos corresponde al ciclo reproductivo de cada especie en el tiempo y sus abundancias. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue establecer el ciclo reproductivo salmonídeos presentes en la Laguna de Galletué,

nacimiento del Río Biobío, durante un ciclo anual. Para lograr este objetivo fue necesario identificar las especies de peces y sus ciclos reproductivos, de manera de establecer en el futuro medidas de manejo que permitan controlar sus abundancias y evaluar la magnitud de sus interferencias.

Aspectos metodológicos

En la Laguna Galletué ubicada a 1.350 m de altura, donde nace el Río Biobío., se examinaron hembras de trucha arcoiris (*O. mykiss*) y trucha café (*S. trutta trutta*) capturadas entre marzo de 2018 y enero de 2019 mediante red de trasmallo, con el correspondiente Permiso de pesca de Investigación. Se determinó el estado reproductivo basado en el Índice Gonadosomático (IGS), estados de maduración macroscópica mediante la escala de Knut (1917) e histología gonadal. Para corroborar la identificación de las especies, se efectuó un análisis de datos proporcionados por Macrogen Inc., a través del método de máxima verosimilitud, con lo que se logró identificar que las especies corresponden, con un 99% de similitud con la codificación de la especie *S. trutta trutta* y *O. mykiss*.

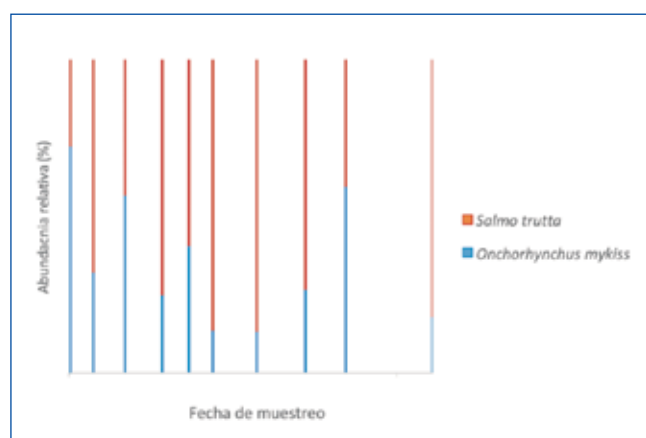


Figura 1. Abundancias relativas de especies ícticas registradas durante los muestreos efectuados en la Laguna Galletué, periodo marzo 2018 a abril de 2019.

Resultados

En la figura 1, se muestra la abundancia relativa obtenida durante las 10 campañas de muestreo en la Laguna Galletué, entre el 30 de marzo de 2018 y el 30 de abril de 2019.

Se observa una mayor abundancia relativa de la especie *S. trutta trutta* en 7 de las 10 campañas realizadas, alcanza una media de 63,9%. Se observó una mayor presencia de *O. mykiss* en la estación de verano.

Las relaciones talla – peso se presentan en la figura 3, y sus ajustes potenciales, revelando su isometría en el crecimiento reflejado en la relación potencial del peso v/s talla.

El estado de madurez gonadal macroscópico, se presenta en las figuras 3 y 4 para *O. mykiss* y *S. trutta*. Los estados de maduración macroscópica, indican que *O. mykiss* tendría un periodo de

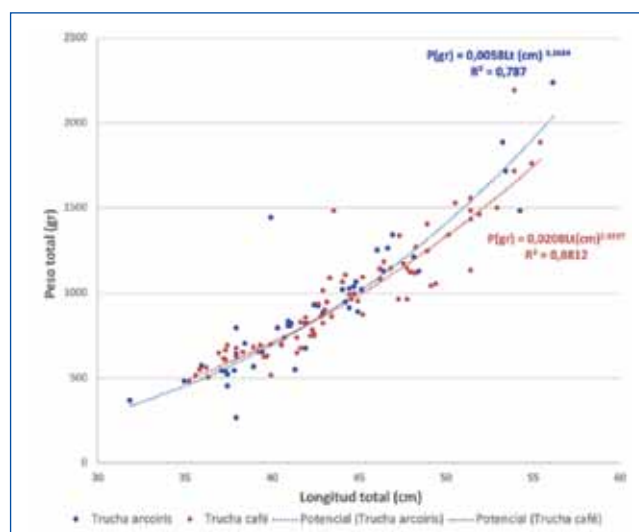


Figura 2. Relación peso (gr) y longitud total (cm) de ejemplares de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) y trucha café (*Salmo trutta trutta*) muestreadas en la Laguna Galletué, periodo marzo 2018 a abril de 2019.

maduración gonadal prolongado, desovando a fines de invierno (agosto) y principio de primavera (septiembre).

En tanto, *S. trutta* tendría un periodo restringido de maduración gonadal, de sólo tres meses con desoves a fines de mayo-junio. El análisis histológico confirma desoves en octubre para *O. mykiss* y en julio para *S. trutta*, por la presencia de folículos post-ovulatorios y de oocitos atresicos. La fecundidad promedio fue de 2.622 oocitos en *O. mykiss* y de 3.297 oocitos en *S. trutta*, relacionándose en ambas especies con la longitud y peso total.

Conclusiones

Las especies *O. mykiss* y *S. trutta* presentan crecimientos isométricos, observando que para una misma longitud corporal se presenta un mayor peso en truchas cafés. Además, los periodos de maduración gonadal son similares a los reportado en otras cuencas de ríos en Chile, confirmando desoves en el mes de octubre para la especie *O. mykiss* y en el mes de julio para *S. trutta* que habitan en la Laguna Galletué.



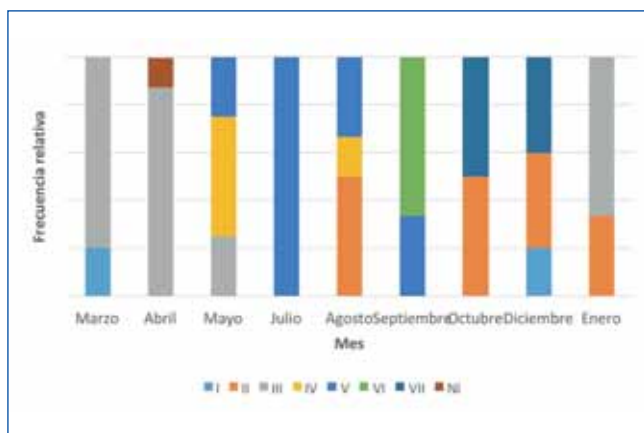


Figura 3. Estado de madurez gonadal macroscópico identificado en trucha arcoiris (*Onchorhynchus mykiss*) en la Laguna Galletué, periodo marzo 2018 a abril de 2019.

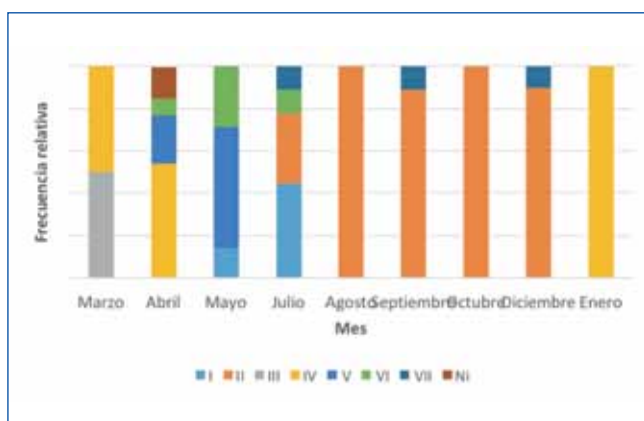


Figura 4. Estado de madurez gonadal macroscópico identificado en trucha café (*Salmo trutta*) en la Laguna Galletué, periodo marzo 2018 a abril de 2019.

Debido a las altas abundancias detectadas de ambas especies, sin haber capturado especies nativas, se estima que en el futuro, deberán establecerse cuotas de extracción, y considerando que la legislación chilena regula su extracción, debieran considerar estos periodos. Sin embargo, aún es necesario establecer biomásas por cuencas, de forma de generar políticas de manejo que permitan mantener el funcionamiento de los ecosistemas de aguas continentales.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento del estudio mediante el Proyecto CIBAS 2018-01: "Especies invasoras ícticas en sistemas lacustres de la Cuenca del Biobío". Al personal de apoyo de campañas de muestreo señores: Alder Carrillo, Alexis Gallegos y Nirson Fernández; y a la Universidad Católica de la Santísima Concepción por facilitar los Laboratorios de Ecohidráulica y de Ingeniería Acuícola y Medio Ambiente.

Referencias

- Habit, E., González, J., Ortiz-Sandoval, J., Elgueta, A., & Sobenes, C. 2015. Efectos de la invasión de salmónidos en ríos y lagos de Chile. *Ecosistemas*, 24(1), 43-51.
- Knut, D. 1917. The maturation of salmon and trout, Development of gonads. The Norwegian Classification.
- Niklitschek, E. y Aedo, E. 2002. Estudio del ciclo reproductivo de las principales especies objetivo de la pesca deportiva en la XI región. Universidad Austral de Chile. Coyhaique, Chile.
- Núñez Parrado, D., & Niklitschek Huaquín, M. 2010. Portrayal of recreational fishing in Chilean Patagonia: a survey of long haul tourist in the region of Aysén. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 19(1), 83-104.
- SERNAPESCA, 2015. Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura. Pesca Recreativa en Chile. Historia de las especies. Fecha de consulta 28 de Julio, 2018; (Revisado en: http://pescarecreativa.sernapesca.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=84&Itemid=146&lang=es).
- Valdivinos, C. y Parra, O. 2006. La Cuenca del Río Biobío. Centro de Ciencias Ambientales EULA. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 25 pp.





Matamos por encargo...

NUESTROS SERVICIOS



CONTROL DE AVES

SANITIZACIONES

DES RATIZACIONES

CAPTURA ANIMAL

TERMO NIEBLA

EQUIPOS ATRAPA INSECTOS

NUESTRO EQUIPO



Fono Fax (65) 2 253203 / (65) 2 480625
 Cel. +56 9 6830 1662 / +56 9 6830 1647
 Av. Presidente Ibáñez 352 - Puerto Montt

info@7plagas.cl / www.7plagas.cl



BUSCANOS EN:

- Temuco
- Valdivia
- Osorno
- Puerto Montt
- Chiloé
- Coyhaique
- Puerto Aysén

Magíster en Medio Ambiente

Universidad Católica de la Santísima Concepción

Un programa consolidado a nivel nacional



UCSC



Desde el año 2015 el programa de carácter profesional Magíster en Medio Ambiente ha graduado a 50 profesionales de distintas profesiones (biólogos, químicos, ingenieros, sociólogos, abogados, geógrafos, profesores, entre otros) quienes se han especializado en la gestión ambiental o los procesos químicos, de manera de integrar en su quehacer laboral iniciativas que permitan el desarrollo de las actividades humanas de manera adecuada con el medio ambiente. Para ello, el programa es dictado por académicos de las Facultad de Ciencias y de la Facultad de Ingeniería, con una infraestructura de laboratorios ambientales que favorecen en la formación práctica, como toma de muestras ambientales, análisis e interpretación de datos ambientales.

Para integrar los distintos aspectos de un problema ambiental, el programa abarca 3 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: área que 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.

Certificación Intermedia de Diplomado.

Al finalizar el segundo semestre del Primer año, el programa posee dos certificaciones intermedias: **Diplomado en Gestión Ambiental y Diplomado en Medio Ambiente y Procesos Químicos**. El requisito para su obtención es aprobar los créditos de las asignaturas mínimas del primer (18) y segundo semestre (6) equivalente a 24 créditos, y adicionalmente debe cursar y aprobar 2 asignaturas optativas de profundización específicas del diploma a optar por alguna de las que se ofrecen:

Asignaturas optativas por cada certificación

Diplomado en Gestión Ambiental	Diplomado en Medio Ambiente y Procesos Químicos
Evaluación de Impacto Ambiental	Ecofisiología y Ecotoxicología
Planificación Territorial	Diseño de Muestreo y Análisis de Laboratorio
Sistema de Gestión Ambiental	Sistemas Naturales y Línea Base
Economía y Valoración Ambiental	

Proyecto de Habilitación de Grado: soluciones ambientales, innovación y guías ambientales

En el último semestre del segundo año, los profesionales deben cursar la última asignatura de Proyecto de Habilitación de Grado. En ésta desarrollan un tema para obtener el grado, el cual puede ser propuesto por el estudiante, según el propio interés de cada profesional, o bien son temas ofrecidos por los Profesores de Núcleo, quienes están habilitados para dirigir a los estudiantes. El objetivo de este proyecto es abordar un problema real del área ambiental, demostrando dominio de las herramientas adquiridas en la formación a través del análisis, evaluación y proposición de solución del problema abordado.

Los proyectos de habilitación de grado, para el carácter profesional del Magíster en Medio Ambiente, no corresponden al formato de tesis, sino a estudios que buscan proponer acciones que ayuden a solucionar alguna situación ambiental. El estudiante optará por aquella que más le acomode según la idea seleccionada o propuesta.

Tipos de Proyectos de Habilitación de Grado

Proyecto basado en el diagnóstico para un caso ambiental y propuesta de soluciones: estudio donde se aborda alguna situación ambiental, que debe ser claramente identificada y descrita, describiendo las posibles relaciones causa efecto, su vinculación con la normativa asociada y, según una búsqueda de literatura, fuentes primarias o análisis de casos similares, donde se proponen medidas para solucionar el problema ambiental.

Proyecto bases para el diseño de una tecnología o proceso: estudio que busca evaluar a nivel de perfil, una potencial tecnología o procedimiento que aborda un problema ambiental,

Graduado	Mg. Boris Fica Gallardo
Profesor Núcleo	Dr. Gustavo Saiz Rueda
Título	Propuesta de Diseño de Restauración Ecológica en Zonas de Protección de Cuerpos de Agua Afectadas por Incendios

Resumen: se propone un método de diseño de restauración para la recuperación de zonas terrestres cercanas a cuerpos de agua que fueron afectadas por incendios. Esta consiste en implementar bloques de tratamientos (plantaciones) en núcleos, en hileras y en forma mixta, la que permite usar la morfometría de los cuerpos de agua, adaptándose a sus contornos y buscando una óptima integración con la vegetación pre-existente. Con esto se mitigan los procesos erosivos, recuperando el hábitat para la fauna local. Se optó por 6 especies herbáceas: *Juncus procerus*, *Schoenoplectus californicus*, *Apodasmia chilensis*, *Typha domingensis*, *Phragmites australis* y *Carex acutata* y 6 especies arbóreas: *Blepharocalyx cruckshanksii*, *Myrceugenia exsucca*, *Luma apiculata*, *Drimys winteri*, *Taxodium distichum* y *Salix humboldtiana*.



que debe ser claramente identificada y descrita, su vinculación con la normativa asociada y, desde evaluaciones preliminares, se propone una tecnología o proceso, su posible escalamiento.

Proyecto guías o revisiones bibliográficas: estudio que busca elaborar una guía orientadora sobre algún procedimiento nuevo o ya existentes que apoye a desarrollar acciones vinculadas al ámbito ambiental, o realizar una revisión bibliográfica sobre algún tópico ambiental.

Algunos ejemplos de los proyectos ejecutados últimamente se presentan a continuación:

Graduado	Mg. Cristhian Salazar Prosser
Profesor Núcleo	Dra. Catterina Sobenes Vennekool
Título	Guía para la Caracterización de un Humedal Urbano

Resumen: Debido a la relevancia de los humedales urbanos para la sustentabilidad ambiental, y la promulgación de la Ley 21.202 la que "modifica diversos cuerpos legales con el objeto de proteger los humedales urbanos, las municipalidades de cada comuna podrán solicitar la declaración de un **humedal urbano**. Para ello se diseñó una guía la que contiene el marco legal, glosario, las orientaciones para caracterizar un humedal urbano: estado del arte, geología, geomorfología, hidrología, biodiversidad, limnología, paisaje, servicios ecosistémicos, medio social, amenazas, biodiversidad y aspectos sociales. Además, incluye orientaciones para diseñar un plan de manejo y referencias sobre los costos asociados a la ejecución de la caracterización. Esta guía será un primer aporte para los servicios públicos y el Ministerio de Medio Ambiente de Chile.

GUÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE UN HUMEDAL URBANO



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

El problema del Cadmio en el ambiente marino



Carolina Calderón¹, M. Cristina Díez^{2,3}

¹Programa de Doctorado en Ciencias de Recursos Naturales; ²Departamento de Ingeniería Química, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile. ³Centro ANID/FONDAP/15130015.
carolina.calderon@ufrontera.cl; cristina.diez@ufrontera.cl

El cadmio contaminante ambiental

El cadmio (Cd) es un metal pesado considerado como uno de los elementos más tóxicos junto con el mercurio y el plomo. Se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza asociado a distintos minerales, así como de origen antropogénico como consecuencia de la actividad minera e industrial.

El cadmio se ha estudiado en las últimas décadas debido a su efecto negativo en los recursos hídricos y marinos. Es uno de los elementos más peligrosos para la salud humana, debido a que la exposición crónica al cadmio puede causar efectos adversos en los riñones, hígado, pulmón, páncreas y huesos (Satarug et al. 2010). La problemática del cadmio radica además a su elevada toxicidad, a su larga vida media y a la capacidad para ser acumulado por los seres vivos, incluyendo los del ambiente marino. La principal fuente de cadmio en el agua proviene de la erosión de depósitos naturales, desechos industriales provenientes de la

minería, industria del plástico, pigmentos, pinturas, agricultura, entre otras. Lo anterior, puede llegar a los cuerpos de agua por escorrentías, lixiviación, difusión o aplicación de altas concentraciones de lodos de plantas de tratamiento de agua.

El cumplimiento de las normas que regulen el cadmio en cuanto a sus emisiones, niveles en el medio y niveles en alimentos y agua es de vital importancia. Hoy en día, las regulaciones como la Organización Mundial de la Salud, la Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU. y la Directiva de la Unión Europea han establecido $0,005 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ como el nivel máximo de concentración de Cd^{2+} en los suministros de agua domésticos mientras que en Chile la NCh 409/1 establece como límite máximo permitido el valor de $0,01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ para agua potable y también se estableció como límite más bajo el valor de $0,01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ para descargas de aguas residuales en aguas marinas superficiales y continentales (DS 90-Tabla 1).

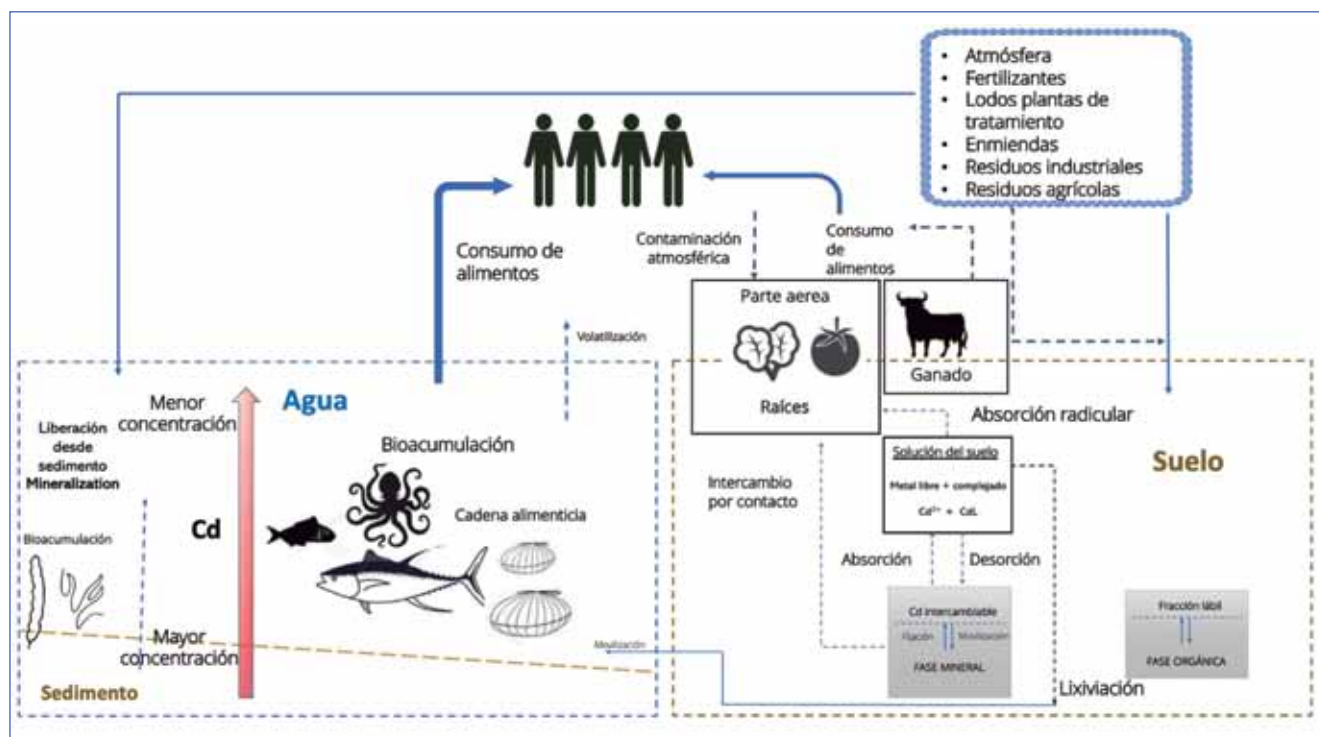


Figura 1. Representación de la dinámica de contaminación por Cadmio en los diversos ecosistemas.

El cadmio en el medio acuático

El cadmio existe en forma de ion libre (Cd^{+2}) o como complejo iónico asociado a otras sustancias inorgánicas u orgánicas. Los compuestos de cadmios solubles se movilizan en el agua, mientras que los insolubles se depositan en el sedimento (ATSDR, 2012), pudiendo quedar localizados en las zonas más cercanas a la costa y en estuarios. La solubilidad del cadmio se ve influenciada por la dureza del agua, el pH y la presencia de sulfuros coloidales. En el ambiente marino, la forma del metal en el agua (orgánico, inorgánico), depende de si es soluble o insoluble y determinará cómo el metal se unirá a la fauna o flora marina (ion, ion complejo, quelación, precipitado, adsorbido, coloidal). Además, la presencia de otros metales podría producir sinergismo, antagonismo o simplemente no tener interacción con el cadmio.

En general, los oligoelementos se introducen en el agua de mar por la escorrentía de los ríos, el transporte atmosférico, la ventilación hidrotermal, las filtraciones de agua subterránea y la difusión de los sedimentos, donde las actividades antropogénicas son más significativas. El cadmio no se encuentra en estado libre en la naturaleza, casi todo lo encontrado proviene como subproducto de la fundición y refinación de minerales de zinc, chapado de metales, aleaciones metalúrgicas, minería, cerámica y otras operaciones industriales. La Figura 1, representa la dinámica del cadmio en el ecosistema. Claramente se observa su incidencia sobre las personas, los animales terrestres y marinos, el suelo, la vegetación y el agua.

El efecto del cadmio sobre el ambiente marino se ha estudiado ampliamente en el planeta. En Chile, el nivel de cadmio, se ha cuantificado en el ambiente marino en lugares aledaños a actividades antropogénicas. En la Región del Bío-Bío se ha reportado niveles de cadmio en el agua de mar de $0.5 \mu\text{g L}^{-1}$ (Chuecas, 1989) y de $1.5 \mu\text{g g}^{-1}$ en sedimentos de la desembocadura del río Itata (Chandía y Salamanca, 2012). Por otro lado, en sedimentos de la bahía de Mejillones, se han reportado valores de cadmio muy elevados ($34 \mu\text{g g}^{-1}$), lo cual fue relacionado por los autores con una baja cantidad de oxígeno en el fondo de la bahía (Valdés y Ortlieb, 2001).

Cadmio en los recursos marinos

Los niveles de metales tóxicos como el cadmio, se transfieren a distancia considerable en el ambiente marino y pueden bioacumularse en la cadena alimentaria de los organismos acuáticos. De esta forma se convierten en una amenaza para la salud humana y animal cuando se consumen como alimento (Tapia et al., 2010). Esto ha sido ampliamente estudiado en especies como moluscos bivalvos, cefalópodos y peces en diferentes áreas geográficas (Tabla 1). El contenido de cadmio presentado en la Tabla 1, muestra

Área Geográfica	Organismo Marino	Concentración de Cadmio ($\mu\text{g g}^{-1}$ b.s)	Localización morfológica	Referencia
Plataforma Ibérica del norte	Peces	0,10 – 1,37	Hígado	Fernandes et al., 2008
Costa mediterránea del Este	Peces	0,58 - 1,33	Tejido	Dural et al., 2007
Océano Índico occidental	Peces grandes	163 – 169 0,6 – 1,04 22,2 – 31,8	Hígado Músculo Riñón	Kojadinovic et al., 2007
Costa atlántica del sur de España	Moluscos	0,19-0,33	Carne (sin concha)	Usero et al., 2005
Costa occidental de Taiwán	Moluscos	5,2 - 16,1	Carne (sin concha)	Hung et al., 2001
Mar Mediterráneo	Peces grandes	0,01 - 0,07	Músculo Fresco	Storelli et al., 2010
Océano Pacífico, Chile (Maule)	Moluscos Bivalvos	0,21 – 4,30	Carne (sin concha)	Tapia et al., 2010
Océano Pacífico, Chile (Los Lagos)	Moluscos Bivalvos	0,5 – 4,0	Carne (sin concha)	Hervé-Fernández et al., 2010.
Golfo de California	Moluscos (cefalópodos)	0,13 – 2,4 57 – 509	Manto Viscera	Raimundo et al., 2014
Océano Pacífico, Chile (Bío-Bío)	Moluscos (cefalópodos)	0,03 – 0,05	Manto y tentáculos	Medición propia

que varias especies marinas habitualmente utilizadas para consumo humano o procesamiento de alimentos para consumo animal, presentan niveles elevados de cadmio y por lo tanto fuera de cualquier normativa vigente. Se destaca, niveles superiores a $1 \text{ mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$, especialmente en moluscos bivalvos (almejas, mejillones, ostras) y cefalópodos (pulpos, calamares y sepias).

Los recursos marinos pueden verse afectados al absorber y acumular cadmio en sus tejidos y glándulas digestivas. El organismo acuático por filtración puede asimilar más del 50% de los metales presentes en el agua, en forma particulada o disuelta, aunque este último está relacionado principalmente con un complejo organometálico producido como exudado de fitoplancton (Vidal, 2009). Los moluscos bivalvos tienen una tasa de retención de cadmio de 1 a 3% por día con una eficiencia de asimilación de la fase particulada entre 47 y 82% (Wang et al., 1996). Por otro lado, el pH de las glándulas digestivas de los organismos bivalvos es ligeramente ácido. Esta condición facilita la liberación de cadmio asociado al fitoplancton, y como resultado de esto, hay un aumento de cadmio disponible en el hepatopáncreas, el cual es absorbido rápidamente por el animal. La responsable de captar y movilizar el cadmio es una proteína de bajo peso molecular llamada metalotioneína (Cd-Mt). La Figura 2, representa la relación entre el ambiente marino, la cadena alimentaria, el mecanismo de intoxicación por cadmio y el efecto sobre los órganos como el hígado y el riñón en seres vivos.

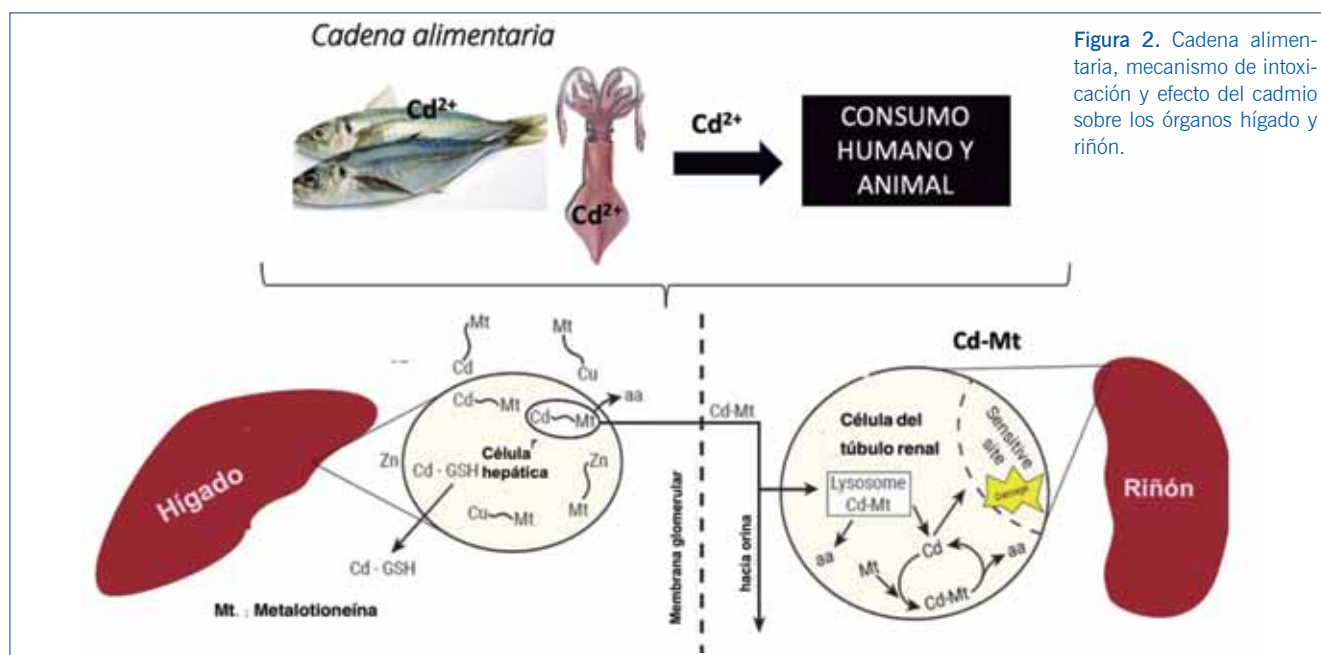


Figura 2. Cadena alimentaria, mecanismo de intoxicación y efecto del cadmio sobre los órganos hígado y riñón.

En términos de procesamiento, la producción de alimentos de origen marino está siendo amenazada por la presencia de cadmio y otros metales pesados, debido a los reportes sobre niveles superiores a los permitidos por las normativas vigentes para alimentos en varias partes del mundo. En este contexto, durante las etapas de producción (reducción, cocción, secado), los productos marinos para consumo animal como harina o hidrolizados proteicos, presentan niveles aún mayores de cadmio, por efecto de concentración del metal durante el procesamiento. En relación a este punto, poca información se encuentra disponible sobre el nivel de cadmio en el alimento propiamente tal y la mayoría de los estudios se refieren al nivel de cadmio en aguas marinas y aguas residuales.

Como consideraciones finales podemos comentar que el consumo de los recursos marinos por humanos y animales adquiere una importancia significativa en relación con la seguridad alimentaria debido a la presencia de metales pesados como el cadmio (Tabla 1). Junto con los esfuerzos en la prevención de la contaminación por metales en el agua de mar, el monitoreo constante de estos niveles es indispensable para brindar seguridad para la industria alimentaria contribuyendo a reducir el peligro que genera la ingestión de cadmio y otros elementos tóxicos.

Agradecimientos: Estudio financiado por el proyecto ANID/FONDAP/15130015 y a ANID SCHOLARSHIP 21140220.

Referencias

Agency for Toxic Substances & Disease Registry (ATSDR). Public Health Statement for Cadmium, 2012. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=48&tid=15>.

Chandía, C.; Salamanca, M. (2012). Long-term monitoring of heavy metals in Chilean coastal sediments in the eastern South Pacific Ocean. *Marine pollution bulletin*, 64(10), 2254-2260.

Chuecas, L. (1989). Contaminación por metales pesados en el litoral de la región del Bío-Bío, Concepción, Chile: el caso del mercurio y el cadmio. *Ambiente y desarrollo*. 5, 137.

Dural, M.; Goksu, MZ.; Ozak, AA. (2007). Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. *Food Chem.* 102, 415-421.

Fernandes, D.; Bebianno, M.; Porte, C. (2008). Hepatic levels of metal and metallothioneins in two commercial fish species of the Northern Iberian shelf. *Science of the total environment*. 391, 159-167.

Hervé-Fernández, P.; Houlbrèque, F.; Boisson, F.; Mulsow, S.; Teyssié JL.; Oberhaensli, F.; Azemard, S.; Jeffree, R. (2010). Cadmium bioaccumulation and retention kinetics in the Chilean blue mussel *Mytilus chilensis*: Seawater and food exposure pathways. *Aquatic Toxicology* 99 (2010) 448-456.

Hung, TC.; Meng, PJ.; Han, BC.; Chuang, A.; Huang, CC. (2001). Trace metals in different species of mollusca, water and sediments from Taiwan coastal area. *Chemosphere*, 44(4), 833-841.

Kojadinovic, J.; Potier, M.; Le Corre, M.; Cosson, R; Bustamante, P. (2007). Bioaccumulation of trace elements in pelagic fish from the Western Indian Ocean. *Environmental Pollution*, 146(2), 548-566.

Raimundo, J.; Vale, C.; Rui, R. (2014). Trace element concentrations in the top predator jumbo squid (*Dosidicus gigas*) from the Gulf of California. *Ecotoxicology and environmental safety*, 102, 179-186.

Satarug, S.; Garrett, SH.; Sens, MA. & Sens, DA. (2011). Cadmium, environmental exposure, and health outcomes. *Ciencia & saude coletiva*, 16(5), 2587-2602.

Storelli, M.; Barone, G.; Cuttone, G.; Giungato, D.; Garofalo, R. (2010). Occurrence of toxic metals (Hg, Cd and Pb) in fresh and canned tuna: public health implications. *Food and chemical toxicology*, 48(11), 3167-3170.

Tapia, J, Vargas-Chacoff, L, Bertrán, C, Carrasco, G, Torres, F, Pinto, R, Letelier, L. (2010). Study of the content of cadmium, chromium and lead in bivalve molluscs of the Pacific Ocean (Maule Region, Chile). *Food chemistry*, 121(3), 666-671.

Usero, J.; Morillo, J.; Gracia, I. (2005). Heavy metal concentrations in molluscs from the Atlantic coast of southern Spain. *Chemosphere*, 59(8), 1175-1181.

Valdés, J.; Ortlieb, L. (2001). Paleoexposición subsuperficial de la columna de agua en la bahía Mejillones del sur (23oS): Indicadores geoquímicos en testigos de sedimento marino. *Investigaciones marinas*, 29(1), 25-35.

Vidal, G. (2009). Identificación de las variables que intervienen en la acumulación de Cadmio en moluscos filtradores. Tesis de Grado presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Bioquímica y Título Profesional de Bioquímico. Universidad Austral-Chile.

Wang, J Chen, C. (2009). Biosorbents for heavy metals removal and their future. *Biotechnology Advances* 27 195-226.



FACULTAD DE
INGENIERÍA Y CIENCIAS

CIBAMA
Centro de Excelencia en Investigación
Biotecnología Aplicada al Medio Ambiente

Centro de Excelencia en Investigación Biotecnológica Aplicada al Medioambiente



Líneas de I +D y Asesoría Especializada

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

Laboratorio de Ensayos Ambientales

Acreditado NCh-ISO 17025 Of 2005

ETFA, Código 048-01 disponible en SMA

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

Laboratorio de Ensayos Conductuales de Organismos Marinos

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



cibama.ufro@ufrontera.cl / cristina.diez@ufrontera.cl

La Explotación del Jurel en el Pacífico Sur Oriental (1973-2020): Estimaciones del Rendimiento Máximo Sostenido

Eleuterio Yáñez R.^{1,3}, Antonio Aranís R.² & Claudio Silva G.³

¹Profesor Titular Pontificia Universidad Católica Valparaíso

²Instituto de Fomento Pesquero

³Centro de Investigación Océano Sustentable

Contacto: eleuterio.yanez@pucv.cl

El jurel (*Trauchurus murphyi* Nichols 1920) se distribuye desde el sur del Ecuador hasta el sur de Chile (1°38' S - 55° S) y desde las costas del Pacífico Sur Oriental (PSO) hasta Nueva Zelanda (Serra, 1991; Poulin et al., 2014). En Chile este recurso es capturado por embarcaciones artesanales e industriales de cerco, representando éstas últimas más del 95% de las capturas y realizando en la zona centro-sur del país los mayores desembarques. Esta pesquería alcanzó las 4.404.193 t en 1995, los que disminuyen fuertemente hasta 227.000 t en el 2012 y luego aumentar hasta 562.000 t en el 2020 (SERNAPESCA, 1982 - 2020). Los desembarques de Chile representan el 73% de los registrados para todo el PSO, en el período 1970-2020, por la Organización Regional del Pacífico Sur (OROP-PS). En Chile se tienen registros de desembarque de jurel desde 1951 y en la OROP-PS desde 1970 para los 16 países (incluida la Unión Europea) que han explotado el recurso en el PSO (SPRF-MO SC8-Report, 2020).

Para el análisis del recurso a través de modelos globales de producción se encuentran datos disponibles desde 1973. Así, después de los trabajos de Naranjo et al. (2015) y de Yáñez et al. (2019, 2020), se analiza nuevamente la pesquería de jurel realizada en el PSO entre 1973 y el 2020. Para tal efecto se considera la hipótesis de una sola unidad de stock (Parada et al., 2017) y se toman en cuenta: 1) la captura (C) de todos los países que explotan el recurso en el PSO; 2) el índice de abundancia captura por unidad de esfuerzo de pesca estándar (CPUE), deducido de los registros del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) de la flota industrial de cerco de la zona centro-sur de Chile; 3) el esfuerzo de pesca estándar ($E = C/CPUE$); y 4) 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 industrial de cerco del centro-sur de Chile, registradas por el IFOP, representan en el período 1973-2020 el 55% de las capturas realizadas en el PSO y entre ambas una relación lineal ($y = 0,6923x - 277.281$) con un buen grado de ajuste ($R^2 = 0,86$).

En el análisis se usan modelos globales de producción que consideran la variabilidad ambiental (CLIMPROD 5.0; Fréon et al., 1993). Adicionalmente se consideran correcciones de las captu-

ras 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., 2016). Estas diferencias, que se deben confirmar, se deberían a “dificultades” para identificar el jurel en presencia de otros recursos abundantes, como la sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona centro-sur y 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 & Aranís (2019).

Así, para la pesquería desarrollada en el período 1973-2020 se ajusta y valida el siguiente modelo de producción:

$$CPUE = (a e^{-bE})$$

Con $k = 5$ clases significativas en las capturas, consideradas en el recalcu del esfuerzo de pesca promedio anual, se logra un $R^2 = 0,44$ (F p-value < 0.001), con un R^2 Jackknife = 0,37 y un T Jackknife = bueno.

En tanto que también se ajusta y valida el siguiente modelo mostrando la influencia del ambiente:

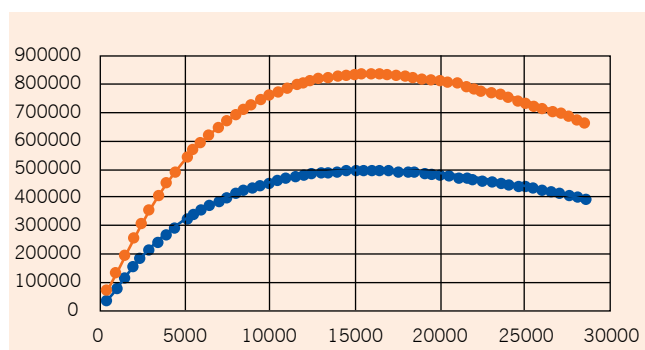
$$CPUE = -a + bTSM$$

Con $k = 5$ y R (reclutamiento) = 2 años, el cual es afectado por el ambiente (Espíndola et al., 2016), se logra un $R^2 = 0,65$ (F p-value < 0.001), con un R^2 Jackknife = 0,62 y un T Jackknife = bueno.

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

$$CPUE = (-a + bTSM) e^{-cE}$$

Con $k = 5$, $R = 2$ años y el ambiente afectando la abundancia principalmente entre 0 y 2 años, se logra un $R^2 = 0,85$ (F p-value < 0.001), con un R^2 Jackknife = 0,83 y un T Jackknife = bueno. En tanto que los parámetros de la ecuación son:



RMS (máximos de las curvas) del jurel en el PSO para dos condiciones ambientales.

$a = -7,3489E3$ con $s_a = 756,75041$ ($p < 0.001$)

$b = 575,83648$ con $s_b = 57,29871$ ($p < 0.001$)

$c = -5,4389E-5$ con $s_c = 7,5252E-6$ ($p < 0.001$)

Cabe señalar que durante el 2015-2018 se desarrolla un período cálido asociado a sucesivos fenómenos El Niño, eventos que aumentarían la disponibilidad y por ende la CPUE, y no necesariamente la abundancia del recurso. En tanto que en el 2020 se manifestó una TSM promedio anual muy fría, lo que no fue previsto por Yáñez et al (2020). Así, con el modelo CLIMPROD antes descrito se estima, considerando un ambiente de TSM promedio anual promedio de 1999 al 2014, un rendimiento máximo sostenido (RMS) de 495.000 t anuales. Este RMS se estima en 837.000 t con el establecimiento de un ambiente no mayor a 13° C de promedio anual.

Si utilizamos este modelo de la misma manera, pero sin considerar las correcciones de las capturas de Chile, el ajuste muestra un $R^2 = 0,83$ (F p-value <0.001), con un R^2 Jackknife = 0,81 y un T Jackknife = bueno. En tanto que los parámetros de la ecuación son:

$a = -7,6438E3$ con $s_a = 892,78543$ ($p < 0.001$)

$b = 599,11682$ con $s_b = 67,83594$ ($p < 0.001$)

$c = -63587E-5$ con $s_c = 1,1206E-5$ ($p < 0.001$)

Ahora bien, si consideramos el ambiente representado por la TSM promedio anual de 1999-2014 se estima un rendimiento máximo sostenido de 541.911 t anuales. En tanto que si se estableciera un ambiente con TSM promedio anual no mayor de 13° C se lograría un RMS de 927.000 t

Se constata que el análisis muestra ciertas diferencias al usar los datos corregidos y los sin corregir. También que el período 1983-1998 es más bien cálido con un promedio anual de 13,7122 °C y capturas bastante más altas (3.318.098 toneladas de promedio anual) que las más recientes (400.000 - 600.000 mil toneladas). En tanto que el promedio del período 1999-2014 es de características más bien frías (12,9013°C), pero no tan fría como la TSM promedio anual del 2020 (12,8433 °C). Por otro lado, se observa una disminución de la TSM al comparar el promedio anual del período cálido de 2015-2018 (13,6212°C),

con el promedio anual de 2019 (13,1879°C). Yáñez et al. (2020) analizan los datos de 1983 al 2019 y consideran para el pronóstico la TSM de 2019 y no la que realmente se dio en el 2020, lo que podría implicar una sobreestimación de las capturas pronosticadas. En el presente trabajo se supone que el enfriamiento no seguirá y que las condiciones volverían a las de 1999-2014, razón por la cual la TSM promedio anual de este período es considerada en los pronósticos. Esta fue una de las dos TSM consideradas por Yáñez et al. (2019). Por otra parte, un posible aumento de la disponibilidad se podría dar por una migración del jurel hacia el sur debido a los efectos del cambio climático, tal como sucedería con el pez espada (Silva et al., 2015).

Finalmente recordar que este recurso implicó capturas cercanas a 5 millones de t en 1995, las que caen a 400.000 t de promedio anual en el período 2012-2017, aumentando a 600.000 t anuales en el período 2018-2020. El recurso jurel se estaría recuperando de una gran sobreexplotación, cuyo costo para el ecosistema no ha sido todavía evaluado, toda vez que junto a este recurso se capturan otras 42 especies, aunque representando solo el 1% de las capturas. Cabe entonces la pregunta ¿Por qué la pesquería no se detuvo en niveles óptimos de explotación biológica asociados a rendimientos máximos sostenidos?

Agradecemos las sugerencias del Dr. Pierre Fréon

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.
- Poulin, E., L. Cárdenas, C.E. Hernández, I. Kornfield & F.P. Ojeda. 2004. Resolution of the taxonomic status of Chilean and Californian jack mackerel using mitochondrial DNA sequence. *Journal of Fish Biology* 65: 1160-1164.
- SERNAPESCA. 1982-2020. Anuarios estadísticos de desembarque. Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, Chile.
- Serra, R. 1991. Important life history aspects of the Chilean jack mackerel *Trachurus symmetricus murphyi*. *Invest. Pesq. (Chile)*, 36: 67-83.
- SC8-Report. 2020. Annex 8. Jack Mackerel Technical Annex. Scientific Committee, South Pacific Regional Fisheries Management Organisation SPRFMO, 66 pp.
- Suryanarayana, I., Braibanti, A., Sambasiva Rao, R., Ramam, V. A., 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., A. Aranís, L. Caballero & C. Silva. 2020. Capturas totales permisibles de jurel (*Trachurus murphyi*) en el Pacífico Suroriental. *Revista Versión Diferente*, Año 17, N°32: 68-69.
- 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.

La APE

Como parte de la Industria mitilicultora



Hugo Escobar L. – Ejec. Corfo Los Lagos / Javier Aros D. - Gerente Per Mitilicultura



Faena de cosecha mecanizada sobre plataforma y con maxisacos

La acuicultura de pequeña escala - APE, es la propuesta gubernamental que permitiría que una fracción importante de la pesca artesanal y pequeñas organizaciones costeras, operen en acuicultura, siempre y cuando cumpla con ciertas condiciones: empresas (naturales o jurídicas) de cultivo de recursos hidrobiológicos realizada por micro y pequeñas empresas, según el Estatuto de Empresas de Menor Tamaño, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. Esto significa que deben ser contribuyentes formalizados y cuya facturación no supere las UF 25.000 al año y por otra parte sean tenedores de una concesión no superior a 6 há. (Más detalle en link: <https://www.bcn.cl/leyfacil/recurso/estatuto-de-las-pymes>).

Los recursos que normalmente pueden cultivarse allí son algas y moluscos, pero hay plena factibilidad, de diversos paquetes tecnológicos ya desarrollados, que permitiría incorporar otros recursos.

Claramente el nivel de éxito de esta actividad dependerá de cuan desarrolladas estén dichas empresas y cuanta claridad exista sobre su participación en el mercado, toda vez que diversas acciones de gobierno se orientan en incrementar el consumo de producto marinos.

Así es cómo, las áreas deberían constituirse como polos de desarrollo local, con foco en producción de alimento de consumo humano, lo que posibilita un encadenamiento de unidades de producción, recolección y acopio, proceso y finalmente mercadeo, para lo cual debería generarse una política de mediano a largo plazo, que permita desarrollar y escalar en dicha instancias. Adicionalmente debería promocionarse y fortalecer la asociatividad o cooperativismo, lo que implica dar gobernanza técnico – administrativa a dichas organizaciones.

Antecedentes

La industria mitilicultora, o productora de choritos, radicada casi un 100% en la Región de Los Lagos, está compuesta por una cadena de valor bastante clara e identificable, la cual transita desde la producción o colecta de semilla hasta la exportación a mercados externos. No obstante, esta situación, aún carece de una Gobernanza empoderada y presentando brechas de diversos tipos aun en etapa de desarrollo y resolución.

Si bien el sector está compuesto por algo más de 600 empresas, gran parte de menor tamaño (poco más de un 90%), una mejor revisión permite vislumbrar que este sector contiene por sobre 620 productores catalogables como APE, considerando



Lámina 1: Plan de Modernización PER Industria Mitilicrutora: se muestra estructura por tamaño de eslabones de la cadena productiva del chorito (semilla y engorda) (Fuente: Per Mitilicrutora).

aquí los que poseen PEI, Amerbs y algunos titulares de concesiones acuícolas.

Una gran fracción de esta industria está compuesta por micro y pequeñas empresas, las cuales implican un 89% del total de empresas en número, pero que, en producción y facturación, significan un menor porcentaje de participación, 10.87% inversión, 21.6% del tonelaje desembarcado y 21.5% de la superficie utilizada en su actividad. (Lámina 1: Plan Modernización con foco en Mipe mitilicrutora).

Es en este sentido que, el Programa Estratégico Regional - PER Industria Mitilicrutora ha propugnado una carta de navegación con foco en la Mipe de la industria del chorito, lo cual ha significado establecer vinculaciones con el Gobierno Regional, CORE, Indespa, Subpesca, Junaeb, entre otros, para buscar avanzar en las brechas definidas, las cuales se han agrupado en un PLAN DE MODERNIZACIÓN, cuyo foco central es aplicar tecnologías en todos los ámbitos de la cadena de valor, para modernizar la actividad mitilicrutora, logrando una mayor sustentabilidad, elevando su productividad y entregando una mayor sofisticación, dados los requerimientos de mercado y producción.

Si bien el Programa por sí solo es un articulador, y no un financiador de iniciativas o demandas puntuales, se ha transformado en un referente institucional, validando así los distintos requerimientos de los subsectores y/o territorios; así es cómo logró articular durante el 2020 apoyo financiero desde INDESPA y

coordinado debidamente con la demanda realizada por gremios al GORE Los Lagos.

Igualmente, durante 2019, logró que el CORE y GORE aprobaran un proyecto piloto para la mecanización de pequeños mitilicrutores y transferencia tecnológica en dicho ámbito, lo que implicó un cofinanciamiento de \$ 327.8 millones de pesos, que pese a la dificultades de financiamiento marcadas por la pandemia, ha ido colocando paulatinamente, buscando que este año se traspasen el saldo restante de los recursos adjudicados durante el 2020.

En la medida que los resultados solicitados, den cumplimiento a los indicadores se debería postular una segunda propuesta, con un mayor presupuesto.

Lo anterior pasa por demostrar entre otros aspectos, que la mecanización mejora claramente la rentabilidad de cada empresa postulante y por sobre todo tiene un impacto en la sustentabilidad, disminuyendo la cantidad de residuos y rechazos en planta, que finalmente van a vertederos, que es lo que se busca evitar o minimizar.

El siguiente ejemplo, basado en datos reales de un pequeño productor, permite evidenciar el impacto que significa mecanizar procesos en las distintas fases del cultivo, logrando mejorar su rentabilidad, disminuyendo costos y con alto beneficio ambiental, el generar menos residuos / rechazos en planta, los que normalmente van a vertederos.

Capacitación Técnica para la Implementación del Plan de Desarrollo Industria de la Mtilicultura Sustentable (PLAN DE MODERNIZACION)

Caso de Tamizado Artesanal: 5 camiones con producto de cosecha -> 3 de ellos con tamizado en siembra -> mejores resultados productivos y en rentabilidad

Lámina 2: Análisis de eficiencia y rentabilidad de un caso de cosecha con y sin mecanización (tamizado). (Fuente: Per Mtilicultura)

La lámina anterior presenta la situación de cosecha de un mismo centro en una misma semana, y que implicaron 5 camiones. Las cosechas o desembarques fueron similares en tonelajes bruto y mallas / bins.

Las últimas dos filas entregan la información de cosecha sin aplicar tamizado, lo que se refleja en el % de impurezas (fundamentalmente cholga) y que fluctuó entre 54 -68% aproximadamente, y que obviamente implica menos kilos reales netos a planta, la que castiga en precio y debe hacerse cargo además de un desecho a vertedero.

Por otra parte, las mermas registradas tras emplear mecanización en un tamizadora y seleccionadora fluctuaron entre 9-15%, más que duplicando así la facturación neta, entregando muy poco material de residuos o rechazo.

Un análisis más fino, permitiría ver que el costo de traslado por kilo útil a planta final también debería disminuir, haciendo más eficiente el traslado; igualmente la productividad por HH también debería ser mejor notoriamente, o al menos mejor remunerada.

Es importante recordar no obstante, que las micro y pequeñas empresas, generan fundamentalmente semilla y algo de engorda, lo que haga se enmarquen en un contexto de mercado muy local e incluso a veces de subsistencia; no obstante esta situación, poseen un gran potencial de valor, considerando que la industria fundamentalmente se orienta hacia la exportación en un 90% de su producción, lo que deja abierta la alternativa del mercado nacional para estas agrupaciones de pequeños productores, pero que requieren clara y urgentemente mejoras en todo su accionar.

Plan de Fomento productivo para la Mipyme mitilicultora.

En ese contexto, las principales problemáticas o brechas del sector están centradas en su baja productividad, baja capacidad de negociación y bajos precios, además que se reconoce la falta de acceso a otros mercados, como venta directa en fresco. (Lámina 3).

Otras áreas como la producción sustentable, gestión de residuos y certificaciones relacionadas, son cuestiones no abordadas en

SECTOR ACUICULTURA A PEQUEÑA ESCALA

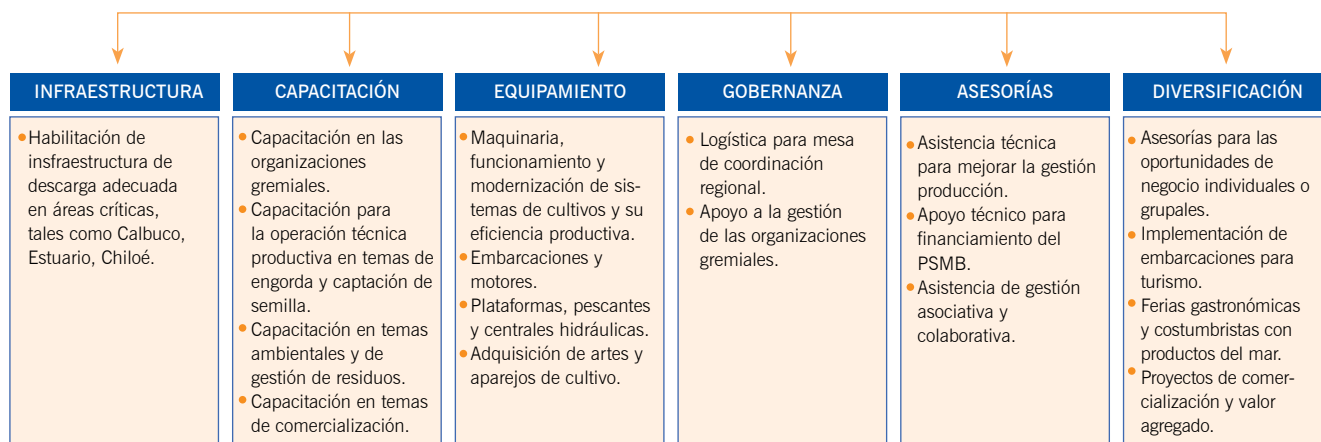


Lámina 3: categorización de brechas relevantes acuicultura pequeña escala. (Fuente: Per Mtilicultura).



Cosecha semi mecanizada

profundidad, sumándose a esto, el bajo impacto que generan los escasos instrumentos de fomento que les son aplicables.

Las causas principales de estas brechas están radicadas, en la necesidad de poder implementar una coordinación eficiente en el cierre de estas, abordando temáticas como la falta de acceso de capital para incorporación tecnológica, capital para acceder a maquinarias, implementar procesos de certificación y capacitación de capital humano. Estas cuestiones también requieren de mejorar la articulación pública y proyección de infraestructura habilitante, lo que debe ser abordado generando estrategias de apoyo a largo plazo.

En atención a estas situaciones El Programa Estratégico para la Mitilicultura ha estado trabajando en conjunto con el GORE y otros organismos, un Plan de Fomento para la Mipyme (o APE) del sector cultivador de chorito o mejillón chileno, que se abordará en un próximo número. (Lámina 4: Esquema del Plan de Desarrollo y modernización APE Mitilicultura- Fuente: Per Mitilicultura)



Lámina 4: Esquema del Plan de Desarrollo y modernización APE Mitilicultora
Fuente: Per Mitilicultura.



Desarrollo de métodos de monitoreo y sistema de predicción de floraciones algales nocivas, para una acuicultura y pesca costera sustentable en Chile - Monitoreo de Algas en Chile (MACH)



Milko Jorquera¹, Leonardo Guzmán², Oscar Espinoza-González², Gonzalo Gajardo³, Carlos Riquelme⁴, Andrés Ávila⁵, Jacqueline Acuña², Yuji Misu⁶ y Alejandro A. Murillo²

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

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

⁵ Centro de Modelación y Computación Científica, Universidad de La Frontera, Temuco. [andres.avila@ufrontera.cl]

⁶ Coordinador del proyecto SATREPS-MACH Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), Japón
www.mach-satreps.org/es

El proyecto de Monitoreo de Algas en Chile (MACH) surge como una colaboración Chileno-Japonesa, financiado con recursos del Programa Asociativo de Investigación en Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Sustentable (SATREPS) del Gobierno de Japón, a través de sus Agencias de Cooperación Internacional (JICA) que provee asistencia para el desarrollo y la Agencia de Ciencia y Tecnología (JST) que provee fondos competitivos para proyectos de investigación en ciencia y tecnología. Japón está representado por las Universidades de Hiroshima, Kyoto y Okayama, además del Instituto Nacional de Investigación en Ciencias Pesqueras. Chile por su parte está representado por las Universidades de la Frontera, de Antofagasta, de Los Lagos y el Instituto de Fomento Pesquero a través de su Centro de Estudios de Algas Nocivas (CREAN). Este proyecto además cuenta con la aprobación, patrocinio y participación de la institucionalidad nacional como son la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) y Acuicultura, Ministerio de Salud y la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AGCID). Asimismo, se cuenta con la colaboración del Instituto Tecnológico

del Salmón (INTESAL) y el Instituto Tecnológico para la Mitilicultura (INTEMIT). Este consorcio científico tiene por objetivo monitorear y estudiar los procesos de Floraciones Algales Nocivas (FAN) en las costas de Chile bajo la influencia de la corriente de Humboldt y el sistema de fiordos sur australes, para lograr un modelo de pronósticos para determinadas floraciones, utilizando una aproximación que hasta ahora no había sido explorada en Chile, y que se sustenta fundamentalmente en el conocimiento e interacción de las microalgas y de bacterias ambientales y asociadas a las microalgas, usando herramientas de la microbiología, biología molecular, secuenciación de ADN y bioinformática.

Las FAN son eventos naturales caracterizados por un crecimiento exponencial de determinadas microalgas (fitoplancton), debido a múltiples factores ambientales, y que pueden ocurrir en sistemas estuarinos, marinos o fuentes de agua dulce y que ocasionan efectos adversos sobre organismos en cultivo u otros organismos del ecosistema, contaminan los mariscos con toxinas afectando la salud pública, ocasionando perturbaciones sobre el entorno social y económico. De las ~300 especies de microalgas que

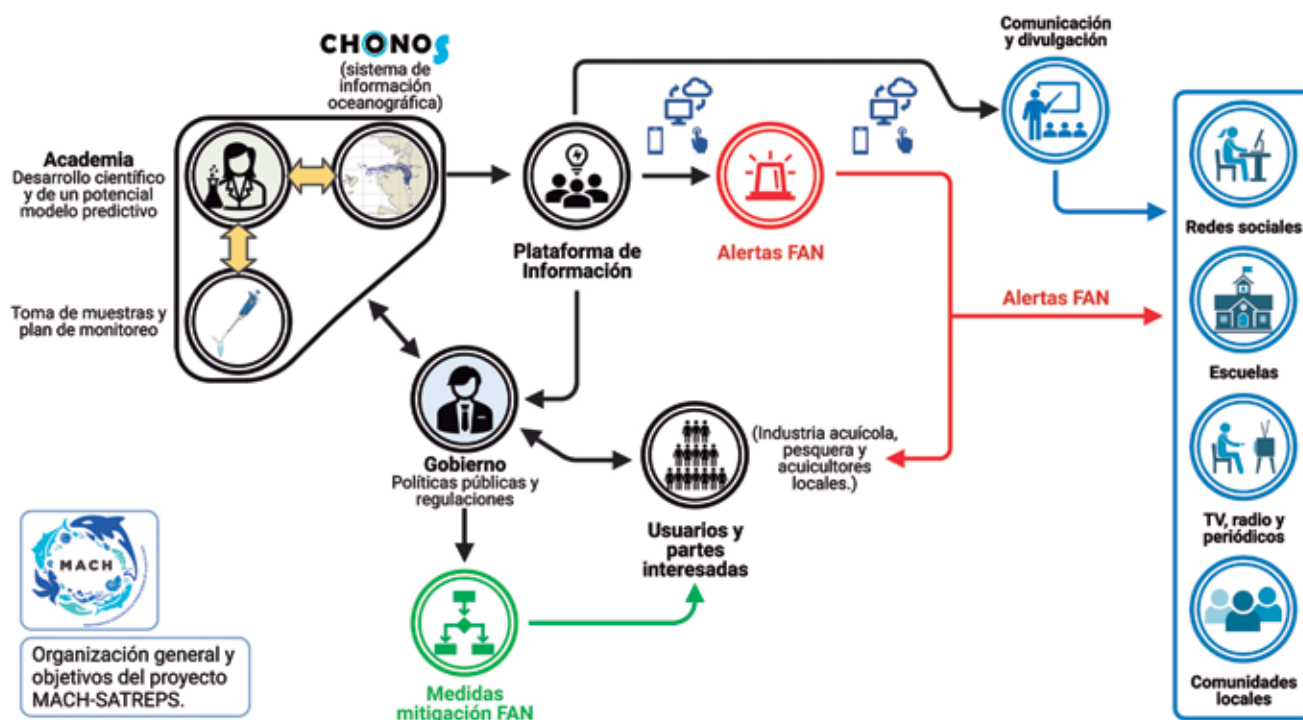


Figura 1: Diagrama propuesto de la organización e interacciones dentro del proyecto MACH. Todos los niveles del proyecto están fuertemente interconectados, con la misión de interactuar entre sus distintos componentes e intereses. Uno de los objetivos centrales es transferir el conocimiento generado a instituciones gubernamentales, para generar alertas tempranas, eventualmente pronósticos y sentar las bases para el desarrollo de políticas públicas que respondan en forma preventiva ante los eventos de FAN. Estas medidas y regulaciones tendrán impacto directo en la gestión y comunicación de riesgo, a la pesca artesanal, a la industria de la acuicultura (o industria de la salmonicultura y mitilicultura), como al público en general, incluyendo a los representantes locales del MINSAL y las comunidades locales afectadas por las FAN. La figura fue realizada en la plataforma BioRender.com.

pueden ocasionar floraciones algales, solo el 25% son dañinas o tóxicas y de ellas un 75% corresponde a dinoflagelados (Zohdi & Abbaspour, 2019). Se tienen registros históricos de estos eventos en distintas partes del mundo, incluso se han podido recuperar registros fósiles de hasta 47 millones de años de antigüedad (Koenigswald y cols., 2004). Sin embargo, en las últimas cinco décadas las FAN han incrementado en intensidad y extensión geográfica (fuente WHOI 2015), con importantes efectos en la fauna marina, recursos alimentarios, el turismo, y la economía del país y de comunidades de pescadores artesanales. En este contexto, Chile es el primer exportador mundial de filetes de salmón fresco y congelado y mejillones, siendo Japón nuestro segundo socio comercial en exportación de productos animales con US\$ 1.280 millones en 2019 (<https://oec.world/en>), ya sea pescado congelado (US\$ 724M), filetes de pescado (US\$ 375M), pescado procesado (US\$ 22M) y moluscos (US\$ 13,5M), que en su conjunto representan el 88,8% del total de esta categoría. Esta alta demanda Japonesa de los productos del mar extraídos en Chile genera una relación de interdependencia que puede impactar enormemente a ambos mercados cuando la producción se ve afectada por eventos de FAN, como el mega evento ocurrido en 2016, producido por la microalga *Pseudo-chattonella verruculosa* y considerado como la mayor mortandad de peces de cultivo registrada en el mundo, estimada en

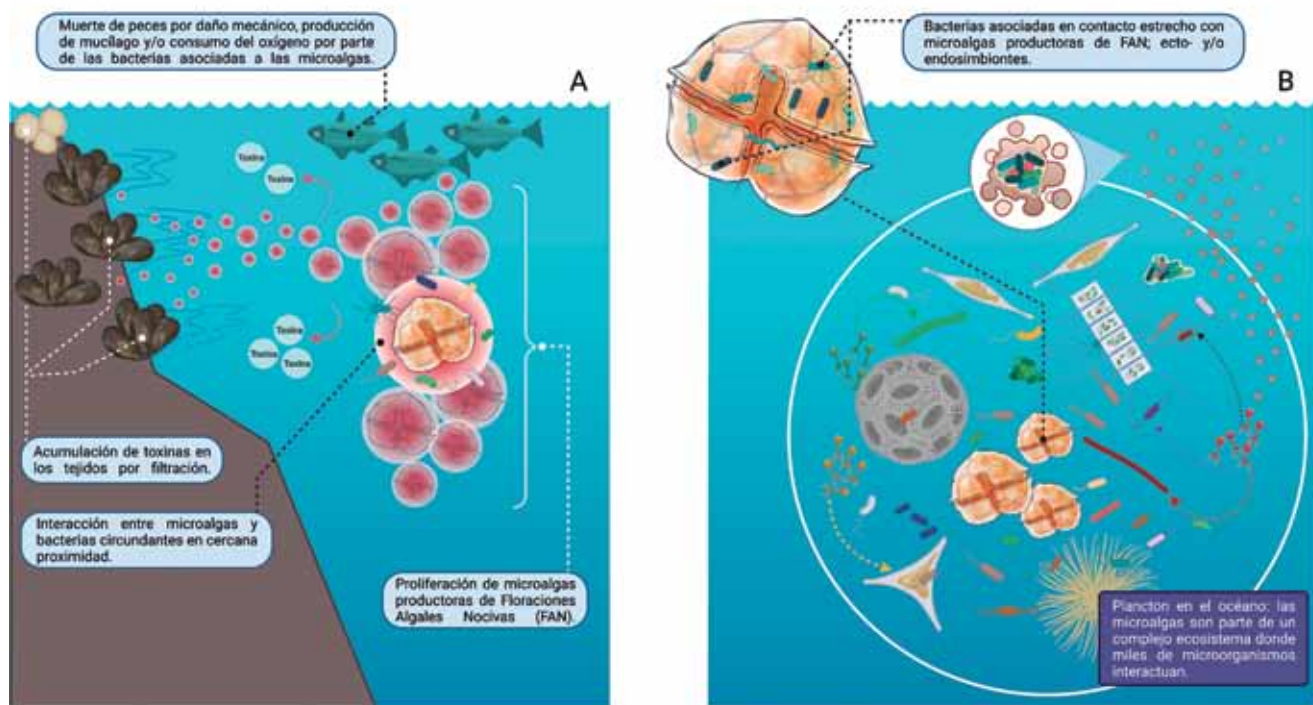
casi 40.000 toneladas métricas de salmón del Atlántico (*Salmo salar*), salmón Coho (*Oncorhynchus kisutch*), y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), con pérdidas económicas estimada en US\$800M, aproximadamente el 15% de la producción anual de Chile (Mardones y cols., 2021 y Trainer y cols., 2019).

La expansión y recurrencia de estos eventos tiene múltiples explicaciones, desde 1) el aumento en la capacidad espacial y temporal de detectar e identificar las microalgas nocivas, 2) el avance en las tecnologías tanto satelitales como de análisis *in situ* para pesquisar a las microalgas productoras de FAN, 3) la introducción de especies invasoras ya sea por el comercio marítimo global o actividades humanas específicas, incluyendo el transporte pasivo ocasionado por eventos naturales (e.g. tormentas), 4) el proceso de eutrofización de zonas costeras por la acción del hombre y 5) finalmente el cambio climático y sus múltiples consecuencias en los ecosistemas marinos (Zohdi & Abbaspour, 2019). De todos los factores que pueden influenciar el crecimiento del fitoplancton hay dos que contribuyen mayormente a que ocurra una FAN: la temperatura y los nutrientes, específicamente el fósforo y el nitrógeno. Sin embargo, sabemos que otros factores como la radiación solar para realizar fotosíntesis, la estratificación o mezcla de la columna de agua, la predación por el zooplancton y la interacción con otros microor-

ganismos como virus y bacterias son variables ambientales y ecológicas fundamentales, pero difíciles de medir *in situ* y muy complejas de replicar en el laboratorio, por lo que el estudio de las FAN se convierte en un rompecabezas multifactorial que ha intrigado a los investigadores por décadas. En este contexto el proyecto MACH-SATREPS busca entender estos eventos desde un enfoque holístico y multidisciplinario, basado en un sólido conocimiento oceanográfico y biológico de los eventos de floraciones algales monitoreadas y estudiadas por el Centro de Estudios de Algas Nocivas CREAN-IFOP (Puerto Montt) e incorporando el estudio de las interacciones naturales del fitoplancton con bacterias presentes en ecosistemas acuáticos y que son parte fundamental del inicio, mantención y decaimiento de una floración algal. Esta parte del estudio está a cargo de la Universidad de la Frontera (UFRO), la Universidad de Los Lagos y la Universidad de Antofagasta, entidades que cubren las zonas costeras del país que se ven afectadas por las FAN (Díaz y cols., 2019).

Dentro de los objetivos del proyecto MACH está la investigación científica de las FAN y sus interacciones bióticas, a la luz del concepto del “Holobioma”, y la implementación social de estos resultados, a través de un fuerte componente de divulgación

científica a distintos grupos objetivos (figura 1). La concepción de “Holobioma” deriva del concepto de “Holobionte” introducido en 1991 (Margulis & Fester) y que se refiere al huésped y su microbiota, es decir, una célula u organismo (multicelular) huésped y todos los microorganismos asociados a este, donde el “Holobioma” es la suma del total de los genomas que componen a un organismo eucarionte, es decir, el genoma del huésped (la microalga o célula eucarionte en este caso) y los genomas de sus microorganismos asociados (Guerrero et al., 2013). Lo anterior refleja la compleja red de interacciones simbióticas entre el huésped y su microbiota asociada (Guerrero et al., 2013). En el caso de las microalgas productoras de FAN, se sabe que diversas bacterias (incluso virus) pueden promover el crecimiento y multiplicación de las microalgas (figura 2A), así como la progresión y decaimiento de una floración, a través del intercambio de nutrientes, la síntesis de componentes esenciales para la microalga (e.g. vitamina B12) y también la producción de compuestos alguicidas que dan término a la floración (Amin y cols., 2015; Tang y cols., 2010). Es por esto que entender las interacciones que ocurren en el ambiente natural, entre los diversos componentes del plancton (figura 2B), nos permitirá dilucidar los factores que dan inicio a una floración algal, pudiendo pronosticar



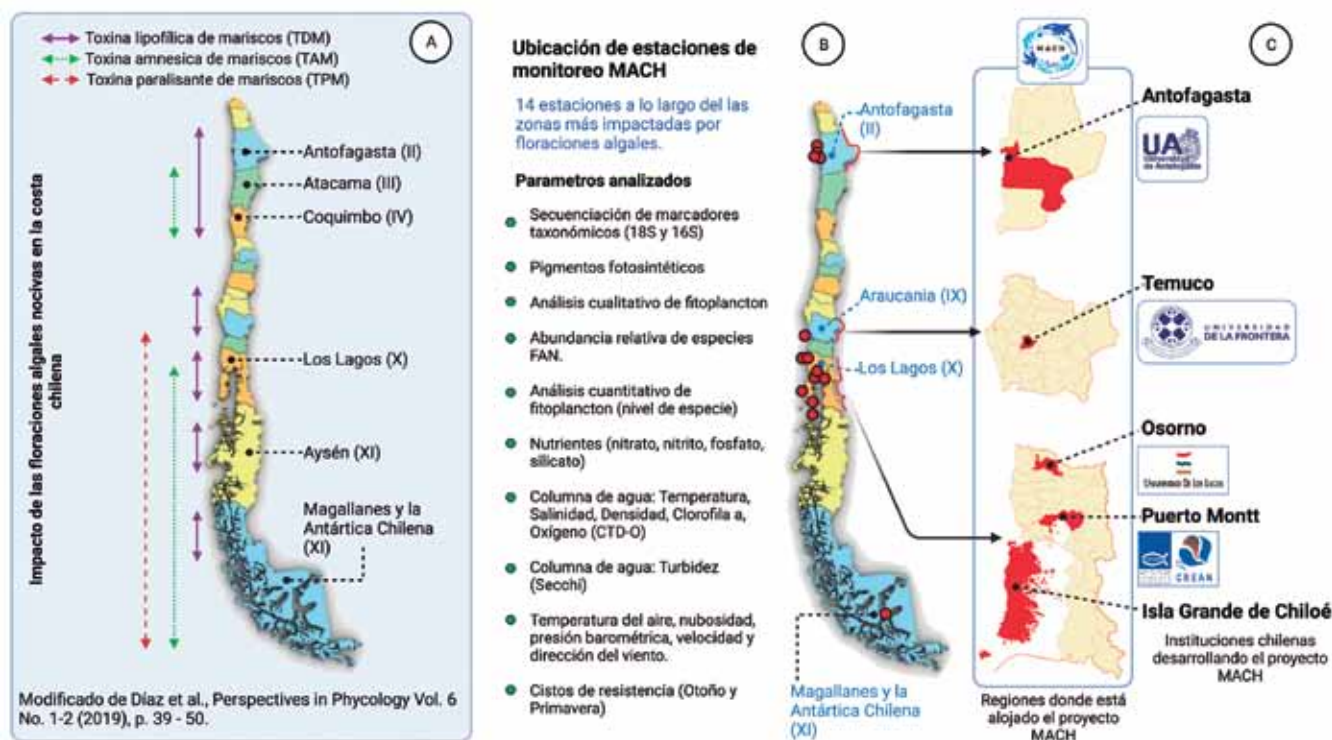


Figura 3: Distribución de las estaciones de monitoreo MACH. La ubicación de las estaciones de monitoreo y las instituciones que alojan el proyecto MACH siguen la lógica de cubrir el territorio nacional que se ve más afectado por floraciones algales nocivas. A) Muestra la distribución a lo largo de la costa chilena de 3 tipos de toxinas producidas por microalgas. Las regiones más afectadas por estos eventos se indican en el mapa. B) Muestra los parámetros microbiológicos y oceanográficos que se colectan en cada estación de las 14 que ha implementado el proyecto, permitiendo generar una sólida base de datos para entender cuáles son los factores más relevantes que promueven las ocurrencias de FAN. C) Muestra las regiones y las instituciones que alojan el proyecto MACH, indicando las zonas geográficas de alcance de este estudio y donde se enfocarán los esfuerzos de divulgación científica del proyecto. La figura fue realizada en la plataforma BioRender.com

car, cuando es más probable que ocurra una FAN, para generar alertas tempranas que ayuden a mitigar los efectos nocivos de estos eventos tanto a la salud pública como a las actividades productivas de las zonas costeras y fiordos. En este sentido, el monitoreo constante de las condiciones oceanográficas y el análisis de la composición del plancton, son fundamentales para los objetivos del proyecto MACH. Es por esto que el proyecto cuenta con 14 estaciones o puntos fijos de muestreo, dedicadas a la toma de diversas muestras físico-químicas y biológicas para entender en forma acabada los factores que influyen en la proliferación de microalgas productoras de FAN (figura 3). La distribución de estas estaciones tuvo como objetivo abarcar dos zonas biogeográficas del océano nacional, donde el marcado contraste ambiental (oceanográfico) incide en el origen de distintas microalgas formadoras de FAN. En general las microalgas productoras de FAN se diferencian entre las regiones del norte y sur del país, como también sus impactos en los ecosistemas, las comunidades locales, la salud pública y la economía local. A modo de ejemplo, mientras en el extremo norte de los fiordos y en el mar interior Chiloé estas floraciones ocurren en un sistema estuarino que muestra las influencias del océano Pacífico, y los aportes de agua dulce de grandes ríos, intensas lluvias, además de la fusión de glaciares, las FAN afectan en mayor medida la

acuicultura y mitilicultura, además de la salud pública dependiendo del tipo de FAN, éstas también ocurren en todo el sistema de fiordos incluyendo las regiones de Aysén y Magallanes. En cambio en el norte del país, las floraciones ocurren en el océano abierto, cerca de la costa donde el sistema de afloramiento costero (surgencias) es relevante para el desarrollo de determinadas especies, causando (hasta ahora) sólo daños en los sistemas de filtración de las plantas desaladoras, con un total de 23 plantas, 14 de ellas ligadas a actividades mineras e industriales y 9 en la generación de agua potable. Las regiones de Antofagasta y Atacama concentran el 90% de estas plantas, con un aporte total de 5.619 litros/s, por lo que el colapso de los filtros, por ocurrencia de FAN, genera una grave situación de desabastecimiento de este vital elemento, requiriendo con urgencia medidas de alerta temprana para adoptar acciones paliativas y proteger los sistemas de filtración de las desaladoras. Hasta ahora no ha habido problemas de toxinas marinas en el agua potable de plantas desaladoras, pero es un asunto que debe ser tenido en cuenta. A nivel global existen del orden de 20.000 plantas desaladoras, y la calidad del agua potable es un tema que ha sido advertido cuando existen FAN asociadas a toxinas que pueden afectar la salud pública.



Figura 4: Actividad con mitilicutores de la caleta de Nehuentue, comuna de Carahue, región de La Araucanía. Esta actividad se realizó el 24 de Junio 2021, retomando la difusión en terreno del proyecto MACH, luego de un largo periodo de restricciones sanitarias por la pandemia de SARS-CoV2. En esta oportunidad conversamos con mitilicutores de Nehuentue (B), para explicarles los avances del proyecto, presentar el laboratorio móvil (IA), Labo-Móvil) y mostrar el funcionamiento de la maleta laboratorio (IC), “Suitcase Lab”).

En las estaciones de monitoreo MACH se han tomado más de 500 muestras desde septiembre de 2019 hasta la fecha, con más de 1.893 muestras de ADN extraídas de microalgas y sus bacterias acompañantes (asociadas y de vida libre) y 1.512 muestras ya secuenciadas en la Universidad de la Frontera (UFRO). Estos datos, en conjunto con la toma de datos físicos y químicos de la columna de agua, permitirán realizar análisis de correlación y co-ocurrencia de especies de microalgas productoras de FANs y su microbiota asociada, lo que definimos anteriormente como “Holobioma”, esperando dilucidar el potencial rol de las bacterias en la promoción, mantención o decaimiento de una FAN y su relación con la variabilidad ambiental descrita en la figura 3B. Además del análisis de las comunidades naturales, se han aislado más de 400 especies bacterianas (ambientales y asociadas a microalgas) las que son mantenidas en cultivos de laboratorio para realizar experimentos de co-cultivos con las microalgas productoras de FAN, con el objetivo de analizar en forma específica las interacciones entre estos microorganismos para identificar bacterias que promueven o suprimen el crecimiento microalgal, estudios que se están realizando en las Universidades de Antofagasta, Los Lagos y La Frontera. Los estudios de secuenciación masiva en muestras de agua, los de co-cultivo, así como el monitoreo de parámetros ambientales asociados de manera constante, especialmente en zonas de riesgo, sentarán las bases del modelo predictivo de alerta temprana que permita anticiparse a la ocurrencia de las FAN y permita tomar medidas de mitigación, antes de que los organismos se vean afectados por las FAN.

El proyecto MACH también tiene como objetivo la generación de nuevas tecnologías para el monitoreo de microalgas nocivas o potencialmente nocivas, con equipos que sean de fácil transporte y que puedan ser utilizados en terreno para la detección en tiempo real de algunas especies de interés. Estos equipos han sido puestos en un contenedor de fácil transporte que hemos denominado “Maleta Laboratorio” (o “Suitcase-Lab” en Inglés, figura 4) y que ya ha sido presentada a la comunidad científica (Fujiyoshi y cols., 2020). Brevemente, la maleta consiste en una herramienta de trabajo en terreno, portátil todo-en-uno, que funciona a partir de la extracción del material genético (ADN) desde una muestra de agua de mar con microalgas. Luego, esta muestra se utiliza para amplificar y reconocer por fluorescencia bajo luz ultravioleta un segmento de este ADN, que es exclusivo y distintivo de la microalga que se pretende identificar. Esta tecnología es un aporte de la contraparte japonesa al estudio y su objetivo es tanto para fines de investigación y monitoreo por parte de profesionales y técnicos (no necesariamente con formación y competencias en biología molecular), y para actividades de difusión, hacia distintos públicos objetivo. Lo anterior está complementado con un laboratorio móvil, implementado para realizar análisis que permitan apoyar los datos tomados en terreno (figura 4). Además este proyecto ha permitido contar con dos servidores computacionales de gran capacidad dispuestos en la Universidad de La Frontera y el Instituto de Fomento Pesquero para el estudio bioinformático del ADN y el desarrollo de

pronósticos de las FAN, respectivamente. Finalmente, uno de los objetivos centrales de este estudio es hacer una transferencia del conocimiento generado y la tecnología desarrollada, como parte de una estrategia de comunicación y divulgación científica a la comunidad (acuicultores locales, pescadores artesanales, así como público en general), a las instituciones del Estado como MINSAL, SERNAPESCA y SUBPESCA, y a la empresa privada con interés en el desarrollo de una actividad de acuicultura sustentable y asociadas al proyecto, como son INTESAL e INTEMIT. Estos conocimientos, tecnología y la generación de una herramienta predictiva para detección de microalgas nocivas (antes descrita), serán los productos más importantes del proyecto, siendo parte de una intensa estrategia de comunicación a implementar durante los años 2021 y 2023. Debido a que el proyecto MACH es una cooperación entre los gobiernos de Chile y Japón, es el espíritu de esta colaboración que todo el conocimiento y herramientas que se generen como resultado de esta iniciativa queden a disposición del gobierno y la sociedad chilena en su conjunto.

REFERENCIAS:

1. Amin, S. A. *et al.* Interaction and signalling between a cosmopolitan phytoplankton and associated bacteria. *Nature* 522, 98–101 (2015).
2. Tang, Y. Z., Koch, F. & Gobler, C. J. Most harmful algal bloom species are vitamin B1 and B 12 auxotrophs. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 107, 20756–20761 (2010).
3. Guerrero, R., Margulis, L. & Berlanga, M. Symbiogenesis: The holobiont as a unit of evolution. *Int. Microbiol.* 16, 133–143 (2013).
4. Díaz, P. A. *et al.* Impacts of harmful algal blooms on the aquaculture industry: Chile as a case study. *Perspect. Phycol.* 6, 39–50 (2019).
5. Koenigswald, W. v., Braun, A. & Pfeiffer, T. Cyanobacteria and seasonal death: A new taphonomic model for the Eocene Messel lake. *Paläontologische Zeitschrift* 78, (2004).
6. Fujiyoshi, S. *et al.* Suitcase Lab: new, portable, and deployable equipment for rapid detection of specific harmful algae in Chilean coastal waters. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 28, 14144–14155 (2021).
7. Trainer, V. L. *et al.* Pelagic harmful algal blooms and climate change: Lessons from nature's experiments with extremes. *Harmful Algae* 91, (2020).
8. Mardones, J. I. *et al.* Disentangling the environmental processes responsible for the world's largest farmed fish-killing harmful algal bloom: Chile, 2016. *Sci. Total Environ.* 766, (2021).
9. Zohdi, E. & Abbaspour, M. Harmful algal blooms (red tide): a review of causes, impacts and approaches to monitoring and prediction. *International Journal of Environmental Science and Technology* 16, 1789–1806 (2019).

Participan

Colaboran

Financian

Visítanos
www.mach-satreps.org/es

Contáctanos

Temuco
Universidad de La Frontera
milko.jorquera@ufrontera.cl

Puerto Montt
Instituto de Fomento Pesquero
leonardo.guzman@ifop.cl

Osorno
Universidad de Los Lagos
ggajardo@ulagos.cl

Antofagasta
Universidad de Antofagasta
carlos.riquelme@uanf.cl

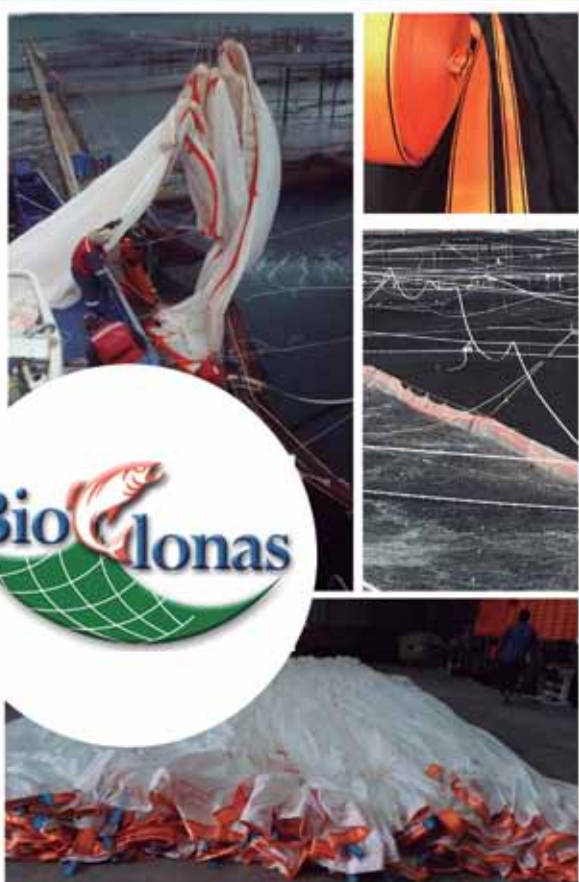
Monitoreo de Algas en Chile (MACH):

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

SATREPS
Asociación de Investigación en Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Sostenible (SATREPS) - Japón

Apoyo en la lucha contra la caligidosis

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



PRODUCTOS

Faldones para baño de caligus

Lona cerrada para baño de caligus

Toldos y cubre alimentos

Ropa de Agua

Telas Industriales

Redes de Cultivo

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Resistencia a la tracción y al desgarro.
- Estructuraciones resistentes para cada cliente en particular.
- Herméticamente desarrolladas.
- Peso ideal para un fácil manejo.
- Flotabilidad Neutra muy fácil de operar.
- Sistemas de lastre de acuerdo a las características de cada centro.
- Velocidad de entrega.
- Servicios de reparaciones.
- Servicios de modificaciones de 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

Nuevo Libro Electrónico de remuneraciones y Mayor Control del SII y Dirección del Trabajo



El avance de las tecnologías han implicado un cambio gigantesco respecto de como desarrollamos distintas actividades, en el caso de nuestra actividad en particular se han generado grandes cambios a todos los niveles de contribuyentes y en especial a aquellos que son más pequeños, ya que si bien la tecnología les ayuda en muchas ocasiones puede convertirse en una barrera, pero que la legislación le obliga a incorporarse. Este avance en la tecnología es la que permite que los ente fiscalizadores puedan avanzar a paso firme en el camino del control de los ingresos y gastos de los contribuyentes, ya hemos visto como pasamos de las boletas de honorarios a las boletas de honorarios electrónicas a mediados del año 2020, con esto se logró zanjar el ingreso de segunda categoría que por lo general tenía problemas en la emisión de los documentos, pagos provisionales que no se realizaban o generando gastos abultados a fin de año para rebajar los ingresos, con su automatización se logra un control sobre este documento alertando en forma automática al ente fiscalizador quien tiene en sus sistema el soporte de este documento.

Dentro del mismo periodo se implementaron en forma masiva las facturas electrónicas obligando a los contribuyentes a adherirse a este sistema, dando la opción de tomar un sistema de mercado o el sistema que nos ofrece el ente fiscalizador, con esto se logra un fuerte control sobre los ingresos y gastos de los negocios, permitiendo validar en forma rápida por la entidad fiscalizadora anomalías en el pago y uso de los impuestos del valor agregado, generando a su vez un sistema de control que le permite bloquear las emisiones a los contribuyentes que no están al día con sus impuestos o tienen situaciones pendientes de responder.

Para este 2021 ya se generó la implementación de la boleta electrónica y su obligación de emisión, como en el caso anterior se dio la alternativa de tomar un sistema de mercado o el del ente fiscalizador, con esto se termina el proceso de control sobre los ingresos del giro del negocio, se presentaron varias postergaciones a esta implementación ya que generó que los pequeños contribuyentes sufran un proceso tecnológico para el cual no estaban preparados.

Bien teniendo ya controlados los ingresos por ventas de facturas y boletas, los gastos por facturas y honorarios, solo esta quedando un gasto que aun no se controlaba electrónicamente, pues bien llegó el turno de las remuneraciones.

Ya llegó la hora de generar la incorporación a la tecnología al área de remuneraciones de las empresas, para esto a partir del 15 de marzo de 2021, se encuentra disponible en la plataforma de la Dirección del Trabajo el Libro de Remuneraciones Electrónico, este tiene como objeto que los empleadores informen de manera estandarizada y mensual los pagos de remuneraciones efectuados a sus respectivos trabajadores.

La regulación de este libro se encuentra contenida principalmente en el Dictamen de la Dirección del Trabajo N° 877/006 de fecha 10 de marzo de 2021 y en la Resolución Exenta N° 29 de fecha 9 de marzo de 2021 emitida por el Servicio de Impuestos Internos. Asimismo, la Dirección del Trabajo publicó un manual de uso del libro de remuneraciones electrónico en su portal web, junto con un suplemento, los cuales regulan el contenido de la operación de la nueva plataforma.

Según lo señalado por la autoridad administrativa en el Dictamen de la dirección del trabajo, la incorporación del empleador a este sistema electrónico tiene naturaleza irrevocable. Por lo tanto si un empleador comienza a utilizar el Libro de remuneraciones electrónica, no podrá volver a llevar el libro de remuneraciones en papel.

En este registro, la empresa debe consignar al menos los siguientes datos:

- Nombre y apellido del trabajador.
- Remuneración imponible.
- Remuneración no imponible-viáticos, colación, asignación familiar, entre otras.
- Remuneración total.



Por otro lado el Servicio de Impuestos Internos ha indicado que la utilización del Libro de remuneraciones electrónico eximirá a los empleadores de la obligación del timbraje del libro auxiliar de remuneraciones. En todo caso, los empleadores al momento de informar a la Dirección del Trabajo las remuneraciones y descuentos de sus trabajadores, deberán mencionar toda aquella información que actualmente se remite al SII por medio de la Declaración Jurada N° 1887.

La Dirección del Trabajo determinó que la incorporación del empleador en el sistema electrónico de registro, reemplaza en forma íntegra e irrevocable el registro en papel a partir del primer día del año calendario de su incorporación. Por lo tanto, cualquiera sea el mes en que se produzca la incorporación al sistema, los empleadores tendrán la obligación de ingresar la información de remuneraciones de todos y cada uno de los meses del año calendario respectivo, de manera retroactiva. De igual modo, la incorporación al registro durante 2021 hará necesario declarar también en el sistema las remuneraciones pagadas en el año calendario 2020, con el solo objeto de verificar el cumplimiento de prestaciones o derechos devengados o pagados en dicho periodo.

De acuerdo con la Dirección del Trabajo, es posible que el Libro de Remuneraciones Electrónico pase a ser de uso obligatorio durante 2021, dependiendo de la entrada en vigencia de la Ley N° 21.327 sobre modernización de la Dirección del Trabajo y la dictación de sus reglamentos correspondientes. Lo anterior, sin perjuicio de que a partir de agosto de 2021, algunos contribuyentes puedan quedar obligados a emitir el libro de remuneraciones u otros libros auxiliares de manera electrónica, como consecuencia de contar con una autorización u orden previa para utilizar sistemas tecnológicos o emitir libros contables electrónicos, de conformidad a lo dispuesto en la Resolución Exenta del SII N° 13 de fecha 9 de febrero de 2021.

Dado los puntos anteriores se necesita cada vez más que los contribuyentes puedan desarrollar su actividades separando los movimientos personales de los movimientos de sus empresas, dando un nivel profesional a los emprendimientos que desarrollan independiente del tamaño de su empresa, pero esto no es suficiente, deben ser acompañados por la asesoría de un grupo profesional que le permita tener un soporte frente a las actividades que son cada día mas complejas y con entes fiscalizadores que tienen tecnologías que les permiten reaccionar y fiscalizar prácticamente en línea.

www.asesoria-gestion.cl
O'Higgins 685 of 204 - Osorno
asesoriaygestionspa@gmail.com
N° Móvil +56 9 67617949
N° Movil +56 9 88882504

Otro hito importante en estos tiempos de pandemia desde un punto de vista laboral y que ha llevado una alta fiscalización corresponde los procesos paso a paso de la pandemia Covid 19, se han generado diversas fiscalizaciones que han obligado a las empresa a responder frente a fiscalizaciones en los locales de trabajo, donde se han levantado muchas deficiencias frente a la normativa vigente respecto de la pandemia, los puntos mas requeridos frente a esta fiscalizaciones han sido:

- A. Reglamento Interno de Orden, Higiene y Seguridad, sus cartas conductoras tanto a la Inspección del Trabajo, y Servicio de Salud, además de redactar los recibos de los trabajadores.**
- B. Plan Prevención Paso a Paso.**
- C. Instructivo limpieza y desinfección de lugares de trabajo, y el respectivo Registro limpieza y desinfección de lugares de trabajo.**
- D. Registro de los elementos de Protección Personal, al igual que el que se entrega para usar durante la Limpieza y Sanitación del Inmueble.**
- E. Confección de Matriz de Peligro y Evaluación de Riesgos, de Covid19.**
- F. Instructivo para seguimiento casos COVID 19 empresa**
- G. Plan Emergencia Covid19. cabe hacer presente, que se debe confeccionar el plan de emergencia, "para la normalidad."**

Estos son puntos básicos que se van mejorando, además se van incorporando cada vez nuevas normativas, puntos que nos acompañaran mientras no se termine el proceso de pandemia.

Para dar respuesta a estas fiscalización es indispensable contar con profesionales capacitados que puedan dar respuesta adecuada a los entes fiscalizadores.

A continuación le invitamos a realizar una autoevaluación en línea de medidas preventivas para el covid-19 en lugares de trabajo, el siguiente código QR te llevará a nuestro formulario electrónico.



Equipo Asesoría y Gestión SpA



opción[®]

comunicaciones

*¡Juntos por la pronta
reactivación del país!*

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

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



www.opcioncomunicaciones.cl



revista
versión
diferente



Nuevo e innovador desarrollo
para films tapa impresos
que no requieren laminación

Amcor y Global Pacific

Sus socios de empaque confiables

VENTAJAS COMPARATIVAS:



*Tapa full impresión
8 colores sin laminación*



*Optimiza el rendimiento de
sus líneas de envasado*



*Disminución del material de
empaques haciéndolo más
sustentable.*



*Prolonga la vida útil de los
productos envasados.*



SANTIAGO

Teléfono (+56) 2273 92878
ventas@globalpacific.cl

PUERTO MONTT

Teléfono (+56) 65 2275560
Móvil (+56) 9 9801 2503
vmara@globalpacific.cl
www.globalpacific.cl