



Escapes de salmones en Chile

Eventos, impactos, mitigación y prevención

Salmon escapes in Chile

Incidents, impacts, mitigation and prevention

Autores: Maritza Sepúlveda ^{1,2}, Francisca Farías ² y Eduardo Soto ¹

Edición: Paula Moreno ³ y Susan Díaz ³

¹ Centro de Investigación Eutropia

² Centro de Investigación y Gestión en Recursos Naturales CIGREN, Universidad de Valparaíso

³ WWF Chile

Autores / *Authors*: Maritza Sepúlveda, Francisca Farías y Eduardo Soto

Edición: Paula Moreno, Coordinadora Programa Acuicultura - WWF Chile; Susan Díaz, Coordinadora de Comunicaciones - WWF Chile. / *Editors: Paula Moreno, Aquaculture Program Coordinator - WWF Chile; Susan Díaz, Communications Coordinator - WWF Chile.*

Traducción al inglés / *Translation to English*: Irene Alvear - Chile.

Esta publicación debe citarse de la siguiente manera: Sepúlveda, Maritza; Farías, Francisca y Soto, Eduardo. 2009. Escapes de salmones en Chile. Eventos, impactos, mitigación y prevención. Valdivia, Chile: WWF. / *This publication should be cited as follows: Sepúlveda, Maritza; Farías, Francisca and Soto, Eduardo. 2009. Salmon escapes in Chile. Incidents, impacts, mitigation and prevention. Valdivia, Chile: WWF.*

Todos los derechos reservados. Cualquier reproducción total o parcial de la presente publicación deberá mencionar el nombre del o los autores y el propietario de los derechos de autor / *All rights reserved. Total or partial reproduction of this publication should properly cite the authors' names and copyright.*

Copyright Publicado en Noviembre de 2009 por WWF Chile, Valdivia. / *Published in November 2009 by WWF Chile, Valdivia.*
©2009 WWF Chile

Foto de portada: Detalle de salmones en etapa de smoltificación, en centro de lago. Lago Llanquihue, región de Los Lagos / *Cover photo: Salmon during smolting phase in lake concession. Llanquihue Lake, Los Lagos Region.* © WWF Chile - Matthew PERL.
Diseñado y diagramado por / *Design & page Layout*: www.joaquinsobell.cl
Impreso en / *Printed in*: Imprenta América Ltda.



Escapes de salmones en Chile

Eventos, impactos, mitigación y prevención

Salmon escapes in Chile

Incidents, impacts, mitigation and prevention

Autores: Maritza Sepúlveda ^{1,2}, Francisca Farías ² y Eduardo Soto ¹
Edición: Paula Moreno ³ y Susan Díaz ³

¹ Centro de Investigación Eutropia

² Centro de Investigación y Gestión en Recursos Naturales CIGREN, Universidad de Valparaíso

³ WWF Chile

3	Agradecimientos Acknowledgements
4	Prólogo Prologue
6	Introducción Introduction
9	Cuantificando los escapes de salmones en Chile Quantifying salmon escapes in Chile
10	Análisis de escapes por especie en cultivo en ecosistemas marinos Escapes per species farmed in marine ecosystems
12	Análisis de escapes en ecosistemas de agua dulce Escapes in freshwater systems
13	Causas de los escapes de salmones Identifying the causes of salmon escapes
13	Acción de depredadores Predation
15	Robo Theft
15	Condiciones climáticas Weather conditions
17	Mantenimiento de las estructuras de cultivo Farm maintenance
17	Manipulación de los peces en cultivo Farmed fish handling
19	Impactos ambientales de los escapes de salmones Environmental impacts of salmon escapes
19	Impactos sobre los ecosistemas y las especies nativas Impacts on ecosystems and native species
19	"Asilvestramiento" de los salmones escapados Wild behavior of escaped salmon
21	Transmisión de patógenos y enfermedades Spread of pathogens and disease
25	Impactos sociales de los escapes de salmones Social impacts of salmon escapes
25	Salud pública Public health impacts
25	Político/social Political and social impacts
25	Pérdidas económicas para los productores Economic losses for producers
26	Mitigación de escapes de salmones Mitigating salmon escapes
26	Eficacia de los sistemas de recaptura de salmones escapados Effectiveness of escaped salmon recapture systems
26	Tecnología para evitar los escapes Escape prevention technology
29	Prevención de escapes de salmones Preventing salmon escapes
29	Fase en agua dulce Freshwater stage
30	Fase en agua de mar Ocean water stage
31	Normativa sobre escapes en Chile y otros países productores Regulations on escapes in Chile and other producer countries
41	Conclusiones y recomendaciones Conclusions and recommendations
45	Literatura citada References

Agradecimientos ~ Acknowledgements

Por el apoyo fundamental a la investigación que permitió el desarrollo de este informe, queremos agradecer a las fuentes de financiamiento del Programa de Acuicultura de WWF Chile. En esta misma línea agradecemos también a la Corporación de Fomento de la Producción, CORFO, por el apoyo brindado.

Asimismo, reconocemos la colaboración de la Subsecretaría de Pesca, el Servicio Nacional de Pesca, y la Armada de Chile a través de sus Capitanías de Puerto en la zona sur del país, quienes compartieron datos relevantes para este estudio.

De manera especial, los autores de este estudio agradecen a todos quienes respondieron a la solicitud de participar de este informe, con quienes se programaron entrevistas y quienes gentilmente respondieron una encuesta de percepción, instrumento que permitió enriquecer uno de los capítulos de este documento (Marisol Álvarez, Iván Arismendi, Rodrigo Balladares, Sergio Barrasa, Roberto Berndt, Pedro Brunetti, Mark Buscaglia, Alejandro Buschmann, Juan Carlos Cárdenas, Roberto de Andrade, José Faúndez, Giuliana Furci, Cristián Gutiérrez, María Verónica Jiménez, Øyvind Karlsen, Gerardo Martí, Carola Maturana, Teófilo Melo, Shirley Opazo, Germán Pequeño, Cristián Pérez, Juan Carlos Puchi, Jaime Rovira, Roberto Tapia, Ricardo Torrijos, Marcelo Urrutia, Andrés Vidaurre y Kyle Young).

Por su parte, las editoras agradecen de manera particular al investigador Dr. (c) Iván Arismendi, quien es autor del Prólogo de este informe. A Ricardo Bosshard, Emily Owen y Daniel Carrillo de WWF Chile, quienes colaboraron en la revisión de los textos y a Irene Alvear por la traducción de este documento al inglés.

We would like to thank the funding sources for WWF Chile's Aquaculture Program for their fundamental support of the research upon which this report is based. We also thank the Chilean Economic Development Agency (CORFO) for its support.

We would also like to recognize the collaboration of the Undersecretariat of Fisheries, the National Fisheries Service, and the Chilean Navy and its Harbormaster's Offices in southern Chile, which all shared important information for this study.

The authors would particularly like to thank all of those who participated in this report either through an interview or a questionnaire, which enriched one of the chapters in this publication (Marisol Álvarez, Iván Arismendi, Rodrigo Balladares, Sergio Barrasa, Roberto Berndt, Pedro Brunetti, Mark Buscaglia, Alejandro Buschmann, Juan Carlos Cárdenas, Roberto de Andrade, José Faúndez, Giuliana Furci, Cristián Gutiérrez, María Verónica Jiménez, Øyvind Karlsen, Gerardo Martí, Carola Maturana, Teófilo Melo, Shirley Opazo, Germán Pequeño, Cristián Pérez, Juan Carlos Puchi, Jaime Rovira, Roberto Tapia, Ricardo Torrijos, Marcelo Urrutia, Andrés Vidaurre and Kyle Young).

The editors would like to thank Dr. Iván Arismendi, author of the prologue, for his contribution to the publication. Thanks also to Ricardo Bosshard, Emily Owen and Daniel Carrillo of WWF Chile for their work reviewing the publication and to Irene Alvear for translating the report to English.

Prólogo ~ Prologue

La actual expansión y crecimiento sostenido que presenta la acuicultura a nivel mundial ha generado nuevos desafíos en torno a identificar y medir los impactos que dichas actividades provocan en los ecosistemas naturales receptores. Un claro ejemplo de ello son el cultivo de salmónidos (salmones y truchas) que se desarrolla tanto en ambientes dulceacuícolas como marinos del sur de Chile. Dicha actividad ha tenido un explosivo crecimiento en las últimas décadas superando las 600,000 toneladas anuales. Las potenciales amenazas hacia los ecosistemas nativos y los conflictos sociales que ha generado la rápida expansión de la salmonicultura, regulada por muchos años bajo precarias medidas de control, hacen necesaria una mirada más profunda al tema de los escapes. El presente documento es un buen aporte para comenzar una discusión seria de las futuras regulaciones a la actividad acuícola, tomando en consideración las causas de los escapes y sus implicancias ecológicas, económicas y sociales.

En este trabajo se describe la magnitud, posibles causas y consecuencias de los escapes de salmónidos en el sur de Chile. Los autores hacen un gran esfuerzo por recopilar la mayor cantidad de información disponible sobre estadísticas de escapes, compilando la literatura científica relevante publicada sobre el tema, estadísticas oficiales, además de otras fuentes de información. Los autores utilizan un lenguaje amigable y al alcance de todas las personas interesadas en el tema, sin profundizar en demasía en el lenguaje científico-técnico, pero cubriendo los principales tópicos de interés público y de Gobierno sobre la problemática de los escapes. De esta forma, el presente trabajo puede considerarse como una herramienta técnica de apoyo para la orientación en la toma de decisiones sobre políticas y reglamentos para la regulación de las actividades acuícolas en el sur de Chile.

En la primera parte del documento, se desarrolla un análisis de la magnitud de los escapes en ambientes marinos en las últimas décadas. En el caso de los ambientes dulceacuícolas no existe información disponible. Los autores destacan cifras mayores que las registradas en otros países productores de salmónidos, superando incluso los 1,7 millones de individuos escapados en un solo año. Luego, se describen las principales causas de los escapes, otorgándosele una mayor importancia al factor humano y de directa responsabilidad del productor acuícola. También se incluyen otros factores externos como causas de los escapes, tales como el ataque de aves y otros mamíferos predadores, robos y condiciones climáticas adversas. Los autores identifican además los principales impactos ecológicos y sociales de los escapes. Los impactos ecológicos estarían asociados a efectos negativos sobre las especies de peces nativos (predación y competencia), el establecimiento de poblaciones naturalizadas, así como también la transmisión de enfermedades hacia la fauna nativa. Los impactos sociales estarían relacionados a la salud pública, por ejemplo, el consumo de peces escapados con residuos de antibióticos. Además, existirían impactos político-sociales, como una potencial apertura de la pesca artesanal para capturar los salmónidos escapados.

The current worldwide expansion and sustained growth of aquaculture has caused new challenges related to identifying and measuring its impacts to the receiving ecosystem. A clear example of this is the development of salmon and trout aquaculture in freshwater and marine ecosystems of southern Chile. Salmon and trout aquaculture has had explosive growth in the past few decades with over 600,000 tons produced annually. The potential threat toward native ecosystems and the social conflicts that have been created by the rapid expansion of salmon and trout aquaculture, regulated for many years with minimum requirements, provoke a need to take a deeper look towards the issue of escapes. The present document serves as a good reference to start a serious discussion about future regulations for aquaculture activities, taking into consideration the cause of escapes and their ecological, economic and social implications.

This work describes the magnitude, possible causes and consequences of salmon escapes in southern Chile. The authors have undertaken great efforts to compile the majority of available information about escapes, using relevant published scientific literature, official statistics, and other sources. The authors use reader-friendly language for the general public, avoiding scientific and technical vocabulary, and cover the principal aspects of interest for both the public and the Chilean government about escape issues.

In the first part of the document, the authors analyze the magnitude of escapes in marine ecosystems during the last few decades, but for freshwater ecosystems there is no information available. The authors highlight escape statistics for Chile exceed those for other salmon-producing countries, with over 1.7 million fish escaping in one year alone in Chile. The authors then describe the principal causes of escapes, including the human factor and direct responsibility by aquaculture companies. Other external factors that may cause escapes are considered, such as attacks by birds and other predators, theft and adverse weather conditions. The authors also identify the main ecological and social impacts of the escapes. The ecological impacts are associated with negative effects on native fish (predation and competition), the establishment of naturalized populations and disease transmission to native fauna. The social impacts are related to public health risks from, for example, human consumption of escaped fish containing antibiotics. Also, there are political-social impacts as seen by artisanal fisheries capturing escaped fish.

The document also contains an analysis of measures commonly used to mitigate salmon escapes, which highlight the low success rates of recapture. It seems that prevention measures are most effective for control and management. The authors indicate that, in freshwater systems, closed-circulation facilities are at lowest risk for escapes, whereas net-pens placed in lakes are at highest risk.

In Chile, there is currently a lack of information about salmon escapes in freshwater environments, since regulations have not considered this type of

En este trabajo se analizan las medidas que suelen utilizarse para la mitigación de los escapes de salmónidos, destacándose la poca eficacia de la recaptura de los individuos escapados. Al parecer, las medidas tendientes a la prevención de los escapes serían las más efectivas en su control y disminución. Los autores señalan que las pisciculturas de recirculación serían el tipo de instalación de menor riesgo de escapes en agua dulce, mientras que las balsas jaulas en lagos tendrían el mayor riesgo.

Actualmente en Chile, existe un vacío de información sobre los escapes de salmónidos en agua dulce debido a que la ley no los ha considerado por su bajo volumen, comparado con los escapes en ambientes marinos. En el último caso, los autores describen algunas mejoras ingenieriles aplicables a los sistemas de cultivo, sin embargo, no se menciona como alternativa el uso de balsas jaulas instaladas en zonas alejadas de la costa o en áreas oceánicas. Los autores incluyen información de referencia sobre la normativa existente en el tema de los escapes en Chile y otros países productores de salmónidos, tales como Noruega, Canadá, Estados Unidos y Escocia. A pesar de que la mayoría de ellos mantienen un menor nivel de producción acuícola que Chile, sus normativas parecen mejor elaboradas y más estrictas, incluyendo planes de contingencia y códigos de buenas prácticas buscando sobre todo la prevención de los escapes. Los autores asignan también un importante rol al Estado, el cual debe regular de una mejor manera a la industria acuícola, a través de la creación de un sistema de información eficaz que incluya tanto los escapes masivos como puntuales.

Finalmente, se debe agradecer la labor e iniciativa de WWF de poner sobre la mesa el tema de los escapes de salmónidos en Chile a través del presente informe, el cual tiene el gran mérito de ser el primero elaborado en el país. Esperaría que este trabajo sea el punto de partida de una discusión seria e informada sobre la problemática de los escapes en Chile y sirva de herramienta para la elaboración de futuras medidas de control y reglamentación.

**Iván Arismendi Vidal, Ingeniero Pesquero,
Candidato a Doctor en Ciencias Forestales
Universidad Austral de Chile**

escape due to low volumes in comparison to marine ecosystems. In marine environments, the authors describe engineering and design improvements that apply to cultivation systems; however, there is no mention of the option of offshore cages that could potentially be placed in far-away coastal and open-ocean areas. The authors include reference information related to government regulations on escapes in Chile and other countries such as Norway, Canada, the United States and Scotland. Despite the fact that almost all other countries mentioned have lower aquaculture production levels than Chile, they appear to have to have more elaborate and stricter regulations, including contingency plans and best management practices which aim to prevent escapes. The authors also note the important role of the government, which can regulate the aquaculture industry better through the creation of an escape reporting system for individual and massive escapes.

Finally, WWF should be commended for the initiative and work that brought the issue of escapes to the forefront through this document, which also has great merit for being the first work of its kind in Chile. It is hoped that this work will spark a serious and informed discussion about escapes in Chile and serve as a tool to elaborate future control and regulations.

**Iván Arismendi Vidal, Fisheries Engineer,
Doctoral Candidate in Forestry Science
Universidad Austral de Chile**

Introducción ~ Introduction

El Sur de Chile es una de las más importantes áreas para la conservación de la biodiversidad a nivel mundial, cuya riqueza paisajística está dada por la interacción entre sus ecosistemas boscosos, de agua dulce y marinos. Ésta es un área de altos niveles de endemismo, y de grandes extensiones de hábitat prístinos. Chile cuenta con uno de los bordes costeros más largos del mundo, con 83.850 km de costa continental, incluidas las islas y canales ligados al continente (SHOA, 2009). Gracias a la elevada productividad de este ecosistema, pueden encontrarse 31 especies de mamíferos marinos, de las más de 50 que se encuentran presentes en el país, dentro de las cuales está el endémico delfín chileno (*Cephalorhynchus eutropia*) y la globalmente amenazada ballena azul (*Balaenoptera musculus*) (Hucke-Gaete *et al.*, 2006). La región también cuenta con sistemas lacustres que son mundialmente reconocidos por su gran tamaño, la pureza de sus aguas y la presencia de especies endémicas. A pesar de esto, el 93% de las especies nativas de esos ecosistemas de agua dulce están en peligro debido a la degradación del hábitat y al ingreso de especies exóticas (OCDE & CEPAL, 2005).

Son estas características y condiciones físicas presentes en la geografía del sur de Chile, las principales ventajas comparativas que ha sabido aprovechar la industria del cultivo del salmón, permitiéndole incluso mantener un crecimiento sostenido en los últimos 10 años, pasando de 182 mil toneladas exportadas en 1998 hasta 445 mil toneladas en 2008, equivalentes a 2.392 millones de dólares en exportaciones (SalmonChile, 2009), transformando así a Chile en uno de los líderes mundiales en la producción de salmones, superado sólo por Noruega.

Los salmónidos son especies exóticas para las aguas de Chile, introducidas al país con fines de pesca deportiva a comienzos del siglo XIX. Sin embargo, desde la década del 80 han sido cultivadas con gran éxito, en términos de volúmenes de producción. Las principales especies de salmones cultivadas en Chile son el salmón del Atlántico (*Salmo salar*), el salmón Coho (*Oncorhynchus kisutch*) y la trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) (Techno Press, 1998). Estas especies se desarrollan tanto en ecosistemas dulceacuicolas como marinos, siendo importantes los sistemas de agua dulce en las primeras etapas de la vida de los peces, mientras que el crecimiento y maduración sexual de estos organismos ocurre en agua de mar (Editec, 1993). Esta última fase puede durar entre 1,5 y 3 años de la vida del pez, período durante el cual los salmones se encuentran confinados en balsas-jaulas flotantes. Es esta forma de cultivo la que otorga las condiciones propicias para que estas especies exóticas puedan escapar al ambiente natural, generando diversos y profundos impactos en los ecosistemas acuáticos. Es por ello que se hace necesario conocer y cuantificar estos efectos a través de métodos sistemáticos y confiables, de manera de reducir o eliminar dichos impactos. Ya en el año 2005, el Diálogo Internacional sobre Salmonicultura¹ había identificado a los escapes de salmónidos como uno de los impactos claves sobre los cuales se desarrollarán los estándares globales

Southern Chile is one of the world's most important areas in terms of biodiversity conservation. The value of its landscape is based on the interaction of forest, freshwater and ocean ecosystems. The area features high levels of endemism and large extensions of pristine habitats. Chile has one of the longest coastlines in the world, with 83,850 km of continental coasts, including islands and channels linked to the continent (SHOA, 2009). Thanks to this ecosystem's high productivity, it is possible to find 31 of the more than 50 species of marine mammals present in the country, among which is the endemic Chilean dolphin (*Cephalorhynchus eutropia*) and the endangered blue whale (*Balaenoptera musculus*) (Hucke-Gaete *et al.*, 2006). The region also contains lakes known throughout the world for their size, pristine waters and endemic species. In spite of this, 93% of the native species that dwell in these aquatic ecosystems are threatened due to habitat degradation and the introduction of exotic species (OECD & ECLAC, 2005).

The physical features and conditions that exist in southern Chile are the basis of the salmon industry's main comparative advantages. This industry has grown steadily in the past 10 years, from 182,000 exported tons in 1998 to 445,000 tons in 2008, equivalent to US\$2.4 billion in exports (SalmonChile). Chile is the world's second-largest salmon producer, exceeded only by Norway.

Salmon are exotic species in Chilean waters, introduced for sport fishing in the early nineteenth century. However, since the 1980s they have been farmed with great success in terms of produced volume. The main salmon species farmed in Chile are Atlantic salmon (*Salmo salar*), Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) (Techno Press, 1998). These species dwell in both fresh and marine waters, with freshwater systems playing a key role in early development stages. Further growth and sexual maturity of the fish take place in the ocean (Editec, 1993). The latter phase can last from 1.5 to three years of age, a period during which salmon are reared in floating cages. This farming method creates favorable conditions for the escape of exotic species into the natural environment, resulting in diverse and severe impacts on both marine and aquatic ecosystems. In order to reduce or eliminate these impacts, they must be studied and quantified in a systematic and reliable manner. In 2005, the International Salmon Aquaculture Dialogue¹ identified salmon escapes as one of the key impacts that should shape global certification standards for this activity. The Dialogue's Steering Committee commissioned a study on salmon escapes in different salmon-producing countries. The study, entitled "*Incidence and Impacts of Escaped Farmed Atlantic salmon *Salmo salar* in Nature*" and published in January 2008, found that, despite being a large producer, Chile has little public information available to make progress in reducing escapes and thereby diminishing impacts these fish have on marine and freshwater biodiversity.

Given this context, WWF Chile commissioned the documentation and assessment of salmon escapes in freshwater, estuarine, and marine ecosystems

para la certificación de la actividad. Así, el Comité Directivo del Diálogo encargó la elaboración de un estudio para conocer la situación de los escapes de salmónes en los distintos países productores. El estudio, publicado en enero de 2008 y denominado “Incidence and impacts of escaped farmed Atlantic salmon *Salmo salar* in nature” (“Incidencia e impactos en la naturaleza de los escapes de salmón del Atlántico *Salmo salar*”), determinó que Chile, siendo uno de los países productores importantes, cuenta con poca información pública y disponible para poder avanzar en la reducción de los escapes y, por ende, en la disminución de los impactos que estos peces causan sobre la biodiversidad marina y dulceacuícola.

En este sentido, y con el fin de contribuir a la comprensión de este problema y su real dimensión, WWF Chile ha encomendado la documentación y evaluación de los escapes de salmónes en el país. Este estudio apunta a reconocer los posibles impactos que genera el escape de salmónes en los ecosistemas, y además proveerá de información confiable al gobierno, a la industria y a los distintos actores interesados en la búsqueda de nuevas y mejores guías en esta materia. Es importante mencionar que si bien las investigaciones científicas tendientes a estudiar este impacto pueden considerarse limitadas, éstas otorgan antecedentes suficientes para estructurar una idea clara de la situación que ocurre en Chile respecto de los escapes.

Por otro lado y en relación a la obtención de estadísticas oficiales acerca de los escapes que se producen en la industria del salmón, es oportuno señalar que si bien se recurrió a los organismos pertinentes, dispuestos en el Reglamento Ambiental para la Acuicultura², así como a las empresas productoras y a su asociación gremial³; los datos provenientes de las empresas no fueron incorporados en el análisis producto de que la información no guardaba relación con las estadísticas oficiales. Cabe destacar además que la norma sólo establece la obligatoriedad de informar acerca de los escapes masivos ocurridos en los ecosistemas acuáticos donde se sitúa el centro de cultivo, dejando fuera de las estadísticas oficiales los escapes parciales y, de alguna forma aquellos que ocurren en ríos y lagos, lugar donde se desarrollan los primeros estadios de desarrollo del pez. En consecuencia, este estudio, involuntariamente, se concentró sólo en los escapes masivos producidos en mar.

nationwide in order to improve understanding of this problem and its present scope. The study aims to recognize the potential impacts of salmon escapes in these ecosystems and will provide reliable information to government, industry and other stakeholders interested in new and improved guidance in the matter. Although scientific research about this impact can be considered limited, sufficient evidence exists to shape a clear view of the current situation on salmon escapes in Chile.

Although all the information collected from the relevant agencies (as stated in the Environmental Regulations for Aquaculture²), producer companies and trade associations³ was reviewed, the analysis did not consider the information provided by companies as these data bear no relation to official statistics. It should also be observed that regulations only set forth the requirement to report large-scale escapes occurring in aquatic systems in which the concession is located, and do not consider partial or other escapes that may take place in rivers or lakes where the first stages of fish development occur. Consequently, this study focuses only on large-scale fish escapes occurring in the ocean.

¹ Iniciativa internacional multisectorial que busca generar estándares globales para el desempeño ambiental y social de la salmonicultura. Para mayor información visitar: <http://www.worldwildlife.org/what/globalmarkets/aquaculture/dialogues-salmon.html>

² En el año 2001 se publicó en Chile el Reglamento Ambiental para la Acuicultura (D.S.-MINECON- 320 de 2001 y sus modificaciones), norma que establece la obligatoriedad de que cada centro de cultivo cuente con los sistemas de seguridad necesarios para prevenir los escapes de salmónes, así como también la exigencia de llevar a cabo acciones necesarias para la recaptura. En este reglamento, modificado recientemente a través del D.S. -MINECON- 196 de 2009, indica también que todo centro debe tener un plan de acción ante contingencia como escapes de salmónes, y establece que dichos eventos o sospecha de escapes de peces deben ser informados al Servicio Nacional de Pesca y a la Capitanía de Puerto más cercana al centro.

³ Se recurrió a INTESAL de SalmonChile, producto de la existencia del Acuerdo de Producción Limpia que compromete a las empresas firmantes a dar aviso de los escapes a dicha institución. Sorprendentemente, esta estadística no se encuentra disponible.

¹ Multisector international initiative that aims at achieving social and environmental global standards for the salmon farming industry. For more information, visit: <http://www.worldwildlife.org/what/globalmarkets/aquaculture/dialogues-salmon.html>

² The Environmental Regulations for Aquaculture were published in 2001 in Chile (Supreme Decree 320 from the Ministry of Economy and its amendments), and provide that each farm should have the required safety systems to prevent salmon escapes, as well as appropriate recapture measures. These regulations, recently amended by Supreme Decree 196, 2009, also provide for each farm to have a contingency action plan for salmon escapes and that actual or suspected escapes should be reported to the National Fisheries Service and to the nearest Harbormaster's Office.

³ A request was made to SalmonChile's INTESAL, since there is a Clean Production Agreement in place requiring signatory companies to report escapes to this institution. Surprisingly, these statistics were not available.



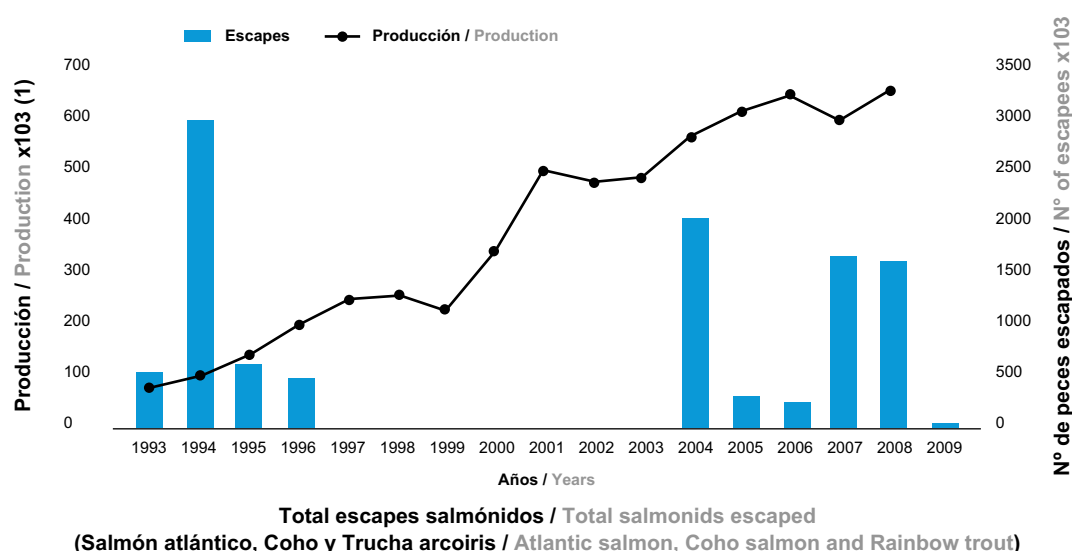
Centro de cultivo de
salmones en mar.
Calbuco, región de Los
Lagos, Chile. / *Salmon
farms in the ocean.
Calbuco, Los Lagos
Region, Chile.*
© WWF Chile - Kevin
SCHAFFER.

Cuantificando los escapes de salmones en Chile ~ Quantifying salmon escapes in Chile

La información obtenida desde el gobierno corresponde a datos de eventos ocurridos entre los años 2004 y 2009, por lo cual, de manera de complementar y contar con una visión más acabada de la tendencia en escapes de los últimos 15 años de la producción de salmón de cultivo en Chile, se incorporaron datos obtenidos desde el trabajo de Soto (1997). Con estos antecedentes, se construyó una figura que muestra los eventos y tendencia de los escapes de salmones respecto de los niveles de producción de la industria (Figura 1). Cabe destacar de esta figura que entre los años 1997 y 2003 no hay datos disponibles, lo cual no significa que entre esos años no hubiese escapes, sino que no fueron registrados ni sistematizados. En otras palabras, la figura refleja el valor mínimo de escapes en Chile.

The information collected from the government refers to events occurring between 2004 and 2009 only. Therefore, to build a broader picture of salmon escape trends over the past 15 years, the study also included data collected by Soto (1997). This background information was used to build a figure depicting escape events and trends relative to production levels (Figure 1). The lack of statistics between 1997 and 2003 does not mean that there were zero escapes, but rather that the escapes were neither registered nor systematized. In other words, this figure shows the lowest possible escape figures in Chile.

Fig.1



Anualmente se han registrado escapes de salmones por sobre el millón y medio de ejemplares. Así por ejemplo en el año 2007 se fugaron 1.726.919 ejemplares debido a siete eventos de escapes masivos, y durante el año 2008 se produjeron 19 episodios con un resultado de 1.646.817 salmones escapados. Ya a comienzos del año 2009, se habían registrado dos eventos de escapes masivos producto de malas condiciones climáticas, los que sumados alcanzaron sobre los 45 mil ejemplares.

Debido a que la producción de salmones en Chile es similar a la de Noruega (Figura 2), es posible realizar una comparación entre las magnitudes de los escapes masivos de peces ocurridos en ambos países. De acuerdo a estadísticas oficiales de Noruega, en el año 2008 la producción alcanzó las 780 mil toneladas y tuvo escapes del orden de los 112 mil ejemplares, año en que Chile registró magnitudes de escapes 15 veces superiores a pesar de contar con una producción menor y no tener un registro exhaustivo de los escapes totales (parciales y masivos).

More than one million escaped salmon have been recorded annually. In 2007, for instance, 1,726,919 specimens escaped in seven large-scale events, while in 2008, 19 events took place with 1,646,817 escapes. During early 2009, two large-scale events occurred due to bad weather conditions, both of which total more than 45,000 escaped fish.

Since Chile and Norway have similar production levels (Figure 2), a comparison can be drawn between the size of large-scale escapes in both countries. According to official Norwegian statistics for 2008, production reached 780,000 tons and escaped salmon amounted to 112,000. In Chile, there were 15 times more annual escapes with lower production levels.

Figura 1. Total escapes de salmones.

Fuente: Datos de producción y escapes 1993 - 1996 de Soto (1997); datos de producción 2000-2007 de los anuarios estadísticos de pesca; producción año 2008 obtenida de los registros de SalmonChile; y datos de escapes 2004 - 2009 de Sernapesca y Directemar.

Figure 1. Total salmon escapes.

Source: Production and escape data for 1993-1996 from Soto (1997). Production data for 2000-2007 from the Fishing Statistical Yearbooks. Production data for 2008 from SalmonChile records. Escape data for 2004-2009 from National Fisheries Service and Navy.

Fig.2

Comparación de datos de producción y escapes de salmones entre Noruega y Chile Comparison of salmon production and escape data in Norway and Chile

	Noruega ¹ / Norway ¹		Chile ²	
	2007	2008	2007	2008
Producción / Production (ton)	724.000	780.000	600.863	630.647
Escapes (N° ejemplares / individuals)	290.000	112.000	1.726.919	1.646.817

¹ Fuente / Source: Dirección de Pesca y FHL / Directorate of Fishery & FHL. <http://www.fiskeridir.no/english/statistics/norwegian-aquaculture/aquaculture-statistics/atlas-salmon-and-rainbow-trout>

² Fuente / Source: Servicio Nacional de Pesca / National Fisheries Service. http://www.sernapesca.cl/index.php?option=com_remository&Itemid=54&func=select&id=2

Análisis de escapes por especie en cultivo en ecosistemas marinos

En términos generales, a pesar del vacío en información entre los años 1997 y 2003 por falta de estadísticas oficiales, se aprecia una disminución del número de salmones del Atlántico y Coho escapados a partir del año 2004 (Figura 3 y 4), pese al incremento sostenido en la producción de estas especies de salmones (Thorstad *et al.*, 2008).

Distinto es el caso de la trucha Arcoíris, especie que muestra un incremento en las magnitudes de los escapes a partir del año 2004 (Figura 5). Esto se debe a escapes de gran magnitud ocurridos en la región de Aysén en los años 2004, 2007 y 2008. El máximo registro del año 2004 se explica por un escape particular, en que cerca de 1 millón 800 mil individuos de trucha Arcoíris y salmón Coho se escaparon por causa de malas condiciones climáticas. El mayor registro del año 2007 se asocia fundamentalmente al tsunami ocurrido en abril de ese año, en que más de un millón de ejemplares fueron reportados como escapados de las balsas-jaulas. Sin embargo, Thorstad *et al.* (2008) mencionan que el escape real de salmones durante ese evento podría haber alcanzado los 5 millones de ejemplares, lo que representaría uno de los mayores eventos de escapes registrados, tanto a escala nacional como internacional.

Es importante destacar que los escapes de trucha Arcoíris adquieren una mayor relevancia debido a que la producción de esta especie es considerablemente menor a la de salmón del Atlántico, por lo que si se analiza comparativamente con las demás especies de salmones cultivadas, los escapes de trucha Arcoíris son porcentualmente mayores.

Escapes per species farmed in marine ecosystems

Overall, despite an information gap between 1997 and 2003 due to a lack of official statistics and sustained production increases, the number of escaped Atlantic and Coho salmon has been decreasing since 2004 (Figures 3 and 4), (Thorstad *et al.*, 2008).

Rainbow trout show a different trend, with an increase in the magnitude of escapes since 2004 (Figure 5). This is due to large-scale escapes in the Aysén Region during 2004, 2007 and 2008. The largest episode in 2004 corresponds to a specific event in which around 1,800,000 rainbow trout and Coho salmon escaped due to poor weather conditions. The largest event in 2007, in which more than one million specimens were reported to have escaped from net pens, was the result of a tsunami in April. However, Thorstad *et al.* (2008) states that actual escape figures could reach five million specimens, which would represent one of the largest escape episodes documented either nationally and internationally.

Rainbow trout escapes are relevant since production levels for this species are much lower compared to Atlantic salmon. Therefore, in comparison with other farmed salmon species, the share of escaped rainbow trout is much higher.

Fig.3

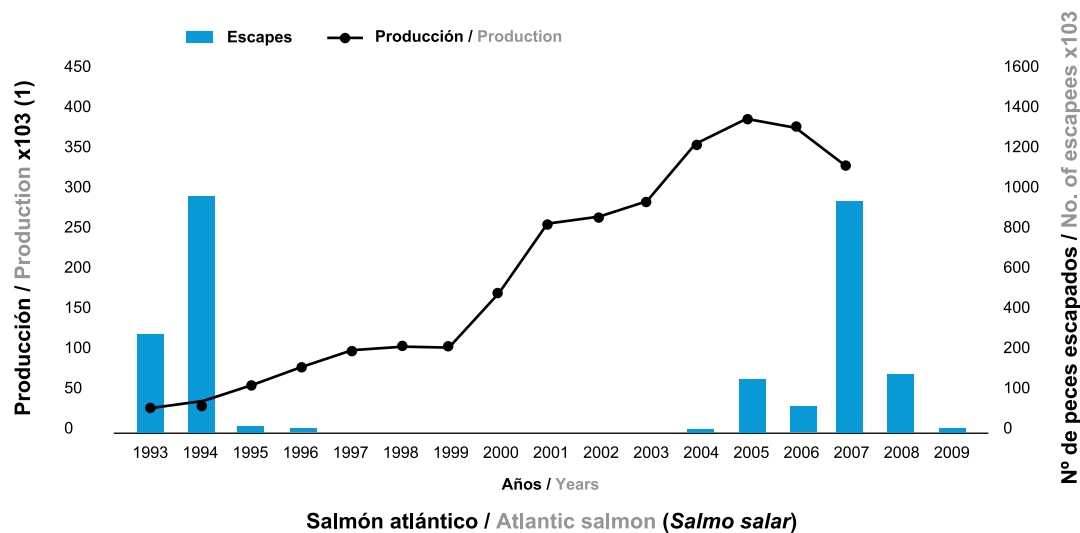


Fig.4

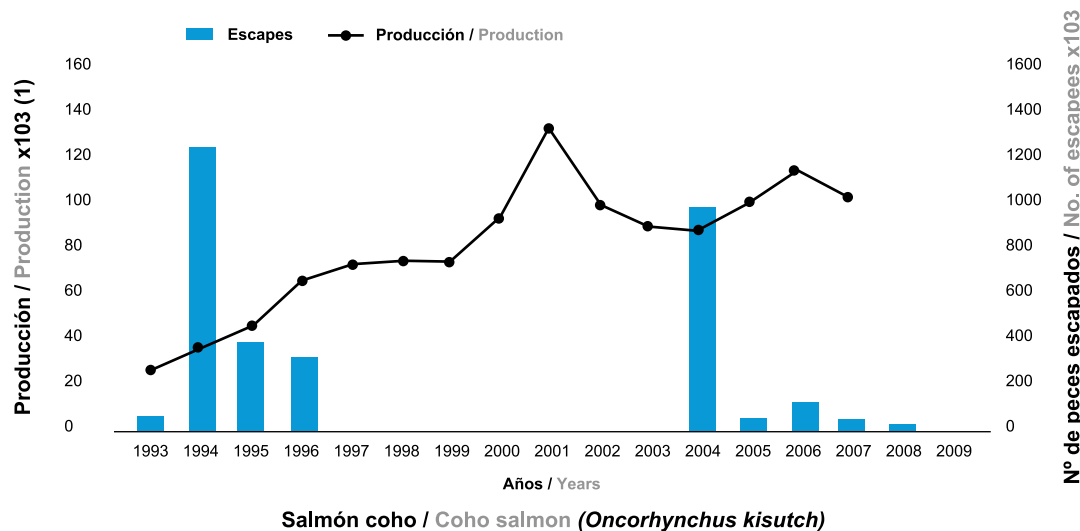


Fig.5

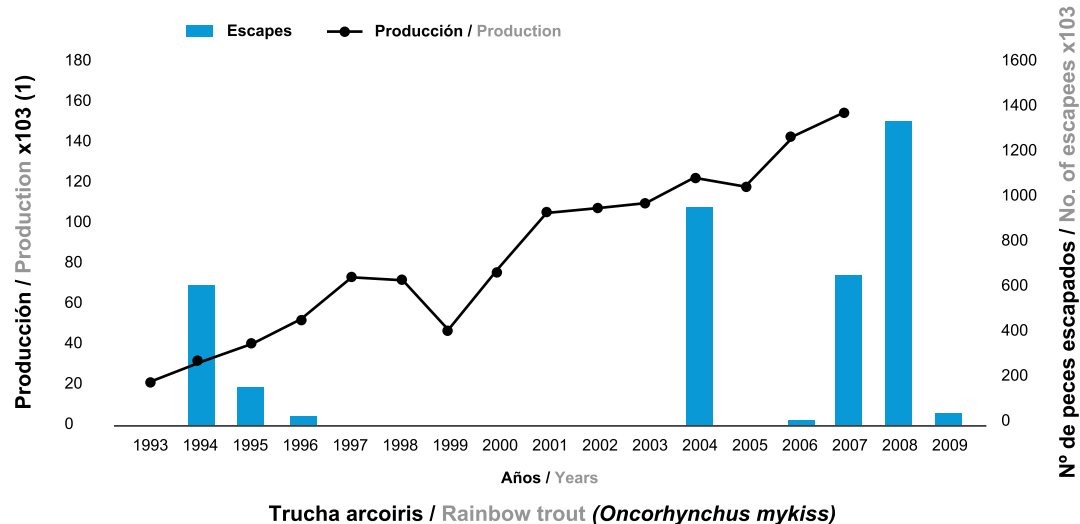


Figura 3, 4 y 5. Escapes de salmones por especie:
3) Salmón del atlántico;
4) Salmón Coho; 5) Trucha Arcoíris.

Figure 3, 4 and 5. Salmon escapes per species:
3) Atlantic salmon; 4) Coho salmon; 5) Rainbow trout.

Análisis de escapes en ecosistemas de agua dulce

Como se mencionó anteriormente, los reportes de salmones escapados sólo corresponden a la fase de engorda en el ecosistema marino, y no se han informado escapes en los sistemas de pisciculturas o centros de cultivo con instalaciones en tierra o en lagos. Sin embargo, se ha encontrado una relación positiva entre la producción de salmones en pisciculturas de agua dulce, y la presencia de salmones de vida libre en lagos (Arismendi *et al.*, 2009). Estos autores, en conjunto con Soto *et al.* (2002) y K. Young (*com. pers.*), mencionan que los salmones de vida libre que se encuentran hoy en día en diversos lagos y ríos del sur de Chile provendrían desde escapes de pisciculturas.

Claramente, la poca atención que han recibido los escapes provenientes de las pisciculturas limita cualquier estimación de la magnitud total de los escapes en estos ecosistemas. No obstante, estudios realizados en Noruega y Escocia estiman que alrededor del 3% al 5% de la producción total de salmones de agua dulce escapa cada año, lo que puede ser usado como referencia para estimaciones en Chile (Arismendi *et al.*, 2009).

¿Es posible cuantificar la cantidad de peces que escapan anualmente desde los centros de cultivo de engorda? Claramente, el reducido número de eventos que son reportados a la autoridad, la resistencia de parte de algunas empresas de entregar esta información, lo que sumado al hecho que de puede haber una importante cantidad de salmones que se escapan durante operaciones rutinarias de los centros, sin ser registrados por no considerarse como escapes masivos, hacen difícil tener una cuantificación total real de los escapes por tipo de ecosistema usado.

Escapes in freshwater systems

As mentioned above, escaped salmon reports only account for events during the final on-growing stages in marine environments; no reports are made for escapes during earlier stages in land-based facilities or farms in lakes. However, a positive relationship has been found between salmon produced in freshwater facilities and the presence of wild salmon in lakes (Arismendi *et al.*, 2009). According to these authors, including Soto *et al.* (2002) and K. Young (*personal communication*), wild salmon currently found in several lakes and rivers in southern Chile would have originated from fish farm escapes.

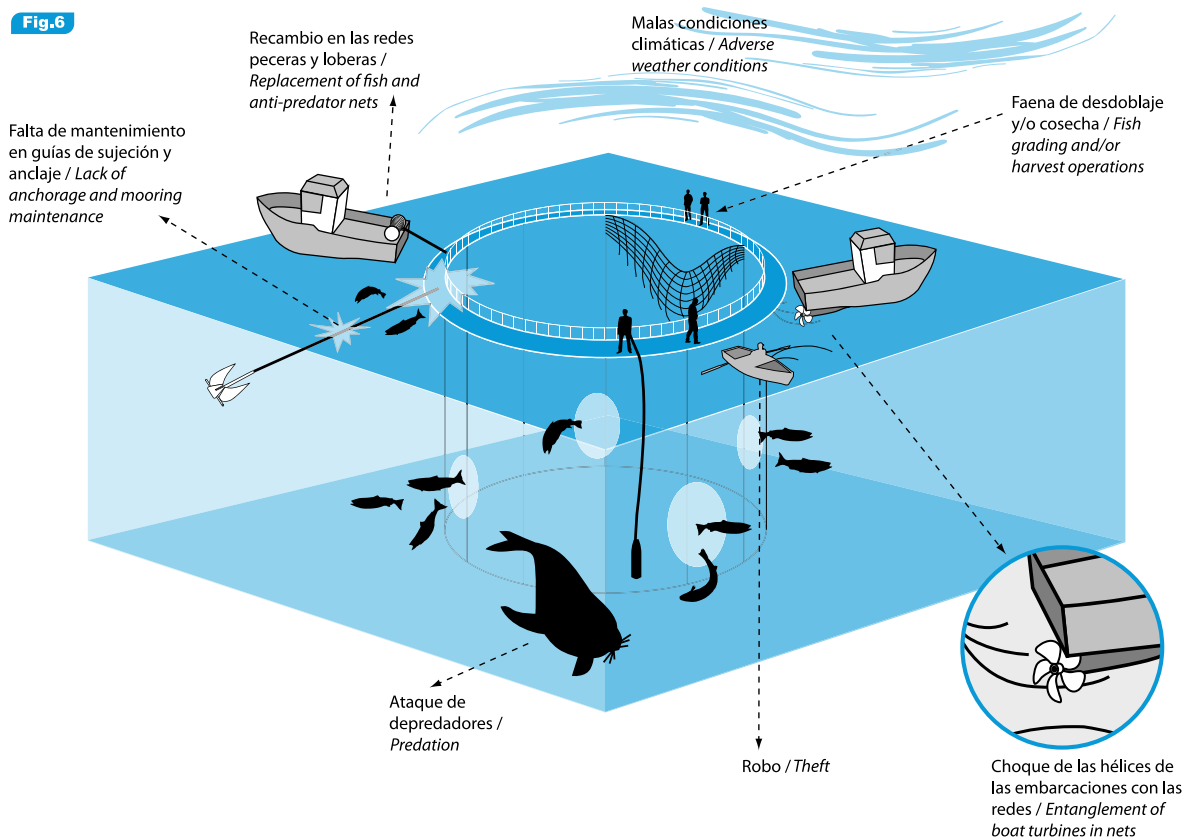
The poor documentation of escapes from freshwater hatcheries and related facilities results in the underestimation of the total magnitude of escapes into these ecosystems. Studies completed in Norway and Scotland, however, estimate that approximately 3% to 5% of the total production of freshwater salmon escape each year. This figure could be used as a reference for estimates in Chile (Arismendi *et al.*, 2009).

Can the amount of fish that escape from on-growing farms be quantified? Clearly, the reduced number of events reported to the authorities, the reluctance of some companies to make this information available, and the fact that there may be a large number of repeated trickle escapes during routine operations that go unreported because they are not considered large-scale events, makes it difficult to determine the actual number of escapes per type of ecosystems used during salmon farming.

Causas de los escapes de salmones ~ Identifying the causes of salmon escapes

A la fecha se reconoce una serie de causas que pueden provocar escapes de salmones en cultivo en el mar, las que pueden ser asociadas tanto a acciones externas al centro de cultivo, como a la acción de depredadores, robos y condiciones climáticas adversas, como también aquellas de directa responsabilidad del productor. Estas últimas derivadas de la mantención de las estructuras de cultivo y la manipulación rutinaria de los peces, siendo estas de igual manera atribuibles a escapes en centros de agua dulce (Figura 6). Estas acciones se encuentran registradas en la información oficial, así como también mencionadas por actores relevantes del sector, consultados a través de una encuesta (Figura 7).

Salmon escapes from ocean farms can be provoked by several causes. Some can be attributed to external factors, such as predators, theft or adverse weather conditions, while others are due to factors under the producer's direct responsibility. The latter causes are related to routine site maintenance and fish handling, which also contribute to escapes at freshwater farms (Figure 6). These factors have been documented in available official information and were also mentioned by relevant industry stakeholders in a survey on the issue (Figure 7).



Acción de depredadores

Los ataques de depredadores marinos constituyen una de las causas de pérdida de peces hacia el medio natural. El lobo marino común (*Otaria flavescens*) es una de las especies depredadoras con mayor abundancia en Chile y responsable de ataques a los centros de cultivo de salmones en mar (Martí & Romero, 2003; Sepúlveda & Oliva, 2005; T. Melo *com. pers.*).

Se ha detectado que los lobos marinos empujan la red lobera (o red anti-depredador), ubicada en el exterior y rodean la red pecera (la que contiene a los salmones cultivados), para que ambas queden juntas y, de ese modo, acceder más fácilmente a los peces (Sepúlveda & Oliva, 2005). Estudios advierten que es durante la noche y, más frecuentemente en los meses de otoño e invierno cuando se producirían los mayores ataques (Sepúlveda & Oliva, 2005; Vilata *et al. in press*). Su detección desde la superficie resulta difícil ya que estos asaltos se producen frecuentemente en la base de la red. Por esta razón

Predation

Attacks by marine predators to feed on fish trigger salmon escapes into the natural environment. The South American sea lion (*Otaria flavescens*) is one of most abundant predator species in Chile and it is responsible for the attack to ocean net pens (Martí & Romero, 2003; Sepúlveda & Oliva, 2005; T. Melo, *personal communication*).

It has been found that sea lions push the anti-predator nets surrounding cages with farmed salmon until the nets touch the cages and the sea lions can prey on the fish more easily (Sepúlveda & Oliva, 2005). Studies report that attacks take place mostly during the night and in autumn and winter months (Sepúlveda & Oliva, 2005; Vilata *et al., in press*). Detecting attacks from the surface is difficult, since predators usually attack the nets from the bottom. Since Atlantic salmon tend to congregate at the bottom of the floating cage, this species seems to be a favored target for sea lions (Sepúlveda & Oliva, 2005).

Figura 6. Ilustración de algunas de las probables causas de escapes en Chile. Elaboración propia a partir de Fredheim (2007).
Figure 6. Illustration of some of the salmon escapes causes in Chile. Adapted from Fredheim (2007).



Los lobos marinos comunes han sido identificados como uno de los depredadores responsables de los escapes de los salmones. Lobos marinos capturados en Archipiélago de Los Chonos, región de Aysén, Chile. / The South American sea lion has been identified as one of the predators responsible for salmon escapes. Sea lions in Los Chonos Archipelago, Aysén region, Chile. © WWF Chile - Maximiliano BELLO.

el salmón del Atlántico pareciera ser uno de los blancos más apetecidos de este mamífero, debido a la conducta de los peces de situarse en el fondo de la balsa-jaula (Sepúlveda & Oliva, 2005).

Si bien el ataque de esta especie de mamífero marino puede ocasionar el rompimiento de las redes y la consecuente liberación de salmones, en el último tiempo las empresas proveedoras de insumos, han ido perfeccionando las tecnologías y materiales utilizadas en las redes de cultivo disminuyendo el riesgo de escapes por este factor.

Las estadísticas oficiales de las regiones de Los Lagos y de Aysén no muestran a los lobos marinos como una causa de escape masivo de salmones, a pesar de que la percepción de distintos actores sí vincula los ataques con las fugas de peces, identificando esta causa de escape como la responsable del 28% de los eventos (Figura 7). Este último hecho podría estar asociado a dos factores: o los sistemas de recolección de datos son poco acuciosos en cuanto a la investigación de las causas de escapes, o bien, existe una predisposición negativa de la opinión pública hacia estos mamíferos marinos y su interacción con la industria del salmón.

Robo

De acuerdo a los salmonicultores, la destrucción intencional de las redes loberas y peceras es atribuible a terceras personas quienes buscarían beneficiarse de la posterior captura de los salmones escapados. Por lo demás, los salmonicultores señalan que el impacto provocado por estos robos puede igualar, e incluso superar, al impacto causado por los ataques de lobos marinos. Cabe señalar que esta causa de escape ha sido sólo registrada en las estadísticas de la región de Aysén (53%) y no en la región de Los Lagos, mientras que los actores encuestados la identifican como una causa menor (6%) (Figura 7).

Condiciones climáticas

Las malas condiciones climáticas son una de las causas más notorias y determinantes en los escapes masivos de salmones, llevando incluso a la pérdida total de centros de cultivos. Las tormentas y marejadas producen oleajes y corrientes superiores a las esperadas bajo condiciones normales, por lo que las estructuras de cultivo están sometidas a resistencias que pueden cortar los tensores, romper las mallas y volcar las balsas-jaulas (Martí & Romero, 2003). De acuerdo a los datos oficiales obtenidos, ésta es la explicación para alrededor del 30% de los escapes masivos de salmones en las regiones del sur del país, sin embargo, las personas entrevistadas piensan que esta causa origina sobre el 40% de los escapes (Figura 7).

Por otro lado, la mala selección del sitio de cultivo, producto de una evaluación incorrecta de las condiciones ambientales del sector (corrientes y vientos), puede llevar a un diseño inadecuado de las estructuras y a un mal cálculo de la resistencia de los materiales, incrementando el riesgo de escapes ante condiciones naturales adversas (Martí & Romero, 2003).

Although sea lion attacks can tear the nets and consequently release salmon, the industry's suppliers have been steadily improving net technology and materials, thereby reducing escapes from attacks.

Official statistics from the Los Lagos and Aysén Regions do not document sea lions as a cause of large-scale salmon escapes. Notwithstanding, some stakeholders relate predator attacks to fish escapes and identify this factor as accounting for 28% of escape events (Figure 7). This could be related to two issues: inaccurate data collection systems on causes of escapes or a negative public opinion of these marine mammals and their interaction with the salmon industry.

Theft

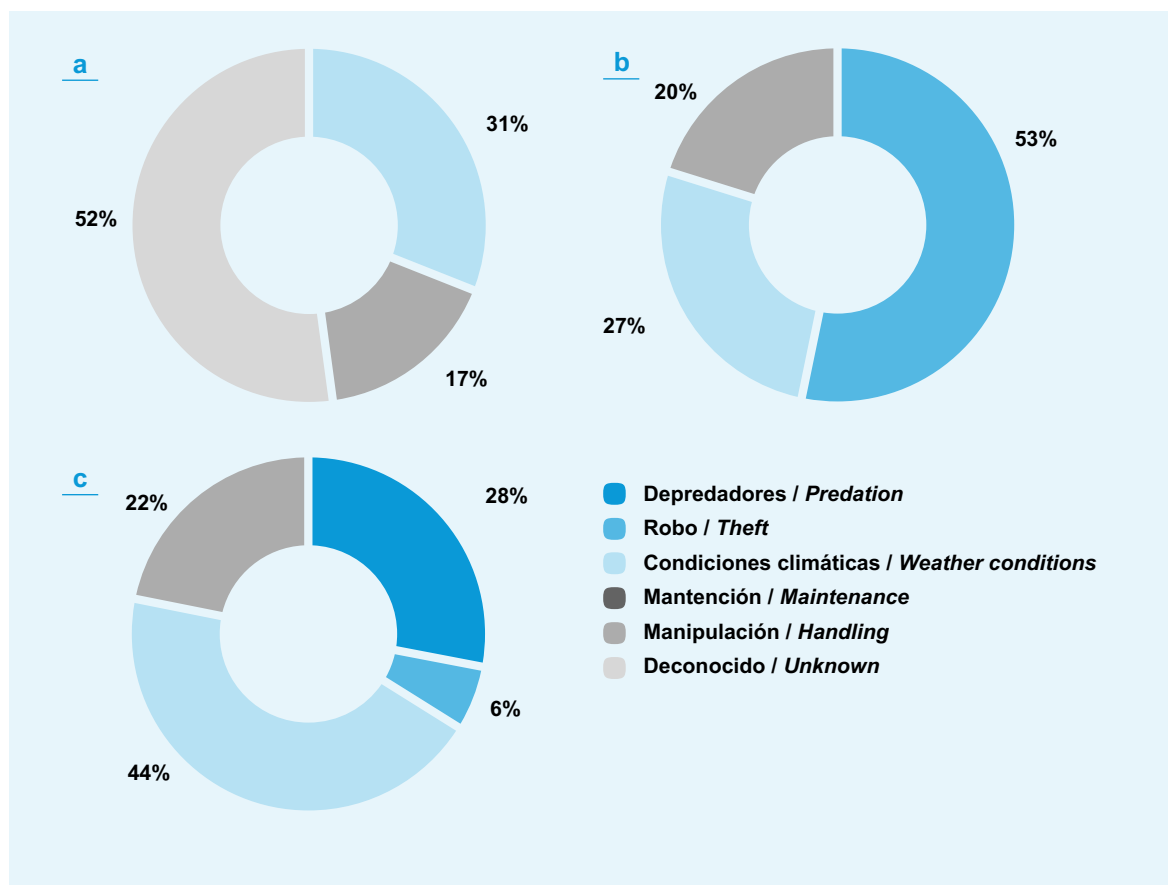
According to salmon farmers, intentional damage to nets and cages can be attributed to third parties seeking to benefit from the subsequent capture of escaped fish. Salmon companies also point out that the impact caused by this theft can be similar to or even greater than impact caused by sea lions. This cause has been documented in the statistics of the Aysén Region (53%) but not in the Los Lagos Region, and stakeholders interviewed mention it as a minor cause (6%) (Figure 7).

Weather conditions

Adverse weather conditions are one of the major causes leading to large-scale salmon escapes, even resulting in the complete loss of farms. Storms and rough seas result in higher waves and stronger currents, causing cut lines, ripped nets, and tipped cages at farms (Martí & Romero, 2003). According to official data, this cause accounts for about 30% of large-scale salmon escapes in Chile's southern regions. However, individuals interviewed increase the estimates to over 40% (Figure 7).

The poor selection of farming sites based on an incorrect assessment of the area's environmental conditions (currents and winds) can also lead to the improper design of structures and inadequately resistant materials, thereby increasing the risk of escapes during adverse weather conditions (Martí & Romero, 2003).

Fig.7



Al analizar las estadísticas oficiales de los escapes de salmones producidos en las regiones de Los Lagos y de Aysén, es posible detectar que tanto las condiciones climáticas como la manipulación en los centros serían los factores más relevantes a la hora de buscar responsables de estos eventos, los que en conjunto logran cerca del 50% de las pérdidas de los animales reportados por la industria. Situación que a su vez fue también corroborada por un grupo de actores entrevistados.

Se destaca un alto porcentaje de escapes causados por robos en la región de Aysén. Sin embargo, esta causa no se señala para la región de Los Lagos. No obstante, la falta de información en esta región, definida como desconocido, se eleva sobre el 50%.

Otro tipo de causas, como depredadores, escapes provocados y mantención, no figuran en las estadísticas oficiales, pero sí fueron mencionadas por los actores relevantes consultados. Una explicación para esta falta de registro estaría dada por el hecho de que sólo los escapes masivos son reportados. Asimismo, si bien los lobos marinos son efectivamente una causa de escapes de salmones, estos eventos serían de baja magnitud, y no siempre informados por las empresas. En este sentido, algunos de los entrevistados señalan que la mayor cantidad de salmones en el medio se debe a escapes por goteo o “leakage”, en lugar de escapes masivos.

Official escape statistics for the Los Lagos and Aysén Regions show that the most relevant factors explaining escape episodes are weather conditions and handling at farms, since these two factors account for almost 50% of losses reported by the industry. These outcomes were also backed by the group of stakeholders interviewed.

A high share of escapes results from theft in the Aysén Region. This cause however, is not documented in the Los Lagos Region; in this latter region, more than 50% of escapes is reported to be unknown.

Other causes, such as predation, intentional escapes and poor maintenance are not present in official statistics but were mentioned by stakeholders interviewed. An explanation for this underreporting would be the fact that only large-scale escapes are documented. Likewise, although sea lions cause salmon escapes, such episodes are small in magnitude and are not always reported by farms. Some of the interviewees stated that most salmon escapes are attributed to trickle escapes rather than large-scale events.

Figura 7. Ranking de los principales agentes y problemas técnicos asociados a los escapes de salmones, diferenciados según: (a) estadística de escapes en la región de Los Lagos, (b) en la región de Aysén, y (c) resultado de encuestas a 28 actores relevantes. Elaboración propia a partir de información recopilada ⁴.
Figure 7. Ranking of main agents and technical issues associated with salmon escapes, broken down by: (a) escape statistics in the Los Lagos Region; (b) Aysén Region; and (c) results of a survey with 28 relevant stakeholders. Authors' own estimates based on the information collected ⁴.

⁴El ranking fue elaborado sólo para los sistemas de engorda de salmones en el mar, ya que no hay registros para pisciculturas. Asimismo, no incluye la región de Magallanes, la cual tampoco dispone de antecedentes de escapes.

⁴This ranking was prepared for ocean grow-out farms only, since there are no registers for land-based facilities. It excludes the Magallanes region for which no escape data are available

Mantencción de las estructuras de cultivo

La mantención de los materiales, especialmente de las redes de cultivo (lobera y pecera) y de los elementos de sujeción y anclaje es un factor que puede incidir en los escapes de salmones. En este sentido, contar con los materiales adecuados en la fabricación de las redes; y a su vez, reemplazarlas antes de que sobrepasen su tiempo de vida útil, así como mantener las redes limpias de organismos incrustantes o “*fouling*” (adherencia de algas e invertebrados marinos) resulta de primera necesidad si se quieren evitar las fugas.

A pesar de la importancia de que los centros de cultivo mantengan adecuadamente las estructuras de cultivo durante la operación del centro, este factor no ha sido registrado ni por las estadísticas oficiales ni por los actores encuestados.

Manipulación de los peces en cultivo

De acuerdo a Martí & Romero (2003), existen tareas rutinarias en la manipulación de las balsas-jaulas y de los salmones en los centros de cultivo, que conllevan también un riesgo de escape. Por ejemplo, un descuido en la maniobra de recambio de redes loberas y peceras, efectuada mediante grúas que levantan las redes, puede provocar el escape de individuos. Asimismo, existe el riesgo de choque de las embarcaciones que contienen estas grúas y cuyas hélices pueden romper las redes. La tarea de “desdoblaje” (distribución de salmones en dos o más balsas-jaulas) que se realiza mediante el uso de un túnel, puede ser también un factor que provoque la liberación involuntaria de salmones al medio si se producen errores en el montaje de dicho túnel (Martí & Romero, 2003). El traslado de una o más balsas-jaulas, es otra de las actividades que podría presentar riesgo, al no considerar una prolija liberación y sujeción de los soportes. Finalmente, durante la cosecha de salmones las redes se encuentran sometidas a una fuerte tensión, principalmente en las etapas de captura y carga, lo que eleva las posibilidades de roturas y escapes de salmones al ambiente natural (Robles, 2002). Esta causa de escape ha sido registrada como responsable de casi el 20% de los escapes tanto en la región de Los Lagos como de Aysén, siendo a su vez corroborada por la percepción de los distintos actores encuestados (Figura 7).

En general, tanto para Chile como para otros países productores importantes, como son Canadá, Noruega y Escocia, las principales causas de los escapes parecen estar asociadas a la acción humana, ya sea por errores de manipulación, fallas técnicas o robo. Factores externos, como las condiciones meteorológicas o la acción de depredadores parecen ser menos frecuentes, aunque la fuga de peces en estos casos podría ser de mayor volumen (Martí & Romero, 2003; Valland, 2005; NASCO, 2007).

Farm maintenance

Poor maintenance, especially of anti-predator nets, fish cages, and anchoring and fastening lines and points, is a main driver of salmon escapes. Using adequate manufacturing materials for nets and replacing them before they reach their service life, as well as keeping nets free of biofouling (the accumulation of algae and marine invertebrates) is a top priority to prevent escapes.

Despite the importance of proper maintenance procedures during fish farm operations, this factor has not been documented either by official statistics or by the stakeholders interviewed.

Farmed fish handling

According to Martí & Romero (2003), routine cage maintenance and salmon handling procedures carried out at farms also pose escape risks. For instance, carelessness when changing fish or predator nets –which is done with cranes that lift the cages– can result in fish escapes. Likewise, there is risk of collision with crane-carrying vessels, which also have propellers that can cut nets. The task of separating salmon into two or more net pens –conducted through a tunnel– can also lead to the involuntary release of species if the tunnel is poorly constructed (Martí & Romero, 2003). The movement of one or more net-pens is another activity that poses risks if the supports are not released and secured in an orderly fashion. Finally, nets are subject to great tension during salmon harvest, mainly during capture and loading operations. This increases the likelihood of ruptures and salmon escapes into the natural environment (Robles, 2002). This factor has been documented as accounting for almost 20% of escapes, both in the Los Lagos and Aysén Regions, a figure which was further supported by the opinion of several stakeholders interviewed (Figure 7).

Overall, the main causes of escapes in Chile seem to be related to human activities, including poor handling, technical failures or theft, which is similar to causes in other major producers such as Canada, Norway and Scotland. External factors such as weather conditions or predation seem to be less frequent, although fish escapes due to these reasons could be larger in volume (Martí & Romero, 2003; Valland, 2005; NASCO, 2007).



Balsas jaulas de salmónes en el lago Llanquihue, región de Los Lagos, Chile. / *Floating cages for salmon in Llanquihue Lake, Los Lagos Region.*
© WWF Chile - Matthew PERL

Impactos ambientales de los escapes de salmones ~ Environmental impacts of salmon escapes

Tradicionalmente, a nivel nacional e internacional se reconocen una serie de impactos ambientales que los escapes de salmones pueden generar en los ambientes acuáticos, debido a su calidad de especie exótica para aguas chilenas. En este contexto se presentan al menos tres tipos de efectos asociados: (i) impacto sobre los ecosistemas y sobre especies nativas; (ii) “asilvestramiento” de los salmones escapados; y (iii) transmisión de patógenos y enfermedades.

Impactos sobre los ecosistemas y las especies nativas

A nivel científico, es ampliamente reconocido el hecho de que las especies invasoras alteran directa e indirectamente la composición y diversidad de una comunidad biológica, y por tanto son una fuerza clave en su estructura (Grosholz *et al.*, 2002; Thompson & Townsend, 2003), pudiendo causar cambios permanentes a la biodiversidad nativa, en la trama trófica marina y en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos (D'Antonio *et al.*, 2001; Stachowicz *et al.*, 2002; Naylor *et al.*, 2005).

Diversos autores describen cómo la introducción de salmones en ecosistemas acuáticos puede llevar a la disminución de las poblaciones de peces nativos por depredación y/o por competencia por recursos y hábitat (Soto *et al.*, 2001; Naylor *et al.*, 2005; Arismendi *et al.*, 2009). Soto (1997) especifica que este impacto puede darse de dos maneras: un efecto directo sobre poblaciones que serían presa de estos salmónidos como pejerrey (*Odonthesthes regia regia*), mote o bacaladillo (*Normanichthys crockeri*) y merluza de cola o huaica (*Macruronus magellanicus*); o bien, por un efecto indirecto por competencia con especies con requerimientos alimenticios similares, como lo sería en el caso del róbalo (*Eleginops maclovinus*), rollizo (*Pinguipes chilensis*) y blanquillo (*Prolatilus jugularis*).

Asimismo, algunas investigaciones sugieren impactos perjudiciales sobre las agrupaciones de peces nativos, expresados por una relación negativa entre la abundancia relativa de salmones y de peces nativos, tanto en lagos (Arismendi *et al.*, 2009), como en ríos y mar (Soto, 1997; Soto *et al.*, 2001, 2006), donde sitios con alta abundancia de salmones, principalmente Coho (*Oncorhynchus kisutch*) y Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*), muestran una baja abundancia de peces nativos. Arismendi *et al.* (2009) proponen que esta relación negativa se debería a la depredación de salmones sobre la fauna autóctona. En efecto, estudios de contenido estomacal realizados en diversas especies de salmones “asilvestrados” muestran que la dieta de estos animales se compone principalmente de peces, insectos, moluscos, crustáceos e invertebrados bentónicos (Soto *et al.*, 2002; Buschmann *et al.*, 2006; Ciancio *et al.*, 2008), además de pellets de alimento para salmónidos (Soto, 1997).

“Asilvestramiento” de los salmones escapados

Otro de los impactos provocados por los escapes de salmones se relaciona con la posibilidad de que estas especies exóticas logren establecer poblaciones viables y auto sustentables en el medio natural.

Several environmental impacts on aquatic ecosystems are typically associated with salmon escapes both at the national and international levels. In Chilean waters, this impact is further increased by the fact that salmon are an exotic species. In this context, there are at least three related impacts: (i) impacts on ecosystems and native species; (ii) “wild behavior” of escaped salmon; and (iii) transmission of pathogens and diseases.

Impacts on ecosystems and native species

There is broad scientific consensus on the fact that invasive species directly and indirectly alter the structure and diversity of a biological community, thereby becoming a key driver of the community's composition (Grosholz *et al.*, 2002; Thompson & Townsend, 2003). These species can thus cause permanent changes to native biodiversity, marine trophic webs and the functioning of aquatic ecosystems (D'Antonio *et al.*, 2001; Stachowicz *et al.*, 2002; Naylor *et al.*, 2005).

Several authors describe how the introduction of salmon in aquatic ecosystems can lead to the reduction of native fish stocks, either due to predation and/or competition for resources and habitats (Soto *et al.*, 2001; Naylor *et al.*, 2005; Arismendi *et al.*, 2009). Soto (1997) further specifies that this impact can take place through two means: direct impact on prey populations such as silverside (*Odonthesthes regia regia*), mote sculpin (*Normanichthys crockeri*) and Patagonian grenadier (*Macruronus magellanicus*); or an indirect impact through competition with species that have similar food requirements, such as the Patagonian blenny (*Eleginops maclovinus*), Chilean sandperch (*Pinguipes chilensis*) and Pacific sandperch (*Prolatilus jugularis*).

Some research suggests detrimental impacts on native fish stocks, expressed in a negative relationship between the relative abundance of salmon and native fish in lakes (Arismendi *et al.*, 2009), rivers and oceans (Soto, 1997; Soto *et al.*, 2001, 2006), where sites with a high abundance of salmon, mainly Coho (*Oncorhynchus kisutch*) and Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*), have a low abundance of native fish. Arismendi *et al.* (2009) suggest that this negative relationship could be due to salmon preying on native fauna. In fact, studies of stomach contents performed on several species of wild salmon show that their diet is mainly composed of fish, insects, mollusk, crustacean and benthonic invertebrates (Soto *et al.*, 2002; Buschmann *et al.*, 2006; Ciancio *et al.*, 2008), in addition to pellet feed (Soto, 1997).

Wild behavior of escaped salmon

Other impacts caused by salmon escapes are related to the possibility of exotic species establishing viable and self-sustainable populations in the natural environment. Due to the negative ecological

Debido a las consecuencias ecológicas negativas sobre la biodiversidad acuática, se han hecho algunos esfuerzos en el país para evaluar si las distintas especies de salmones cultivadas han sido capaces de invadir exitosamente los ecosistemas sureños.

Para el caso del salmón del Atlántico (*Salmo salar*), las investigaciones advierten que aunque el número de salmones liberados al medio puede ser suficiente para producir poblaciones reproductivas, la mayoría de los salmones liberados no sobrevive para llegar a esta etapa (Soto *et al.*, 2001, 2006). Aún cuando se han registrado algunos individuos sexualmente maduros, éstos no han sido capaces de colonizar nuevos ambientes y establecer poblaciones “asilvestradas” (Soto *et al.*, 2001). Algo similar ha ocurrido cuando se ha intentado establecer poblaciones de esta especie con fines de pesca deportiva (Naylor *et al.*, 2005).

La “ineficacia” de *Salmo salar* de invadir exitosamente las aguas del sur de Chile puede tener al menos tres hipótesis no excluyentes. En primer lugar el salmón del Atlántico aparentemente no es capaz de adaptarse al ambiente marino y alimentarse por sí mismo, lo que se refleja en una frecuencia de un 42% de estómagos vacíos, generando posiblemente muerte de los individuos por inanición (Soto *et al.*, 2001; Thorstad *et al.*, 2008). En segundo lugar, las continuas remociones que realizan actualmente los pescadores artesanales sobre los salmones escapados podría ser otra de las explicaciones (Soto *et al.*, 2001). Además de lo anterior, es probable que esta especie sea una de las menos capaces de establecer poblaciones, debido a que, con fines productivos, ha sido sujeto de selección de los ejemplares para evitar su maduración sexual (Soto, 1997).

A diferencia de lo que ocurre con el salmón del Atlántico, existen evidencias de poblaciones silvestres de salmones Coho (*Oncorhynchus kisutch*) y Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) en varios ríos del sur de la Patagonia (Becker *et al.*, 2007; T. Melo com. pers.). Para el caso del salmón Coho, se han constatado desplazamientos de animales maduros a los ríos locales de la región de Aysén (Niklistcheck & Aedo, 2002; Soto *et al.*, 2007). El salmón Chinook, por su parte, ha establecido poblaciones reproductivas en diversos lagos y ríos del sur de Chile y Argentina (Lindbergh, 1999; Pascual *et al.*, 2002; Ciancio *et al.*, 2005; Becker *et al.*, 2007; Soto *et al.*, 2007; K. Young, com. pers.). Recientemente Becker *et al.* (2007) presentan la primera evidencia de una conexión Pacífico-Atlántico en migraciones de salmones “asilvestrados”. Estos autores sugieren que ambos océanos proporcionarían un ambiente marino favorable para una colonización exitosa de estas especies introducidas.

Con estos antecedentes cabe preguntarse por qué estas especies, a diferencia del salmón del Atlántico, sí han sido capaces de establecer poblaciones autosustentables en el sur de Chile. Una respuesta para ello, se encontraría en la capacidad aparente de estas especies de alimentarse de una amplia variedad de organismos, lo que haría posible una colonización de un mayor rango de hábitats. Así quedó

implicaciones on aquatic biodiversity, certain efforts have been made in the country to assess whether or not the different species of farmed salmon have been able to invade southern ecosystems successfully.

In the case of Atlantic salmon (*Salmo salar*), research indicates that while the number of salmon released to the environment can be sufficient to produce reproductive populations, most of them do not survive to reach this stage (Soto *et al.*, 2001, 2006). Although some sexually mature individuals have been found, they have not been able to colonize new environments or establish “wild” populations (Soto *et al.*, 2001). The same is true regarding the efforts to establish salmon as a sport fishing species (Naylor *et al.*, 2005).

The “inefficiency” of *Salmo salar* to invade southern Chilean waters successfully can be explained by at least three non-excluding hypotheses. First the Atlantic salmon is apparently unable to adapt to the marine environment and feed itself, which is reflected in a 42% incidence of empty stomachs, possibly leading to individuals starving to death (Soto *et al.*, 2001; Thorstad *et al.*, 2008). A second explanation could be the ongoing catches of escaped salmon by artisan fishermen (Soto *et al.*, 2001). Third, this species is probably one of the least able to establish populations as it has been subject to selection to prevent sexual maturity for productive purposes (Soto, 1997).

As opposed to the case of the Atlantic salmon, there is evidence of wild Coho (*Oncorhynchus kisutch*) and Chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*) salmon populations in several southern Patagonian rivers (Becker *et al.*, 2007; T. Melo *personal communication*). Mature Coho salmon have been found in local rivers of the Aysén Region (Niklistcheck & Aedo, 2002; Soto *et al.*, 2007). Chinook salmon have established reproductive populations in several lakes and rivers in southern Chile and Argentina (Lindbergh, 1999; Pascual *et al.*, 2002; Ciancio *et al.*, 2005; Becker *et al.*, 2007; Soto *et al.*, 2007; K. Young, *personal communication*). Recently, Becker *et al.* (2007) presented the first evidence of a Pacific-Atlantic connection in the migration of “wild” salmon. These authors suggest that both oceans would provide a favorable marine environment for the successful colonization of this introduced species.

With this background information, the question arises as to why these species, unlike Atlantic salmon, have been able to establish self-sustaining populations in southern Chile. One possible answer could lie in these species’ apparent capacity to feed on a broad range of organisms, which would allow them to colonize a greater scope of habitats. This diverse trophic niche has been shown in the analysis of stomach contents of “wild” specimens of Coho and Chinook salmon and rainbow trout, which contained fish, insects, mollusks and crustaceans (Soto, 1997; K. Young, *personal communication*).

demostrado en estudios de contenido estomacal en individuos “asilvestrados” de salmones Coho, Chinook y trucha Arcoíris donde su nicho trófico era diverso, compuesto por peces, insectos, moluscos y crustáceos (Soto, 1997; K. Young *com. pers.*).

Transmisión de patógenos y enfermedades

La salud animal es otro factor a considerar a la hora de analizar los impactos derivados de los escapes. En los últimos años, los centros de cultivo de salmones han registrado numerosos brotes de enfermedades, los que se han visto favorecidos por las condiciones propias de confinamiento de los peces y la escasa distancia dispuesta entre las concesiones de acuicultura.

Producto del contacto y la interacción entre salmones escapados y la fauna silvestre, se incrementa el riesgo de transmisión de patógenos y enfermedades. Así por ejemplo, la presencia de la bacteria que provoca la Septicemia Rickettsial del Salmón, ha sido registrada tanto en peces silvestres como en moluscos y crustáceos (Garcés *et al.*, 1991).

En cuanto a los virus que afectan a la salmonicultura, se destaca el virus de la Necrosis Pancreática Infecciosa, el cual ha sido encontrado en todas las especies de salmones en sus distintas fases de desarrollo (agua dulce y marina), y también se ha hallado en especies nativas (Murray *et al.* 2003). El virus de la Anemia Infecciosa del Salmón ha sido detectado en centros de Noruega, Canadá, Escocia, Estados Unidos y Chile (Naylor *et al.*, 2005).

Por otro lado, estudios epidemiológicos realizados en el hemisferio norte (Irlanda, Escocia, Noruega y Canadá) sugieren que la presencia del parásito “piojo de mar” (*Caligus spp.*), en mayores cantidades en los peces nativos se relaciona con altas concentraciones de salmones en cultivo (Naylor *et al.*, 2005; Krkosek *et al.*, 2005). Considerando que los salmones escapados pueden desplazarse por largas distancias (Melo *et al.*, 2005), ello los convierte en potenciales vectores de parásitos y enfermedades de vastos ecosistemas (Thorstad *et al.*, 2008).

La transmisión de enfermedades desde salmones en cultivo hacia aves y mamíferos marinos ha sido poco estudiada. Sin embargo, antecedentes preliminares de lesiones en la piel en delfines del sur de Chile sugieren algún grado de conexión con la industria salmoacuícola. Las especies en la cuales se registraron dichos hallazgos fueron delfín Chileno, *Cephalorhynchus eutropia*; delfín Austral, *Lagenorhynchus australis*; delfín Nariz botella, *Tursiops truncatus* y Marsopa espinosa, *Phocoena spinipinnis* (Heinrich & Bedriñana-Romano, 2008).

Spread of pathogens and disease

Animal health is another issue to consider when discussing the impacts of salmon escapes. In recent years, several disease outbreaks have occurred at salmon farms, aided by favorable conditions such as fish confinement at farms and the close proximity of aquaculture concessions.

Contact and interaction among escaped salmon and wild fauna increase the risk of spreading pathogens and disease. For instance, the bacteria responsible for Rickettsial septicemia in salmon have been found in wild fish, mollusks and crustaceans (Garcés *et al.*, 1991).

Some of the viruses that affect salmon farming include the infectious pancreatic necrosis (IPN) virus, which has been detected in all salmon species during different stages of development (freshwater and ocean) as well as in native species (Murray *et al.* 2003). The infectious salmon anemia (ISA) virus has been documented at farms in Norway, Canada, Scotland, the United States and Chile (Naylor *et al.*, 2005).

Epidemiological studies conducted in the northern hemisphere (Ireland, Scotland, Norway and Canada) suggest that greater occurrence of sea lice (*Caligus spp.*) in native fish is directly related to higher concentrations of farmed salmon (Naylor *et al.*, 2005; Krkosek *et al.*, 2005). Since escaped salmon can travel long distances (Melo *et al.*, 2005), they become potential vectors for parasites and disease in vast ecosystems (Thorstad *et al.*, 2008).

Disease transmission from farmed salmon to marine birds and mammals has been studied little. However, preliminary evidence of skin lesions in dolphins in southern Chile suggests some relation to the salmon industry. Lesions were found on the Chilean dolphin, *Cephalorhynchus eutropia*; Peale's dolphin, *Lagenorhynchus australis*; bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*; and Burmeister's porpoise, *Phocoena spinipinnis* (Heinrich & Bedriñana-Romano, 2008).



"Salmones en centro de
producción de smolts en
lago Llanquihue, región
de los Lagos, Chile. /
Salmon smolt production
in Llanquihue Lake, Los
Lagos Region.
© WWF Chile - Matthew
PERL

El virus ISA en Chile

En Chile, el virus ISA fue aislado en el año 2001 en Salmón Coho, sin que hasta la fecha haya sido un problema en la salud de los peces (Sernapesca, 2009). Este virus genera una enfermedad infecciosa que ataca esencialmente al Salmón del Atlántico (*Salmo salar*), principal especie cultivada en Chile, causando anemia severa y hemorragias en varios órganos de los salmones. La transmisión horizontal de la enfermedad es más conocida y se discute ampliamente sobre la transmisión desde los reproductores a las ovas o transmisión vertical. Esta transmisión horizontal se produce principalmente por la presencia del virus en mucosa, heces o desechos de los centros de cultivo que permanecen disueltos en el agua, o por contacto directo entre peces (Furci, 2008). A la fecha, se están desarrollando una serie de vacunas para combatir este virus, sin embargo, aún no tiene remedio conocido y de amplio uso. Por lo cual, como medida para controlar una mayor dispersión de la enfermedad, el Sernapesca ha establecido la obligatoriedad de cosechar tempranamente o eliminar a los peces infectados y desinfectar de manera minuciosa todo el equipamiento utilizado en los centros de cultivo y plantas de proceso donde se faenan peces enfermos.

The ISA virus in Chile

In Chile, the ISA virus was detected in Coho salmon in 2001, but it was not a problem for fish health until now (Sernapesca, 2009). This virus causes an infectious disease that primarily affects Atlantic salmon (*Salmo salar*), the main species farmed in Chile. It causes severe anemia and hemorrhage in several fish organs. The horizontal transmission of the disease has been widely documented and there is widespread controversy regarding the transmission from breeding animals to eggs or vertical transmission. Horizontal transmission generally takes place through the virus' presence in mucus, feces or farm waste that are dissolved in the water or through direct contact among fish (Furci, 2008). Several vaccines against this virus are currently being developed, but there is no known cure. Therefore, as a means to control the disease's spread, the National Fisheries Service requires the early harvest or removal of infected fish and the meticulous disinfection of equipment used in farms and processing plants where sick fish are handled.



Alimentación de
salmones en centro de
cultivo en mar, región
de Los Lagos. / *Salmon
feeding at ocean farm
site, Los Lagos Region.*
© WWF Chile - Susan
DIAZ.

Impactos sociales de los escapes de salmones ~ Social impacts of salmon escapes

En el ámbito social, también es posible contabilizar impactos directos producto de los escapes de salmones, los que pueden categorizarse en términos de salud pública, político/social y económico.

Salud pública

El consumo de peces escapados en tratamiento antimicrobiano, sin un período de carencia adecuado (esto es, tiempo prudente que asegure que todos los residuos de medicamento han sido metabolizados), puede afectar a los seres humanos, alterando su resistencia bacteriana y por ende, disminuyendo la eficacia de los tratamientos con antibióticos cuando éstos son requeridos. Esta situación ha sido reconocida en las esferas públicas, lo que quedó de manifiesto tras el escape de cerca de 2 millones de salmones en la región de Aysén en julio de 2004, ante lo cual el Servicio de Salud regional de Aysén recomendó a la población no consumir salmones escapados, debido a que podrían contener residuos de antibióticos cuyas reacciones para personas alérgicas a estos medicamentos podrían ser de consideración (OCDE & CEPAL, 2005).

Político/social

Uno de los conflictos sociales más relevantes derivados de los escapes de salmones, es el que ocurre entre la industria salmonera y la pesca artesanal. Si bien este último sector ha tenido la posibilidad de capturar y comercializar los ejemplares escapados, esta acción representa hoy en día una práctica ilegal. Dentro de la normativa nacional, los salmones, incluso los escapados, son de propiedad del productor. No obstante de ello, los pescadores artesanales han solicitado reiteradamente a la Subsecretaría de Pesca autorización para iniciar la pesca comercial de los salmones, debido al daño que estos peces han causado sobre los recursos naturales que ellos tradicionalmente capturaban (Soto *et al.*, 2001). Por su parte, los salmoneros se oponen a esta iniciativa, argumentando que esta acción fomentaría una práctica de robo a los centros de cultivo (T. Melo *com.pers*).

Pérdidas económicas para los productores

Finalmente dentro de los impactos sociales que pueden ser vinculados a los escapes de salmones se encuentran las mermas económicas de la propia industria por las pérdidas en el capital invertido (Naylor *et al.*, 2005; T. Melo *com. pers*). En general, las empresas cuentan con seguros que les cubren en caso de escapes masivos, pero en caso contrario los costos deben ser absorbidos por la propia empresa.

Salmon escapes can also have public health, economic, and political and social and impacts.

Public health impacts

Consuming antimicrobial-treated escaped fish before an adequate exclusion period has elapsed (meaning enough time to ensure that all drug residues have been metabolized) can impact human beings by modifying their resistance to bacteria and reducing the efficiency of antibiotic treatment. This impact has been recognized publicly: following a large-scale escape of about two million salmon in the Aysén Region, the regional health agency recommended that people refrain from consuming escaped salmon, since the fish might carry antibiotic residue that could considerably affect humans allergic to such drugs (OECD & ECLAC, 2005).

Political and social impacts

The conflict between the salmon industry and artisanal fishing industry is one of the most relevant social impacts arising from salmon escapes. Although it is presently illegal, artisanal fishermen catch and market escaped salmon. Under domestic regulations, salmon are the property of farm owners, even after they have escaped. Artisanal fishermen have requested several times that authorities at the Subsecretariat of Fisheries approve the commercial fishing of escaped salmon to reduce the damage that salmon cause to the natural resources fishermen traditionally catch (Soto *et al.*, 2001). Salmon farmers oppose this measure on the grounds that it would promote theft at farming facilities (T. Melo *com.pers*).

Economic losses for producers

Among the social impacts linked to salmon escapes are the economic ramifications for the industry due to the loss of invested capital (Naylor *et al.*, 2005; T. Melo, *personal communication*). In general, salmon companies have insurance to cover large-scale escapes; otherwise, all losses are assumed by the company.

Mitigación de los escapes de salmones ~ Mitigating salmon escapes

Para mitigar los impactos generados por los escapes de los salmones, las empresas están exigidas por el Reglamento Ambiental para la Acuicultura de contar con un plan de contingencia que obliga a recapturar los ejemplares escapados.

Eficacia de los sistemas de recaptura de salmones escapados

A partir de antecedentes recabados en los otros países productores se ha estimado que, pese a los esfuerzos de recaptura de salmones escapados, sólo existe un pequeño porcentaje de logro (< 3% es recapturado) (Thorstad *et al.*, 2008). La situación de Chile no difiere significativamente, ya que los actuales mecanismos de recaptura de los escapados son sólo un reflejo de que las actuales medidas de mitigación empleadas por la industria son insuficientes e ineficaces (Melo *et al.*, 2005). La falta de un sistema integral de mitigación creado y diseñado exclusivamente para los eventos de escapes, no guarda relación con los problemas ecológicos, sociales y económicos asociados a la fuga de estas especies exóticas.

Por otro lado, los actuales planes de contingencia están orientados a la recaptura de altos volúmenes de peces escapados y no contempla la fuga parcial de ejemplares o “goteo” (*leakage*). Un ejemplo de esto es lo que sucede en las pisciculturas de flujo abierto y las balsas-jaulas ubicadas en lagos y ríos, y que es corroborado por el hecho de que no se cuente con información respecto al número de eventos y/o ejemplares escapados en estos sistemas. De esta manera, la falta de información respecto a escapes parciales no se relaciona necesariamente a la inexistencia de fugas de salmones, sino más bien con una falta de obligatoriedad en el registro exhaustivo de estos eventos.

El Reglamento Ambiental para la Acuicultura no establece un protocolo detallado sobre las acciones de mitigación y recaptura de los ejemplares escapados, dejando al productor la facultad de definir un plan de acción ante contingencias como éstas. De acuerdo a la investigación de Melo *et al.* (2005) se demostró que los salmones no sólo no permanecen en los alrededores de las balsas-jaulas, sino que además son capaces de desplazarse a distancias de hasta 3 km en un período de 10 horas y que, contrario a lo manifestado por otros actores, los salmones no formarían agregaciones, sino que muestran un alto grado de dispersión y desplazamiento. Si a esto se le agrega que, el escape masivo es producido bajo condiciones climáticas desfavorables, se amplían los tiempos y se dificultan las labores, haciendo que la efectividad de estos sistemas de recaptura disminuya más aún. Por su parte, la baja capacidad de fiscalización que ha tenido el Sernapesca, hasta comienzos del 2009, ha favorecido que los planes de acción no siempre sean aplicados, o en el mejor de los casos, las labores de recaptura sean aplicadas de manera poco exhaustiva.

Tecnología para evitar los escapes

Las redes de engorda que utiliza la industria salmonera en Chile, tienen su origen en las labores de la pesca extractiva. Son redes que fueron diseñadas

In order to mitigate the impacts caused by salmon escapes, the Environmental Regulations for Aquaculture require the industry to have a contingency plan for recapturing escaped individuals.

Effectiveness of escaped salmon recapture systems

The background information collected in other producer countries reveals low success rates for recapture efforts, with recaptures amounting to less than 3% (Thorstad *et al.*, 2008). The situation in Chile is essentially similar, since current recapture systems merely reflect that industry mitigation measures are both insufficient and ineffective (Melo *et al.*, 2005). The lack of an integral mitigation system designed and developed exclusively for escape events bears no relation to the ecological, social and economic impacts related to the escape of these exotic fish.

Moreover, contingency plans are focused on recapturing large volumes of escaped fish and fail to consider partial or trickle escapes. For example, open-flow net-cage farms in lakes and rivers do not collect information on the number of escape events and/or escaped individuals. Hence, the lack of information regarding partial escapes does not necessarily indicate that there are zero escapes, but rather that it is not mandatory to report these escape events.

The Environmental Regulations for Aquaculture do not specify exact mitigation and recapture protocols, leaving producers to define their own action plan in case of escapes. According to research conducted by Melo *et al.* (2005), salmon not only leave the vicinity of the cages, but can travel up to 3 km in 10 hours. Furthermore, in contrast to other stakeholders' beliefs, salmon do not form schools, showing instead high levels of dispersion and movement. Considering that large-scale escapes often take place during adverse weather conditions, recapture operations are more difficult and time-consuming, further reducing their success. Additionally, action plans have not always been enforced due to the National Fisheries Service limited capacity up to early 2009, and, in the best of cases, recapture efforts are less than thorough.

Escape prevention technology

On-growing nets used by the salmon industry in Chile come from extractive fishing operations and were therefore designed to catch fish, not to keep them in

para la captura de peces, y no para mantenerlos en cautiverio (Melo *et al.*, 2005).

Al analizar la tecnología existente en los países productores de salmones, incluido Chile, es posible comprobar que no hay una gran diferencia. A nivel mundial la industria ha adoptado una serie de medidas para prevenir los escapes, incluyendo el uso de materiales de mejor calidad y firmeza, que impidan el daño a los sistemas de cultivo ante condiciones climáticas adversas o ante la intromisión de depredadores. Sin embargo, en Chile estas tecnologías aún se aplican a escala piloto, con pruebas en un número reducido de empresas y centros. Es probable que la fuerte inversión inicial requerida, limite la incorporación de estas tecnologías en la totalidad de la industria.

Una medida prometedoras para prevenir los escapes de salmones es la utilizada hoy en día en Noruega, la cual consiste en el análisis y modelamiento de las condiciones ambientales a las que cada centro podría enfrentarse.

De acuerdo a Thorstad *et al.* (2008), los salmones pueden tener diferentes conductas y supervivencia dependiendo del lugar de escape (por ejemplo, áreas de costa expuestas versus bahías cerradas y protegidas). Si se considera además el comportamiento de los salmones en vida libre, los cuales pueden desplazarse grandes distancias y sumergirse a mayores profundidades dentro de los primeros días de ocurrido el escape, la posibilidad de recapturar dichos individuos es bastante baja. En este sentido, un mejor conocimiento de los patrones de movimiento, comportamiento y sobrevivencia de los salmones escapados puede ser utilizado para una adecuada selección de sitios de cultivo.

captivity (Melo *et al.*, 2005).

All salmon producing countries, including Chile, basically share the same technology. Worldwide, this industry has adopted a series of containment measures to prevent escapes, including the use of higher quality materials that prevent damage to farm systems due to poor weather conditions or predators. However, in Chile this technology is still only being piloted in a limited number of farms, most likely because introducing it on a broader scale fully requires strong upfront investments.

The analysis and modeling of environmental conditions that each site could face is one promising preventative measure used by Norway today.

According to Thorstad *et al.* (2008), salmon can behave differently depending on the site of the escape (for instance, exposed coastal areas versus sheltered bays). Given the behavior of salmon in the wild, particularly their ability to travel long distances and swim at greater depths during the first days following the escape, chances of recapture are extremely low. The improved understanding of movement, behavior and survival trends of escapees would be useful for selecting suitable farm sites.



Faenas de alimentación de salmones en centro de cultivo en mar, región de Los Lagos. / Salmon feeding operations at ocean farm site, Los Lagos Region. © WWF Chile - Susan DIAZ.

Prevención de escapes de salmones ~ Preventing salmon escapes

Como se mencionó anteriormente, los escapes de salmones generan una serie de impactos tanto ambientales como sociales, provocando importantes pérdidas económicas para los propios empresarios. Considerando que muchas de las causas de dichas fugas corresponden a fallas humanas, éstas pueden ser evitadas en muchos de los casos. De esta manera, se pueden identificar medidas tendientes a minimizar o eliminar los riesgos de escapes de salmones en cada etapa del cultivo del pez.

Con los antecedentes entregados en el capítulo anterior, donde la recuperación de los peces escapados ha mostrado ser una medida ineficaz para la mitigación de los impactos provocados por las fugas, es la prevención de los eventos de escapes, el camino por el cual tanto la industria como el gobierno deben avanzar.

Fase en agua dulce

Los salmones en sus primeras etapas de desarrollo (ova a *smolt*) pueden ser cultivados en instalaciones en tierra utilizando agua dulce proveniente de fuentes cercanas a la piscicultura (río, vertiente, lago, etc.). Posteriormente, los peces entran en un período de transición entre el agua dulce y agua de mar, etapa denominada *smoltificación*, la cual se ha llevado a cabo en Chile en sistemas en tierra, balsas-jaulas en lagos, ríos o estuarios.

Cada fase de desarrollo del salmón tiene un riesgo de escape asociado, el cual tiene directa relación con el tipo de sistema de cultivo, tecnología y ubicación. Así por ejemplo, existe un menor riesgo de escape en las pisciculturas de recirculación, debido a que son sistemas cerrados e independientes, altamente tecnificados y eficientes, donde más del 90% del agua es reutilizada y no hay contacto de los salmones con el medio acuático.

Otro sistema utilizado por los salmonicultores son las pisciculturas de flujo abierto, en donde el agua es capturada desde las fuentes disponibles, para luego recorrer las instalaciones, y finalmente ser devuelta a su origen. Estas pisciculturas utilizan diversas barreras físicas, las cuales están orientadas a evitar los escapes de peces hacia los ríos o lagos. Estas barreras se ubican estratégicamente a lo largo de las instalaciones, esencialmente en los puntos críticos donde se conectan las distintas piscinas o estanques que contienen los peces, así como en la toma de agua y efluentes.

Uno de los puntos más críticos para los escapes de salmones en sistemas dulceacuícolas son las balsas-jaulas ubicadas en lagos y ríos. A la fecha no se cuenta con datos concretos de las causas de los escapes en estos sistemas, las que sin embargo corresponderían esencialmente a problemas en la manipulación de los peces y manejo del centro, ya que las asociadas a depredadores, robo y condiciones climáticas adversas no son aplicables a sistemas lacustres.

As mentioned above, salmon escapes generate social and environmental impacts as well as result in major economic losses for the industry. Considering that many escapes are due to human error, preventative measures can be effective in a number of cases. Measures to minimize or fully remove escape risks can be identified for each farming stage.

Considering the background information provided in the previous chapter, which shows that the recovery of escaped fish is an ineffective measure for mitigating the impacts of salmon escapes, it is clear that prevention is the road that both the industry and government should take to move forward.

Freshwater stage

In their first stages of development (egg to smolt), salmon can be raised in land-based facilities using freshwater from sources near the farm (river, stream, lake, etc.). Subsequently, fish enter a transition period between freshwater and ocean water (smoltifying), which in Chile takes place in land-based systems and in cages in lakes, rivers and estuaries.

Each development stage has an associated escape risk directly related to the type of culture system, technology and site location. Hence, recirculation fish farms involve less escape risks as they are highly technological, efficient, closed and independent systems, where more than 90% of the water is reused and salmon do not come into contact with the aquatic environment.

Another system used by salmon farmers are open-flow fish farms, in which water is collected from available sources and flows through the facilities to return ultimately to its original source. These farms use several physical barriers to prevent fish from escaping into rivers and lakes. The barriers are strategically located throughout the facilities, essentially in critical connection points like pools or tanks containing the fish and in water inlets and outflows.

One of the most critical points for salmon escapes in freshwater systems is net pens located in lakes and rivers. To date, no specific information is available on what causes escapes in these systems, but poor fish handling and site management should be leading factors, since causes related to predators, theft and bad weather conditions do not apply.

Fase en agua de mar

El sistema de cultivo en mar, para la engorda de peces, representa mayores desafíos para la industria. Más que confeccionar barreras físicas, a excepción de las redes loberas, que aunque su principal función es evitar el ataque externo, actúan también como barrera ante el rompimiento de las redes peceras; los salmonicultores han debido desarrollar prácticas de manejo para la mantención de las redes de cultivo, que impidan su rompimiento y el consecuente escape de peces al medio.

En esta línea, la correcta tensión de la redes peceras y loberas, mediante un sistema de anclaje y fondeo, reduce el roce de los materiales así como también impide que ambas redes se adhieran entre sí, limitando el acercamiento de lobos marinos a los peces. De la misma forma, el recambio y mantención de redes, y las tareas de inspección a través del buceo o video, son también prácticas habituales para reducir el riesgo de escapes.

Ocean water stage

Ocean grow-out farms pose the largest challenges for the industry. Rather than creating physical barriers –except for anti-predator nets which, along with protecting from external attacks, also serve as containment when fish nets tear– salmon farmers have developed maintenance practices to prevent nets from breaking and releasing fish into the environment.

The proper tension of fish and anti-predator nets through anchoring and mooring systems reduces friction between materials and prevents both nets from sticking to each other, thereby preventing sea lions from approaching the fish. Other typical practices to reduce escape risks include replacing and maintaining nets and monitoring through dives or video.

Normativa sobre escapes en Chile y otros países productores ~ Regulations on escapes in Chile and other producer countries

Existe una serie de políticas y regulaciones para la prevención y mitigación de los escapes de salmones a nivel internacional. Con diversos grados de desarrollo, países como Noruega, Canadá (British Columbia), Estados Unidos y Escocia tienen planes de contingencia y códigos de buenas prácticas que buscan mitigar esta problemática a través de la prevención de los escapes. Dentro de los principales aspectos que estos países productores toman en consideración están:

1. Mejoramiento de las técnicas de cultivo, manejo y mantención de las redes y sistemas de anclajes.
2. Mayor regulación y monitoreo.
3. Diseño de protocolos adecuados para la operación de las embarcaciones en el centro.
4. Capacitación de los empleados en la prevención de los escapes.

En Chile, el Reglamento Ambiental para la Acuicultura establece un plan de acción ante contingencia que obliga a recapturar los ejemplares escapados y a reportar los escapes ante la autoridad pesquera y marítima correspondiente. En este mismo sentido, el Instituto Tecnológico del Salmón (INTESAL) de SalmonChile, en conjunto con empresas salmoneeras, elaboraron de forma voluntaria un Sistema Integrado de Gestión (SIGES). Esta herramienta busca apoyar la estandarización de los sistemas productivos y de proceso en aspectos de salud de peces, calidad, inocuidad alimentaria, medio ambiente, salud y seguridad ocupacional. SIGES no propone exigencias mayores que lo normado por el Reglamento Ambiental para la Acuicultura, comprometiendo básicamente a las empresas firmantes de este acuerdo a informar a INTESAL sobre los eventos de escapes de salmones. Sin embargo, de acuerdo a lo informado por ellos mismos a fines del 2008, no cuentan con estadísticas de escapes de salmones.

Al analizar en detalle las normas que reglamentan la actividad en países productores como Noruega, Canadá (BC), Estados Unidos, Escocia y Chile y, las recomendaciones internacionales efectuadas por NASCO, queda en evidencia que cada uno de ellos hacen un énfasis en la prevención de los escapes más que en su mitigación (Figure 8).

Cabe señalar que la normativa chilena ha sido recientemente modificada⁵, por lo cual las repercusiones de este enfoque actual, basado mayormente en la prevención más que en la mitigación, podrá ser evaluado al cabo de un tiempo desde su puesta en marcha. Es por esto que, los antecedentes aportados en este estudio son un reflejo del enfoque anterior de la norma en la mitigación más que en la prevención.

There are several policies and regulations for the prevention and mitigation of salmon escapes at the international level. With different levels of development, countries like Norway, Canada (British Columbia), the United States and Scotland have established contingency plans and best practices aimed at mitigating impacts by preventing escapes. The main aspects considered by producer countries include the following:

1. Improving farming, management and maintenance techniques in nets and anchoring systems.
2. Increasing regulations and monitoring.
3. Designing adequate protocols for on-site vessel operation.
4. Training employees in escape prevention.

In Chile, the Environmental Regulations for Aquaculture establish an action plan for contingencies which requires recapturing escaped fish and reporting the event to the relevant fisheries and maritime officials. For this purpose, the Instituto Tecnológico del Salmón (INTESAL) of SalmonChile, in conjunction with the salmon industry, prepared an Integrated Management System (IMS) aimed at providing standards for production and processes on issues such as fish health, quality, food safety, environment and occupational health and safety. The IMS does not provide for requirements beyond those included in the Environmental Regulations for Aquaculture and it is essentially a commitment by signatory companies to report salmon escape events to INTESAL. As reported in late 2008, however, no statistics on salmon escapes are available.

An in-depth analysis of the regulations that govern the industry in countries such as Norway, Canada (BC), the United States, Scotland and Chile, and of the international recommendations made by the North Atlantic Salmon Conservation Organization (NASCO), reveals that emphasis is placed on prevention rather than on mitigation (Figure 8).

Chilean regulations have been recently amended⁵. Therefore, the implications of this more prevention-focused approach can be assessed only after a certain amount of time has elapsed following its implementation. This explains why the information included in this report reflects the previous approach, which is based more on mitigation than prevention.

⁵D.S. -MINECON- N° 196 publicado en el Diario Oficial el 28 de septiembre de 2009. Modifica Reglamento Ambiental para la Acuicultura (D.S. 320 de 2001).

⁵Supreme Decree of the Ministry of Economy No. 196, published in the Official Gazette on September 28, 2009, which amends the Environmental Regulations for Aquaculture (SD 320, 2001).

Fig.8

País	Reglamentación	Año	Implicancias
CHILE	Reglamento ambiental para la acuicultura	2001 (última modificación a Septiembre de 2009)	Disponer de módulos de cultivo y fondeo que presenten condiciones de seguridad apropiadas a las características geográficas y oceanográficas del sitio concesionado, para prevenir el escape o pérdida masiva de recursos en sistemas de cultivo intensivo o desprendimiento o pérdida de recursos exóticos en cultivos extensivos. Deberá verificarse semestralmente el buen estado de los mencionados módulos, debiendo realizarse la mantención en caso necesario para el restablecimiento de las condiciones de seguridad, de lo cual se llevará registro en el centro. Las condiciones de seguridad de los módulos de cultivo y del fondeo de los centros de cultivo intensivo de peces, deberán ser certificadas anualmente, por un profesional o entidad debidamente calificados. (Artículo 4 letra e). El titular deberá contar con un plan de acción ante contingencias tales como: temporales, terremotos, enmalle de mamíferos marinos, choque de embarcaciones con módulos de cultivo, pérdidas accidentales de alimento, de estructuras de cultivo u otros materiales, florecimientos algales nocivos, escapes, o los desprendimientos de ejemplares exóticos en cultivo. Entre las actividades a seguir, el plan deberá comprender acciones de recaptura de los individuos, recolección y disposición segura de desechos y la eliminación de los ejemplares muertos. (Artículo 5°). Los escapes o pérdidas masivas de ejemplares desde centros de cultivo, así como la sospecha de que haya ocurrido, deberá ser informado en los servicios y las capitanías de puerto respectivas, dentro de las 24 horas de su detección. Además, debe desarrollarse un Informe dentro de los próximos 15 días hábiles de ocurrido el hecho, incluyendo: a) localidad del escape e identificación del centro; b) especies; c) número estimado de individuos y su peso; d) circunstancias en que ocurrió el evento; e) estado sanitario de los peces; f) período del último tratamiento terapéutico y compuesto utilizado; g) estado de aplicación del plan de acción, y; h) Registro fotográfico de las artes de cultivo afectadas. (Artículo 6°). Las acciones de recaptura respecto de especies de cultivo en sistemas de producción intensivo o especies exóticas en sistemas de producción extensivos, se extenderán hasta un período de 10 días desde ocurrido éste. En casos calificados, el plazo podrá ser ampliado por Resolución fundada del Servicio. Será responsabilidad del titular disponer de medios adecuados y personal capacitado para el cumplimiento de las acciones de recaptura. (Artículo 6°).
	Reglamento de medidas de protección, control y erradicación de enfermedades de alto riesgo para las especies hidrobiológicas	2001	Las actividades desarrolladas en los viveros o centros de acopio deberán cumplir con exigencias, relativas a adoptar las medidas para evitar el escape de ejemplares durante las actividades de ingreso y retiro de los peces, estadía en el vivero, así como recaptura en caso de producirse escapes. (Artículo 47° bis).

Figura 8. Reglamentación sobre escapes existente en los distintos países productores de salmones.

Figure 8. Regulations on Escapes in Selected Salmon Producer Countries.

Fig.8

Country	Regulation	Year	Implications
CHILE	Environmental Regulations for Aquaculture	2001 (most recent amendment in September 2009)	Provide farming modules and anchoring with appropriate safety conditions given the geographic and oceanographic features of the site in order to prevent large-scale escapes in intensive farming systems or releases or losses of exotic resources in extensive farming. The proper operation of aforementioned modules should be monitored every six months and, when required, maintenance should be carried out to restore safety conditions, a record of which will be kept on site. Safety conditions of farm modules and anchoring in intensive fish farms shall be certified on an annual basis by a duly qualified professional or institution. (Article 4, letter e). The concession holder shall have an action plan for contingencies such as: storms; earthquakes; marine mammals trapped in nets; collision of vessels with site facilities; accidental loss of feed, farm structures or other materials; harmful algae blooms; escapes or release of exotic farmed species. The plan shall include actions for recapture of fish; safe waste collection and disposal; and removal of dead fish. (Article 5°). Escapes or large-scale losses from farms, as well as suspected escapes, shall be reported to the relevant agencies and Harbormaster's Office within 24 hours. Additionally, a report must be issued within 15 working days after the event, including: a) site of the escape and farm identification; b) species; c) estimated number of individuals and weight; d) circumstances under which the event took place; e) health condition of fish; f) time elapsed from the last therapy and compound used; g) status of action plan implementation; and h) photographic register of the farm areas impacted. (Article 6°). Actions taken to recapture farmed species from intensive production systems or exotic species in extensive systems shall extend for 10 days after the event. When required, this term may be extended through a well-founded resolution by the National Fisheries Service. The holder shall be responsible for making adequate means and qualified staff available to comply with any recapture actions. (Article 6°).
	Fish health regulation: protection, control and removal measures of high risk diseases for hydro - biological species	2001	The activities carried out at hatchery sites or stockpile areas shall meet all requirements regarding measures to prevent escapes during fish introduction and removal, their time in the hatchery, and recapture in case of escape. (Article 47°).

Fig.8

País	Reglamentación	Año	Implicancias
CANADA	Ley de pesca de la Columbia Británica: Regulación de la acuicultura	2002	El salmonicultor debe tomar medidas para controlar, mitigar, remediar y confinar los efectos de un escape o supuesto escape. (S. 3(3) AR). Los resultados de las faenas de recaptura de los salmones deben ser reportados en el transcurso de la primera semana de ocurrido el evento de escape. (S. 4(3) AR). La persona que transporte salmones debe tomar todas las medidas necesarias para controlar, mitigar, remediar o confinar los efectos de un escape. (S. 11(2) AR). Luego de un escape o potencial escape, el salmonicultor debe asegurarse de tomar acciones correctivas inmediatas para ejecutar el plan de contingencia y prevenir nuevos escapes. (S. 38, Anexo II, AR). El salmonicultor debe tomar medidas consistentes con el gobierno de British Columbia con el fin de recapturar una parte significativa de los salmones escapados, y de evitar los impactos sobre los <i>stocks</i> silvestres. (S. 39, Anexo II, AR).
	Política para la compra de salmón cultivado	2007	Los sistemas de prevención de escapes son diseñados e implementados para eliminar escapes, y en caso de ocurrir, para reducir los impactos de los escapes en <i>stocks</i> silvestres. (S. 3.) Sitios de producción bajo estos estándares deben tener registros de ausencia de grandes escapes en al menos los 5 últimos años. (a). Se investigará e implementará un sistema de marcaje para identificar al productor de cualquier escape de salmones (por ejemplo a través de DNA). (b). Cualquier evento de escape que involucre a más de 100 peces debe ser reportado dentro de las 12 h del evento ante autoridades y compañía; datos de escapes deben ser incluidos en reportes anuales de la empresa. (c). Adoptar tecnología para limitar el potencial reproductivo de los salmones escapados, como por ejemplo producir <i>stocks</i> estériles o de un solo sexo. (d). Hatcheries y sitios de producción de <i>smolts</i> no deben tener potencial de escapes. (e).
Estados Unidos	Código de conducta para las operaciones de salmones en balsas-jaulas en mar	2002	Por ley, las empresas salmonera en Washington deben tener un plan de prevención de escapes aprobado por el Departamento de Pesca y Vida Silvestre de Washington (<i>Washington Department of Fish and Wildlife</i>), que incluya los procedimientos para la recaptura de salmones escapados. El Departamento de Pesca y Vida Silvestre de Washington tiene la autoridad para fijar las reglas para prevenir y mitigar los escapes. (Anexo).

Fig.8

Country	Regulation	Year	Implications
CANADA	British Columbia Fisheries Act: Aquaculture regulations	2002	A holder must take all reasonable measures to control, mitigate, remedy and confine the effects of an escape or a suspected escape. (S. 3(3) AR.) A holder who recaptures or attempts to recapture finfish that have escaped from an aquaculture facility must report in writing the results of the recapture or attempt to recapture to the manager within one week of the recapture or attempted recapture. (S. 4(3) AR.) A person who transports finfish must take all reasonable measures to control, mitigate, remedy or confine the effects of an escape of finfish. (S. 11(2) AR.) After an escape or suspected escape, holders must ensure that immediate corrective action is taken to prevent further escapes and the escape response plan is fully executed. (S. 38, Appendix II, AR.) The holder must take all reasonable measures consistent with the government of British Columbia to recapture a significant portion of the lost stock and prevent impacts on wild stocks. (S. 39, Appendix II, AR.)
	Farmed salmon purchasing policy	2007	Escape prevention systems are designed and implemented to eliminate escapes, to document any exceptions, and to reduce the impacts on wild stocks of any escapes that do occur. (S. 3.) Production sites producing fish under these standards will have a record of no major escape incidents for at least the five preceding years. (a). A marker system for identifying the producer of any escaped fish (for example through DNA signatures) will be investigated and implemented. (b). Any escape incident involving more than 100 fish will be reported within 12 hours to the responsible fishery authorities and to [Company]; comprehensive data on escapes will be included in the supplier annual report. (c). Technology will be adopted to limit the reproductive potential of any escaped fish, for instance producing sterile or only one sex stocks. (d). Hatcheries and smolt production sites will have no potential for escapes. (e).
United States	Code of conduct of saltwater salmon net-pen operations	2002	Under the law, salmon farms must have an escape prevention plan approved by the Washington Department of Fish and Wildlife that includes recapture procedures for escaped fish. The Washington Department of Fish and Wildlife has the power to set the rules to prevent and mitigate escapes. (Annex).

Fig.8

País	Reglamentación	Año	Implicancias
NORUEGA	Visión sin escapados	2006 - 2007	Requerimientos para la captura de salmones escapados. El proceso de recaptura debe ser ejecutado eficientemente y sin retraso. (A4). Desarrollar y establecer indicadores respecto de los efectos de los escapes. (B3). Examinar la posibilidad de esterilizar los salmones. (B6). Evaluar rutinas y acciones ante escapes de peces. (C5).
	Regulaciones respecto al establecimiento y medidas de operación en los centros de cultivo	1998	Plan de contingencia: precauciones para manipulación de peces y de balsas - jaulas. (7). La recaptura de los peces escapados debe ser iniciada inmediatamente luego de que se registre el evento de escape. El límite del área a cubrir será de 500 m desde las instalaciones, y con duración que terminará cuando ningún salmón escapado sea recapturado. La oficina regional de pesca puede extender o restringir el proceso de recaptura, así como el tiempo y/o la extensión geográfica.
	Regulación respecto a estándares técnicos requerido para las instalaciones utilizadas en salmonicultura		Es responsabilidad del titular del centro el recuperar los salmones escapados. Se aplicará el plan en las inmediaciones del centro de cultivo, que se define en un área dentro de los 500 m desde el centro. El plan se aplicará hasta cuando los peces ya no estén dentro de esta área. Cuando se sospeche que los peces escapados estén bajo una enfermedad infecciosa, la autoridad puede aumentar el tiempo de recaptura. Tanto el inicio como el fin de las actividades de recaptura deben ser reportados a la oficina regional. (S. 25 ODR.)
	Ley de acuicultura	1985	La recaptura de salmones debe ser realizada por 14 días a partir del evento de escape.
ESCOCIA	Un código de buenas prácticas para el cultivo de peces en Escocia		Los centros de cultivo deben contar con un plan de contingencia que describa las acciones a seguir ante un evento de escape.
	Qué hacer en evento de escapes de peces desde un centro de cultivo - Lineamientos en el registro de empresas cultivadoras de peces y de moluscos	2002	Posterior a las labores de recaptura y al dimensionamiento de la escala de las pérdidas, una notificación final debe ser enviada dentro de un período de 28 días, conteniendo: número total de peces escapados, estado de salud, número de peces recapturados. Se debe incluir además una descripción y análisis de la efectividad de las medidas implementadas.

Fig.8

Country	Regulations	Year	Implications
NORWAY	Vision no escapees	2006 - 2007	Requirements for the recapture of escaped salmon. The recapture process shall be implemented in a timely and efficient manner. (A4). Develop and set indicators regarding escape impacts. (B3). Review the possibility of sterilizing salmon. (B6). Assess routines and actions to face fish escapes. (C5).
	Regulations regarding the sites and operating measures for farms	1998	Contingency plan: care when handling fish and net-pens. (7). Recapturing of fish must begin immediately after the escape event. The area to be covered will be 500 m from the facilities and the actions shall last until escaped salmon are no longer recaptured. The regional fisheries bureau can extend or limit the recapturing process, as well as the time and/or surface area to be covered.
	Regulation regarding the technical standards required for salmon farm facilities		The site's holder is responsible for recovering escaped salmon. The plan shall be implemented in the vicinity of the salmon farm, defined as an area of 500 m from the site. The plan shall be applied until the moment when the fish are no longer within that area. When escaped fish are suspected of carrying a contagious disease, officials can increase the recapture term. Both the beginning and end of the recapturing activities shall be reported to the regional bureau. (S. 25 ODR.)
	Aquaculture act	1985	Salmon recapture shall take place for 14 days after the escape event.
SCOTLAND	A code of good practice for Scottish finfish aquaculture		Farmers should have site-specific contingency plans that describe actions to be taken in the event of any escapes.
	What to do in the event of an escape of fish from a fish farm - Guidance on the registration of fish farming and shellfish farming business	2002	After recapture tasks and when the scale of the loss has been sized, a final report should be submitted within 28 days including total number of escaped fish, health status, and number of recaptured fish. A description and analysis of the measures implemented shall also be included.

Fig.8

País	Reglamentación	Año	Implicancias
ESCOCIA	Anexo 1. Formulario de notificación inicial - Escapes de peces cultivados		Ante un evento de escape, se debe informar el número de peces escapado y las circunstancias del accidente (fecha, hora, ubicación exacta, condiciones climáticas y oleaje).
	Anexo 2. Formulario de notificación final - Escapes de peces cultivados		Se emitirá un informe dentro de un plazo de 28 días de ocurrido el evento de escape, detallando: número de peces escapados, número de peces recapturados, métodos utilizados.
NASCO	Lineamientos para contenedores de salmón cultivado	2007	Ante un evento de escape, el operador debe dar aviso inmediato a las autoridades. Se desarrollará un plan de contingencia ante un evento de escape. El cual debe incluir detalles de los métodos de recaptura. Se deben realizar esfuerzos para recapturar a los salmones inmediatamente, y que no afecten las poblaciones silvestres de salmón del atlántico.

Fig.8

Country	Regulation	Year	Implications
SCOTLAND	Annex 1. Initial notification form - Farmed fish escapes		In case of an escape event, a report must be issued with the number of escaped fish and the circumstances of the event (date, time, exact location, weather conditions and wave height).
	Annex 2. Final notification form - Farmed fish escapes		This form is to be submitted no later than 28 days following the escape of fish from a fish farm, detailing the number of escaped fish, number of recaptured fish and methods used.
NASCO	Guidelines on containment of farm salmon	2007	When an escape event occurs, the operator shall advise the appropriate authorities immediately. A site-specific contingency plan shall be developed for use when an event occurs. The contingency plan shall include details of the method of recapture to be used. Efforts shall be made to recapture farmed salmon immediately provided that this is practicable and does not adversely affect wild Atlantic salmon populations.



Tren de jaulas en centro de producción de smolts en lago Llanquihue, región de Los Lagos, Chile. / Cages at smolt production site in Llanquihue Lake, Los Lagos Region, Chile. © WWF Chile - Matthew PERL

Conclusiones y recomendaciones ~ Conclusions and recommendations

En Chile se escapan anualmente alrededor de 1,7 millones de salmónidos desde sus centros de cultivo en mar. Estos escapes de salmones, así como los que también se producen en agua dulce, generan impactos negativos tanto a nivel ecológico como social. En cuanto a los primeros, se reconocen tres impactos directos: (i) efectos sobre los ecosistemas y sobre especies nativas, (ii) “asilvestramiento” de los salmones escapados, y (iii) transmisión de patógenos y enfermedades. Dentro de los impactos sociales se encuentran: (I) los relacionados con salud pública, (II) los vinculados al ámbito político-social y (III) los asociados a pérdidas económicas para los productores.

Las principales causas de escapes de salmones desde los centros de cultivo al medio natural pueden estar asociadas, ya sea a acciones externas, como la acción de depredadores, robos y condiciones climáticas adversas, así como aquellas de directa responsabilidad del salmonicultor, como lo son la mantención de las estructuras de cultivo y la manipulación rutinaria de los peces, siendo estas últimas también causas atribuibles a escapes en centros de agua dulce. De esta forma, si los productores toman las medidas necesarias para eliminar estas causas de escapes, sería posible evitar un importante número de eventos, así como también reducir los volúmenes de peces que se escapan anualmente.

La trucha Arcoíris es la especie cultivada que actualmente presenta un mayor impacto en los ecosistemas de agua dulce del sur de Chile. Su condición de adaptabilidad a los ambientes naturales la convierte en un fuerte competidor y/ o depredador para las especies nativas, debido a su dieta amplia y a su capacidad de asentarse y establecer poblaciones autosustentables. Por ello es que preocupa que al analizar comparativamente estos escapes en relación con los del salmón del Atlántico, cuya producción es mayor, los escapes de trucha Arcoíris resultan ser de mayor magnitud, por lo que su impacto negativo sobre los ecosistemas naturales sería aún más crítico.

Por otro lado, y debido al comportamiento de los salmones en vida libre –que pueden desplazarse por grandes distancias y sumergirse a mayores profundidades dentro de los primeros días de ocurrido el escape- las probabilidades de recaptura de estos ejemplares es muy baja. Las recapturas además se ven limitadas producto de que las herramientas, y las prácticas de acción utilizadas hasta la fecha por los productores, no han sido diseñados con este fin. Si a esto se le suma el factor climático como una de las causas de escapes masivos, las labores de rescate muchas veces deben ser aplazadas por varios días (puertos cerrados, marejadas y riesgos asociados para los trabajadores), hasta que las condiciones lo permitan.

En la salmonicultura a nivel mundial, las medidas para la mitigación de los escapes son ineficaces. Menos del 3% de los ejemplares escapados logran ser recuperados con posterioridad a eventos de escapes masivos. Por esta razón, más que mitigar los efectos de los escapes, las acciones deben estar orientadas

Approximately 1.7 million salmon escape annually from ocean farms in Chile. These events, as well as those that take place in freshwater systems, result in negative social and ecological impacts. At least three direct environmental impacts have been identified, including: (i) impacts on ecosystems and native species; (ii) “wild behavior” of escaped salmon; and (iii) transmission of pathogens and diseases. Social impacts include: (i) public health impacts; (ii) political-social impacts; and (iii) economic losses for producers.

Salmon escapes from farms into the natural environment can be explained either by external factors, such as predation, theft or adverse weather conditions, or actions that are the direct responsibility of the salmon farmer, like proper maintenance of farming facilities and routine handling of fish. The latter causes also explain escapes from freshwater sites. Hence, if producers take the required measures to eliminate all or some of these causes, a large number of events could be prevented and the number of escaped fish per year could be reduced.

The farmed species with the largest impact on freshwater ecosystems in southern Chile is the rainbow trout. Its adaptability to natural environments makes it a strong competitor and/or predator for native stocks, due to a broad diet and its ability to colonize and establish self-sustaining populations. This is particularly worrisome considering that comparative analyses of trout versus Atlantic salmon escapes reveal higher escape figures for trout, notwithstanding higher Atlantic salmon production levels. Therefore, the rainbow trout’s negative impact on natural ecosystems is even more critical.

Given the behavior of escaped salmon, which can travel long distances and swim at greater depth within the first days after the event, chances of recapture are very low. Recapture is further limited by the fact that the practices used to date by salmon producers have not been designed for that purpose. Since poor weather conditions are one of the factors triggering large-scale escapes, recapture actions are often delayed for several days due to closed ports, swells and associated risks for staff, until weather conditions improve.

Globally, escape mitigation measures are inefficient. Less than 3% of escaped fish are recaptured after large-scale escape events. For this reason, more than mitigating the impacts of escapes, efforts should be focused on prevention. Modifying the design of structures, nets and anchoring according to the site’s oceanographic conditions as well as gaining more efficient control over and improving routine tasks at farms could considerably reduce the risk of escapes.

Environmental standards related to salmon farming also need to be strengthened. Prior to any farm startup, a comprehensive site study should take place (currentmetry study) so as to ensure the best farm structure design to meet productive requirements and prevent salmon escapes. Amendments made to the regulations up to September 2009 point in the right direction regarding escape prevention. Hopefully, such

a la prevención de dichos eventos. Modificaciones al diseño de estructuras, redes y fondeos de acuerdo con las condiciones oceanográficas del sitio de cultivo, así como un mayor control y mejoramiento de las prácticas habituales de los centros, podrían reducir sustancialmente el riesgo de escapes.

Asimismo, se requiere continuar fortaleciendo la normativa ambiental vinculada al sector salmonicultor, de manera que previa a la instalación de cualquier centro de cultivo se lleve a cabo un exhaustivo estudio del sitio (estudio de correntometría), de forma tal que el diseño de las estructuras de cultivo sea óptimo para el desarrollo de las actividades productivas y se puedan evitar los escapes de salmones. Las modificaciones efectuadas al Reglamento Ambiental para la Acuicultura hasta septiembre de 2009, van en el camino correcto de la prevención de los escapes, por lo que se espera que estos cambios, sumados al fortalecimiento en los sistemas de inspecciones periódicas en terreno, den garantías de que las estructuras y redes se encuentran en óptimas condiciones, especialmente previo al invierno cuando por razones climáticas se incrementan los riesgos de escapes.

Una de las falencias a la hora de coleccionar información oficial respecto a los escapes producidos, es el hecho de que sólo los escapes masivos son registrados ante las autoridades pertinentes. Sin embargo, la presencia de salmones en ambientes naturales de agua dulce, y la existencia de pisciculturas en ríos y lagos aledaños, son un indicador de que sí se estarían produciendo periódicamente escapes parciales, también denominados por "goteo" (*leakage*), los cuales no son registrados por los productores como escapes y, en consecuencia, son invisibles para las estadísticas. Esta sería la razón de que sólo se registren los escapes desde los centros de engorda de salmones en mar y no exista información para los de producción de *smolts* en lagos o piscicultura en ríos.

De esta manera, se hace imprescindible que el Estado, que tiene la responsabilidad de regular una industria que produce millones de dólares anualmente y que ha llegado a convertirse en el segundo productor mundial de salmones, cuente con un sistema de información acorde con el tamaño de la industria salmonera. Este sistema de información debe ser exhaustivo e integral, de manera de registrar tanto escapes masivos como puntuales en ecosistemas marinos y de agua dulce, con mecanismos de control y verificación de los datos que se ingresan. Con ello, se estaría atendiendo a uno de los graves impactos que generan los salmónidos en los sistemas de agua dulce, dada la fragilidad en que se encuentran estos ecosistemas.

El consumo de salmones escapados puede ocasionar efectos adversos para la salud de las personas. La falta de conocimiento acerca del origen de estos peces, de su estado sanitario, y tiempo desde la aplicación del último tratamiento con medicamentos (período de carencia), otorga un riesgo de salud pública que puede verse reflejado en la generación de resistencia bacteriana a los antibióticos de uso humano.

changes, plus the strengthening of periodic on-site inspection visits, can assure that structures and nets are in optimal conditions, especially before the winter when there is an increase of escape risks.

The fact that only large-scale escapes are reported to the relevant authorities poses a great challenge when collecting official data regarding escapes. However, the presence of farmed species in natural freshwater environments and existing fish farms in nearby lakes and rivers are an indicator of regular partial or trickle escapes, which are not recorded by farmers as escapes and therefore go underreported. This is why the information available only considers grow-out facilities in oceans and no escape-related information is registered for smolt production in lakes or river farms.

There is an urgent need for the Chilean government to create an information system for an industry that has made Chile the world's second-most salmon producer and generates millions of dollars annually. This comprehensive and integral information system should register both large-scale and specific escapes in marine and freshwater environments, including data control and verification methods.

The consumption of escaped salmon can cause negative impacts on human health. Lack of information on the source of fish, its health status and time elapsed since the last drug treatment may pose a public health risk that could be reflected in the emergence of bacterial resistance to human-used antibiotics.

In such a complex situation, with ecological, social, health-related, political and economic implications, all stakeholders must assume their responsibilities. While government agencies must ensure the ecological balance of aquatic systems, low escape levels and effective mitigation measures, salmon farmers must undertake a more proactive prevention role, including: (1) identifying critical issues in each stage of salmon farming, so as to establish protocols to prevent salmon escapes; (2) conducting an adequate selection of farming sites; (3) designing optimal structures for the area's oceanographic conditions; (4) developing and implementing special technologies and materials to prevent escapes; and (5) preparing more effective procedures and guidelines to recapture escaped fish.

Finally, and considering the notable information gaps on the issue, both the industry and government should promote scientific research to properly inform decision-making on the development of escape prevention technologies and environmental impact mitigation.

Ante esta compleja situación, en la cual no sólo se consideran implicancias ecológicas sino que también sociales, sanitarias, políticas y económicas, existen responsabilidades que deben ser asumidas. Mientras que las instituciones de gobierno deben velar por la mantención de los equilibrios ecológicos naturales de los ecosistemas acuáticos, y al mismo tiempo, asegurar que los escapes sean mínimos y se mitiguen de manera efectiva, los productores de salmones, deben asumir un rol más activo en la prevención de estos eventos. Así por ejemplo, (1) identificando los puntos críticos en cada una de las etapas del cultivo de salmones, de manera de establecer protocolos para prevenir los escapes de salmones; (2) llevando a cabo una selección adecuada de los sitios de cultivo; (3) diseñando estructuras óptimas para las condiciones oceanográficas del sector; (4) desarrollando e implementando tecnologías y materiales especiales para evitar escapes; y (5) elaborando procedimientos y directrices más efectivos para la recaptura de ejemplares escapados.

Por último, y en consideración a que los vacíos de información son múltiples, se requiere que tanto la industria como el Estado realicen las gestiones necesarias para que se lleve a cabo investigación científica para la adecuada toma de decisiones, principalmente en el desarrollo de tecnologías para evitar los escapes, y de igual forma en lo relativo a la mitigación de los impactos ambientales de los mismos.



Alevines en piscicultura
de recirculación, región
de Los Lagos, Chile. /
*Fry in recirculated pool,
Los Lagos Region,
Chile.*
© WWF Chile - Kevin
SCHAFFER.

- Aaron, D. 2004. Norway vs. British Columbia: A Comparison of Aquaculture Regulatory Regimes. Environmental Law Centre. University of Victoria, Canada. www.elc.uvic.ca
- Aquaculture and Fisheries (Scotland) Act 2007. Guidance to Fish Health Inspectors Regarding the Enforcement of Provisions in Relation to Containment and Fish Farm Escapes. 51 pp.
- Arismendi, I., D. Soto, B. Penaluna, C. Jara, C. Leal & J. León-Muñoz. 2009. Aquaculture, non-native salmonid invasions and associated declines of native fishes in Northern Patagonian lakes. *Freshwater Biology* : 1-13.
- Becker, LA., MA. Pascual & NG. Basso. 2007. Colonization of the Southern Patagonia Ocean by Exotic Chinook Salmon. *Conservation Biology* 21: 1347-1352.
- British Columbia Fisheries Act: Aquaculture Regulations. 2002. http://www.bclaws.ca/Recon/document/freeside/--%20F%20--/Fisheries%20Act%20%20RSBC%201996%20%20c.%20149/05_Regulations/10_78_2002.xml
- British Columbia Salmon Farmer's Association. 2005. Code of Practice. <http://www.salmonfarmers.org/attachments/codeofpractice1.pdf>
- Buschmann A.H., V.A. Riquelme, M.C. Hernández-González, D. Varela, J.E. Jiménez, L.A. Henríquez, P.A. Vergara, R. Guíñez & L. Filón. 2006. A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific. *ICES Journal of Marine Science* 63: 1338-1345.
- Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. D.S. N° 320, de 2001, Reglamento Ambiental para la Acuicultura. Publicado en el D.O. el 14/12/01.
- Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. D.S. N° 319, de 2001. Reglamento de medidas de protección, control y erradicación de enfermedades de alto riesgo para las especies hidrobiológicas. Deroga D.S. N° 162, de 1985, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.
- Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Servicio Nacional de Pesca. Sistema de Información y Estadísticas Pesqueras (SIEP). Anuario Estadístico de Pesca 2000.
- Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Servicio Nacional de Pesca. Sistema de Información y Estadísticas Pesqueras (SIEP). Anuario Estadístico de Pesca 2001.
- Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Servicio Nacional de Pesca. Sistema de Información y Estadísticas Pesqueras (SIEP). Anuario Estadístico de Pesca 2002.
- Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Servicio Nacional de Pesca. Sistema de Información y Estadísticas Pesqueras (SIEP). Anuario Estadístico de Pesca 2003.
- Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Servicio Nacional de Pesca. Sistema de Información y Estadísticas Pesqueras (SIEP). Anuario Estadístico de Pesca 2004.
- Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Servicio Nacional de Pesca. Sistema de Información y Estadísticas Pesqueras (SIEP). Anuario Estadístico de Pesca 2005.
- Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Servicio Nacional de Pesca. Sistema de Información y Estadísticas Pesqueras (SIEP). Anuario Estadístico de Pesca 2006.
- Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Servicio Nacional de Pesca. Sistema de Información y Estadísticas Pesqueras (SIEP). Anuario Estadístico de Pesca 2007.
- Ciancio, J.E., M.A. Pascual, J. Lancelotti, C.M. Riva & F. Botto. 2005. Natural colonization and establishment of a Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) population in the Santa Cruz River, an Atlantic basin of Patagonia. *Environ. Biol. Fish.* 74: 217-225.
- Ciancio J.E., M.A. Pascual, F. Botto, E. Frere & O. Iribarne. 2008. Trophic relationships of exotic anadromous salmonids in the southern Patagonian Shelf as inferred from stable isotopes. *Limnol. Oceanogr.*, 53: 788-798.
- D'Antonio, C.M., L.A. Meyerson & J. Denslow. 2001. Exotic species and conservation. In: Soule, ME. & GH. Orians (eds.), pp 59-80. *Conservation Biology: research priorities for the next decade*. Island Press, Washington D.C., USA.
- Directorate of Fisheries' Action Plan. 2006. Vision no escapees (2006 - 2007). <http://www.fisheries.no/aquaculture/Vision+No+Escapees.htm>
- Director General of Fisheries. 2007. New vision - no escapees (2008 - 2009). www.fiskeridir.no/english/.../new_vision_no_escapees_2007.pdf
- Editec. 1993. Compendio de la Acuicultura de Chile, 226 p. Editorial Editec, Santiago.
- Environmental assessment of marine finfish aquaculture projects: Guidelines for consideration of environment Canada expertise. 2001. *Escape Prevention Policy in British Columbia*. http://www.ns.ec.gc.ca/assessment/guidelines/marine_finfish_e.pdf
- Farmed Salmon Purchasing Policy. 2007. http://www.edf.org/documents/5117_FarmedSalmonPolicy2006.pdf
- Fiskeri Og Kystdepartementet. Norwegian Ministry of Fisheries and Coastal Affairs. Technical requirements for fish farming installations. NYTEK.

- FOR 2004-12-22 no. 1785: Regulations relating to Operation of Aquaculture Establishments (Aquaculture Operation Regulations). Norway. FKD (Ministry of Fisheries and Coastal Affairs). Department for Aquaculture, Seafood and Markets. 2004
- Fredheim, A. 2007. SINTEF Fisheries and Aquaculture, Norway. How to prevent escapes...?
- Furci, G. 2008. ISA: Impulsando el Salto Austral. APP N° 43, Publicaciones Fundación Terram. http://www.terram.cl/images/app/app_43_isa-finalfinal.pdf
- Garces LH, Larenas JJ, Smith PA, Sandino S, Lannan CN, Fryer JL (1991) Infectivity of a rickettsia isolated from coho salmon *Oncorhynchus kisutch*. *Disease of Aquatic Organisms* 11:93-97
- Grosholz, ED. 2002. Ecological and evolutionary consequences of coastal invasions. *TRENDS in Ecology & Evolution* 17(1): 22-27.
- Heinrich, S. & L. Bredriñana-Romano. 2008. Prevalence of epidermal lesions in sympatric dolphins off Isla Chiloé, southern Chile. 13ª Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur y 7º Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Especialistas en Mamíferos Acuáticos (SOLAMAC). 13 al 17 de Octubre de 2008, Montevideo, Uruguay.
- Krkosek M., M.A. Lewis & J.P. Volpe. 2005. Transmission dynamics of parasitic sea lice from farms to wild salmon. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 272: 689-696.
- Lindbergh, M. 1999. Salmon farming in Chile: Do the benefits exceed the costs? *Aquaculture Magazine* 25:32-37.
- Martí, G. & G. Romero. 2003. Diagnóstico sobre el escape de salmones y truchas en fase de engorda en la acuicultura chilena de las regiones X y XI. 25 pp.
- Melo, T., P. Rojas & P. Pavez. 2005. Evaluación de la posición trófica y la eficiencia de los métodos de recaptura en salmónidos escapados de centros de cultivo. Informe Final Proyecto FIP 2004-24.
- Murray AG, Busby CD, Bruno DL. 2003. Infectious Pancreatic Necrosis Virus in Scottish Atlantic Salmon Farms, 1996–2001. *Emerging Infectious Diseases* 9: 455-460.
- NAS. 2003. "NS 9415 Marine fish farms – requirements for design, dimensioning, production, installation and operation". Publisher: Standards Norway, Pronorm AS Postboks 252, 1322 Lysaker, Norway. <http://www.standard.no>
- NASCO (North Atlantic Salmon Conservation Organization). 2007. Guidelines on containment of farm salmon. http://www.nasco.int/pdf/aquaculture/slg_containmentguidelines.pdf
- Naylor R., K. Hindar, I.A. Fleming, R. Goldberg, S. Williams, J. Volpe, F. Whoriskey, J. Eagle, D. Kelso & M. Mangel. 2005. Fugitive Salmon: Assessing the Risks of Escaped Fish from Net-Pen Aquaculture. *Bioscience* 55: 427 - 437.
- Niklitschek, E. & E. Aedo. 2002. Estudio del ciclo reproductivo de las principales especies objetivo de la pesca deportiva en la XI región. 2002. Proyecto FIP (Fondo de Investigación Pesquera) 2000-25, Subsecretaría de Pesca, Valparaíso, Chile, 67 pp.
- Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2005. Evaluaciones del Desempeño Ambiental, Chile, 246 pp.
- Pascual, M., P. Macchi, J. Urbanski, F. Marcos, C. Riva, M. Novara & P. Dell' Arciprete. 2002. Evaluating potential effects of exotic freshwater fish from incomplete species presence-absence data. *Biological Invasions* 4: 101-113.
- Robles, R. 2002. Análisis de riesgos de la operación de viveros flotantes y barcos de transporte de peces vivos de salmónidos. Informe Final Proyecto FIP 2002-23.
- SalmonChile. 2009. <http://estadisticas.intesal.cl/>
- Scottish Salmon Producers Organization. The Shetland Salmon Farmers Association. British Trout Association. The British Marine Finfish Association Ltd. CoGP – Industry Code of Good Practice – A Code of Good Practice for Scottish Finfish Aquaculture. <http://www.scottishsalmon.co.uk/dlDocs/CoGp.pdf>
- Scottish executive. Environment and rural affairs department. 2002. What to do in the event of an escape of fish from a fish farm. Guidance on the registration of fish farming and shellfish farming business (Amendment). Scotland. http://www.opsi.gov.uk/legislation/scotland/ssi2008/pdf/ssi_20080222_en.pdf
- Sepúlveda M. & D. Oliva. 2005. Interactions between South American sea lions *Otaria flavescens* (Shaw) and salmon farms in southern Chile. *Aquaculture Research* 36, 1062 - 1068.
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada. 2009. http://www.directemar.cl/spmaa/Estudiantes/tareas/costa/La_costa.htm
- Servicio Nacional de Pesca. 2009. http://www.sernapesca.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=588&Itemid=695
- Soto, D. 1997. Evaluación de Salmónidos de vida libre existentes en las aguas interiores de las Regiones X y XI. Informe Técnico, Fondo Investigación Pesquera, Subsecretaría de Pesca, Chile, FIP 95–41.
- Soto, D., F. Jara & C. Moreno. 2001. Escaped salmon in the inner seas, southern Chile: facing ecological and social conflicts. *Ecological Applications* 11(6): 1750-1762.

Soto, D., I. Arismendi, C. Leal & J. Sanzana. 2002. Proyecto FNDR (Fondo Nacional para el Desarrollo Regional) X Región. 1999-2001. Investigación para la evaluación, ordenamiento y manejo del potencial biológico para la pesca deportiva de la décima región de Los Lagos. Gobierno Regional de Los Lagos, 123 pp.

Soto, D., I. Arismendi, J. González, J. Sanzana, F. Jara, C. Jara, E. Guzmán & A. Lara. 2006. Southern Chile, trout and salmon country: invasion patterns and threats for native species. *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 91-117.

Soto, D., I. Arismendi, C. Di Prinzio & F. Jara. 2007. Establishment of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in Pacific basins of southern South America and its potential ecosystem implications. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 81-98.

Stachowicz, J.J., H. Fried, R.W. Osman & R.B. Whitlatch. 2002. Biodiversity, invasion resistance, and marine ecosystem function: reconciling pattern and process. *Ecology* 83(9): 2575-2590.

Techno Press. 1998. Compendio de la Acuicultura de Chile, 260 p. Editorial Antártica, Santiago.

Thompson, R.M. & C.R. Townsend 2003. Impacts on stream food webs of native and exotic forest: an intercontinental comparison. *Ecology* 84: 145-161.

Thorstad, E.B., I.A. Fleming, P. McGinnity, D. Soto, V. Wennevik & F. Whoriskey. 2008. Incidence and impacts of escaped farmed Atlantic salmon *Salmo salar* in nature. Report from the Technical Working Group on Escapes of the Salmon Aquaculture Dialogue. 113 pp.

Valland, A. 2005. The causes and scale of escapes from salmon farming. In: Interactions between aquaculture and wild stocks of Atlantic salmon and other diadromous fish species: science and management, challenges and solutions. ICES/NASCO Bergen 18-21, 15 pp.

Vilata, J., D. Oliva & M. Sepúlveda. Predation of farmed salmon by South American sea lions (*Otaria flavescens*) in southern Chile. *ICES Journal of Marine Science*. *In press*.



WWF trabaja por un planeta vivo. Su misión es detener la degradación ambiental de la Tierra y construir un futuro en el que el ser humano viva en armonía con la naturaleza:

- conservando la diversidad biológica mundial.
- asegurando que el uso de los recursos naturales renovables sea sostenible.
- promoviendo la reducción de la contaminación y del consumo desmedido.

WWF Chile

Carlos Anwandter 624, casa 4
C.P. 511-0272
Valdivia - Chile

Tel: +56 (63) 244590
Fax: +56 (63) 222749
<http://www.wwf.cl>