

Evaluación de la vulnerabilidad de la salmonicultura al cambio climático y medidas para reducirla

ALCANCES DEL ESTUDIO

Chile es el segundo productor mundial de salmónidos (~700 mil ton/año) con un valor de exportación de alrededor de US \$ 4.000 millones, condición que convierte a la salmonicultura en una de las principales actividades económicas del país y fuente de empleo directo e indirecto en la zona sur de Chile, considerada en este estudio desde la región de los Lagos a la región de Magallanes y la Antártica chilena. Un ejemplo de esta fuerte interdependencia se observó durante el año 2016, cuando intensas y extensas floraciones de algas nocivas (FANs) produjeron pérdidas en la producción salmonera, el empleo y en los medios de subsistencia locales, revelando así el alto grado de vulnerabilidad de esta industria a la variabilidad y al cambio climático.

En el presente documento, resumimos los principales resultados y recomendaciones de una evaluación de vulnerabilidad al cambio climático realizada al sector salmonero (fase mar) del sur de Chile (Soto et al., 2018').

METODOLOGÍA

La aproximación utilizada corresponde a una adaptación del modelo de Vulnerabilidad del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), donde: la **Vulnerabilidad (Va)** resulta de la combinación de i) la **Exposición (E)**, entendida como el riesgo de perder biomasa de producción debido a las amenazas relacionadas con variabilidad y cambio climático; ii) la **Sensibilidad (S)**, entendida como el grado de dependencia económica y social a la industria salmonera incluyendo empleo y iii) la **Capacidad de Adaptación (CA)**, entendida como las medidas y condiciones que permiten a la unidad de gobernanza local prevenir y mitigar los impactos del cambio climático². El modelo utilizado otorga el mismo peso a las tres variables evaluadas:

$$Va = (1/3 * E) + (1/3 * S) + (1/3 * (1-CA))$$

La **Exposición** se estimó con una evaluación semicuantitativa de riesgos para la producción, la cual se sustentó en una matriz que incorporó información oceanográfica (incluyendo datos de los Informes Sanitarios y Ambientales de la Acuicultura, INFA), meteorológica, hidrológica, y sobre mortalidad de salmónidos por causa³. Además se utilizó información provista en consultas ampliadas a científicos, representantes de la industria, comunidades locales y entidades gubernamentales. Las amenazas incluyeron cambios relevantes en temperatura y salinidad, reducción de oxígeno disuelto, ocurrencia de FANs, e impactos de enfermedades que pudieran asociarse a cambio climático.

La evaluación de riesgo también consideró aspectos de manejo que pudiesen influir en la magnitud de los impactos, en particular la concentración de la producción por área a nivel de agrupaciones de concesiones de salmónidos (ACS). Las proyecciones del clima para mediados del siglo XXI se basaron en modelos con dominio en la zona de estudio, empleando el escenario de altas emisiones de CO₂ (ver: www.simulaciones.cr2.cl).

La **Sensibilidad** se analizó en base a información sobre empleo directo e indirecto de los últimos Censos (e.g., Censo Pesquero y Acuicultor, Censo Nacional), estudios técnicos (ver Dresdner et al., 2015⁴), antecedentes proporcionados por la industria salmonera⁵ y por municipios de las comunas evaluadas, incluyendo el pago de patentes desde la salmonicultura.

Para estimar la **Capacidad de Adaptación** se diseñaron, a partir de información pública y mediante talleres participativos, una serie de indicadores sobre: coordinación interinstitucional, planificación espacial de la producción basada en riesgo, sistemas de monitoreo locales y alerta temprana, nivel de educación, seguros de cesantía, y número de actividades productivas alternativas a la salmonicultura.

RESULTADOS RELEVANTES

Distribución espacial de la salmonicultura Chilena y cómo se distribuye su producción

La salmonicultura se desarrolla en estuarios, fiordos y canales interiores del mar del sur de Chile donde confluyen masas de agua oceánicas y de agua dulce provenientes de la precipitación, ventisqueros-glaciares y de importantes ríos tributarios (Fig. 1). Si bien la mayor biomasa de salmones se produce hoy en las comunas de Puerto Aysén y Cisnes (~300 mil toneladas anuales) la producción por área tiende a concentrarse más en ambientes salobres y con influencia de agua dulce, registrando la mayor concentración en la comuna de Cochamó (Fiordo Reloncaví = 142 ton/km2) donde también se registra la mayor producción acumulada en los últimos 10 años. Los ambientes con más influencia de agua dulce facilitan la adaptación de los salmones juveniles al mar y presentan menor incidencia del piojo de mar (*Caligus rogercresseyi*) y amebiasis, parásitos que afectan significativamente a los peces en cultivo.

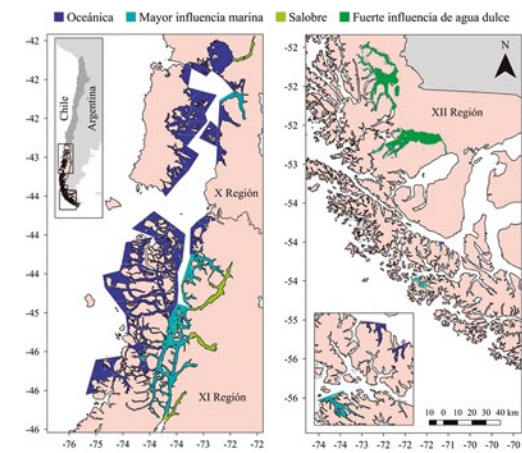


Figura 1. Clases de densidad del agua (5m) para las Agrupaciones de Concesiones de Salmónidos (ACS) según los datos reportados en los Informes Sanitarios y Ambientales de la Acuicultura (INFA) (Soto et al., 2018)¹.

Condiciones climáticas futuras

Las proyecciones climáticas para la región de Los Lagos y la zona norte de la región de Aysén, para mediados del siglo 21, indican un decrecimiento de las precipitaciones y un leve aumento en la temperatura del aire. Esta condición reducirá significativamente los ingresos del agua dulce al sistema costero, principalmente durante verano y otoño temprano (Fig. 2) lo cual puede propiciar la ocurrencia de eventos nocivos para el cultivo de salmónidos tales como hipoxia y FANs (León-Munõz et al., 2018)⁶.

Conjuntamente, según análisis de imágenes satelitales, las zonas del mar interior de Chiloé en la X región y los canales de la XI región muestran incrementos significativos de temperatura durante los últimos 20 años. Es posible entonces que áreas de cultivo que actualmente tienen bajas salinidades incrementen su salinidad y que continúe la tendencia de aumento en la temperatura del mar. Por el contrario en la región de Magallanes se esperan cambios mínimos. Sin embargo, para esta región no existe suficiente conocimiento oceanográfico por lo cual cualquier predicción tiene menor confiabilidad.

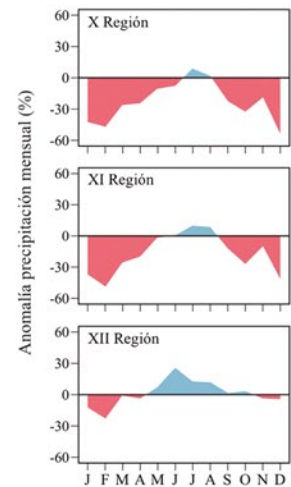


Figura 2. Anomalía mensual de la precipitación proyectada para la segunda mitad del siglo XXI en el sur de Chile, en relación al periodo comprendido entre los años 1960-1990 (área de déficit en rojo) (Soto et al., 2018)¹.

Patrones de mortalidad y su potencial relación con cambio climático

Durante la última década se han observado mayores mortalidades de salmones por FANs en la X Región, particularmente en comunas como Puerto Montt, Calbuco y Hualaihué, Cochamó y Quemchi, las cuales probablemente enfrentaran esta situación más a menudo bajo las condiciones climáticas que se esperan en los próximos 50 años. No fue posible relacionar directamente mortalidad por enfermedades con variabilidad climática o cambio climático dada la multiplicidad de factores que influyen. Sin embargo aumentos de salinidad y temperatura con certeza facilitarían la presencia de *Caligus* y amebiasis y generan mayor mortalidad por falta de adaptación de los smolts. Esto último sí se observó en comunas con mayor presencia de agua de mar y menor presencia de agua dulce. En general, todos los riesgos se incrementarían donde existe mayor concentración de la producción.

Vulnerabilidad de las comunas salmonícolas en las condiciones actuales de producción y gobernanza

La vulnerabilidad estimada, bajo el escenario de cambio climático y amenazas previstas muestra que las comunas de Cochamó, Puerto Cisnes, Quellón y Castro, en ese orden (Figura 3, barras) serían más vulnerables al cambio climático desde la perspectiva de la salmonicultura y Natales la más baja en el otro extremo. En el caso de Cochamó, pesa mucho la alta concentración de la producción en el análisis de riesgo. En cambio, la baja vulnerabilidad de Puerto Natales resulta de la menor concentración de la producción, menor mortalidad y pronósticos climáticos más moderados y por lo tanto menor riesgo. A la vez en esta comuna la dependencia del sector (sensibilidad) es poco relevante. No es el caso de Puerto Cisnes comuna que presenta un nivel de riesgo o exposición intermedio pero donde existe una alta dependencia del sector y a la vez se detectaron carencias relevantes en la capacidad de adaptación, tales como una limitada coordinación entre distintas entidades para abordar emergencias y mitigar impactos, y ausencia de alternativas productivas. La vulnerabilidad de Puerto Montt estaría subestimada dado que la información de sensibilidad

Además, este dependería en una medida relevante de la producción salmonera en otras comunas, incluso de las regiones XI y XII a través del procesamiento y cadena de exportación.

Recomendaciones para políticas públicas

En general no es posible, en el corto plazo, revertir las tendencias climáticas e impedir la ocurrencia de eventos extremos y tendencias desfavorables, pero si podemos prevenir y prepararnos mejor para responder y mitigar. La Figura 3 muestra la situación actual y una modelación de cómo podría cambiar la vulnerabilidad bajo diversos escenarios de gestión productiva de la salmonicultura y capacidad de adaptación.

El escenario Vb representa una posible tendencia actual, es decir una reducción de la biomasa (ton) y producción por área (ton/km2) en Cochamó para incrementar ambas en Puerto Aysén, Cisnes y Natales, escenario que mejora la condición en la primera comuna pero aumenta la vulnerabilidad en las ubicadas en las XI y XII regiones.

Los mensajes más importantes de este estudio y ejercicio de modelamiento son:

- Es posible reducir la vulnerabilidad:
 - i) implementando medidas de adaptación claves tales como: planificación espacial de los centros y ASC basada en riesgos, mejorando el manejo productivo de los centros, fortaleciendo los sistemas de monitoreo ambiental y alerta temprana con inclusión local ampliada, mejorando la coordinación público-privada y entre entidades y agencias.
 - ii) manteniendo la concentración de la producción en niveles que minimicen el riesgo (< 25 ton/km2).
- Deben considerarse los riesgos para la producción y para el ecosistema, siendo fundamental establecer la capacidad de carga de áreas y/o ecosistemas relevantes que contienen la producción.
- Es prioritario entender mejor los efectos de variabilidad y cambio climático, en la salud de los peces cultivados, a diferentes escalas espaciales y temporales.

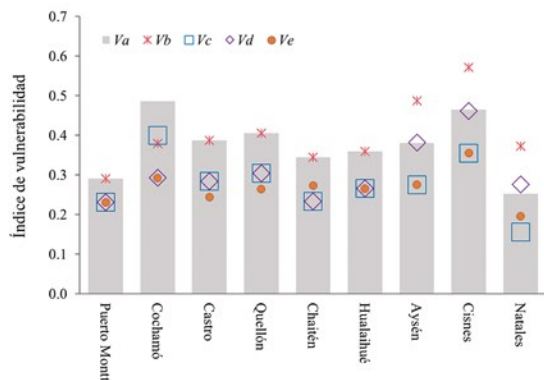


Figura 3. (Va) = Evaluación actual de la vulnerabilidad. **(Vb)** = Cambios en la concentración de la producción, incrementando en las comunas de Aysén, Cisnes y Natales y reduciéndola en Cochrano.

(Vc) = Niveles de exposición de Va pero incrementando algunos indicadores de capacidad de adaptación. **(Vd)** = Combinación de Vb y Vc. **(Ve)** = Combinación de mejor capacidad de adaptación (Vc) y una concentración de producción inferior a 25-30 ton/km² (equivalente a una magnitud de impacto intermedia en la matriz de riesgo) (Soto et al., 2018)¹.

- Una estimación de mayor precisión y confiabilidad de vulnerabilidad requiere abordar la exposición (riesgo) a nivel de barrios salmoneros (ACS) considerando los ecosistemas relevantes en los que estos se encuentran.
- Es necesario una mayor y mejor integración de los estudios oceanográficos y climáticos a diferentes escalas espaciales y cuya información sea pública, transparente y confiable.
- La existencia de información ambiental local generada en los lugares de producción (ej. INFAS) ha sido fundamental para este estudio, demostrando el gran valor y potencial uso más allá de sus actuales fines. En este sentido es necesario mejorar la calidad, acceso y uso de esta información.
- Para mejorar la estimación del impacto socio-económico causado por mortalidades masivas y reducción en la productividad se requiere mayor y mejor información del empleo indirecto y encadenamiento económico asociado a este sector productivo.
- Reconociendo la interdependencia laboral y de servicios entre comunas y regiones, es necesario realizar análisis suprarregionales y diseñar mecanismos de gestión y respuestas conjuntas de comunas y gobiernos regionales.
- Potenciando la diversificación de actividades productivas en aquellas comunas que son altamente dependientes del cultivo de salmón (e.g. Puerto Cisnes, Quellón).
- La metodología participativa utilizada en este estudio incrementa la comprensión del tema entre los usuarios y facilita el intercambio de información incluyendo conocimiento local. Puede ser replicada facilitando la integración de otros sectores (mitilcultura, pesca etc.).

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por INCAR (FONDAP-CONICYT N°15110027) y por el Programa Estratégico Meso-regional de Salmón Sustentable de CORFO. INTESAL, SERNAPECA, IFOP y el centro Fondap CR² contribuyeron con información y facilitaron la actividad. La investigación tuvo el aporte de numerosos investigadores de diversas instituciones, empresarios, profesionales, trabajadores y prestadores de servicio de la industria del salmón, representantes de instituciones gubernamentales y de la sociedad civil, incluyendo la prensa local.

REFERENCIAS

- ¹ Soto, D., Leon-Muñoz, J., Dresdner, J., Luengo, C., Tapia, F. & Garreaud, R. 2019. Salmon farming vulnerability to climate change in southern Chile: understanding the biophysical - socioeconomic and governance links. *Reviews in Aquaculture* 11(2): 354-374 (doi: 10.1111/raq.12336 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/raq.12336>).
- ² <http://www.fao.org/docrep/018/i3356s/i3356s.pdf>
- ³ Información aportada por SERNAPECA-
- ⁴ http://www.subpesca.cl/fipa/613/articles-92098_informe_final.pdf
- ⁵ Instituto Tecnológico del Salmón.

CONTACTOS

Doris Soto Benavides: dorsoto@udec.cl

Jorge León Muñoz: jleon@ucsc.cl