



TRANSPARENTANDO EL USO DE PRODUCTOS QUÍMICOS Y MEDICAMENTOS EN LA SALMONICULTURA NACIONAL

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	3
CAPÍTULO 1:	
Productos químicos y medicamentos utilizados en la producción de salmónes en Chile.	5
Introducción	5
Productos químicos y medicamentos utilizados en salmonicultura en Chile que representan un riesgo ambiental y sanitario	7
1. Desinfectantes	7
2. Antiincrustantes	11
3. Antibióticos	13
4. Antiparasitarios	14
Otros inputs de la industria salmonera que representan un riesgo ambiental	16
1. Flujo de nutrientes y materia orgánica	16
2. Uso de plásticos en la industria salmonera	16
CAPÍTULO 2:	
Impactos ambientales y sanitarios del uso de productos químicos y medicamentos en la salmonicultura nacional	17
Introducción	17
Potenciales impactos del uso de productos químicos en la salmonicultura nacional	18
1. Desinfectantes	18
2. Antiincrustantes	18
3. Antibióticos	20
4. Antiparasitarios	23
Potenciales impactos de otros inputs de la industria salmonera al medio marino	25
1. Flujo de nutrientes y materia orgánica	25
2. Plásticos	26
CAPÍTULO 3:	
Alternativas para transparentar el uso de productos químicos y medicamentos en el cultivo del salmón	27
Introducción	27
Noruega	28
Estados Unidos	29
Canadá	31
Escocia	33
CAPÍTULO 4:	
Beneficios de compartir públicamente la información sobre el manejo sanitario de los salmónes en cultivo	35
Introducción	35
Aumentar la confianza de los consumidores.....	36
Promover las investigaciones científicas sobre la eficiencia de los productos utilizados y sobre mejores alternativas a ellos	40
Recomendaciones	43
Anexo I.	
Uso de anestésicos y vacunas en la salmonicultura nacional	44
1. Anestésicos	44
2. Vacunas	44
Anexo II.	
Tabla resumen: Productos químicos y medicamentos utilizados en la salmonicultura nacional que representan un riesgo ambiental y sanitario.....	49



RESUMEN EJECUTIVO

Con el propósito de transparentar el uso de productos químicos y medicamentos en la salmonicultura chilena, el presente informe detalla la situación actual en el país. De esta manera, se especifican los productos químicos utilizados y sus impactos, así como los medios por los cuales otros países productores de salmón comparten públicamente este tipo de información, los beneficios que se pueden extraer de que exista transparencia en esta industria y nuestras recomendaciones al respecto.

A nivel mundial la acuicultura se ha transformado en una de las actividades productivas más importantes, ya que a través de ella se produce aproximadamente un 50% de los productos del mar que se consumen anualmente, jugando un rol vital en asegurar la seguridad alimentaria de las personas¹. En Chile, a través de esta actividad, se cultivan algas, invertebrados marinos y peces, dentro de los cuales destacan los salmónidos, siendo el país el segundo mayor productor de salmónes a nivel mundial después de Noruega².

La producción de salmónes nacional ha crecido de forma sostenida desde la década de los noventa, convirtiéndose en una de las actividades económicas más importantes del país. Sin embargo, este crecimiento ha estado acompañado de impactos sanitarios y ambientales debido a la intensidad con la que se realiza esta actividad³.

Al respecto, una de las principales preocupaciones ambientales es el flujo de productos químicos hacia el ambiente, los que se pueden clasificar en desinfectantes, antiincrustantes y medicamentos, como anestésicos, antibióticos, antiparasitarios y vacunas. Debido a su método de administración, los desinfectantes, antiincrustantes, antibióticos y antiparasitarios representan un riesgo ambiental y para la salud de las personas.

En específico, a través del presente informe se pudo identificar que en el país no existe información exacta sobre los desinfectantes utilizados en la salmonicultura. Sin embargo, la Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático (DIRINMAR) mantiene un listado de aproximadamente 50 productos desinfectantes autorizados para su uso en aguas marinas chilenas.

Por su parte, los antiincrustantes utilizados en la industria corresponden a pinturas basadas en cobre o zinc como compuesto biocida. En cuanto a los antibióticos y antiparasitarios, en los últimos años ha predominado el uso del antibiótico florfenicol, y del peróxido de hidrógeno y los azametifos como antiparasitarios.

Los principales impactos asociados a estos químicos son la pérdida de biodiversidad, la generación de resistencia bacteriana y cambios en la composición de las comunidades microbianas y del fito y zooplancton, así como impactos en especies de invertebrados marinos y peces. Además, tienen el potencial de afectar la salud y calidad de vida de las personas que habitan en las zonas cercanas a los centros de producción de salmón, los trabajadores de estos centros, y a los consumidores de salmón.

1. FAO (2018) El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma, 2018.

2. Burridge L., J. Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

Asche F., K.H. Roll, H.N. Sandvold, A. Sørvig & D. Zhang (2013) Salmon aquaculture: Larger companies and increased production. *Aquaculture Economics & Management* 17(3): 322-339.

3. Quiñones R., M. Fuentes, R.M. Montes, D. Soto & J. León-Muñoz (2019) Environmental issues in Chilean salmon farming a review. *Reviews in aquaculture* 11: 375-402.

A pesar de estos riesgos, en el país existen vacíos en cuanto a la información disponible al público sobre los productos químicos utilizados, las cantidades aplicadas, la frecuencia de los tratamientos y sus impactos en el medio ambiente. Por lo tanto, el consumidor de salmón producido en Chile actualmente no puede tomar una decisión informada sobre los productos que compra.

Similarmente, las personas que habitan en zonas cercanas a los centros de producción de salmón, o que realizan actividades productivas en sus cercanías, no pueden estar conscientes de los riesgos que la industria del salmón implica para su salud, ni de las consecuencias que puede tener sobre sus actividades productivas.

Al respecto, en el presente informe se mencionan las alternativas que existen para compartir públicamente este tipo de información. La mayoría de los países productores de salmón publica periódicamente al menos las cantidades de antibióticos y antiparasitarios utilizadas. Es más, destaca la plataforma utilizada por el Estado de Washington, en Estados Unidos, donde además se reporta anualmente los desinfectantes y anestésicos, así como otros químicos, utilizados por cada centro de cultivo.

Finalmente, los principales beneficios identificados de aumentar la transparencia en la industria salmonera nacional corresponden a mejorar la reputación e imagen de esta, promoviendo así el consumo de salmón producido en Chile, así como aumentar las investigaciones sobre la efectividad de los productos químicos utilizados actualmente y de alternativas más sustentables o eficientes que los reemplacen.

A partir de lo revisado en este informe recomendamos que, como un primer paso para aumentar la transparencia de la industria salmonera chilena, se debería compartir públicamente al menos la información referente al uso de antibióticos y antiparasitarios de la industria, para poder estar así al mismo nivel que los otros países productores de salmón.

Además, de esta forma se logrará mejorar la sustentabilidad y se aumentará la confianza de los consumidores en el salmón producido en Chile.



PRODUCTOS QUÍMICOS Y MEDICAMENTOS UTILIZADOS EN LA PRODUCCIÓN DE SALMONES EN CHILE

INTRODUCCIÓN

En Chile actualmente se producen tres especies de salmónidos: salmón del atlántico (*Salmo salar*), salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). La mayor producción corresponde a la de salmón del atlántico, seguida por la de salmón coho y en menor medida por la trucha arcoíris (787.131 t; 204.740 t; y 87.724 t producidas en 2020 respectivamente)⁴.

La producción de salmones se realiza a través de cultivos intensivos, en los cuales se contempla la administración de alimentos a las especies. Estos sistemas se definen como el “cultivo de recursos hidrobiológicos cuya alimentación se basa principalmente en dietas suministradas antrópicamente y/o en la fertilización de las aguas en que se realiza”⁵.

En esta actividad productiva se utilizan productos químicos y medicamentos para mantener en buena condición a las especies cultivadas y lograr que estas completen sus ciclos productivos⁶. Estos productos se pueden categorizar de la siguiente forma:

1. Desinfectantes
2. Antiincrustantes
3. Medicamentos
 - 3.1. Antibióticos
 - 3.2. Anestésicos
 - 3.3. Antiparasitarios
 - 3.4. Vacunas

De estas seis categorías, solo cuatro representan un riesgo ambiental y sanitario debido a sus métodos de administración y la frecuencia de su uso. Estos productos son: (1) desinfectantes, (2) antiincrustantes, (3) antibióticos y (4) antiparasitarios, y su uso en el país será detallado en este capítulo. De todas formas, en el Anexo I se entregará información sobre el uso de anestésicos y vacunas en Chile.

El uso de productos químicos y medicamentos en la salmonicultura nacional se encuentra regulado por una serie de leyes y reglamentos como la Ley General de Pesca y Acuicultura⁷, el Reglamento para el Control y Erradicación de

4. Sernapesca. Anuarios estadísticos de pesca y acuicultura. Disponibles en: <http://www.sernapesca.cl/informacion-utilidad/anuarios-estadisticos-de-pesca-y-acuicultura>

5. DIRECTEMAR (2016) Reglamento Ambiental para la Acuicultura. Disponible en https://www.directemar.cl/directemar/site/artic/20170126/asocfile/20170126120935/tm_074_2016_090516.pdf

6. Costello M.J., A. Grant, I.M. Davies, S. Cecchini, S. Papoutsoglou, D. Quigley & M. Saroglia (2001) The control of chemicals used in aquaculture in Europe. *J. Appl. Ichthyol* 17: 173-180.

Burridge L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

7. Ley General de Pesca y Acuicultura (texto actualizado incorpora modificación Ley N° 21.183). Disponible en: http://www.subpesca.cl/portal/615/articulos-88020_documento.pdf

Enfermedades de Alto Riesgo en las Especies Hidrobiológicas⁸ y el Programa Sanitario General de Limpieza y Desinfección⁹. En estos se establecen algunos lineamientos básicos para la aplicación de estos productos:

- El Ministerio de Economía, Fomento y Turismo dictará un reglamento que establecerá las medidas de protección y control para evitar la introducción de enfermedades de alto riesgo y especies que constituyan plagas. El reglamento establecerá, dentro de otras cosas, los informes que deberán ser entregados periódicamente por los titulares de los centros de cultivo cuyo contenido deberá referirse como mínimo al uso de antimicrobianos, vacunas, químicos y tratamiento de desechos.
- Los titulares de los centros de cultivo deberán informar mensualmente al Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca), la utilización de vacunas, antimicrobianos y de cualquier otro tipo de tratamientos terapéuticos.
- Sólo podrán utilizarse productos farmacéuticos de uso exclusivamente veterinario registrados o autorizados para su aplicación en especies hidrobiológicas. A su vez se deberán usar agentes de limpieza y desinfección registrados por el Ministerio de Salud y autorizados por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR) y cumplir la normativa vigente sobre emisión.
- Sernapesca fiscalizará el uso de productos farmacéuticos en especies hidrobiológicas, de conformidad con las disposiciones de los programas sanitarios generales y específicos correspondientes.
- En el caso de los tratamientos terapéuticos, su aplicación requerirá un diagnóstico clínico previo realizado por el profesional respectivo.
- Está prohibido el uso de antimicrobianos en forma preventiva en la acuicultura y todo uso perjudicial para la salud humana.

A pesar de estas regulaciones, en el país no existe un mecanismo o una plataforma para compartir públicamente la información referente al uso de productos químicos y medicamentos en la salmonicultura por año o ciclo productivo. Por otro lado, el flujo de materia orgánica y nutrientes desde las jaulas de cultivo a las aguas circundantes es preocupante, así como también el uso de plásticos en esta industria¹⁰. Es conocido que estos factores pueden modificar las comunidades microbianas y potencialmente llegar a tener efectos ecosistémicos.

En este capítulo se detallarán los principales químicos y medicamentos utilizados en la acuicultura y salmonicultura en Chile que representan un riesgo ambiental y sanitario¹¹, a partir de información obtenida bibliográficamente. Además, se mencionan otros inputs de la industria salmonera que afectan al medio marino y a los organismos que habitan en él.

8. Reglamento para el Control y Erradicación de Enfermedades de Alto Riesgo en las Especies Hidrobiológicas D.S. N°319 de 2001. Disponible en: http://www.subpesca.cl/portal/615/articles-83903_documento.pdf

9. Sernapesca (2014) Programa Sanitario General de Limpieza y Desinfección (Modifica Res. Ex. N°72-2003). Disponible en: <http://www.sernapesca.cl/programas/programa-sanitario-general>

10. Edwards P. (2015) Aquaculture environment interactions: Past, present and likely future trends. *Aquaculture* 447: 2-14.

Quiñones R.A., M. Fuentes, R.M. Montes, D. Soto, & J. León-Muñoz (2019) Environmental issues in Chilean salmon farming: A review. *Reviews in Aquaculture* 11:375-402.

FAO (2017) Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge of their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety.

11. En el Anexo II se encuentra una tabla resumen sobre estos productos, sus principios activos, dosis y cantidades utilizadas.

PRODUCTOS QUÍMICOS Y MEDICAMENTOS UTILIZADOS EN SALMONICULTURA EN CHILE QUE REPRESENTAN UN RIESGO AMBIENTAL Y SANITARIO

1. DESINFECTANTES

La bioseguridad es de gran importancia en la salmonicultura, por lo que se han desarrollado protocolos para limitar la transferencia de enfermedades entre sitios de cultivo, ya sea dentro de un mismo centro o a otros centros ubicados en las cercanías.

Lo anterior se logra mediante el uso de desinfectantes en redes, botes, contenedores, ropa impermeable, botas, equipamiento de buceo, plataformas y en los muelles utilizados en esta actividad productiva¹².

En Chile, la Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático (DIRINMAR) publica una lista de los químicos autorizados para su uso en las aguas del país, la que incluye productos desinfectantes (Tabla 1)¹³, pero sin especificar para qué actividad están autorizados y solo constata si son para uso en el medio marino o en agua dulce.

TABLA 1. Desinfectantes autorizados por la Autoridad Marítima para su uso en aguas marinas nacionales. Tabla modificada a partir de la publicada por DIRECTEMAR en el “Listado de desinfectantes, detergentes, fungicidas y otros”.

PRINCIPIO DESINFECTANTE	PRODUCTO
Yodo	Saniyod 3%
	VQAQUAYODO
	Sekir 3%
	Buffodine
Ácido peracético + peróxido de hidrógeno	Ácido peracético 15%
	Prinacid 3000
	Prinacid 2000
Ácido peracético	Peragreen
	Oxonia activo
	Germisan 15 desinfectante concentrado soluble
	Saniacid P-15
	Divosan Forte
	Peracetic Sanitizer FP15
	Impoacético 15%
Ácido peracético + ácido peroctanoico	Vortexx
Cloruro de benzalconio	Star 22

12. Burrige L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

13. DIRECTEMAR (2020) Químicos autorizados “Listado de desinfectantes, detergentes, fungicidas y otros”

Dióxido de cloro	WK-710
	Oxiclor 5%
	Proacid A + Pro-oxine B
	Prooxine A+B Dioxichlor 5,5
	Maxam desinfectante solución 5%
	Clorodos Plus
Hipoclorito de sodio	Tressaclor
Cloro activo	Disenfex desinfectante solución 5%
Amonio cuaternario	Triofast
	Carsept 50%
	Clean Quat Plus
	Whisper V
	CFQ Sanitizer
	HVI 256
	Metaquat
	Jonclean 80
	Bioquat
	Potenza SL desinfectante concentrado soluble
Amonio cuaternario + glutaraldehído + isopropanol	Virocid 20%
Glutaraldehído + amonio cuaternario	Bixler
	Duplalm
Glutaraldehído + glioxal + formaldehído + isopropanol	Sanit line 20
Glutaraldehído	Climber 20%
	Ucarsan 420
Peróxido de hidrógeno + nitrato de plata	Halospray
Peróxido de hidrógeno	Oxteril
Bromuro de sodio	Acti-brom 7342
Cloruro de amonio	Veligon TL-M
Peroximonosulfato de potasio (Monopersulfato de potasio)	Vir-stop desinfectante polvo soluble 23%
Formaldehído	Formalin 37
Superquats	Sani T-10
Ácido glicólico + ácido sulfúrico + cumenesulfonato de sodio + ácido octenil succínico	Divosan Uniforce
Formalina	Saproform
Bronopol	Cress 50%

A su vez, Sernapesca, mediante el Programa Sanitario General de Limpieza y Desinfección, establece las condiciones de uso, frecuencia y tiempo de utilización de los desinfectantes autorizados para la desinfección de las instalaciones en las diversas etapas de cultivo.

Por otro lado, en la literatura científica disponible, la publicación de Bravo *et al.* (2005)¹⁴ se refiere al uso de desinfectantes en la acuicultura nacional, identificando 15 productos distintos, los cuales no serían exclusivamente para la salmonicultura y que se pueden agrupar, según el principio activo, de la siguiente forma:

- Persulfato de potasio + ácidos orgánicos
- Yodóforos
- Cloro
- Compuesto de amonio cuaternario
- Aldehídos
- Álcalis
- Fenoles
- Alcohol

Asimismo, más recientemente, el laboratorio de diagnóstico *ADL Diagnostic Chile* realizó en 2013 una evaluación de los procedimientos de limpieza y desinfección en la salmonicultura nacional, para la cual consultaron a diversas empresas, instituciones y servicios sobre los productos y compuestos más utilizados para la desinfección.

A partir de esta investigación, señalan que se pueden seleccionar 30 productos desinfectantes representativos a nivel industria, los cuales a su vez se pueden clasificar en seis grupos según sus compuestos activos¹⁵:

- Glutaraldehídos/amonio cuaternario
- Dióxido de cloro ClO₂
- Ortoftaldehído
- Ácido peracético
- Yodados
- Peróxidos

Por su parte, en las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA), presentadas por las empresas salmonicultoras ante el Servicio de Evaluación Ambiental, se puede encontrar este tipo de información (Tabla 2).

14. Bravo S., H. Dolz, M.T. Silva, C. Lagos, A. Millanao & M. Urbina (2005) Informe Final. Diagnóstico del uso de fármacos y otros productos químicos en la acuicultura. Universidad Austral de Chile. Facultad de Pesquerías y Oceanografía, Instituto de Acuicultura. Casilla 1327. Puerto Montt, Chile. Proyecto No. 2003-28.

15. ADL Diagnostic Chile (2013) Documento complementario a Informe Técnico de avance de fecha 13.09.2013 "Evaluación y caracterización de la eficacia de desinfectantes y procedimientos de limpieza y desinfección para mejorar la bioseguridad y sustentabilidad de la industria del salmón"

TABLA 2. Desinfectantes utilizados en salmonicultura declarados en Declaraciones de Impacto Ambiental ante el Servicio de Evaluación Ambiental.

DESINFECTANTE	EMPRESAS								
	Mowi ¹⁶	Cultivos Yadrán ¹⁷	Nova Austral ¹⁸	Cultivos Otway ¹⁹	Salmones ICEVAL ²⁰	Productos del Mar Ventisqueros ²¹	Salmones Camanchaca ²²	Trusal ²³	Invermar ²⁴
Virkon	x								
Amonio cuaternario		x		x		x			
Dicloroisocianurato de sodio			x						
Ecoplus D			x						
Germisan			x						
Antigerm-Chlor			x						
Aseplac			x						
Vix Clor			x						
Bixler			x		x			x	
Hyperox	x								
Sanit Line 20	x								
Duplalm	x							x	x
Tonalim	x								
Eurofoam Alclor Special	x								
Biogel	x								
Dióxido de cloro							x		
Bactisan									x

16. Mowi (2020) Declaración de Impacto Ambiental "Modificación De Proyecto Técnico. Centro de Engorda de Salmones, Costa Suroeste Isla Benjamín, Canal Memory. Pert N° 219111003. Código de Centro N° 110760"
17. Cultivos Yadrán (2020) Declaración de Impacto Ambiental "Centro de cultivo de salmones Canal Bynon, al sur de Isla Benjamín comuna de Cisnes, región Aysén n° Pert 207111023"
18. Nova Austral (2020) Declaración de Impacto Ambiental "Fusión y Relocalización: Centro de cultivo de salmónidos, Canal Acwalisnan, al Este de Puerto Yelcho, Isla Clarence, N° Pert: 218120002, Sector 4. Clarence 9"
- Nova Austral (2020) Declaración de Impacto Ambiental "Ampliación Capacidad de Producción Planta Nova Austral en Porvenir"
19. Cultivos Otway S.A. (2020) Declaración de Impacto Ambiental "Centro de engorda de salmonídeos, Canal Bertrand, al norte de Isla Riesco, Comuna de Río Verde, Región De Magallanes y Antártica Chilena, N° PERT 213121034"
20. Salmones ICEVAL (2019) Declaración de Impacto Ambiental "Modificación de Proyecto Técnico. Centro de Engorda de Salmones. Fiordo Aysén, Isla Elena, al Norte de Isla Colorada. Código de Centro N° 110557"
21. Productos del Mar Ventisqueros (2018) Declaración de Impacto Ambiental "Ampliación De Biomasa, Centro De Engorda De Salmones Isla Meulín, Provincia De Chiloé, Región De Los Lagos"
22. Salmones Camanchaca (2018) Declaración de Impacto Ambiental "Ampliación de Biomasa Centro de Engorda de Salmones Contao (102262), Comuna de Hualaihué, Región De Los Lagos"
23. Trusal (2018) Declaración de Impacto Ambiental "Centro de Cultivo de Salmónidos Seno Taraba, Bahía Sin Nombre, Península Benson. N° de Solicitud 212122064"
24. Invermar (2016) Declaración de Impacto Ambiental "Ampliación de Biomasa en Centro de Cultivo de Salmónidos Centinela, al Sureste De Punta Centinela, Isla Tranqui, Comuna de Queilen, Región de Los Lagos, Código de Centro N° 103563"

Cabe señalar que los impactos del uso de desinfectantes en la salmicultura sobre el medio ambiente no se encuentran bien estudiados, pero estos dependerían de las cantidades utilizadas y los lugares donde se liberan los productos²⁵. Esta temática será profundizada en el segundo capítulo, en el cual se señalarán las principales preocupaciones ambientales sobre el uso de desinfectantes en la producción del salmón.

2. ANTIINCRUSTANTES

Una de las principales dificultades que enfrenta la industria del salmón durante la producción es la adherencia de material biológico o incrustantes. Estos se pueden definir como una sucesión ecológica que resulta en la formación de comunidades de algas e invertebrados marinos sobre diferentes tipos de sustratos relacionados con actividades marítimas²⁶.

El crecimiento de material incrustante genera tres principales efectos negativos directos sobre las jaulas de peces: (1) Es capaz de provocar una deformación de la red y generar fatiga de material debido al peso extra que está conteniendo la estructura²⁷; (2) puede restringir el intercambio de agua debido a la obstrucción del flujo a través de la red²⁸; y (3) se considera que incrementaría la vulnerabilidad a enfermedades²⁹.

La medida de control de incrustantes más ampliamente utilizada han sido las pinturas antiincrustantes³⁰. En Chile existen 20 marcas de pinturas antiincrustantes registradas, de las cuales 12 son en base a agua y ocho, en base a solvente. El compuesto biocida más ampliamente utilizado en estas pinturas en Chile es el cobre, como Cu_2O , y como coadyuvante el óxido de zinc (ZnO)³¹ (Tabla 3). Estos compuestos producen una fina capa tóxica que evita la fijación de organismos³².

25. Burrige L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

26. Greene J.K. & R.E. Grizzle (2007) Successional development of fouling communities on open ocean aquaculture fishcages in the western Gulf of Maine, USA. *Aquaculture* 262: 289-301.

27. Fitrige I., T. Dempster, J. Guenther & R. De Nys (2012) The impact and control of biofouling in marine aquaculture: a review. *Biofouling* 28(7): 649-669.

28. IFOP (2013) Informe Final. Evaluación ambiental de las actividades de lavado in situ en la acuicultura.

29. Fitrige I., T. Dempster, J. Guenther & R. De Nys (2012) The impact and control of biofouling in marine aquaculture: a review. *Biofouling* 28(7): 649-669.

30. Yebra D.M., S. Kill & K. Dam-Johansen (2004) Antifouling technology – past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. *Prog. Org. Coast* 50: 75-104.

de Nys R. & J. Guenther (2009) The impact and control of biofouling in marine finfish aquaculture. In: Hellio C, Yebra D, editors. *Advances in marine antifouling coatings and technologies*. Cambridge (UK): Woodhead Publishing Ltd. P. 177-221.

Dürr S. & D.I. Watson (2010) Biofouling and antifouling in aquaculture. In: dürr S, Thomason JC, editors. *Biofouling*. Oxford (UK): Wiley-Blackwell. P. 267-287.

31. IFOP (2012) Determinación y evaluación de los componentes presentes en Pinturas anti-incrustantes utilizadas en la acuicultura, sus efectos y acumulación en sedimentos marinos de la décima Región de Los Lagos.

32. IFOP (2013) Informe Final. Evaluación ambiental de las actividades de lavado in situ en la acuicultura.

TABLA 3. Pinturas antiincrustantes utilizadas en la acuicultura en Chile. Tabla adaptada de la publicación del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) en 2012³³.

PRODUCTO	INGREDIENTE ACTIVO	SOLVENTE
Biodeg A/F sin cobre	Biocidas orgánicos	Base solvente (aguarrás)
A/F base agua	Óxido de cobre	Base agua
Aquanet CC100		
Aquanet LG100		
ReaLL WS		
Econet 1500 SB		
Econet RF		
Ecoquipsal		
Flexgard XI-C		
Flexgard XI-CH		
Aquasafe-a		
ReaLL SS		
Norimp 1500		Base solvente (aguarrás)
Norimp 2000 CH		
Quipsal		
A/F base solvente	Base solvente (n.d.)	
Aquasafe-B		
Hempanet 7150 A	Óxido de cobre y óxido de zinc	Base solvente (White spirit, xileno)
Solignum 7C1-2	Óxido de zinc, piritionato de zinc, cobre (sin especificación)	Base agua
Solignum 7C1-6	Óxido de zinc	Base agua

Los ingredientes activos de estas formulaciones permean hacia el medio marino y pueden tener efectos tóxicos sobre los organismos que habitan en las aguas que circundan los centros de cultivo y en los sedimentos ubicados debajo de las jaulas de salmones³⁴. Lo anterior constituye una de las principales preocupaciones ambientales respecto al uso de antiincrustantes en la salmonicultura, las cuales serán profundizadas en el Capítulo 2.

33. IFOP (2012) Determinación y evaluación de los componentes presentes en Pinturas anti-incrustantes utilizadas en la acuicultura, sus efectos y acumulación en sedimentos marinos de la décima Región de Los Lagos.

34. Burr ridge L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306 (1-4): 7-23.

3. ANTIBIÓTICOS

La utilización de antibióticos en la producción animal representa la mayor proporción de uso de estos medicamentos a nivel mundial. Es más, en Chile un 95% de los fenicoles, tetraciclinas y quinolonas importados al país entre 1998 y 2015 fueron destinados a uso en animales³⁵.

En la salmonicultura, los antibióticos se han utilizado para combatir infecciones como la furunculosis (*Aeromonas salmonicida*), la piscirickettiosis (*Piscirickettsia salmonis*) y la enfermedad bacteriana del riñón (BKD) (*Renibacterium salmoninarum*)³⁶.

En la Tabla 4 se señalan los antibióticos utilizados en salmonicultura en los principales países productores de salmón según la última información disponible para cada país. Cabe mencionar que, en términos de cantidades utilizadas, Chile es el país que más antibióticos utiliza en la producción de salmónes, utilizando en 2017 aproximadamente 1.400 veces más gramos de antibióticos por cada tonelada de salmón producida que Noruega³⁷.

TABLA 4. Antibióticos utilizados en salmonicultura en los principales países productores de salmón.

PRODUCTO	PAÍS				
	Chile (2020) ³⁸	Noruega (2017) ³⁹	Canadá (2003-2005) ⁴⁰	Reino Unido (2017) ⁴¹	Estado Unidos (2016) ⁴² ***
Ácido oxolínico		X		X*	
Amoxicilina				X*	
Eritromicina**	X				
Florfenicol	X	X	X	X	X
Oxitetraciclina	X		X	X	X
Tiamulina	X				
Tilmicosin	X				

* El uso de amoxicilina y ácido oxolínico en el Reino Unido sumó menos de un 1% de los antibióticos totales utilizados en 2017.

** El uso de eritromicina no está aprobado en países que pertenecen al Consejo Internacional para la Exploración del Mar (ICES), incluyendo a Noruega, Escocia y Canadá. Sin embargo, está listado y aprobado como compuesto en Chile.

*** Información sobre cultivo de salmón del atlántico en los estados de Maine y Washington.

35. Millanao A.R., C. Barrientos-Schaffeld, C.D. Siegel-Tike, A. Tomova, L. Ivanova, H.P. Godfrey, H.J. Dölz, A.H. Buschmann & F.C. Cabello (2018) Resistencia a los antimicrobianos en Chile y el paradigma de Una Salud: manejando los riesgos para la salud pública humana y animal resultante del uso de antimicrobianos en la acuicultura del salmón y en medicina. Rev. Chilena Infectol. 35(3): 299-303.

36. Burrige L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. Aquaculture 306 (1-4): 7-23.

37. practices and possible environmental effects. Aquaculture 306 (1-4): 7-23.

Sernapesca (2018) Uso de antimicrobianos en la salmonicultura nacional. Disponible en: http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/informe_sobre_uso_de_antimicrobianos_2018_0.pdf

Norwegian Veterinary Institute (2016) Use of Antibiotics in Norwegian Aquaculture. Disponible en: <https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2016/use-of-antibiotics-in-norwegian-aquaculture>

38. Sernapesca (2021) Uso de antimicrobianos en la salmonicultura nacional; Año 2020.

39. Norwegian Veterinary Institute (2016) Use of Antibiotics in Norwegian Aquaculture. Disponible en: <https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2016/use-of-antibiotics-in-norwegian-aquaculture>

40. Burrige L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. Aquaculture 306(1-4): 7-23.

41. RUMA (2018) Targets Task Force: One Year On, November 2018. Disponible en: <https://www.ruma.org.uk/wp-content/uploads/2018/11/RUMA-TTF-1-year-on-Full-Report-FINAL.pdf>

42. Love D.C., J.P. Fry, F. Cabello, C.M. Good & B.T. Lunestad (2020) Veterinary drug use in United States net pen Salmon aquaculture: Implications for drug use policy. Aquaculture 518: 734820.

El tratamiento con antibióticos en la acuicultura se puede realizar a través de baños con medicamentos o con alimentos medicados. Sin embargo, en ambos casos, existe la posibilidad de que estos medicamentos se transfieran al medio ambiente y afecten a la vida salvaje de las aguas circundantes a los centros de cultivo⁴³.

Los potenciales efectos negativos sobre las comunidades microbianas que habitan en las aguas donde se practica salmónica, sumados a una posible afectación de la salud humana debido a la generación de resistencia bacteriana, constituyen las principales preocupaciones respecto del uso de antibióticos en la salmónica. Estas problemáticas serán profundizadas en el segundo capítulo.

4. ANTIPARASITARIOS

En todos los países donde se practica la salmónica se utilizan regularmente antiparasitarios para tratar las infestaciones con piojos de mar, cuyo uso requiere de la prescripción de un veterinario⁴⁴. Estos se pueden aplicar a través de baños o en alimentos medicados⁴⁵.

Los tratamientos de baño se realizan subiendo las redes a una menor profundidad, rodeándolas de una lona y aplicando la concentración recomendada del químico. Los salmónes se mantienen en los baños durante 30 a 60 minutos. Luego del tratamiento se remueve la lona y se permite que el tratamiento químico se disperse a las aguas que rodean las jaulas⁴⁶.

Los alimentos medicados se fabrican añadiendo premezclas concentradas a los pellets, las cuales contienen los ingredientes activos, y cuyas dosis son calculadas a partir de la tasa de consumo de alimento del salmón. Este método de administración es preferible ya que la liberación de químicos hacia las aguas es mucho menor de esta manera, los tratamientos son menos estresantes para los peces y las dosis pueden ser controladas con mayor exactitud. Una desventaja es que los peces enfermos comen menos y podrían no recibir una dosis efectiva completa⁴⁷.

En Chile, los tratamientos para los piojos de mar se han utilizado desde la década de los 90 sin regulaciones en particular⁴⁸. Sin embargo, a partir de 2000 existe un programa voluntario de monitoreo, liderado por la industria del salmón (SalmonChile)⁴⁹, y desde 2007 existe un programa obligatorio establecido por el gobierno⁵⁰.

43. Burrige L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306 (1-4): 7-23.

44. Burrige L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

Quiñones R.A., M. Fuentes, R.M. Montes, D. Soto & J. León-Muñoz (2019) Environmental issues in Chilean salmon farming: a review. *Reviews in Aquaculture* 11: 375-402.

45. Dresdner J., C. Chávez & M. Quiroga (2017) The impact of sea lice treatments on the unit production costs of salmon growth centers: Evidence from Chilean aquaculture. To be presented at the NAAFE 2017, Forum, La Paz, México.

46. Burrige L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23

47. Burrige L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23

48. Roth M. (2000) The availability and used chemotherapeutic sea lice control products. *Contrib. Zool.* 69: 109-118.

49. Zagmutt-Vergara F.J., T.E. Carpenter, T.B. Farver & R.P. Hedrick (2005) Spatial and temporal variations in sea lice (Copepoda: Caligidae) infestations of three salmonid species farmed in net pens in southern Chile. *Dis. Aquat. Org.* 64: 163-173.

50. Sernapesca (2009) Programa sanitario específico de vigilancia y control de caligidosis (PSEVC-Caligidosis). Servicio Nacional de Pesca, Valparaíso, Chile.

Molinet C., M. Cáceres, M.T. González, J. Carvajal, G. Ascencio, M. Díaz, M.T. Castro & J. Codjambassis (2011) Population dynamic of early stages of *Caligus rogercresseyi* in an embayment used for intensive salmon farms in Chilean inland seas. *Aquaculture* 312: 62-71.

En la Tabla 5 se incluye el listado de productos antiparasitarios aprobados para su uso en el control de caligidosis en salmónidos en Chile por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)⁵¹.

TABLA 5. Productos antiparasitarios para el control de caligidosis en salmónidos autorizados para su uso en Chile por el SAG.

NOMBRE COMERCIAL	PRINCIPIO ACTIVO
Paramove	Peróxido de hidrógeno
Purisan	Azametifos
CalFree	Benzoato de emamectina
Betamax	Cipermetrina
AMX	Deltametrina
Deltafav	
Azasure	Diflubenzuron
Imvixa	Lunefurón
Alpha Flux	Hexaflumuron

Más específicamente, a través de una solicitud de acceso de información pública se obtuvieron los antiparasitarios utilizados en los últimos años en la salmonicultura nacional según su principio activo y las cantidades aplicadas (Tabla 6).

TABLA 6. Cantidades (kg) de antiparasitarios utilizados por la salmonicultura nacional en los últimos 5 años, según su principio activo.

AÑO	PRINCIPIO ACTIVO DE ANTIPARASITARIOS UTILIZADOS (KG)							
	Azametifos	Benzoato de emamectina	Cipermetrina	Deltametrina	Diflubenzuron	Lufenurón	Hexaflu- murón	Peróxido de hidrógeno
2015	6.032,2	120,9	121,9	41,4	356,8	31,7	-	-
2016	4.208,8	84,6	40,2	32,3	425	92,3	-	-
2017	4.748,2	52,8	8,2	32,1	-	188,9	62,5	-
2018	6.808,7	44,8	-	42,8	324	267,2	-	195.057,4
2019	8.851,6	110,4	-	53	-	266,6	-	987.164,4
Total	30.649,5	413,5	170,3	201,6	1.105,8	846,7	62,5	1.182.221,8

Los químicos utilizados para el tratamiento de las infestaciones con piojos de mar son subsecuentemente liberados al medio ambiente, lo que constituye una de las principales preocupaciones ambientales de la salmonicultura, ya que pueden afectar a otros organismos acuáticos y sus hábitats⁵². Esta problemática ambiental será profundizada en el segundo capítulo.

51. Productos antiparasitarios para el control de caligidosis en salmónidos con registro del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/medicamentos_registrados_contra_caligidosis.pdf

52. Nash C.E. (2003) Interactions of Atlantic salmon in the Pacific northwest VI. A synopsis of the risk and uncertainty. Fisheries Res. 62: 339-347.

OTROS INPUTS DE LA INDUSTRIA SALMONERA QUE REPRESENTAN UN RIESGO AMBIENTAL

El elevado flujo de nutrientes y materia orgánica hacia el medio marino, así como el uso de plásticos en la industria, son otra fuente de preocupación debido a su potencial de generar efectos negativos en los océanos⁵³.

1. FLUJO DE NUTRIENTES Y MATERIA ORGÁNICA

Existe un constante intercambio de nutrientes y materia orgánica entre las jaulas que contienen a los salmones y el agua que las rodea. Este flujo puede provenir de pellets sin consumir, las fecas y excreciones de los salmones, y de la mortalidad de estos⁵⁴.

En particular, se sabe que aproximadamente entre un 1% y un 40% de los pellets que se administran a los salmones en cultivo no son consumidos, siendo el rango de pellets sin consumir más típico de entre un 5% y un 15%⁵⁵.

Además, este flujo de nutrientes y materia orgánica está relacionado con la densidad de salmones por centro de cultivo, a mayor densidad se administrará una mayor cantidad de alimento, y se producirá una mayor cantidad de excreciones. De forma similar, aquellas zonas geográficas donde haya una mayor concentración de centros de cultivo presentarán un mayor aumento en los nutrientes y materia orgánica presentes en sus aguas.

2. USO DE PLÁSTICOS EN LA INDUSTRIA SALMONERA

Actualmente, la contaminación por plásticos es una de las grandes problemáticas ambientales a nivel global. Es conocido que las redes abandonadas de actividades pesqueras y acuícolas contribuyen de gran forma a este problema⁵⁶.

Este plástico que se encuentra a la deriva en los océanos termina degradándose a microplásticos y tiene el potencial de afectar no solo a especies de mayor tamaño, sino que también a las comunidades microbianas que se encuentran en la columna de agua y en los sedimentos.

53. Edwards P. (2015) Aquaculture environment interactions: Past, present and likely future trends. *Aquaculture* 447: 2-14.

Quiñones R.A., M. Fuentes, R.M. Montes, D. Soto, & J. León-Muñoz (2019) Environmental issues in Chilean salmon farming: A review. *Reviews in Aquaculture* 11:375-402.

54. Burrige L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

Nimptsch J., S. Woelfl, S. Osorio, J. Valenzuela, P. Ebersbach, W. von Tuempling, et al (2015) Tracing dissolved organic matter (DOM) from land-based aquaculture systems in North Patagonian streams. *Science of the Total Environment* 537: 129-138.

55. Piedecausa M.A., F. Aguado-Giménez, B. García-García, & T. Telfer (2020) Total ammonia nitrogen leaching from feed pellets used in salmon aquaculture, *Journal of Applied Ichthyology* 26(1): 16-20.

56. FAO (2017) Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge of their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety.



IMPACTOS AMBIENTALES Y SANITARIOS DEL USO DE PRODUCTOS QUÍMICOS Y MEDICAMENTOS EN LA SALMONICULTURA NACIONAL

INTRODUCCIÓN

Para el cultivo de salmones se utilizan jaulas flotantes que contienen a los peces y que están abiertas al ambiente marino. Estas jaulas permiten el intercambio libre de nutrientes, enfermedades y químicos con las aguas que las rodean⁵⁷.

Así, esta actividad productiva tiene un potencial significativo de afectar las aguas locales donde se realiza, y la fauna marina presente en ellas⁵⁸.

Como se revisó en el Capítulo 1, los principales productos químicos y medicamentos utilizados en la salmonicultura que pueden tener consecuencias negativas sobre el medio ambiente o la salud humana, son los desinfectantes, los antiincrustantes, los antibióticos y los antiparasitarios. Esto, debido a sus métodos de administración, que permiten que se dispersen en el ambiente que rodea a los centros de cultivo.

Al respecto, se ha identificado que el uso de antibióticos y antiparasitarios para el cultivo de salmones es una preocupación no solo ambiental, sino que también sanitaria. Tanto las bacterias que afectan a los salmones, como el parásito *Caligus*, pueden generar resistencia a los productos utilizados para su control, es decir, a los antibióticos y antiparasitarios respectivamente⁵⁹.

Además, ambos productos, así como los antiincrustantes y los desinfectantes, pueden dañar la fauna marina local, al dispersarse en la columna de agua y/o acumularse en los sedimentos bajo las jaulas, alterando las tramas tróficas y generando pérdidas de biodiversidad⁶⁰.

En este capítulo se identificarán los principales riesgos y preocupaciones asociados al uso de estos productos químicos y medicamentos en la salmonicultura que se lleva a cabo en el sur de Chile.

57. Burrige L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

58. Tett P. (2008) Fish farm waste in ecosystem. In: Holmer M., Black K., Duarte C.M., Marbà N., Karakassis, editors. *Aquaculture in the ecosystem*. Springer p.1-46.

59. Quiñones R., M. Fuentes, R.M. Montes, D. Soto & J. León-Muñoz (2019) Environmental issues in Chilean salmon farming a review. *Reviews in aquaculture* 11: 375-402.

60. Buschamnn A.H. & A. Fortt (2005) Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. *Ambiente y Desarrollo* 20: 58-64.

Tett P. (2008) Fish farm waste in ecosystem. In: Holmer M., Black K., Duarte C.M., Marbà N., Karakassis, editors. *Aquaculture in the ecosystem*. Springer p.1-46.

POTENCIALES IMPACTOS DEL USO DE PRODUCTOS QUÍMICOS EN LA SALMONICULTURA NACIONAL

1. DESINFECTANTES

En Chile se ha identificado que se utilizan por lo menos 30 productos desinfectantes representativos a nivel industria, los que se pueden agrupar de acuerdo a su ingrediente activo en las siguientes categorías⁶¹:

- Glutaraldehídos/amonio cuaternario
- Dióxido de cloro ClO₂
- Ortoftaldehído
- Ácido peracético
- Yodados
- Peróxidos

A pesar de que los desinfectantes utilizados en la salmonicultura tienen el potencial de dispersarse al medio ambiente, no existen estudios específicos que se refieran a sus impactos en la Patagonia chilena ni mayor bibliografía respecto a los impactos de estos productos⁶².

Una de las pocas publicaciones que se refiere al respecto, Burridge et al, (2008), señala que algunos desinfectantes contienen surfactantes que son disruptores endocrinos, los que pueden afectar al salmón y otros organismos marinos⁶³.

Por otro lado, en Chile no existe información pública sobre los desinfectantes utilizados en salmonicultura y sus cantidades, dificultando el análisis de los riesgos que el uso de estos productos representa para los salmones en cultivo y para otros organismos marinos⁶⁴.

2. ANTIINCRUSTANTES

En salmonicultura, la medida de control de incrustantes más ampliamente utilizada son las pinturas antiincrustantes⁶⁵. En Chile, existen 20 marcas de pinturas de este tipo registradas, de las cuales un 80% tiene como compuesto biocida exclusivamente al cobre y un 15% utiliza zinc, mientras que un 5% tiene biocidas orgánicos⁶⁶.

61. ADL Diagnostic Chile (2013) Documento complementario a Informe Técnico de avance de fecha 13.09.2013 "Evaluación y caracterización de la eficacia de desinfectantes y procedimientos de limpieza y desinfección para mejorar la bioseguridad y sustentabilidad de la industria del salmón"

62. Quiñones R., M. Fuentes, R.M. Montes, D. Soto & J. León-Muñoz (2019) Environmental issues in Chilean salmon farming a review. *Reviews in aquaculture* 11: 375-402.

63. Burridge L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

64. Burridge L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

65. Yebra D.M., S.Kiil & K.Dam-Johansen (2004) Antifouling technology – past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. *Prog Org Coat* 50:75-104.

De Nys R, & J. Guenther (2009) The impact and control of biofouling in marine finfish aquaculture. In: Hellio C., D. Yebra, editors. *Advances in marine antifouling coatings and technologies*. Cambridge (UK): Woodhead Publishing Ltd. p. 177-221.

Dürr S. & D.I. Watson (2010) Biofouling and antifouling in aquaculture. En: Dürr S., J.C. Thomason, editors. *Biofouling*. Oxford (UK): Wiley-Blackwell. p. 267-287.

66. FOP (2012) Determinación y evaluación de los componentes presentes en Pinturas anti-incrustantes utilizadas en la acuicultura, sus efectos y acumulación en sedimentos marinos de la décima Región de Los Lagos.

Al respecto, una de las principales preocupaciones ambientales es la acumulación de cobre y zinc en los sedimentos cercanos a los centros de cultivo, ya que pueden persistir y ser letales para la biota acuática⁶⁷.

Cabe mencionar que la toxicidad del cobre depositado es difícil de evaluar ya que depende de la interacción con el ambiente, donde el carbono orgánico y los sulfuros pueden reducir su reactividad⁶⁸.

i. Efectos sobre las algas

Dentro de los grupos más sensibles al cobre se encuentran las algas. Se ha observado que altas concentraciones de cobre pueden provocar en una disminución en la tasa de división celular y reducción en los niveles de clorofila de las diatomeas, que son unas microalgas muy comunes en el fitoplancton⁶⁹.

Similarmente, el cobre puede ser tóxico para las fases pelágicas en desarrollo de macroalgas, afectando la producción y el crecimiento de esporófitos y el crecimiento del tubo germinal en etapas microscópicas del huero flotador *Macrocystis pyrifera*⁷⁰, así como el desarrollo de esporas del huero *Lessonia nigrescens*⁷¹. Por su parte, se han documentado efectos del zinc sobre la tasa de división celular de la diatomea *Nitzschia closterium*⁷².

ii. Efectos sobre las comunidades microbianas

Se ha registrado que, en sedimentos enriquecidos con cobre en las cercanías a los centros de cultivo de salmones en el sur de Chile, se genera una reducción en la biodiversidad microbiana⁷³.

Asimismo, los microorganismos simbióticos que habitan en las esponjas marinas son altamente sensibles a la exposición con cobre, registrándose disminuciones en las especies dominantes a concentraciones de cobre superiores a 1,7 µg/L⁷⁴.

iii. Efectos sobre crustáceos

En invertebrados marinos, se han observado efectos en la reproducción, esperanza de vida y otros parámetros demográficos en los crustáceos copépodos⁷⁵.

67. Quiñones R., M. Fuentes, R.M. Montes, D. Soto & J. León-Muñoz (2019) Environmental issues in Chilean salmon farming a review. Reviews in aquaculture 11: 375-402.

68. Burrige L., J. Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. Aquaculture 306(1-4): 7-23.

69. Rijstenbil, J.W., J.W. Derksen, L.J. Gerringa, T.C. Poortvliet, A. Sandee, M. van den Berg, J. van Drie & J.A. Wijnholds (1994) Oxidative stress induced by copper: defense and damage in the marine planktonic diatom *Ditylum brightwellii*, grown in continuous cultures with high and low zinc levels. Mar. Biol. 119: 583-590.

Franklin, N.M., J. Stauber & R. Lim (2001) Development of flow cytometry-based algal bioassays for assessing toxicity of copper in natural waters. Environ. Toxicol. Chem. 20: 160-170.

70. Martin M., A.R. Coulon, S.L. Turpen, J.W. Hunt & B.S. Anderson (1990) Copper toxicity to microscopic stages of giant kelp, *Macrocystis pyrifera*: Interpopulation comparisons and temporal variability. Mar. Ecol. Prog. Ser. 68: 147-156.

71. Contreras L., M.H. Medina, S. Andrade, V. Opplinger & J.A. Correa (2007) Effects of copper on early developmental stages of *Lessonia nigrescens* Bory (Phaeophyceae). Environ. Poll. 145: 75-83.

72. Stauber J.L. & T. M. Florence (1990) Mechanism of toxicity of zinc to the marine diatom *Nitzschia closterium*. Mar. Biol. 105: 519-524.

73. Buschmann A.H. & A. Fortt (2005) Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. Ambiente y Desarrollo 20: 58-64.

74. Webster N.S., R. Webb, M.J. Ridd, R.T. Hill & A.P. Negri (2001) The effects of copper on the microbial community of a coral reef sponge. Environ. Microbiol. 3:19-29.

75. Burrige L., J. Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. Aquaculture 306(1-4): 7-23.

Similarmente, se ha registrado que concentraciones de cobre de 3,7 µg/L pueden afectar el peso, la sobrevivencia y la biomasa del anfípodo *Allorchestes compressa*⁷⁶.

Con respecto a los efectos del zinc, en un experimento realizado por Ahsanullah y Williams (1991) se registró que el anfípodo *Allorchestes compressa*, al exponerse a concentraciones de zinc de 99 µg/L, disminuye su peso, supervivencia y biomasa⁷⁷.

Por su parte, Santos *et al.* (2000) examinaron los efectos de la exposición crónica de zinc en larvas del camarón *Farfantepenaeus paulensis* obteniendo que se disminuía el crecimiento de esta especie⁷⁸.

iv. Efectos sobre moluscos

Concentraciones de cobre de 12 µg/L producen disminuciones en los porcentajes de desarrollo embrionario normal en embriones de la ostra *Crassostrea gigas*⁷⁹.

v. Efectos sobre peces

Ciertas concentraciones de cobre pueden afectar la velocidad de nado, las mudas, el desarrollo embrionario, la germinación, el crecimiento y la actividad enzimática de peces, así como los filamentos de sus branquias⁸⁰.

3. ANTIBIÓTICOS

Actualmente en la salmonicultura nacional los antibióticos utilizados son: florfenicol, oxitetraciclina y eritromicina. Es importante mencionar que Chile, en 2017, utilizó aproximadamente 1.400 veces más gramos de antibióticos por tonelada de salmón producida que en Noruega, el principal país productor de salmones⁸¹.

Al respecto, existe amplia literatura que se refiere a los riesgos del elevado uso de antibióticos en la salmonicultura, siendo los principales problemas: (i) Generación de resistencia bacteriana; (ii) Persistencia de los antibióticos en los sedimentos; (iii) Efectos en el fito- y zooplancton; (iv) Riesgos para la seguridad alimentaria y (v) Efectos en la salud de los trabajadores de centros asociados al cultivo de salmón.

i. Generación de resistencia bacteriana

Una de las principales preocupaciones sobre el elevado uso de antibióticos en la salmonicultura es que las bacterias

76. Ahsanullah M. & A.R.Williams (1991) Sublethal effects and bioaccumulation of cadmium, chromium, copper, and zinc in the marine amphipod *Allorchestes compressa*. Mar. Biol. 108: 59-65.

77. Ahsanullah M. & A.R.Williams (1991) Sublethal effects and bioaccumulation of cadmium, chromium, copper, and zinc in the marine amphipod *Allorchestes compressa*. Mar. Biol. 108: 59-65.

78. Santos M. H., T. da Cunha & A. Bianchini. (2000) Effects of copper and zinc on growth, feeding and oxygen consumption of *Farfantepenaeus paulensis* postlarvae (Decapoda: Penaeidae). J. Exper. Mar. Biol. Ecol. 247: 233-242.

79. Coglianese M.P. & M. Martin (1981) Individual and interactive effects of environmental stress on the embryonic development of the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. I: The toxicity of copper and silver. Mar. Environ. Res. 5: 13-27.

80. Burridge L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. Aquaculture 306(1-4): 7-23.

Quiñones R., M. Fuentes, R.M. Montes, D. Soto & J. León-Muñoz (2019) Environmental issues in Chilean salmon farming a review. Reviews in aquaculture 11: 375-402.

81. Sernapesca (2018) Uso de antimicrobianos en la salmonicultura nacional. Disponible en: http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/informe_sobre_uso_de_antimicrobianos_2018_0.pdf

Norwegian Veterinary Institute (2016) Use of Antibiotics in Norwegian Aquaculture. Disponible en: <https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2016/use-of-antibiotics-in-norwegian-aquaculture>

pueden desarrollar resistencia a estos medicamentos⁸². La resistencia bacteriana o antimicrobiana es la capacidad que tienen las bacterias para soportar los efectos de los antibióticos destinados a eliminarlas o controlarlas⁸³.

Asimismo, pueden transferir los genes que codifican para esta resistencia a otras bacterias, incluyendo a patógenos de humanos⁸⁴. Así, la generación de resistencia antimicrobiana en la acuicultura representa un riesgo para la salud pública⁸⁵.

Si bien, el principal antibiótico utilizado en la salmonicultura nacional actualmente, el florfenicol, no es utilizado en humanos, existe evidencia de que los genes que confieren resistencia a este antibiótico pueden transmitir resistencia cruzada a un antibiótico utilizado en humanos, el cloranfenicol⁸⁶.

Además, se ha demostrado que las bacterias resistentes a antibióticos del ambiente marino contienen los genes de resistencia a antimicrobianos en elementos móviles como el plásmido e integrones, y así pueden transferir estas estructuras genéticas y sus genes de resistencia a otras bacterias⁸⁷.

Un estudio reciente evidenció el potencial de dispersión de la resistencia bacteriana adquirida por las bacterias intestinales de los salmones, al registrar bacterias multirresistentes en las heces de estos peces. Estas heces se liberan constantemente al entorno que rodea los centros de cultivo, enriqueciéndolo con elementos genéticos que codifican para esta resistencia, creando una situación ideal para que ocurran intercambios genéticos entre diferentes poblaciones de bacterias⁸⁸.

82. Miranda C.D. & R. Zemelman (2002) Bacterial resistance to oxytetracycline in Chilean salmon farming. *Aquaculture* 212: 31-47.

Miranda C.D. & R. Zemelman (2002) Antimicrobial multiresistance in bacteria isolated from freshwater Chilean salmon farms. *Science of the total Environment* 293:207-218.

83. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/antimicrobial-resistance/es/>

84. BurrIDGE L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

Romero J., C.G. Feijoo & P. Navarrete (2012) Antibiotics in aquaculture – uses abuse and alternatives. *Health and Environment in Aquaculture* (6): 159-198.

Cabello F.C. (2003) Antibiotics and aquaculture. An analysis of their potential impact upon the environment, human and animal health in Chile. *Fundación Terram. Análisis de Políticas Públicas* No. 17, pp. 1-16.

Tomova A., L. Ivanova, A.H. Buschmann, M.L. Rioseco, R.K. Kalsi, H.P. Godfrey et al. (2015) Antimicrobial resistance genes in marine bacteria and human uropathogenic *Escherichia coli* from a region of intensive aquaculture. *Environmental Microbiology Reports* 7 (5): 803-809.

Cabello F.C. (2004) Antibiotics and aquaculture in Chile: implications for human and animal health. *Rev. Med. Chile* 132:1001-1006.

Millanao A. M. Barrientos, C. Gómez, A. Tomova, A. Buschmann, H. Dölz & F. Cabello (2011) Uso inadecuado y excesivo de antibióticos: Salud pública y salmonicultura en Chile. *Rev. Med. Chile* 139: 107-118.

Cabello F.C., H.P. Godfrey, A. Tomova, L. Ivanova, H. Dölz, A. Millanao et al. (2013) Antimicrobial use in aquaculture re-examined: Its relevance to antimicrobial resistance and to animal and human health. *Environmental Microbiology* 15: 1917-1942.

85. Millanao A., C. Barrientos-Schaffeld, C.D. Siegel-Tike, A. Tomova, L. Ivanova, H. Godfrey, H. Dölz, A. Buschmann & F. Cabello (2018) Antimicrobial resistance in Chile and the One Health paradigm: dealing with threats to human and veterinary health resulting from antimicrobial use in salmon aquaculture and the clinic. *Revista Chilena de Infectología* 35(3): 299-308.

86. Bolton L.F., L.C. Kelley, M.D. Lee, P.J. Fedorka-Cray & J.J. Maurer (1999) Detection of Multidrug-Resistant *Salmonella enterica* Serotype typhimurium DT104 Based on a Gene Which Confers Cross-Resistance to Florfenicol and Chloramphenicol. *J Clin Microbiol* 37(5): 1348-1351.

Cloekaert A., K. Sidi Boumedine, G. Flaujac, H. Imberechts, I. D'Hooge & E. Chaslus-Dancia (2000) Occurrence of a *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium DT104-Like Antibiotic Resistance Gene Cluster Including the floR Gene in *S. enterica* Serovar Agona. *Antimicrob Agents Chemoter* 44(5): 1359-361.

87. Buschmann A.H., A. Tomova, A. López, M.A. Maldonado, L.A. Henríquez, L. Ivanova, et al. (2012) Salmon aquaculture and antimicrobial resistance in the marine environment. *PLoS One* 7(8): e42724.

Aedo S., L. Ivanova, A. Tomova & F. Cabello (2014) Plasmid-related quinolone resistance determinants in epidemic *Vibrio parahaemolyticus*, uropathogenic *Escherichia coli*, and marine bacteria from an aquaculture area in Chile. *Microb Ecol* 2014; 68: 324-8.

Tomova A., L. Ivanova, A.H. Buschmann, M.L. Rioseco, R.K. Kalsi, H.P. Godfrey, et al. (2015) Antimicrobial resistance genes in marine bacteria and human uropathogenic *Escherichia coli* from a region of intensive aquaculture. *Environ Microbiol Rep* 2015; 7: 803-9..

Tomova A., L. Ivanova, A.H. Buschmann, H.P. Godfrey & F.C. Cabello (2018) Plasmid-mediated quinolone resistance (PMQR) genes and class 1 integrons in quinolone-resistant marine bacteria and clinical isolates of *Escherichia coli* from an aquacultural area. *Microb Ecol* 2018; 75: 104-112.

88. Higuera-Llantén S., F. Vásquez-Ponce, B. Barrientos-Espinoza, F.O. Mardones, S.H. Marshall & J.O. Pacheco (2018) extended antibiotic treatment in salmon farms select multiresistant gut bacteria with high prevalence of antibiotic resistance genes. *PLoS ONE* 13(9): e0203641.

ii. Persistencia de los antibióticos en los sedimentos

Los antibióticos en la salmicultura usualmente se administran a través de alimentos medicados. Aquellos alimentos que no son consumidos se dispersan en las aguas que rodean los centros de cultivo.

Así, entre aproximadamente un 70 y un 80% de los antibióticos administrados a los salmones en cultivo son excretados hacia las aguas⁸⁹. Esta dispersión también puede ocurrir por el flujo de las heces de los salmones hacia las aguas locales.

Muchos de los antibióticos utilizados en el cultivo de salmones son compuestos estables, que no se fragmentan en el cuerpo de los peces, sino que permanecen activos luego de ser excretados⁹⁰.

La acumulación de antibióticos en los sedimentos, así como su persistencia, contribuye a la generación de resistencia bacteriana, alterando la composición de especies presentes en estos y la funcionalidad biogeoquímica de los sedimentos⁹¹.

iii. Efectos en el fito y zooplancton

Debido a su toxicidad, los antibióticos también afectan la composición de fito y zooplancton, lo que a su vez podría afectar la diversidad de animales mayores, como peces, mamíferos marinos y los seres humanos⁹².

Esto, ya que la diversidad de microorganismos marinos es esencial no solo para la salud de los hábitats marinos, sino que para toda la ecósfera⁹³.

89. FAO (2012) Improving biosecurity through prudent and responsible use of veterinary medicines in aquatic food production. Fisheries and Aquaculture Technical Report No 547 FAO Rome 226.

90. Burrige L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

91. Shah S.Q.A., F.C. Cabello, T.M. L'Abée-Lund, A. Tomova, H.P. Godfrey, A.H. Buschmann et al. (2014) Antimicrobial resistance and antimicrobial resistance genes in marine bacteria from salmon aquaculture and non- aquaculture sites. *Environmental Microbiology* 16 (5): 1310-1320.

Cabello F.C. (2003) Antibiotics and aquaculture. An analysis of their potential impact upon the environment, human and animal health in Chile. Fundación Terram. (HUwww.terram.cl/indexUH). Analisis de Politicas Publicas No. 17, pp. 1-16.

Sørum, H. (2000) Farming of Atlantic salmon – an experience from Norway. *Acta Vet. Scand. Suppl* 93: 129-134.

Pillay, T.V.R. (2004) *Aquaculture and the Environment*. 2nd Edition. United Kingdom: Blackwell Publishing Ltd.

Davenport J., K. Back, G. Burnell, T. Cross, S. Culloty, S. Ekaratne, B. Furness, M. Mulcahy & H. Thetmeyer (2003) *Aquaculture. The Ecological Issues*. Berlin, Germany: Blackwell Science Ltd.

Black K.D. (2001) *Environmental Impacts of Aquaculture*. United Kingdom: Sheffield Academic Press.

Hansen P.K., B.T. Lunestad & O.B. Samuelsen (1992) Effects of oxytetracycline, oxolinic acid, and flumequine on bacteria in an artificial fish farm sediment. *Can J Microbiol* 39: 1307-1312.

Burka J.G., K.L. Hammell, T.E. Horsberg, G.R. Johnson, D.J. Rainnie & D.J. Speare (1997) Drugs in salmonid aquaculture - A Review. *J. Vet. Pharmacol. Therap.* 20: 333-349.

Huys, G., G. Rhodes, P. McGann, R. Denys, R. Pickup & M. Hiney (2000) Characterization of oxytetracycline-resistant heterotrophic bacteria originating from hospital and freshwater fishfarm environments in England and Ireland. *Syst. Appl. Microbiol.* 23: 599-606.

Kerry J., R. Coyne, D. Gilroy, M. Hiney & P. Smith (1996) Spatial distribution of oxytetracycline and elevated frequencies of oxytetracycline resistance in sediments beneath a marine salmon farm following oxytetracycline therapy. *Aquaculture* 145: 31-39.

Costanzo S.D., J. Murby & J. Bates (2005) Ecosystem response to antibiotics entering the aquatic environment. *Marine Pollution Bulletin* 51 (1-4): 218-223.

Tamminen M., A. Karkman, A. Lohmus, W.I. Muziasari, H. Takasu, S. Wada, et al. (2011) Tetracycline resistance genes persist at aquaculture farms in the absence of selection pressure. *Environmental Science & Technology* 45 (2): 386-391.

92. Boxall A.B., L.A. Fogg, P.A. Blackwell, P. Kay, E.J. Pemberton & A. Croxford (2004) Veterinary medicines in the environment. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 180: 1-91.

Holten Lützhøft H.C., B. Halling-Sørensen & S.E. Jørgensen (1999) Algal toxicity of antibacterial agents applied in Danish fish farming. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 36: 1-6.

Christensen A.M., f. Ingersley & A. Baun (2006) Ecotoxicity of mixtures of antibiotics use in aquacultures. *Environ. Toxicol. Chem.* 25: 2208-2215.

93. Hunter-Cevera J., D. Karl & M. Buckley (2005) Marine microbial diversity: The key to earth's habitability. (A report from The American Academy of Microbiology) Colloquium held April 8-10, 2005, San Francisco, CA, USA: Marine Microbial Diversity. Collier, R.J. et al. (eds.). Washington, DC: American Academy of Microbiology, pp. 1-22.

Burrige L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

iv. Riesgos para la seguridad alimentaria

Los antibióticos que se dispersan desde los centros de cultivo hacia las aguas que los rodean pueden entrar a las tramas tróficas presentes en ellas⁹⁴.

Se han encontrado residuos de dos antibióticos utilizados en salmicultura, tetraciclinas y quinolonas, en la carne de dos especies de peces salvajes consumidos por humanos: el róbalo (*Scorpaena hystrio*) y la cabrilla (*Eleginops maclovinus*) cerca de centros de cultivo de salmón en la región de Los Lagos⁹⁵.

Así, la salud humana se puede ver afectada por la contaminación con residuos de antimicrobianos de peces silvestres de consumo humano. Los residuos de antibióticos pueden seleccionar bacterias resistentes en la carne de los peces silvestres o en productos acuícolas y estimular la transferencia horizontal de los genes de resistencia a antimicrobianos⁹⁶.

v. Efectos en la salud de los trabajadores de centros asociados al cultivo de salmón

El uso de altas cantidades de antibióticos puede afectar la salud de los trabajadores empleados en los centros de producción de los pellets que consumen los salmones y a aquellos de los centros de cultivo propiamente tal.

Lo anterior puede ocurrir como resultado de la inhalación, ingestión o contacto con partículas de polvo que contienen antibióticos, las que se desprenden durante el proceso de fabricación y distribución del alimento de los salmones⁹⁷.

Como consecuencia, se puede alterar la flora normal de los trabajadores y así seleccionar bacterias resistentes a los antibióticos. También, potencialmente se pueden generar problemas de alergia y toxicidad⁹⁸.

4. ANTIPARASITARIOS

Para tratar las infestaciones con piojos de mar se utilizan antiparasitarios, que subsecuentemente se liberan al medio ambiente donde pueden afectar a otros organismos y sus hábitats, estando documentado su efecto en distintas especies no-objetivo.

Esto a su vez, puede tener consecuencias a nivel ecosistémico, especialmente porque se ha documentado que afectan también a las comunidades microbianas y al desarrollo larval de ciertas especies. Cabe recordar que las comuni-

94. Cabello F.C. (2004) Antibiotics and aquaculture in Chile: implications for human and animal health. Rev. Med. Chile 132:1001-1006.

95. Fortt A.Z, F.C. Cabello & A.H. Buschmann (2007) Residuos de tetraciclina y quinolonas en peces silvestres en una zona costera donde se desarrolla la acuicultura del salmón en Chile. Rev Chilena Infectol 24: 14-8.

96. Millanao A., C. Barrientos-Schaffeld, C.D. Siegel-Tike, A. Tomova, L. Ivanova, H. Godfrey, H. Dölz, A. Buschmann & F. Cabello (2018) Antimicrobial resistance in Chile and the One Health paradigm: dealing with threats to human and veterinary health resulting from antimicrobial use in salmon aquaculture and the clinic. Revista Chilena de Infectología 35(3): 299-308.

Cabello F.C., H.P. Godfrey, A.H. Buschmann & H.J. Dölz (2016) Aquaculture as yet another environmental gateway to the development and Globalization of antimicrobial resistance. Lancet Infect Dis 16 (7): e127-e133.

Fortt A.Z, F.C. Cabello & A.H. Buschmann (2007) Residuos de tetraciclina y quinolonas en peces silvestres en una zona costera donde se desarrolla la acuicultura del salmón en Chile. Rev Chilena Infectol 24: 14-8.

Brinkac L, A. Voorhies, A. Gómez & K.E. Nelson (2017) The threat of antimicrobial resistance on the human microbiome. Microb Ecol 74: 1001-8.

97. Cabello F.C. (2003) Antibiotics and aquaculture. An analysis of their potential impact upon the environment, human and animal health in Chile. Fundación Terram. Análisis de Políticas Públicas No. 17, pp. 1-16.

Cabello F.C. (2004) Antibiotics and aquaculture in Chile: implications for human and animal health. Rev. Med. Chile 132:1001-1006

98. Cabello F.C. (2003) Antibiotics and aquaculture. An analysis of their potential impact upon the environment, human and animal health in Chile. Fundación Terram. Análisis de Políticas Públicas No. 17, pp. 1-16.

Cabello F.C. (2004) Antibiotics and aquaculture in Chile: implications for human and animal health. Rev. Med. Chile 132:1001-1006.

Salysers A.A., A. Gupta & Y. Wang (2004) Human intestinal bacteria as reservoirs for antibiotic resistance genes. Trends Microbiol. 12: 412-416,

Anderson J.A. (1992) Allergic reactions to drugs and biological agents. J. Am. Med. Assoc. 268: 2844-2857.

dades microbianas influyen en los ciclos de los nutrientes y controlan la materia orgánica, desempeñando así un gran rol a nivel ecosistémico

En Chile actualmente se utilizan los siguientes antiparasitarios: peróxido de hidrógeno, azametifos, benzoato de emamectina, deltametrina y lufenurón.

Se ha documentado que estos productos químicos pueden tener efectos toxicológicos en la fauna circundante⁹⁹. Además, al igual que ocurre con los antimicrobianos, su elevado e intensivo uso puede generar resistencia a ellos.

i. Efectos sobre invertebrados marinos

Los baños químicos con antiparasitarios resultan en la liberación de cantidades significativas de material tóxico que pueden afectar a invertebrados marinos, particularmente en sus fases larvales de desarrollo¹⁰⁰. Por ejemplo, se ha registrado que las larvas de crustáceos como langostas, camarones y cangrejos son especialmente sensibles a la cipermetrina¹⁰¹.

Similarmente, el estudio de Gebauer *et al.* (2017) concluyó que el uso de cipermetrina, deltametrina, azametifos y peróxido de hidrógeno afecta negativamente el desempeño de la larva de la jaiba marmola *Metacarcinus edwardsii*, un importante recurso para las pesquerías artesanales¹⁰².

A su vez, la deltametrina es altamente tóxica para artrópodos¹⁰³, incluyendo aquellos que son parte del zooplancton, lo que tendría consecuencias tróficas al reducir la presión de forrajeo sobre el fitoplancton y poblaciones bacterianas¹⁰⁴.

Por su parte, se ha observado que el benzoato de emamectina puede reducir la producción de huevos en el copépodo marino adulto *Acartia clauii*¹⁰⁵.

Los azametifos tienen actividad neurotóxica, actuando como un inhibidor de acetilcolinesterasa. En un experimento, bajo condiciones de laboratorio, los azametifos demostraron ser tóxicos para langostas y camarones, pero no para los bivalvos testeados (almejas y ostiones)¹⁰⁶.

Similarmente, se ha registrado que tanto los azametifos como el benzoato de emamectina y la deltametrina tienen efectos sobre el desarrollo larval del erizo *Sphaerechinus granularis*, generando una tasa de retraso y malformaciones en ellas¹⁰⁷.

99. Boxshall G.A. & S. Bravo (2000) On the identity of the common Caligus (Copepoda: Siphonostomatoida: Caligidae) from salmonid net pen systems in southern Chile. *Contrib. Zool.* 69: 137-146.

100. FAO (2006) Food and Agriculture Organization – the state of the world fisheries and aquaculture. Fisheries Technical Paper No 500 Rome FAO 2006.

101. Burrige L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

102. Gebauer P, K. Paschke, C. Vera, J.E. Toro, M. Pardo & M. Urbina (2017) Lethal and sub-lethal effects of commonly used anti sea lice formulations on non-target crab *Metacarcinus edwardsii* larvae. *Chemosphere* 185: 1019–1029.

103. Knapp C.W., T. Caquet, M.L. Hanson, L. Lagadic & D.W. Graham (2005) Response of water column microbial communities to sudden exposure to deltamethrin in aquatic mesocosms. *FEMS Microbiol. Ecol.* 54, 157–165.

Tett P. (2008) Fish farm waste in ecosystem. In: Holmer M., Black K., Duarte C.M., Marbà N., Karakassis, editors. *Aquaculture in the ecosystem*. Springer p.1-46.

104. Quiñones R., M. Fuentes, R.M. Montes, D. Soto & J. León-Muñoz (2019) Environmental issues in Chilean salmon farming a review. *Reviews in aquaculture* 11: 375-402.

105. Willis, K. J. & N. Ling (2003) Toxicity of emamectin benzoate, an aquaculture pesticide, to planktonic marine copepods. *Aquaculture* 221: 289-297.

106. Haya K., L.E. Burrige & B.D. Chang (2001) Environmental impact of chemical waste produced by the salmon aquaculture industry. *ICES Journal of Marine Science* 58: 492-496

107. Fernández C. (julio, 2020) La huella química de la acuicultura. *La Hora Acuicola*. Ciclo de Charlas del Centro Interdisciplinario para la Investigación Acuicola (INCAR).

ii. Efectos sobre peces

Se ha reportado que la deltametrina causa daño a la branquias y estrés oxidativo, así como daños al hígado y riñones del pez *Clarias gariepinus*¹⁰⁸.

iii. Efectos sobre microorganismos

Se ha estudiado el impacto de los pesticidas azametifos, deltametrina y benzoato de emamectina, sobre el proceso de absorción de carbono. Los resultados de este estudio indicaron efectos significativos cuando se aplicaron tratamientos con un único pesticida, pero no cuando se realizaron tratamientos con combinaciones de pesticidas¹⁰⁹.

Además, se han registrado respuestas variables de la comunidad microbiana a la presencia de azametifos, pudiendo aumentar su consumo de nitrógeno. A pesar de que la comunidad microbiana no responde siempre de la misma manera a la presencia de pesticidas, esta siempre presenta una respuesta¹¹⁰.

iv. Efectos sobre mamíferos

Los piretroides, como la cipermetrina y deltametrina, son altamente tóxicos. Estudios recientes sugieren que son carcinogénicos, neurotóxicos, inmunosupresivos y que potencialmente son tóxicos para la reproducción en mamíferos¹¹¹.

v. Resistencia a los antiparasitarios

Por otro lado, se ha observado resistencia a los productos utilizados en Chile, lo que se ha atribuido al uso de productos similares por al menos 16 años seguidos¹¹². Además, esto se puede atribuir a que, en algunos casos, el uso de pesticidas en la salmonicultura es intensivo, y estos se emplean tanto para tratar como para prevenir enfermedades¹¹³.

Considerando que las infestaciones con piojos de mar son una de las principales dificultades asociadas al cultivo de salmones, se hace relevante que los antiparasitarios utilizados se administren con precaución.

POTENCIALES IMPACTOS DE OTROS INPUTS DE LA INDUSTRIA SALMONERA AL MEDIO MARINO

1. FLUJO DE NUTRIENTES Y MATERIA ORGÁNICA

En primer lugar, cabe mencionar que el exceso de nutrientes y materia orgánica proveniente de fuentes antropogénicas en las aguas marinas puede generar lo que se conoce como zonas de hipoxia, es decir, zonas de escaso oxígeno. En

108. Amin K.A. & K.S. Hashem (2012) Deltamethrin-induced oxidative stress and biochemical changes in tissues and blood of catfish (*Clarias gariepinus*): antioxidant defense and role of alpha-tocopherol. *BMC Vet. Res.* 8: 45-52.

109. Rain-Franco A., C. Rojas & C. Fernández (2018) Potential effect of pesticides currently used in salmon farming on photo and chemoautotrophic carbon uptake in central – southern Chile. *Aquaculture* 486: 271-284.

110. Fernández C. (julio, 2020) La huella química de la acuicultura. *La Hora Acuicola*. Ciclo de Charlas del Centro Interdisciplinario para la Investigación Acuicola (INCAR).

Gárce D.V., M.E. Fuentes & R.A. Quiñones (2020) Effect of azamethiphos on enzymatic activity and metabolic fingerprints of marine microbial communities from the water column. *Aquaculture* 735650.

111. Jin Y., J. Liu, L. Wang, R. Chen, C. Zhou, Y. Yang, W. Liu & Z. Fu (2012) Permethrin exposure during puberty has the potential to enantioselectively induce reproductive toxicity in mice. *Environment International* 42: 144-151.

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

112. Bravo S. (2012) Environmental impacts and management of veterinary medicines in aquaculture: the case of salmon aquaculture in Chile. In M.G. Bondad-Reantaso, J.R. Arthur & R.P. Subasinghe, eds. *Improving biosecurity through prudent and responsible use of veterinary medicines in aquatic food production*, pp. 11-24. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 547. Rome, FAO. 207 pp.

113. Fernández C. (julio, 2020) La huella química de la acuicultura. *La Hora Acuicola*. Ciclo de Charlas del Centro Interdisciplinario para la Investigación Acuicola (INCAR).

Chile, estas zonas ocurren de forma natural, pero se han observado zonas de hipoxia en la Patagonia Norte, las que podrían estar relacionadas con la elevada presencia de centros de cultivo¹¹⁴.

Por otra parte, la acumulación de pellets en las aguas que rodean a las jaulas de salmones genera una elevada cantidad de amonio en ellas. Es más, se ha registrado que entre 15 y 30 minutos luego de la liberación de pellets sin ingerir, se pueden encontrar cantidades de amonio en las aguas de hasta dos órdenes de magnitud mayores que los niveles que se encontrarían naturalmente¹¹⁵.

Además, en este estudio observaron una respuesta inmediata por parte de la comunidad microbiana, quienes consumen el amonio liberado. Así, se exacerbó ciertos grupos de la comunidad microbiana mientras que otros tendieron a disminuir¹¹⁶.

Por lo general, se ha observado que la comunidad microbiana puede hacerse cargo del aumento en nutrientes y materia orgánica que se genera, por ejemplo, por el aumento en la excreción de mucus por parte de los salmones. Sin embargo, se ha visto que no pueden responder de la misma forma al gran aumento de amonio producido por la liberación de pellets no consumidos¹¹⁷.

2. PLÁSTICOS

Las redes abandonadas de actividades pesqueras y acuícolas contribuyen de gran forma a la problemática global de la contaminación por plásticos. Estas redes que se encuentran a la deriva se degradan en pedazos de plásticos cada vez más pequeños hasta pasar a ser microplásticos¹¹⁸.

Estos plásticos pueden ser colonizados por comunidades bacterianas, formando un biofilm en su superficie, el que se conoce como plastífera. En ella se encuentran diversos grupos de bacterias, así como bacterias específicas que típicamente se asocian al plástico. Estos organismos aprovechan el movimiento por distintas aguas para ir consumiendo y reciclando nutrientes a medida que se transportan¹¹⁹.

Además, aparte de estos grupos de bacterias, también se pueden adherir patógenos a esos plásticos a la deriva, teniendo el potencial de dispersar enfermedades a nuevas zonas¹²⁰.

Por otro lado, cabe mencionar que se han registrado impactos negativos del plástico en más de 800 especies marinas producto de su ingestión, enmalle, pesca fantasma, la dispersión de especies y la degradación de hábitats¹²¹.

114. Breitburg D. L., A. Levin, A. Oschlies, M. Grégoire, F. P. Chavez, D. J. Conley, V. Garçon, D. Gilbert, D. Gutiérrez, K. Isensee, G. S. Jacinto, K. E. Limburg, I. Montes, S. W. A. Naqvi, G. C. Pitcher, N. N. Rabalais, M. R. Roman, K. A. Rose, B. A. Seibel, M. Telszewski, M. Yasuhara & J. Zhang (2018) Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. Science doi:10.1126/science.aam7240.

115. Fernández C., A. Rain-Franco, C. Rojas & V. Molina (2019) Ammonium release via dissolution and biological mineralization of food pellets used in salmon farming. *Aquaculture Research* 00: 1-15.

116. Fernández C., A. Rain-Franco, C. Rojas & V. Molina (2019) Ammonium release via dissolution and biological mineralization of food pellets used in salmon farming. *Aquaculture Research* 00: 1-15.

117. Fernández C. (julio, 2020) La huella química de la acuicultura. La Hora Acuícola. Ciclo de Charlas del Centro Interdisciplinario para la Investigación Acuícola (INCAR).

118. FAO (2017) Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge of their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety.

119. Fernández C. (julio, 2020) La huella química de la acuicultura. La Hora Acuícola. Ciclo de Charlas del Centro Interdisciplinario para la Investigación Acuícola (INCAR).

120. Fernández C. (julio, 2020) La huella química de la acuicultura. La Hora Acuícola. Ciclo de Charlas del Centro Interdisciplinario para la Investigación Acuícola (INCAR).

121. Secretaría del convenio de Diversidad biológica (2016) Marine debris: understanding, preventing and mitigating the significant adverse impacts on marine and coastal diversity. CBD Tech Ser. 83, Secr. CBD, Montreal, QC, Can.



ALTERNATIVAS PARA TRANSPARENTAR EL USO DE PRODUCTOS QUÍMICOS Y MEDICAMENTOS EN EL CULTIVO DEL SALMÓN

INTRODUCCIÓN

Actualmente existen vacíos en cuanto a la información disponible al público sobre los productos químicos y medicamentos utilizados en la producción de salmones en el país, las cantidades de ellos aplicadas y la frecuencia estos tratamientos.

Una de las principales preocupaciones asociadas a esta falta de transparencia es que existe evidencia científica de que de estos productos pueden tener efectos negativos sobre el medio ambiente, y que además podrían eventualmente tener consecuencias sobre los seres humanos¹²².

Al desconocerse los productos y las cantidades utilizadas actualmente por la industria, se dificulta que se realicen investigaciones científicas al respecto¹²³. Tales investigaciones podrían referirse a la eficiencia de los productos y de las dosis empleadas, las consecuencias de su uso para el medio ambiente y la salud de las personas, así como recomendar tratamientos alternativos que podrían resultar ser más eficientes y menos perjudiciales.

Por otro lado, los consumidores de salmones producidos en Chile no pueden tomar una decisión informada sobre los productos que compran, la cual considere los tratamientos aplicados en su producción, ni los impactos que estos tienen.

Considerando que nos encontramos en un escenario actual en que la consciencia ambiental es cada vez más grande, y en el que los consumidores quieren tomar decisiones informadas, es importante que exista la opción de escoger un producto en base al manejo asociado a este.

Similarmente, las personas que habitan en zonas cercanas a los centros de producción de salmón, quienes realizan actividades productivas en sus cercanías, así como los trabajadores de estos centros de cultivo, tampoco son conscientes de los riesgos que la industria del salmón implica para su salud, ni de las consecuencias que puede tener sobre sus actividades productivas.

En este capítulo se señalan los medios utilizados por otros países productores de salmón para compartir este tipo de información pública y rutinariamente, mejorando la transparencia en esta industria y promoviendo que se puedan analizar de manera crítica y constructiva las prácticas y los tratamientos aplicados en la actualidad.

122. Burr ridge L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

Quiñones R.A., M. Fuentes, R.M. Montes, D. Soto & J. León-Muñoz (2019) Environmental issues in Chilean salmon farming: a review. *Reviews in Aquaculture* 11: 375-402.

123. Burr ridge L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

NORUEGA

Noruega es el principal país productor de salmones en el mundo, donde se cultivan salmón del atlántico (*Salmo salar*) y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)¹²⁴.

El Instituto Veterinario de Noruega (*Norwegian Veterinary Institute*) publica desde 2003 un reporte anual sobre la situación sanitaria de los peces en cultivo, llamado “*The Health Situation in Norwegian Aquaculture*”. En este reporte se señala la cantidad de antibióticos y antiparasitarios utilizados para el cultivo de salmones por año (Figura 1), así como el número de prescripciones realizadas de estos medicamentos por principio activo.

Antibacterial substance	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Florfenicol	300	403	194	138	270	858
Oxolinic acid	672	108	82	74	346	55
Oxytetracycline			(25)		10	20
Total antibiotics	972	511	276	212	626	933
Anti-salmon lice medication						
Azameziphos	3037	4630	3904	1269	204	160
Cypermethrin	211	162	85	48	8	
Deltamethrin	136	158	115	43	14	10
Diflubenzuron	3264	5016	5896	4824	1803	378
Teflubenzuron	1704	2674	2509	4209	293	144
Emamectin	51	172	259	232	128	87
Hydrogen peroxide (tons)*	8262	31577	43246	26597	9277	6735

FIGURA 1. Cantidad de antibióticos y antiparasitarios utilizados en cultivo de peces en Noruega desde 2013 hasta el último año con información disponible a la fecha de publicación del reporte, 2018. Se especifica la información por principio activo y las cantidades se encuentran en kilogramos¹²⁵.

Además, se analiza cada enfermedad que afecta a los salmones en cultivo, los desafíos para el bienestar de los peces y otras amenazas sanitarias tanto para los peces salvajes como para los cultivados. Al respecto, se discuten los tratamientos utilizados actualmente y sus desventajas, así como la calidad del agua de las áreas donde se ubican los centros de cultivo, y cómo esto afecta a la actividad productiva.

Para la redacción de este reporte el Instituto Veterinario de Noruega cuenta con la colaboración de laboratorios privados y la Autoridad Noruega de Salud Alimentaria (*Norwegian Food Health Authority*), lo que le permite conformar una imagen completa de la situación sanitaria en el país.

124. FAO. National Aquaculture Sector Overview – Norway. Disponible en: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_norway/en

125. The Norwegian Veterinary Institute (2019) The Health Situation in Norwegian Aquaculture, 2018. Disponible en: www.vetinst.no

ESTADOS UNIDOS

Los estados de Maine y Washington son los únicos lugares donde se realiza acuicultura de salmón del Atlántico (*S. salar*) en Estados Unidos¹²⁶, siendo esta la especie de pez más valiosa cultivada en ese país¹²⁷.

Para el estado de Washington, existe información pública sobre la biomasa producida y los medicamentos utilizados por centro de cultivo. Esta información es reportada por las empresas al Departamento de Ecología de Washington (*Washington Department of Ecology*, "DE") y luego es publicada mensualmente para todos los centros de cultivo del estado por este mismo departamento (Figura 2).

December 2019 Monthly Feed, Biomass and Disease Control Chemical Use Report								
Cooke Aquaculture Pacific								
Report Date: January 7, 2020								
<u>Facility Name</u>	<u>Permit No.</u>	<u>Total Biomass (Lbs.)</u>	<u>Total Feed Fed (Lbs.)</u>	<u>Regular Feed (Lbs.)</u>	<u>Romet</u>	<u>Medicated Feeds (Lbs.)</u>		<u>TM-200</u>
						<u>Aquafior</u>		
Site 1	WA-003156-9	fallow	none	-	-	-	-	-
Site 2	WA-003157-7	fallow	none	-	-	-	-	-
Site 3	WA-003158-5	fallow	none	-	-	-	-	-
Site 4	WA-003159-3	2,137,595	269,279	269,279	-	-	-	-
Clam Bay	WA-003152-6	fallow	none	-	-	-	-	-
Fort Ward	WA-003153-4	fallow	none	-	-	-	-	-
Orchard Rocks	WA-003154-2	2,828,385	313,674	286,502	-	-	-	27,172
Port Angeles	WA-004089-4	fallow	none	-	-	-	-	-

FIGURA 2. Ejemplo de los reportes mensuales publicados por el DE. En ellos se incluye: el nombre del centro/sitio de cultivo; el número del permiso, que sirve como identificador de cada centro; la biomasa total en cultivo, la cantidad de alimentos regulares administrados y la cantidad de alimentos medicados administrados, por tipo de medicamento.

Cabe destacar que en este estado no se han utilizado antiparasitarios durante los últimos 12 años, ya que la ocurrencia de piojos de mar en sus centros de cultivo ha sido muy baja, siendo prácticamente inexistente¹²⁸.

Además, anualmente se reporta la cantidad total de químicos utilizados por cada centro de cultivo y por producto. Esta información incluye antibióticos, desinfectantes y anestésicos (Figura 3).

Cabe mencionar que es probable que, si se hubiesen ocupado antiparasitarios en los últimos años, estos también serían publicados. Esto, ya que en este formulario de reporte se indica que, si se hubiesen utilizado químicos distintos a los enlistados en este, sus detalles se deben adjuntar.

126. Love D.C., J.P. Fry, F. Cabello, C.M. Good & B.T. Lunestad (2020) Veterinary drug use in United States net pen Salmon aquaculture: Implications for drug use policy. *Aquaculture* 518: 734820.

127. NOAA (2017) Fisheries of the United States, 2016. National Marine Fisheries Service Office of Science and Technology, Silver Spring, MD.

128. Cooke Aquaculture (2019) Annual accidental fish release report – Cooke Aquaculture Pacific, LLC. Disponible en la página web del Departamento de Ecología de Washington: <https://apps.ecology.wa.gov/paris/FacilitySummary.aspx?FacilityId=8518>.

ANNUAL DISEASE CONTROL CHEMICAL USE REPORT

OR

PERMITTEE NAME/ADDRESS

NAME Icicle Acquisition Subsidiary, LLC
 ADDRESS DbA American Gold Seafoods
PO Box 79003
Seattle, WA 98119
 FACILITY Orchard Rocks Net Pens
 LOCATION _____

WA ### 3154-2
 PERMIT NUMBER

DISCHARGE NUMBER

MONITORING PERIOD
 FROM YEAR MO DAY TO YEAR MO DAY
14 01 01 TO 14 12 31

Chemical Used	Amount Used	Units	Notes
Terramycin (2.0 gm / lb of feed)		lbs of feed	
Terramycin (4.0 gm / lb of feed)		lbs of feed	
Terramycin (_____ gm / lb of feed)		lbs of feed	
Romet 30 (2.27 gm / lb of feed)	<u>26,543 lbs</u>	lbs of feed	<u>60.3 Kg. Active Ingredients</u>
Romet 30 (_____ gm / lb of feed)		lbs of feed	
Erythromycin (2.25 gm / lb of feed)		lbs of feed	
Erythromycin (4.5 gm / lb of feed)		lbs of feed	
Erythromycin (_____ gm / lb of feed)		lbs of feed	
Amoxicillin		grams	
Chloramine - T		lbs	
Formalin (37% Formaldehyde)		gal	
Buffered Iodophors (1%) <u>1.75%</u>	<u>100 gal.</u>	gal	
MS - 222	<u>500 g.</u>	grams	
Chlorine (12.5%)		gal	
Chlorine (_____ %)		gal	
Sodium Thiosulfate		lbs	
Quaternary Ammonia (35 %)		gal	
Quaternary Ammonia (50%)		gal	
Quaternary Ammonia (_____ %)		gal	

For other chemicals used but not able to be listed on this form, please enclose as an attachment.

FIGURA 3. Ejemplo de los formularios anuales que las empresas tienen que entregar al DE. En ellos se incluyen las cantidades utilizadas de anti-bióticos, desinfectantes y anestésicos.

Por otro lado, cada centro de cultivo también reporta anualmente las cantidades de oxígeno disuelto en la columna de agua a distintas profundidades. Esto permite realizar un análisis de las condiciones observadas en las aguas circundantes al centro de cultivo, y de cómo esta actividad productiva las puede estar afectando (Figura 4).

Dissolved oxygen monitoring results at net pen SIZ stations and reference stations.

Comparison is of average SIZ Stations (near net pens) to nearby Reference Station (away from net pens).

Site, Water Temp., Date and Tide	Site and Station Code	DO (mg/L)			Mean DO (mg/L) SIZ Stations over Reference	SIZ Stations Relative to Reference (mg/L)
		1m Deep	5m Deep (or mid pen depth)	~1m Above Bottom		
Clam Bay	CBSE100	6.5	7.0	6.9		
13.9C @ 1m	CBSW100	7.4	6.6	5.9		
Start 1730 hr.	CBNW100	6.8	6.8	6.4		
9/18/2018	CBNW50	6.8	6.7	6.2		
Weak ebb	CBNE100	6.6	6.7	6.2		
	Mean at Stations	6.82	6.76	6.32	6.63	
	Reference 200' Northeast	6.60	6.50	6.20	6.43	0.20

FIGURA 4. Ejemplo de reporte de cantidades de oxígeno disuelto de 2018. Oxígeno Disuelto (“DO”) medido a 1 y 5 metros de profundidad, y a aproximadamente un metro desde el fondo marino.

Toda esta información se encuentra en la página web del DE, en el portal del Sistema de Información de Permisos e Informes de Calidad del Agua (*Water Quality Permitting and Reporting Information System*), donde se puede realizar búsquedas por centro de cultivo según su número o tipo de permiso (Ej.: “net pens” para búsquedas de centros de acuicultura)¹²⁹.

La información provista por las empresas, y publicada regularmente por el DE, permite tener una idea del manejo de los salmones realizado en cada centro, las condiciones sanitarias presentes en ellos y de los riesgos ambientales, y para la salud de las personas, que representa el uso de químicos y medicamentos en ellos.

CANADÁ

Las especies de salmones cultivadas en Canadá son el salmón del Atlántico (*S. salar*) y la trucha arcoíris (*O. mykiss*). Estos cultivos se realizan tanto en la costa Oeste, en la provincia de *British Columbia*, como en la costa Este de este país¹³⁰.

A nivel nacional, se publica por centro de cultivo y por principio activo las cantidades de antibióticos y antiparasitarios utilizadas en el país en formato CSV, así como la frecuencia de estos tratamientos (Figura 5). Además, para el caso de los antiparasitarios se especifica si el tratamiento fue aplicado mediante un alimento medicado o si fue a través de un baño con medicamentos.

129. Water Quality Permitting and Reporting Information System. Disponible en: <https://apps.ecology.wa.gov/paris/PermitLookup.aspx>

130. FAO. National Aquaculture Sector Overview – Canada. Disponible en: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_canada/en#:~:text=Salmon%20are%20grown%20in%20Atlantic,345%20million%20over%20the%20decade.

Marine Finfish Drugs & Pesticides Use as reported under the Aquaculture Activities Regulations - 2018 Data																
Extracted from AQURS-AAIR August 22, 2019		Last Revised February 3, 2020														
Active ingredient quantities in kilograms																
Facility	Antibiotics										In-feed pest control drugs					
	Oxytetracycline		Florfenicol		Erythromycin		Omniglycin		Trimethoprim		Emamectin Benzoate		Ivermectin		Praziquantel	
	Frequency	Quantities	Frequency	Quantities	Frequency	Quantities	Frequency	Quantities	Frequency	Quantities	Frequency	Quantities	Frequency	Quantities	Frequency	Quantities
British Columbia																
Ahlstrom Point, Jervis Inlet													1	0.28		
Alexander Inlet			2	52.55												
Althorpe, Sunderland Channel																
Altevilda Point, Hanna Channel																
Bare Bluff, Clayoquot Snd, Bedwell Snd		1	1590.94	1	24.31								1	0.68		
Barnes Bay, Sonora Island													1	0.56		
Bawden Point, Herbert Inlet													1	0.36		
Baxter Inlet, Dawley Passage																
Bedwell, East Shore		1	1691.24	4	114.70								1	0.71		
Brent Island, Okisallo Channel													2	1.70		
Burwood Group, Raleigh Passage				4	86.90											
Chancellor Channel, West Thurlow Island													1	0.54		
Charlie's Place, E. Pinnacle Ch, Kyuquot Sound		6	3.00					1	0.03							
Concepcion Pt., Bligh Island				1	26.60								1	0.83		
Cuboden Point, Jervis Inlet													1	0.39		
Cypress Hrb, Harbour Pt, Suttlej Channel		1	92.00	3	1.56	1	0.81									

FIGURA 5. Ejemplo del tipo de información disponible sobre el uso de antibióticos y antiparasitarios en la salmicultura nacional canadiense. Esta información se entrega por principio activo, por tipo de tratamiento y especificando la frecuencia y las cantidades utilizadas, para cada sitio donde se realiza esta actividad.

A su vez, específicamente para la provincia de *British Columbia*, el Departamento de Pesquerías y Océano de Canadá (*Fisheries and Oceans Canada*) publica anualmente las cantidades de antibióticos¹³¹ (Figura 6) y de antiparasitarios¹³² (Figura 7) utilizadas por la industria salmoneera por principio activo, a través de un gráfico y una tabla resumen.

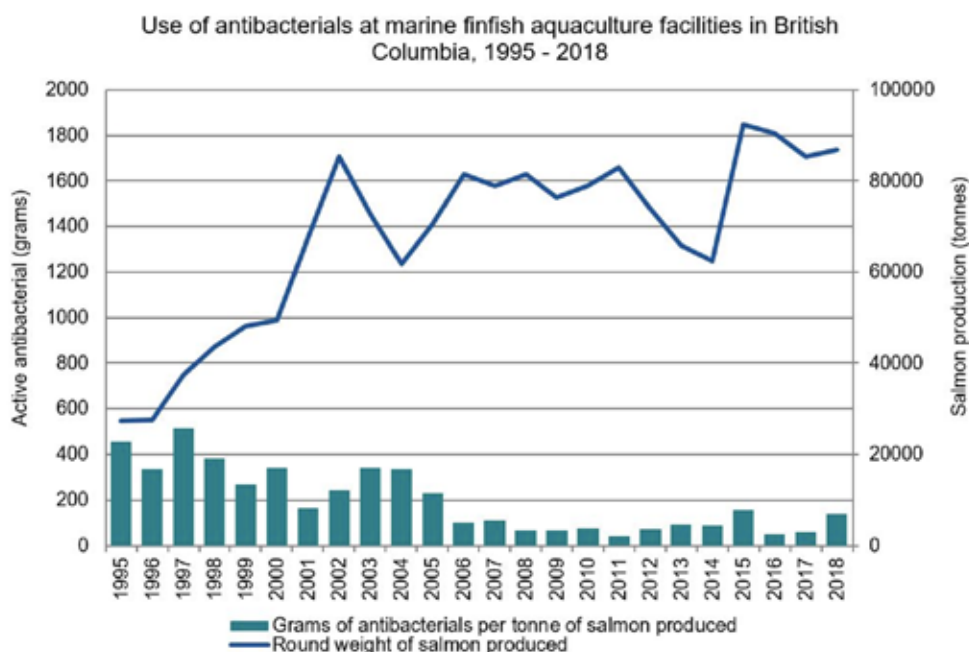


FIGURA 6. Uso de antimicrobianos en salmicultura en British Columbia entre 1995 y 2018. Ejemplo de cómo el departamento de Pesquerías y Océano de Canadá comparte este tipo de información mediante gráficos.

131 Fisheries and Oceans Canada. Use of antibacterials. Disponible en: <http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/aquaculture/reporting-rapports/therapeut/index-eng.html#antibacterials>.

132. Fisheries and Oceans Canada. Use of delousing agents. Disponible en: <http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/aquaculture/reporting-rapports/therapeut/index-eng.html#slice>

Year	Grams of active Ivermectin per tonne of salmon produced	Grams of active Emamectin Benzoate per tonne of salmon produced	Kilograms of H2O2 per tonne of salmon produced
1996	0.029	0	0
1997	0.014	0	0
1998	0.011	0	0
1999	0.002	0	0
2000	0.006	0.062	0
2001	0	0.074	0
2002	0	0.122	0
2003	0	0.127	0
2004	0	0.208	0
2005	0	0.345	0
2006	0	0.214	0
2007	0	0.147	0
2008	0	0.214	0
2009	0	0.167	0
2010	0	0.266	0
2011	0	0.263	0
2012	0	0.186	0
2013	0	0.301	0
2014	0	0.383	0.313
2015	0	0.347	0.572
2016	0	0.234	1.938
2017	0	0.297	3.346
2018	0	0.242	3.138

FIGURA 7. Uso de antiparasitarios en salmicultura en British Columbia entre 1996 y 2018. Ejemplo de cómo el departamento de Pesquerías y Océano de Canadá comparte este tipo de información mediante una tabla.

ESCOCIA

En Escocia se producen las siguientes especies de salmónidos: salmón del Atlántico (*S. salar*) y trucha marina (*Salmo trutta*)¹³³.

El Departamento de Acuicultura de Escocia (*Scotland's Aquaculture*), que es parte del Departamento de Medio Ambiente de este país (*Scotland's Environment*), publica en su página web una serie de bases de datos relacionadas a la acuicultura¹³⁴, dentro de los que se incluye la publicación mensual de biomasa y de tratamientos antiparasitarios en los centros de cultivo¹³⁵.

En esta base de datos se especifica la cantidad de antiparasitarios utilizada por principio activo en cada centro, así como la biomasa en cultivo (Figura 8).

133. FAO. National Aquaculture Legislation Overview. Disponible en: http://www.fao.org/fishery/legalframework/nalo_uk/en

134. Scotland's Aquaculture – Data search. Disponible en: <http://aquaculture.scotland.gov.uk/data/data.aspx>

135. Scotland's Aquaculture – Monthly Biomass & Treatment Reports. Disponible en: http://aquaculture.scotland.gov.uk/data/fish_farms_monthly_biomass_and_treatment_reports.aspx

Fish Farm Monthly Biomass and Treatments Details		Location Details	
Year	2018	Receiving Water	Firth of Lorn
Month	August	National Grid Reference	NM86473414
Submitted By	Scottish Sea Farms Ltd	View on Map	View on map
Licence Number	CAR/L/1009031/C1/V5	Data supplied by SEPA on 02/03/2020	
Licence active at time of report	CAR/L/1009031		
Report for Site	FFMC27 Dunstaffnage		
Max licensed biomass on site (tonnes)	1300		
Actual biomass on site (tonnes)	180		
Biomass Exceedance (tonnes)	0		
Feed (kg)	76117		
Mortalities (kg)	946		
Seallice Treatments Used			
Seallice Treatment Product	Quantity Used (grams)		
Azamethiphos	0		
Cypermethrin	0		
Deltamethrin	0		
Emamectin Benzoate	61.90		
Teflubenzuron	0		
Data supplied by SEPA on 02/03/2020			

FIGURA 8. Ejemplo de la información sobre biomasa en cultivo y antiparasitarios utilizados mensualmente por centro de cultivo publicada por Scotland's Aquaculture.

Además, *Scotland's Aquaculture* publica las emisiones anuales de cada centro de cultivo¹³⁶. Estos reportes incluyen las cantidades de cobre liberado desde los alimentos y las redes, el zinc liberado desde los alimentos, y las emisiones de nitrógeno, fósforo y carbono total (Figura 9).

Fish Farms Annual Emissions

Annual Emissions Details		Location Details	
Licence Site Name	Am Maol, Isle of Muck	Receiving Water	Sound of Elg
Year	2019	National Grid Reference	NM43248035
Submitted By	Mowi Scotland Ltd	View on Map	View on map
Licence active at time of report	CAR/L/1109999	Data supplied by SEPA on 02/03/2020	
Total copper from feed and nets (kg)	31.485938		
Zinc from feed (kg)	658.88955550		
Nitrogen (kg)	233366.3640		
Phosphorus (kg)	32226.7836		
Total organic carbon (kg)	748717.0845		
Data supplied by SEPA on 02/03/2020			

FIGURA 9. Ejemplo de la información sobre las emisiones de cada centro de cultivo publicada por *Scotland's Aquaculture*.

136. Scotland's Aquaculture – Fish Farms Annual Emissions. Disponible en: http://aquaculture.scotland.gov.uk/data/fish_farms_annual_emissions_record.aspx?spr_data_id=193200



BENEFICIOS DE COMPARTIR PÚBLICAMENTE LA INFORMACIÓN SOBRE EL MANEJO SANITARIO DE LOS SALMONES EN CULTIVO

INTRODUCCIÓN

Desde la década de los noventa, la industria salmonera se ha desarrollado rápidamente en Chile, pero este desarrollo no ha estado acompañado de regulaciones que permitan que se realice bajo los estándares más exigentes, ni que el público general tenga acceso a información sobre sus prácticas rutinarias y los tratamientos aplicados para su producción.

Similarmente, este desarrollo tampoco ha estado acompañado de suficientes investigaciones independientes sobre los impactos ambientales que el cultivo de salmones tiene sobre las áreas donde se realiza.

Históricamente la industria salmonera que opera en el país se ha negado a compartir públicamente las cantidades de medicamentos, como por ejemplo de antimicrobianos, utilizados por cada centro de cultivo. Esto, en base a la argumentación de que es información comercialmente sensible y que compartirla los perjudicaría competitivamente¹³⁷. Sin embargo, tanto la Corte de Apelaciones como la Corte Suprema han reiterado que esta información es relevante para la salud de las personas y que no compromete un *know-how* de las empresas.

Es más, como se ha demostrado en este informe, en otros países productores de salmón las empresas sí reportan públicamente la cantidad de químicos y medicamentos que utilizan, sin significar esto una desventaja comercial. En estos países las regulaciones existentes requieren que se reporte esta información, para poder monitorear así el desempeño y los impactos ambientales de cada centro de cultivo¹³⁸.

En Chile, debido a la falta de transparencia en la industria, y a los constantes escapes de salmones y problemas de manejo ambiental, nos encontramos en un contexto actual de desconfianza en las empresas salmoneras. Similarmente, tampoco existe confianza en las capacidades de las agencias reguladoras de encargarse efectivamente de que esta actividad se realice bajo las mejores prácticas ambientales.

Por lo tanto, existe la necesidad de que tanto la industria como las agencias reguladoras proactivamente construyan confianza en sus actividades a través de la transparencia. A continuación, se revisarán los beneficios que tendría un aumento de transparencia, tanto para la industria, como para los consumidores y el medio ambiente

AUMENTAR LA CONFIANZA DE LOS CONSUMIDORES

La conciencia ambiental es cada vez más grande y los consumidores quieren tomar decisiones informadas sobre los productos que compran. Para esto, es necesario que se pueda escoger un producto por sobre otro, en base a las prácticas de cultivo asociadas a él, y privilegiar aquellos productos cultivados de forma más sustentable, promoviendo así el cuidado del medio ambiente.

137. SalmonChile califica de prejudicial fallo que ordena transparentar el uso de antibióticos. Disponible en: <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/salmonchile-califica-de-prejudicial-fallo-que-ordena-transparentar-uso-de>

138. The Norwegian Veterinary Institute (2019) The Health Situation in Norwegian Aquaculture, 2018. Disponible en: www.vetinst.no
Washington Department of Ecology. Water Quality Permitting and Reporting Information System (PARIS) Disponible en: <https://apps.ecology.wa.gov/paris/PermitLookup.aspx>

Fisheries and Oceans Canada. Disponible en: <https://www.dfo-mpo.gc.ca/aquaculture/stats-eng.html>

Scotland's Aquaculture – Data search. Disponible en: <http://aquaculture.scotland.gov.uk/data/data.aspx>

El crecimiento del mercado de productos orgánicos y la inquietud pública que existe en general sobre los alimentos genéticamente modificados son muestras de los intereses y del poder del consumidor¹³⁹.

Por ejemplo, el acuario de Monterey ("*Monterey Bay Aquarium*") de California, inició en el 2000 una plataforma conocida como "*Seafood Watch*", para guiar a sus usuarios a identificar productos del mar provenientes de fuentes responsables con el medio ambiente¹⁴⁰. Esta iniciativa ha sido muy exitosa y es reconocida internacionalmente como una autoridad confiable en temas de pesquerías, acuicultura y de productos del mar sustentables. Además, cuentan con el respaldo de ONGs y otros acuarios y negocios¹⁴¹.

En específico, las recomendaciones del *Seafood Watch* sobre productos del mar provenientes de cultivos, se basan en diez principios que tienen que ver con la sustentabilidad de la industria. El primer principio se refiere a la disponibilidad de información:

"1. Que haya información robusta y actualizada sobre las prácticas de producción y sus impactos, disponible para ser analizada.

Una calidad pobre de los datos disponibles limita la capacidad de entender y evaluar los impactos ambientales de la producción acuícola y, como consecuencia, la capacidad de los consumidores de tomar decisiones informadas. Debería existir información robusta y actualizada disponible para su análisis."¹⁴²

De esta manera, recomiendan decir "no gracias" y evitar el salmón producido en Chile, excepto a aquellos de la marca Verlasso¹⁴³. Así, la gran mayoría de los salmones producidos en el país se encuentran en la lista de productos a Evitar ("Avoid"). Esta categoría se refiere a productos del mar que fueron extraídos o cultivados en formas que tienen un alto riesgo de causar daños significativos en el medio ambiente. Por lo tanto, no se alinean con los principios del *Seafood Watch* y se considera que no son sustentables¹⁴⁴.

Con respecto al alcance que tiene este programa, se sabe que se han repartido más de 20 millones de guías de bolsillo. Además, en un estudio realizado en 2003 y 2004 para evaluar el impacto de las guías entregadas, se encontró que, pasados cuatro meses desde la entrega los consumidores declaraban continuar utilizando las guías. Similarmente, la mayoría de los encuestados señaló que habían cambiado sus hábitos de consumo para preferir productos más sustentables, demostrando así la efectividad de este tipo de iniciativas¹⁴⁵.

Cabe recordar, que Estados Unidos es uno de los principales mercados donde se comercializa el salmón producido en el país. El primer semestre de 2019 este país recibió un 28,1% de las toneladas totales de salmón producido en Chile que fueron exportadas, siendo el principal mercado de destino¹⁴⁶. Por lo que sería beneficioso, desde un punto de vista comercial, que se mejore la imagen del salmón producido, aumentando la transparencia sobre sus prácticas de cultivo.

139. Costello M.J., A. Grant, I.M. Davies, S. Cecchini, S. Papoutsoglou, D. Quigley & M. Saroglia (2001) The control of chemicals used in aquaculture in Europe. *J. Appl. Ichthyol* 17: 173-180.

140. *Seafood Watch*, del Monterey Bay Aquarium. Disponible en: <https://www.seafoodwatch.org/>

141. Monterey Bay Aquarium – *Seafood Watch* (2017) Monitoring and Evaluation System.

Kemmerly J.D. & V. Macfarlane (2008) The elements of a consumer-based initiative in contributing to positive environmental change: Monterey Bay Aquarium's *Seafood Watch* program. *Zoo biology* 28: 398-411.

142. Monterey Bay Aquarium – *Seafood Watch*. *Seafood Watch*® Standard for aquaculture. Disponible en: <https://www.seafoodwatch.org/-/m/sfw/pdf/criteria/aquaculture/mba-seafood-watch-aquaculture-standard-version-a4.pdf?la=en>

143. *Seafood Watch*, del Monterey Bay Aquarium - Salmon Overview. Disponible en: <https://www.seafoodwatch.org/seafood-recommendations/groups/salmon/overview?q=salmon&t=salmon>

144. Monterey Bay Aquarium – *Seafood Watch*. *Seafood Watch*® Standard for aquaculture. Disponible en: <https://www.seafoodwatch.org/-/m/sfw/pdf/criteria/aquaculture/mba-seafood-watch-aquaculture-standard-version-a4.pdf?la=en>

145. Kemmerly J.D. & V. Macfarlane (2008) The elements of a consumer-based initiative in contributing to positive environmental change: Monterey Bay Aquarium's *Seafood Watch* program. *Zoo biology* 28: 398-411.

146. Aqua. Conozca el detalle de las exportaciones de salmónidos chilenos del primer semestre. Disponible en: <https://www.aqua.cl/2019/08/09/conozca-el-detalle-de-las-exportaciones-de-salmonidos-chilenos-del-primer-semestre/>

Además, la salmonicultura chilena ha sido ampliamente criticada, tanto por medios nacionales como internacionales debido a sus prácticas de cultivo. Al respecto, se ha publicado sobre el elevado uso de antibióticos en la industria que opera en el país, los constantes escapes de salmones y los impactos en el medio ambiente. En la Tabla 1, se resumen algunas publicaciones recientes sobre el desempeño de la industria salmonera chilena.

TABLA 1. Noticias publicadas a nivel nacional e internacional, entre 2017 y 2019, sobre la industria salmonera chilena.

NIVEL	MEDIO	TITULAR	LINK A PUBLICACIÓN
Nacional	El Desconcierto	Industria salmonera chilena disminuye uso de antibióticos totales pero aún es 700 veces más alto que Noruega	https://www.eldesconcierto.cl/2017/06/20/industria-salmonera-chilena-disminuye-uso-de-antibioticos-totales-pero-aun-es-700-veces-mas-alto-que-noruega/
	El Mercurio	Salmoneras de Chile usarían 500 veces más antibióticos que Noruega	Prensa impresa
	Publimetro	Aunque usted no lo crea: empresas salmoneras utilizan más antibióticos que las de vacuno	https://www.publimetro.cl/cl/noticias/2017/12/01/aunque-usted-no-lo-crea-empresas-salmoneras-utilizan-mas-antibioticos-las-vacuno.html
	Tele 13	Masiva fuga de salmones de centro de cultivo y su irregular venta preocupa a las autoridades de los lagos	http://www.t13.cl/videos/nacional/video-fuga-al-menos-800-mil-salmones-centro-cultivo-piden-no-consumirlos
	Biobio	Organizaciones medioambientales advierten que fuga de salmones en Calbuco podría afectar gravemente al ecosistema	Radio
	El Dínamo	Oceana advierte desastre en ecosistemas por escape de salmones y alto uso de antibióticos	https://www.eldinamo.cl/ambiente/2018/07/11/oceana-advierte-desastre-en-ecosistemas-por-escape-de-salmones-y-alto-uso-de-antibioticos/
	24 Horas, TVN	La huella del cultivo de salmones en Chile	https://www.24horas.cl/noticiarios/24horascentral/24-horas-central---sábado-28-de-julio-2776771#(minuto 36:26)

Nacional	El Dínamo	Expertos coinciden en que el uso excesivo de antibióticos en salmones amenaza la salud humana	https://www.eldinamo.cl/ambiente/2018/10/31/expertos-coinciden-en-que-el-uso-excesivo-de-antibioticos-en-salmones-amenaza-la-salud-humana/
	El Desconcierto	Campaña de Oceana advierte sobre los potenciales riesgos de la salmonicultura en la salud de las personas	http://www.eldesconcierto.cl/2019/01/09/video-campana-de-oceana-advierte-sobre-los-potenciales-riesgos-de-la-salmonicultura-en-la-salud-de-las-personas/
	CHV Noticias	“Patagonia en peligro”: Grupos medioambientales se oponen a expansión de industria salmonera en reserva de la biosfera	https://www.chvnoticias.cl/reportajes/reportaje-a-fondo-salmoneras-patagonia_20190331/
	El Llanquihue	Ocultar información se volvió una práctica	https://www.ellanquihue.cl/impres/2019/10/31/full/vision-acuicola/36/?utm_source=pagina&utm_campaign=soychile&utm_medium=36
	El Desconcierto	Sequía, contaminación sin solución y malas prácticas en la industria salmoneera: las deudas ambientales de Chile en 2019	https://www.eldesconcierto.cl/2019/12/13/sequia-contaminacion-sin-solucion-y-malas-practicas-en-la-industria-salmonera-las-deudas-ambientales-de-chile-en-2019/
	CNN Chile	Investigan muerte de ballena atrapada en centro de cultivo de salmones en aysén	TV

Internacional	The Fish Site	<i>Chilean antibiotics still a major concern</i> (Los antibióticos en Chile siguen siendo una gran preocupación)	https://thefishsite.com/articles/chilean-antibiotics-still-a-major-concern
	Daily Times	<i>Chile salmon industry swims against current</i> (La industria salmonera chilena nada en contra de la corriente)	https://dailytimes.com.pk/2967/chile-salmon-industry-swims-against-current/
	Yahoo Noticias	El salmón chileno, ante el dilema de crecer sin desatar una hecatombe	https://es-us.noticias.yahoo.com/salm%C3%B3n-chileno-dilema-crecer-desatar-hecatombe-125948384.html
	Global times	Chile salmon industry swims against current amid marine concerns (La industrial del salmón de Chile nada contra la corriente en medio de preocupaciones marinas)	http://www.globaltimes.cn/content/1056323.shtml
	Panamá América	Salmoneras chilenas abusan de antibióticos	http://www.panamaamerica.com.pa/economia/salmoneras-chilenas-abusan-de-antibioticos-1090154
	República, España	El salmón de Chile se produce con demasiados antibióticos	https://gastronomiaycia.republica.com/2018/01/23/el-salmón-de-chile-se-produce-con-demasiados-antibioticos/
	Hora de Santa Catarina, Brasil	Chile recorre à justiça ambiental por fuga de 690.000 salmões	http://horadesantacatarina.clicrbs.com.br/sc/geral/noticia/2018/07/chile-recorre-a-justica-ambiental-por-fuga-de-690-000-salmoes-10513486.html
	Presencia, México	Alertan por escape de 690 mil peces contaminados en Chile	https://www.presencia.mx/nota.aspx?id=147603&s=6
	Mongabay Latam	¿Cuáles son las consecuencias del escape de casi 700 mil salmones? Chile	https://es.mongabay.com/2018/08/oceanos-salmones-en-chile/
The Nation, Estados Unidos	The Eco-Disastrous Salmon (El samón eco-desastroso)	https://www.thenation.com/article/archive/the-eco-disastrous-salmon/	

	The New York Times	Una fuga de casi 700.000 salmones en Chile alarma a los ambientalistas	https://www.nytimes.com/es/2018/10/03/espanol/america-latina/una-fuga-de-casi-700-000-salmones-en-chile-alarma-a-los-ambientalistas.html
	The Fish Site	Experts agree that excessive use of antibiotics in Chile's salmon farming can threaten human health (Los expertos coinciden en que el uso excesivo de antibióticos en la salmicultura de Chile puede amenazar la salud humana)	https://thefishsite.com/articles/experts-agree-that-excessive-use-of-antibiotics-in-chiles-salmon-farming-can-threaten-human-health
	Mongabay Latam	Salmones en Chile: historias de una industria polémica y millonaria	https://es.mongabay.com/2019/04/salmones-en-chile-denuncias-ambientales/
	CGTN Chinese TV	Chilean salmon industry faces opposition from environmentalists (La industria salmonera de Chile se enfrenta a oposición de los ambientalistas)	https://america.cgtn.com/2019/07/14/chilean-salmon-industry-faces-opposition-from-environmentalists
	LA Times	Data rigging is latest Chile salmon farm scandal	https://www.latimes.com/business/story/2019-08-01/patagonia-fishery-rigs-data-and-sparks-a-crisis

Esto demuestra que la industria salmonera chilena no tiene una buena reputación, tanto a nivel nacional como internacional, siendo criticada por instituciones especializadas en el consumo de productos de mar y por medios de prensa, disminuyendo así la confianza de los consumidores en ella.

PROMOVER LAS INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS SOBRE LA EFICIENCIA DE LOS PRODUCTOS UTILIZADOS Y SOBRE MEJORES ALTERNATIVAS A ELLOS

El desarrollo de investigaciones científicas sobre la condición sanitaria de los salmones en cultivo y los tratamientos utilizados para su producción, puede tener la consecuencia positiva de que se descubran tratamientos alternativos más eficientes.

Por ejemplo, en Noruega luego de extensas investigaciones científicas se lograron implementar regulaciones que disminuyeron significativamente el uso de antibióticos en la industria¹⁴⁷. Estas investigaciones indicaron que el uso extensivo de antibióticos era perjudicial para varios aspectos de la acuicultura, el medio ambiente y potencialmente para la salud humana.¹⁴⁸

147. Burrige L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

148. Grave K., E. Lingsaas, M. Bangen & M. Rønning (1999) Surveillance of the overall consumption of antibacterial drugs in humans, domestic animals and farmed fish in Norway in 1991 and 1996. *J. Antimicrob. Chemother.* 43: 243-252.

Si la información sobre los tratamientos aplicados a los salmones en cultivo fuese pública, este tipo de investigaciones se facilitarían, y probablemente serían más frecuentes. En Chile, si bien las empresas salmoneras reportan la información sobre su uso de químicos y medicamentos al Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (Sernapesca), esta información no se encuentra disponible al público general.

Al respecto, Burrige *et al.* (2008) concluyen que es extremadamente difícil preparar recomendaciones generales y evaluar el riesgo ambiental asociado a los químicos utilizados, al no tener acceso a información sobre su uso¹⁴⁹. Además, comentan que el hecho de que exista información pública para los otros países productores de salmón, como Noruega y Escocia, agrega presión para que las otras jurisdicciones productoras lo hagan.

La dificultad para realizar investigaciones por la falta de información disponible sobre las prácticas de cultivo de salmones en el país ha sido comentada por diversos autores. En específico, Burrige *et al.* (2008), Lozano *et al.* (2018) y Miranda *et al.* (2018) se han referido al caso de los antibióticos, cuyo impacto en el medio ambiente y el riesgo que representan para la salud humana se encuentran bien estudiados.

Así, se ha señalado que la ausencia de información sobre el consumo de antibióticos en la salmonicultura nacional es preocupante¹⁵⁰. Además, que es esencial que se conozcan las concentraciones de residuos de antimicrobianos en el agua y los sedimentos, para que se puedan implementar lineamientos eficientes para su regulación. Según señala Miranda *et al.* (2018), esta información es monitoreada por las empresas, pero no se encuentra disponible para el público ni para las agencias reguladoras chilenas¹⁵¹.

Por otro lado, se ha observado que todas las jurisdicciones cuentan con mecanismos para que los diversos productos químicos y medicamentos utilizados en la salmonicultura sean aprobados. Este proceso incluye la evaluación del riesgo potencial de su uso en el cultivo de salmones. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la información levantada en esta evaluación no está disponible al público general¹⁵².

Similarmente, Lozano *et al.* (2018) señalan que la información de los estudios sobre la efectividad, dosis adecuada, seguridad animal y seguridad alimentaria para los humanos (toxicología) de los productos farmacéuticos autorizados, como lo es establecido por la autoridad chilena, no están disponibles al público o no fueron encontrados. Este también fue el caso para los procedimientos administrativos, las guías de trabajo, y los requerimientos específicos del Programa de Aseguramiento de Calidad (PAC)¹⁵³.

Sørum H. (2000) Farming of Atlantic salmon – an experience from Norway. *Acta Vet. Scand. Suppl* 93: 129-134.

Sørum H. (2006) Antimicrobial drug resistance in fish pathogens. In *Antimicrobial Resistance in Bacteria of Animal Origin*. (Aarestrup, F.M., ed.). Washington, DC: ASM Press, pp 213-238 (Chapter 13).

Grave K., A. Markestad & M. Bangen (1996) Comparison in prescribing patterns of antibacterial drugs in salmonid farming in Norway during the periods 1980-1988 and 1989-1994. *J. Vet. Pharmacol. Therap.* 19: 184-191.

Lillehaug A., B.T. Lunestad & K. Grave (2003) Epidemiology of bacterial diseases in Norwegian aquaculture – a description based on antibiotic prescription data for the ten year period 1991 to 2000. *Dis. Aquat. Org.* 53: 115-125.

Markestad A. & K. Grave (1997) Reduction of antibacterial drug use in Norwegian fish farming due to vaccination. *Fish. Vaccinol.* 90: 365-369.

149. Burrige L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

150. Lozano I., N.F. Díaz, S. Muñoz & C. Riquelme (2018) Antibiotics in Chilean Aquaculture: A Review. *Antibiotic Use in Animals* 3: 25-44

151. Miranda C.D., F.A. Godoy & M.R. Lee (2018) Current status of the use of antibiotics and the antimicrobial resistance in the Chilean salmon farms. *Frontiers in Microbiology* 9:1284.

152. Burrige L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

Lozano I., N.F. Díaz, S. Muñoz & C. Riquelme (2018) Antibiotics in Chilean Aquaculture: A Review. *Antibiotic Use in Animals* 3: 25-44

153. Lozano I., N.F. Díaz, S. Muñoz & C. Riquelme (2018) Antibiotics in Chilean Aquaculture: A Review. *Antibiotic Use in Animals* 3: 25-44

Mientras que estos datos se analizan como parte del proceso de registro de los productos, la ausencia de ellos en el dominio público tiene la desafortunada consecuencia de que ni su calidad ni naturaleza puede ser debatida por científicos, y otros profesionales, con interés en el área¹⁵⁴.

De esta manera, en la publicación de BurrIDGE *et al.* (2008) se identifican vacíos de información en la industria, y las investigaciones que se requiere realizar para mejorar la sustentabilidad de esta:

- Se requiere de investigación para desarrollar vacunas seguras y efectivas contra patógenos virales y bacterianos. En particular, el desarrollo de una vacuna contra el patógeno *Piscirickettsia salmonis* disminuiría dramáticamente la dependencia a los antibióticos en Chile.
- Existe muy poca información disponible sobre la presencia de desinfectantes en el ambiente marino. Se necesita que se realicen estudios para documentar los patrones de uso y las escalas espaciales y temporales en las cuales se pueden encontrar estos compuestos. Cabe mencionar que para el desarrollo de este informe se consultó tanto a Sernapesca como a la Armada de Chile sobre los desinfectantes utilizados por la industria salmonera en el país, a través de Solicitudes de Acceso a la Información Pública. Ante lo cual, ambas instituciones respondieron no contar con esta información.
- Se requiere de investigación para desarrollar antiincrustantes no-tóxicos.
- Se requiere de investigación para determinar los efectos biológicos de las concentraciones permitidas de cobre y zinc sobre los organismos locales, ya sea a nivel de individuos o poblaciones.
- Es necesario investigar los efectos potenciales de la exposición crónica a niveles elevados de estos metales en los sedimentos cercanos a los centros de cultivo de salmón.

Además, se ha recomendado que todas las jurisdicciones requieran que las empresas reporten su uso de antiincrustantes, desinfectantes y anestésicos

Por su parte, Soto *et al.* (2019), quienes investigaron la vulnerabilidad de la salmonicultura chilena en el sur del país frente al cambio climático, señalan que dentro de los indicadores de capacidad de adaptación uno de los elementos claves para reducir la vulnerabilidad es que exista transparencia y monitoreos y sistemas de alerta temprana accesibles¹⁵⁵.

Por último, y en específico, como la información disponible en Chile sobre el uso de antibióticos es limitada, e indica tasas más altas de aplicación que en Europa, se recomienda que los métodos y la tecnología de cultivo de salmón utilizada en el país se analicen y comparen con los de aquellos países donde el consumo de antibióticos ha disminuido dramáticamente como Noruega.¹⁵⁶

154. BurrIDGE L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

155. Soto D., J. León-Muñoz, J. Dredner, C. Luengo, F.J. Tapia & R. Garreaud (2019) Salmon farming vulnerability to climate change in southern Chile: understanding the biophysical, socioeconomic and governance links. *Reviews in aquaculture* 11(2): 354-374

156. BurrIDGE L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

Dentro de los beneficios de promover la investigación sobre los productos químicos y medicamentos utilizados en la salmonicultura, a través de aumentar la transparencia en la industria, se encuentran el potencial desarrollo de vacunas efectivas y de productos químicos no-tóxicos para que sean utilizados en las infraestructuras de los centros de cultivo, así como mejorar la adaptabilidad de la industria frente al cambio climático.

RECOMENDACIONES

A partir de los revisado en este informe, se sugieren una serie de recomendaciones para mejorar no solo la sustentabilidad de la industria, sino que también su imagen a nivel global:

1. Compartir públicamente al menos la información referente al uso de antibióticos y antiparasitarios en la salmonicultura chilena. Esto sería considerado como lo mínimo al comparar la información que se da a conocer en Chile con la que se publica en los otros países productores de salmón, y sabiendo que los impactos de estos productos sobre el medio ambiente se encuentran bien documentados.
2. Realizar una campaña informativa sobre el sistema regulatorio operativo, que demuestre el cumplimiento de estas regulaciones, por ejemplo, a través de la publicación de la información registrada en los monitoreos que se realizan en los centros de cultivo. Además, se debería publicar de forma más rápida la información sobre los químicos utilizados, el riesgo para los consumidores y los impactos ambientales. Para que esta campaña cuente de una mayor credibilidad debería ser liderada por una agencia del gobierno¹⁵⁷.
3. Los productores y proveedores de los medicamentos y químicos que se utilizan en la acuicultura deberían publicar abiertamente la información requerida para evaluar el riesgo del uso de los productos. Además, los científicos, tanto de estas empresas como aquellos independientes, deberían comunicar los riesgos del uso de este producto para el público y los consumidores de la forma más clara posible. Así, el público y las organizaciones de consumidores pueden considerar este riesgo en el contexto de la salud pública y del medio ambiente¹⁵⁸.
4. Las autoridades deberían monitorear, realizar auditorías y reportar públicamente el uso de químicos en los centros de cultivo, así como las prescripciones de los veterinarios. También, compartir, analizar y reportar los datos cuantitativos sobre el uso de químicos en cada centro de cultivo y en la industria, ya que esta información es un buen indicador de las tendencias en el manejo de enfermedades¹⁵⁹.

157. Costello M.J., A. Grant, I.M. Davies, S. Cecchini, S. Papoutsoglou, D. Quigley & M. Saroglia (2001) The control of chemicals used in aquaculture in Europe. *J. Appl. Ichthyol* 17: 173-180.

158. Costello M.J., A. Grant, I.M. Davies, S. Cecchini, S. Papoutsoglou, D. Quigley & M. Saroglia (2001) The control of chemicals used in aquaculture in Europe. *J. Appl. Ichthyol* 17: 173-180.

159. Costello M.J., A. Grant, I.M. Davies, S. Cecchini, S. Papoutsoglou, D. Quigley & M. Saroglia (2001) The control of chemicals used in aquaculture in Europe. *J. Appl. Ichthyol* 17: 173-180.

ANEXO I. USO DE ANESTÉSICOS Y VACUNAS EN LA SALMONICULTURA NACIONAL

1. ANESTÉSICOS

Los anestésicos se usan operacionalmente en la acuicultura cuando los peces son vacunados, transportados o manipulados para los conteos de piojos de mar o para el despojo de reproductores¹⁶⁰.

Los compuestos disponibles como anestésicos se encuentran regulados en Noruega, Chile, Canadá y Escocia. Sin embargo, solo Escocia y Noruega requieren que se reporten anualmente los compuestos anestésicos utilizados y sus cantidades. De acuerdo a la publicación de Burrige et al (2008) los anestésicos utilizados en salmonicultura en Chile serían¹⁶¹:

- Benzocaína
- MS-222
- Isoeugenol

Se considera que el uso de anestésicos en la acuicultura es de bajo riesgo ambiental, ya que es de baja frecuencia y dosis.¹⁶².

2. VACUNAS

El uso de vacunas es un método profiláctico, es decir, preventivo, para controlar los impactos de las enfermedades que afectan a los peces en cultivo. Las vacunas desarrolladas para ser utilizadas en peces durante las últimas dos o tres décadas, han demostrado ser un método establecido, probado y rentable para controlar ciertas enfermedades infecciosas en los animales cultivados alrededor del mundo¹⁶³.

En Chile, el uso de vacunas empezó a principio de la década de los ochenta para combatir la vibriosis¹⁶⁴, y en 2011 ya existían 44 formulaciones de vacunas aprobadas para su uso en salmónidos¹⁶⁵. Sin embargo, aún no se ha logrado desarrollar una vacuna eficiente para combatir la principal enfermedad que afecta a los salmones cultivados en el país en su fase de cultivo en el mar, la piscirickettiosis causada por *Piscirickettsia salmonis*¹⁶⁶.

160. Burrige (2003)

161. Burrige L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

Costello M.J., A. Grant, I.M. Davies, S. Cecchini, S. Papoutsoglou, D. Quigley & M. Saroglia (2001) The control of chemicals used in aquaculture in Europe. *J. Appl. Ichthyol* 17: 173-180.

162. Burrige L., J Weis, F. Cabello & J. Pizarro (2008) Chemicals use in salmon aquaculture: a review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture* 306(1-4): 7-23.

163. Subasinghe R. (2009) Disease control in aquaculture and the responsible use of veterinary drugs and vaccines: The issues, prospects and challenges. *Options Méditerranéennes* 86: 5-11.

164. Bravo S. & P. Midtlyng (2007) The use of fish vaccines in the Chilean salmon industry 1999-2003. *Aquaculture* 270(1-4): 36-42.

165. Servicio Agrícola Ganadero, SAG, (2011) Productos biológicos inmunológicos con registro provisional uso en salmónidos, Servicio Agrícola y Ganadero.

166. González L., C. Robles & M. Cortez San Martín (2016) Management issues regarding caligidosis treatment on salmon farms in Chile affected by infection salmon anaemia virus (ISAV) *Piscirickettsia salmonis* and *Neoparamoeba peruanus*.

Rozas M. & R. Enriquez (2014) Piscirickettsiosis and *Piscirickettsia salmonis* in fish: a review. *J. Fish Dis.* 37: 163-188.

Bravo S., H. Dolz, M. Silva, T. Lagos, C. Millanao & A. Urbina (2005) Diagnóstico del uso de fármacos y otros productos químicos en la acuicultura. Report Proyect N1 2003-28.

El Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) mantiene en su página web un listado de vacunas autorizadas para su uso en salmónidos en Chile (Tabla 1 – Anexo I)¹⁶⁷.

TABLA 1. Anexo I. Productos inmunológicos biológicos con registro provisional para su uso en salmónidos autorizados por el SAG.

PRODUCTO	ESPECIE DE DESTINO
Vacuna inactivada contra Necrosis Pancreática Infecciosa, Emulsión Inyectable ALPHA JECT 1000	Salmón del Atlántico; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra <i>Piscirickettsia salmonis</i> , Emulsión Inyectable AGROVAC SRS	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Salmón Chinook; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra Necrosis Pancreática Infecciosa, Emulsión Inyectable AGROVAC IPN	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Salmón Chinook; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra Necrosis Pancreática Infecciosa, Suspensión Acuosa para Inmersión IPE-VAC INMERSIÓN	Salmón del Atlántico
Vacuna inactivada contra Necrosis Pancreática Infecciosa, Emulsión Inyectable BLUEGUARD IPN INYECTABLE	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Salmón Chinook; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra Síndrome Rickettsial del Salmón, Emulsión Inyectable BLUEGUARD SRS INYECTABLE	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Salmón Chinook; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra Furunculosis atípica, Vibriosis, Síndrome Rickettsial del salmón y Necrosis Pancreática Infecciosa, Emulsión Inyectable ALPHA JECT 4-1	Salmón del Atlántico
Vacuna inactivada contra Síndrome Rickettsial del Salmón, Necrosis Pancreática Infecciosa, Vibriosis, Furunculosis, Emulsión Inyectable, AGROVAC 4	Salmón del Atlántico; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra Necrosis Pancreática Infecciosa y <i>Piscirickettsia salmonis</i> , Emulsión Inyectable BIRNAGEN FORTE 2	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra Síndrome Rickettsial del Salmón, Necrosis Pancreática Infecciosa, Vibriosis, Emulsión Inyectable AGROVAC 3	Salmón del Atlántico; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra Vibriosis, Síndrome Rickettsial del salmón y Necrosis Pancreática Infecciosa, Emulsión Inyectable ALPHA JECT MICRO 3	Salmón del Atlántico

167. Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) (2020) Productos inmunológicos biológicos con registro provisional para su uso en salmónidos por el SAG. Disponible en https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/lista_salmonidos_biol-inmunol_registro_provisional_20-2-2020.pdf

Vacuna inactivada contra Necrosis Pancreática Infecciosa, <i>Vibrio ordalii</i> y <i>Piscirickettsia salmonis</i> , Emulsión Inyectable BLUEGUARD SRS+IPN+Vo Inyectable	Salmón del Atlántico; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra Necrosis Pancreática Infecciosa y <i>Piscirickettsia salmonis</i> , Emulsión Inyectable BLUEGUARD SRS+IPN INYECTABLE	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra Necrosis Pancreática Infecciosa y Vibriosis, Emulsión Inyectable AGROVAC 2	Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra Síndrome Rickettsial del salmón y Necrosis Pancreática Infecciosa, Emulsión Inyectable ALPHA JECT MICRO 2	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra Síndrome Rickettsial del Salmón, Polvo Liofilizado Oral, BLUEGUARD SRS ORAL	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Salmón Chinook; Trucha arcoíris
Vacuna subunitaria contra Anemia Infecciosa del Salmón, Emulsión Inyectable BLUEGUARD ISA INYECTABLE	Salmón del Atlántico
Vacuna inactivada contra Síndrome Rickettsial del Salmón, Necrosis Pancreática Infecciosa, Vibriosis causada por <i>Vibrio ordalii</i> y Furunculosis causada por <i>Aeromonas salmonicida</i> atípica, Emulsión Inyectable BLUEGUARD SRS+IPN+Vo+As Inyectable	Salmón del Atlántico
Vacuna inactivada contra Anemia Infecciosa del Salmón, Emulsión Inyectable AGROVAC-ISA	Salmón del Atlántico
Vacuna inactivada contra Síndrome Rickettsial del Salmón, Necrosis Pancreática Infecciosa, Vibriosis, Anemia Infecciosa del Salmón, Emulsión Inyectable AGROVAC 3+ISA	Salmón del Atlántico
Vacuna subunitaria contra Anemia Infecciosa del Salmón, Polvo Liofilizado Oral, BLUEGUARD ISA ORAL	Salmón del Atlántico
Vacuna inactivada contra Síndrome Rickettsial del Salmón, Necrosis Pancreática Infecciosa, Vibriosis y Anemia Infecciosa del Salmón, Emulsión Inyectable BLUEGUARD SRS+IPN+Vo+ISA Inyectable	Salmón del Atlántico
Vacuna inactivada contra Anemia Infecciosa del Salmón, Emulsión Inyectable ALPHA JECT MICRO 1 ISA	Salmón del Atlántico
Vacuna inactivada contra Necrosis Pancreática Infecciosa, Síndrome Rickettsial del Salmón, Furunculosis atípica, Vibriosis, Anemia Infecciosa del Salmón, Emulsión Inyectable ALPHA JECT 5-1	Salmón del Atlántico
Vacuna inactivada <i>Vibrio anguillarum</i> , Suspensión para Inmersión ANGUI-VAC	Salmón del Atlántico
Vacuna inactivada Necrosis Pancreática Infecciosa y Síndrome Rickettsial del Salmón, Emulsión Inyectable FISHVAC IPN SRS	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Trucha arcoíris

Vacuna inactivada <i>Vibrio ordalii</i> , Suspensión para Inmersión DALLI-VAC	Salmón del Atlántico
Vacuna inactivada Necrosis Pancreática Infecciosa, Síndrome Rickettsial del Salmón, Furunculosis, Vibriosis, Anemia Infecciosa del Salmón, Emulsión Inyectable AGROVAC 4+ISA	Salmón del Atlántico
Vacuna inactivada Necrosis Pancreática Infecciosa, Síndrome Rickettsial del Salmón, Furunculosis, Vibriosis y subunitaria Anemia Infecciosa del Salmón, Emulsión Inyectable BLUEGUARD IPN+SRS+As+Vo+ISA Inyectable	Salmón del Atlántico
Vacuna inactivada Necrosis Pancreática Infecciosa, Síndrome Rickettsial del Salmón, Emulsión Inyectable AGROVAC IPN-SRS	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Salmón Chinook; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra Síndrome Rickettsial del Salmón, Emulsión Inyectable, RICKEMUNE-VAX	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Salmón Chinook; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada Necrosis Pancreática Infecciosa, Furunculosis, Vibriosis, Anemia Infecciosa del Salmón, Emulsión Inyectable	Salmón del Atlántico
Vacuna inactivada contra Síndrome Rickettsial del Salmón, subunitaria contra Anemia Infecciosa del Salmón, Polvo Liofilizado Oral BLUEGUARD SRS+ISA ORAL	Salmón del Atlántico
Vacuna inactivada contra <i>Flavobacterium psychrophilum</i> , Suspensión para Inmersión FLAVOMUNE	Salmón del Atlántico; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra Síndrome Rickettsial del Salmón, Emulsión Inyectable PROVIDEAN AQUATEC 1 SRS	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada Necrosis Pancreática Infecciosa y Síndrome Rickettsial del Salmón, Emulsión Inyectable, PROVIDEAN AQUATEC 2 SRS IPN	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada Necrosis Pancreática Infecciosa, Síndrome Rickettsial del Salmón, Vibriosis producida por <i>Vibrio ordalii</i> , Emulsión Inyectable PROVIDEAN AQUATEC 3 SRS IPN Vibrio	Salmón del Atlántico; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra Necrosis Pancreática Infecciosa, Polvo Liofilizado Oral BLUEGUARD IPN ORAL	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Salmón Chinook; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra Necrosis Pancreática Infecciosa, Síndrome Rickettsial del Salmón, Furunculosis, Vibriosis, Anemia Infecciosa del Salmón, Emulsión Inyectable PROVIDEAN AQUATEC 5 SRS IPN Vibrio ISAv Aeromonas	Salmón del Atlántico

Vacuna inactivada contra Necrosis Pancreática Infecciosa, Síndrome Rickettsial del Salmón, Vibriosis, Anemia Infecciosa del Salmón, Emulsión Inyectable PROVIDEAN AQUATEC 4 SRS IPN Vibrio ISAv	Salmón del Atlántico
Vacuna subunitaria contra Necrosis Pancreática Infecciosa y Síndrome Rickettsial del Salmón, Emulsión Inyectable AQUAVAC SARISTIN 2	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra Síndrome Rickettsial del Salmón, Suspensión para Inmersión RICKEMUNE-VAX INMERSIÓN	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Salmón Chinook; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada <i>Vibrio ordalii</i> y subunitaria Necrosis Pancreática Infecciosa, Síndrome Rickettsial del Salmón, Emulsión Inyectable AQUAVAC SARISTIN 3	Salmón del Atlántico; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada <i>Vibrio ordalii</i> , <i>Aeromonas salmonicida</i> atípica y subunitaria Necrosis Pancreática Infecciosa, Síndrome Rickettsial del Salmón, Emulsión Inyectable AQUAVAC SARISTIN 4	Salmón del Atlántico
Vacuna inactivada contra Síndrome Rickettsial del Salmón y Necrosis Pancreática Infecciosa, Emulsión Inyectable RICKEMUNE PLUS	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Salmón Chinook; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra <i>Aeromonas salmonicida</i> atípica, Suspensión para Inmersión AERO-VAC	Salmón del Atlántico; Trucha arcoíris
Vacuna subunitaria contra <i>Caligus rogercresseyi</i> , Emulsión Inyectable PROVIDEAN AQUATEC Sea Lice	Salmón del Atlántico
Vacuna inactivada contra Necrosis Pancreática Infecciosa, <i>Flavobacterium psychrophilum</i> , Emulsión Inyectable ALPHA JECT IPNV-Flavo 0,025	Salmón del Atlántico
Vacuna inactivada contra <i>Flavobacterium columnare</i> , Suspensión para Inmersión FLAVOMUNE C	Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra Necrosis Pancreática Infecciosa, Emulsión Inyectable, IPE-VAC Microdosis	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Salmón Chinook; Trucha arcoíris
Vacuna viva <i>Piscirickettsia salmonis</i> , Suspensión Inyectable, ALPHA JECT LIVAC SRS	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Salmón Chinook; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra Necrosis Pancreática Infecciosa, Síndrome Rickettsial del Salmón, Emulsión Inyectable FISHVAC 2 S	Salmón del Atlántico; Salmón del Pacífico; Salmón Chinook; Trucha arcoíris
Vacuna inactivada contra Necrosis Pancreática Infecciosa, Síndrome Rickettsial del Salmón, Vibriosis, Emulsión Inyectable FISHVAC 4 S	Salmón del Atlántico
Vacuna inactivada contra Necrosis Pancreática Infecciosa, Síndrome Rickettsial del Salmón, Furunculosis, Vibriosis, Emulsión Inyectable FISHVAC 5 S	Salmón del Atlántico

ANEXO II. TABLA RESUMEN: PRODUCTOS QUÍMICOS Y MEDICAMENTOS UTILIZADOS EN LA SALMONICULTURA NACIONAL QUE REPRESENTAN UN RIESGO AMBIENTAL Y SANITARIO

A continuación, se presentan los productos químicos y medicamentos utilizados en la salmonicultura en Chile, que representan un riesgo para la salud humana y para el medio ambiente debido a su potencial liberación directa al medio marino (Tabla 1 – Anexo II).

Estos incluyen los productos desinfectantes, antiincrustantes, antibióticos y antiparasitarios.

TABLA 1. Anexo II. Productos químicos y medicamentos utilizados en la salmonicultura nacional que pueden dispersarse al medio marino.

CATEGORÍA	INGREDIENTE ACTIVO	PRODUCTO / NOMBRE COMERCIAL	DOSIS RECOMENDADA	CANTIDADES UTILIZADAS
Desinfectantes ¹⁶⁸	Peroximonosulfato de potasio y cloruro de sodio	Virkon®	Pediluvios: 1:125 (0.8%)	
	Peroximonosulfato de potasio	Vir-stop	Concentración igual o inferior a 0,42 ppm	
	Yodo activo	Saniyod 3%	Concentración igual o inferior a 0,032 ppm	
		VQAQUAYOD	100 ppm de yodo activo (1L de producto)	
		Sekir 3%	Concentración igual o inferior a 0,1 mg/L producto	
		Buffodine	Concentración igual o inferior a 0,0015% del producto	
	Cloro	Disenfex desinfectante solución 5%	Dosificación al 2 % equivalente a 1000 ppm.	
		Dicloroisocianurato de sodio		

168. Dosis recomendadas obtenidas de Boletines Informativos de DIRECTEMAR y Fichas Técnicas de productos.

	Cloro + sales alcalinas + tensioactivos y secuestrantes	Vix Clor		
	Dióxido de Cloro	WK-710	Concentración igual o inferior a 0,041 ppm en ambientes marinos y 0,048 ppm en ambientes dulcea-cuícolas.	
		Oxiclor 5%		
		Proacid A + Pro-oxine B	Concentración igual o inferior a 0,039 ppm.	
		Prooxine A+B Dioxichlor 5,5	Sanitización: 200 ppm Desinfección: 500 ppm Esterilización: 1.000 ppm	
		Maxam desinfectante solución 5%	Concentración igual o inferior a 76 mg/L del producto	
		Clorodos Plus	A una dilución tal, que su efluente tenga una toxicidad letal de, al menos, 0,02% sobre Tisbe longicornis y una concentración subletal de 0,12% sobre Isochrysis galbana.	
	Hipoclorito de sodio	Tressaclor	Concentración igual o inferior a 33 ppm del producto.	
		Antigerm-Chlor	100 ppm de cloro disponible.	
	Hipoclorito de sodio + sales alcalinas	Tonalim	A una dilución tal, que su efluente tenga una toxicidad letal de, al menos, 0,052% sobre Tisbe longicornis y una concentración subletal de 1,6x10 ⁻⁵ % sobre Isochrysis galbana.	
		Ecoplus D	Limpiezas CIP: 0,5-2% a 50-60°C Limpiezas por inmersión: 2-5% a 40-60°C	

Amonio cuaternario	Cloruro de benzal- conio	2 mg/L (ingrediente activo) durante 60 minutos por 3 días.	
	Sani T-10	Desinfección de superficies no porosas: dilución 1:170 Fungicida en áreas del baño en gen- eral: dilución 1:64 Sanitización de superficies no porosas en contacto con alimentos: dilución 1:500	
	Triofast	Concentración igual o inferior a 1,74 ppm del producto en ambiente marino y 0,15 ppm del producto en ambiente dulceacuícola.	
	Carsept 50%	Para desinfección regular 0.5 L/ m2 Áreas muy sucias o contaminadas: 1,2 L/m2 Piscinas: 5-10 mL por m3 de agua.	
	Clean Quat Plus		
	Whisper V	Desinfección: 5,8 mL/L Desinfección de superficies de no contacto con alimentos: 2,5 mL/L Uso en granjas; 5,9 mL/L Desinfección de criaderos por nebu- lización: 400 mL/L	
	CFQ Sanitizer	Concentración igual o inferior a 0,00095% en ambientes marinos y 0,0009% en ambientes dulceacuíco- las	
	HVI 256	Concentración igual o inferior a 4,5 ppm	
	Metaquat	Concentración igual o inferior a 0,00005% del producto	

		Jonclean 80		
		Bioquat	Dilución solución bactericida: 450 ppm Dilución virucida: 450 ppm Dilución fungicida: 125 ppm por 10 minutos Sanitizante de superficies: 400- 150 ppm Algicida: 2 ppm (tratamiento de choque) o 0,5 ppm (mantención) Rodiluvios y pediluvios: 400 ppm	
		Potenza SL desinfectante concentrado soluble	Fungicida: 15,6 mL/L Bactericida: 6,88 mL/L Algicida: 6mL/L	
	Amonio cuaternario + glutaraldehido + isopropanol	Virocid 20%	Desinfección rutinaria: 0,25% a razón de 300 mL de solución/m ² Ante brotes de enfermedad: 0,5% a razón de 300 mL de solución/m ² Con lanza de espuma: 0,5% Termonebulización: 25% a razón de 1 litro de solución para 200 m ³ Pediluvios: 1:50, renovar semanalmente En presencia de animales en acuicultura: Salas pequeñas: 0,25-0,5%, aplicar 1 litro de solución/10m ² Salas grandes-termonebulizar: 0,5% 1 litro de solución/40 m ²	
	Glutaraldehido + amonio cuaternario	Bixler	Concentración igual o inferior a 0,0004% del producto	
		Duplalm	Concentración igual o superior a 3,1x10 ⁻⁵ % en ambientes marinos y 0,034% en ambientes dulceacuícolas	
	Glutaraldehido + glioxal +formaldehido + isopronanol	Sanit Line 20	Concentración igual o inferior a 9,85 mg/L en ambientes marinos y 5,84 mg/L en ambientes dulceacuícolas	

Aldehidos	Climber 20%	Concentración igual o inferior a 0,3 ppm del producto	
	Ucarsan 420	Concentración igual o inferior a 0,001 mL/L en ambientes marinos y 0,05 mL/L en ambientes dulceacuícolas	
	Formalin 37	Límite permisible absoluto: 0,3 ppm	
	Saproform	Concentración igual o inferior a 0,064 ppm en ambientes marinos y 0,075 en ambientes dulceacuícolas	
Ácido peracético	Peragreen		
	Oxonia activo	Concentración de 0,053% en ambientes marinos	
	Germisan 15 desinfectante	Concentración igual o inferior a 7,5 ppm del producto en ambientes marítimos y 0,021 ppm del producto en ambientes dulceacuícolas	
	Saniacid P-15	Dilución entre 1,3 mL a 2,1 mL del producto por litro de agua.	
	Divosan Forte	Concentración igual o inferior a 82,6 mg/L	
	Peracetic Sanitizer FP15	Para sanitización se usa desde el 0,02% y como desincrustante al 2% Concentraciones óptimas: Sanitización μ 200 ppm Desinfección μ 500 ppm	
	Impoacético 15%		
	Hyperox	Desinfección de instalaciones y equipos, aplicar a razón de 200-300 mL de mezcla por m ² de superficie a tratar. Vados sanitarios y pediluvios 1:100 o 1:200, recambiar dos veces por semana o conforme a títulos de concentración.	

Ácido peracético + peróxido de hidrógeno	Ácido peracético 15%	Concentración igual o inferior a 0,029 ppm en ambientes marinos	
	Prinacid 3000	Concentración igual o inferior al 0,00057%	
	Prinacid 2000	Dosificación por 100 L de agua: 2 L por 4-6 horas	
Ácido peracético + ácido peroctanoico	Vortexx	Este producto es efectivo como sanitizante cuando la solución es preparada en agua hasta 500 ppm de dureza como CaCO ₃	
Ácido láctico	Aseplac	Efectivo a la concentración del 2 y 4%.	
Cloruro de benzalconio	Star 22	Concentración igual o inferior a 0,027 ppm en ambientes marinos	
Peróxido de hidrógeno	Oxteril		
Peróxido de hidrógeno + nitrato de plata	Halospray		
Bromuro de sodio	Acti-Brom 7342		
Cloruro de amonio	Veligon TL-M	0,005 mL/L	
Ácido glicólico + ácido sulfúrico + cumenesulfonato de sodio + ácido octenil succínico	Divosan Uniforce		
Bronopol	Cress 50%	Concentración igual o inferior a 2,3 ppm del producto	

Antiincrustantes ¹⁶⁹	Biocidas orgánicos	Biodeg A/F sin cobre		<u>2012</u> 100.497 L
	Óxido de cobre	Aquanet CC100		<u>2012</u> 1.514.349 L
		A/F base solvente		<u>2012</u> 6.611.388 L
		A/F base agua		<u>2012</u> 1.385.925 L
		Aquanet LG100		
		ReaLL WS		<u>2012</u> 3.471.131 L
		ReaLL SS		<u>2012</u> 2.084.839 L
		Norimp 1500		<u>2012</u> 759.000 L
		Norimp 2000 CH		
		Econet 1500 SB		<u>2012</u> 4.564.920 L
		Econet RF		<u>2012</u> 147.789 L
		Quipsal		
		Ecoquipsal		<u>2012</u> 650.273 L
		Flexgard XI-C		<u>2012</u> 385.107 L
		Flexgard XI-CH		
		Aquasafe-a		<u>2012</u> 1.204.955 L
		Aquasafe-B		
	Óxido de cobre y óxido de zinc	Hempanet 7150 A		
	Óxido de zinc, piritionato de zinc, cobre (sin especificación)	Solignum 7C1-2		
	Óxido de zinc	Solignum 7C1-6		

169. Cantidades utilizadas extraídas de IFOP (2013) Determinación y evaluación de los componentes presentes en las pinturas anti-incrustantes utilizadas en la acuicultura, sus efectos y la acumulación en sedimentos marinos de la región de Los Lagos (Primera Etapa). Disponible en: http://www.subpesca.cl/portal/618/articles-81701_documento.pdf

Antibióticos ¹⁷⁰	Florfenicol	Florfenox	10 mg/kg/pv por 10 días	<u>2018</u> Agua de mar: 291,9 t Agua dulce: 1,5 t
		Veterin 50%	10 mg/kg/pv por 10 días	
		Duflosan 50%	10 mg/kg/pv por 10 días	
		Duflosan L 50	10 mg/kg/pv por 10 días	
		Aquafen	10 mg/kg/pv por 10 días	
		(-) Reg N° 1598	10 mg/kg/pv por 10 días	
	Oxitetraciclina	Terrivet F200	20 mg/kg/pv	<u>2018</u> Agua de mar: 15,1 t Agua dulce: 11,8 t
		Terrivet 50%	75 mg/kg/pv por 15 días	
		Terrivet 80%	75 mg/kg/pv por 15 días	
		(-) Reg N° 1595	55-82 mg/kg/pv por 10 días	
		Zanil 80%	75 mg/kg/pv por 15 días	
		(-) Reg N°309	13, 57-20, 75 g / 100 kg pv por 10 días	
	Eritromicina	Vetromic 50%	75-100 mg/kg/pv por 21 días	<u>2018</u> Agua dulce: 1,2 t
		Eritrofeed 80%	92,5 mg/kg/pv por 21 días	
		Vetromic 80%	75-100 mg/kg/pv por 14-21 días	

170. Nombre comercial y dosis de Sernapesca (2015) Manual de buenas prácticas en el uso de antimicrobianos y antiparasitarios en salmonicultura chilena; Cantidades utilizadas de Sernapesca (2019) Uso de antibióticos en la salmonicultura nacional;

Antiparasitarios ¹⁷¹	Benzoato de emamectina	Slice	50 µg/kg peso del principio activo o 25 mg/kg peso del producto comercial, por 7 días.	<u>2019:</u> 110,4 kg
	Diflubenzuron	Calishot	6 mg/kg peso del principio activo o 7,5 mg/kg peso del producto comercial, por 14 días.	<u>2019</u> 0 kg
	Deltametrina	AMX	2 mg/mt3 agua del principio activo o 0,3 ml/mt3 agua del producto comercial, por 30-40 minutos.	<u>2019</u> 53 kg
		Deltafav	3 mg/mt3 agua del principio activo o 0,3 ml/mt3 agua del producto comercial por 40 minutos.	
	Cipermetrina	Betamax	15 mg/mt3 agua del principio activo o 0,3 ml/mt3 agua del producto comercial, por 30 minutos.	<u>2019</u> 0 kg
	Azametifos	Purisan	100 mg/mt3 agua del principio activo o 200 mg/mt3 agua del producto comercial por 30-60 minutos.	<u>2019</u> 8.851,6 kg
		CalFree	100 mg/mt3 agua del principio activo o 200 mg/mt3 agua del producto comercial por 30-60 minutos.	
		Azasure	100 mg/mt3 agua del principio activo o 200 mg/mt3 agua del producto comercial por 30-60 minutos.	
	Lufenurón	Imvixa	5 mg/kg peso del principio activo o 50 mg/kg peso del producto comercial por 7 días.	<u>2019</u> 266,6 kg
	Hexaflumuron	Alpha Flux	2 mg/1.000 mL agua del principio activo o 20 mL/1.000 mL agua del producto comercial por 120 minutos.	<u>2019</u> 0 kg
Peróxido de hidrógeno	Paramove	800 – 2.000 ppm o mg/L del principio activo o 800 – 2.000 ppm o mg/L del producto comercial por 20 minutos.	<u>2019</u> 987.164,4 kg	

171. Información sobre nombre de productos y dosis recomendada extraída de: Productos antiparasitarios para el control de caligidosis en salmónidos con registro del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Disponible en: http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/medicamentos_registrados_contra_caligidosis.pdf