

En los fiordos de Chile sur-austral

Oceanografía y

# capacidad

de carga

CONOCER DETALLADAMENTE DÓNDE SE CULTIVA HOY ES UNA TREMENDA NECESIDAD PARA LA SUSTENTABILIDAD DE LA INDUSTRIA DEL FUTURO. ALGUNOS DE SUS BENEFICIOS SON LA DETERMINACIÓN DE LA BIOMASA A SEMBRAR, EL IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE Y LA INTERACCIÓN CON OTROS CENTROS DE ENGORDA.

---

*Por Fabián Tapia, Ph.D., del Programa Copas Sur-Austral del Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción. E-mail: ftapia@oceanografia.udec.cl.*

La crisis sanitaria que afectó a la industria del salmón en el período 2007-2008, y su efecto sobre la producción y el empleo en las regiones de Los Lagos y Aysén, dejaron en claro que el desempeño productivo y ambiental de la salmonicultura requiere considerar factores biológicos y físicos que afectan tanto a los peces como a su entorno, y que a menudo dependen de procesos ocurridos más allá del perímetro de un centro de cultivo individual.

Los fiordos y canales del extremo sur de Chile, donde se concentra esta actividad, son cuencas semicerradas que, por sus dimensiones y geomorfología, ofrecen ambientes protegidos y condiciones de trabajo favorables para las operaciones de los centros de engorda en mar. Sin embargo, son estas mismas características las que pueden limitar el recambio y ventilación del agua y, con ello, deteriorar las condiciones fisiológicas de los peces de cultivo e intensificar

su impacto sobre la calidad de las condiciones ambientales.

Por lo anterior, se vuelve crítico disponer de una buena caracterización del régimen de circulación dominante de las aguas en áreas donde se realiza la producción de peces, teniendo en consideración que la intensidad y dirección predominante de las corrientes cambia tanto en el tiempo (de una estación del año a otra y entre fases del ciclo lunar) como en el espacio (entre profundidades y secciones de un fiordo). Esto implica que la densidad máxima de peces que es posible cultivar en un determinado centro—sin impactar negativamente al entorno—dependerá de su localización con respecto al mosaico de condiciones hidrodinámicas que es posible encontrar en estos ambientes. Las dimensiones del entorno en el cual se percibirá el efecto físico-químico y sanitario de un centro de cultivo dependerán estrechamente de dónde, cuándo y con qué densidades opere.

Entonces, el futuro buen desempeño de la industria del



salmón, que hoy muestra claros signos de recuperación y de expansión hacia los fiordos y canales de las regiones de Aysén y Magallanes, necesita de un mejor y más actualizado conocimiento de la variabilidad física y química en el entorno donde se desarrolla esta actividad.

Es que, al igual de lo que ocurre con la localización y extensión de una viña, que requiere de un estudio previo y del posterior monitoreo de las temperaturas, niveles de radiación, humedad del suelo y frecuencia de heladas en el área de cultivo; la ubicación, dimensiones y nivel de producción de un centro de cultivo de salmónidos debiese basarse en una apropiada caracterización y monitoreo de las condiciones físico-químicas, circulación predominante y, en último término, de la capacidad de carga del área en cuestión.

### DEFINIENDO LA CARGA

Aunque el concepto de capacidad de carga tiene múltiples acepciones, incluyendo las dimensiones ecológica y social, en el contexto productivo se ha llegado a igualar este término con la capacidad de una determinada área para asimilar los desechos metabólicos y materia orgánica en exceso derivados del cultivo de peces, sin que la calidad del agua y niveles de oxígeno en los sedimentos bajen de un nivel mínimo de calidad predefinido como aceptable.

En primer término, para evaluar esta capacidad es necesario definir las condiciones consideradas aceptables, idealmente con base en el rango de variabilidad natural observado para los parámetros ambientales críticos, como el oxígeno disuelto.

Establecidos estos límites y las dimensiones del área de

interés, es posible implementar modelos matemáticos que integren la información oceanográfica relevante con datos sobre el proceso productivo para, finalmente, estimar la capacidad de carga de un área determinada.

Tradicionalmente, este tipo de ejercicio en modelamiento matemático ha estado circunscrito a la escala espacial de un centro de cultivo o de una concesión de acuicultura, y se ha basado en trabajos desarrollados en Noruega (MOM) y Escocia (Depomod). Estos modelos combinan información ambiental del sitio de interés (velocidad de corrientes, batimetría, temperatura del agua, oxígeno disuelto en el agua entrante al cultivo) con información productiva del centro (especie cultivada, dimensiones, número y arreglo espacial de las jaulas, composición y calibre del alimento) mediante una serie de modelos basados en ecuaciones de balance de masa y que permiten establecer los flujos de materia y energía desde y hacia los peces en cultivo y, finalmente, predecir su impacto sobre las concentraciones de oxígeno y desechos nitrogenados en la columna de agua, acumulación de materia orgánica y condiciones de oxígeno en el fondo.



Fabián Tapia.

### EXPERIENCIA CHILENA

Proyectos de investigación ejecutados recientemente por oceanógrafos del Programa Copas Sur-Austral de la Universidad de Concepción y del Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP), con el financiamiento del Fondo de Investigación Pesquera (FIP), Innova Corfo y fondos regionales, permitieron generar la información ambiental necesaria para implementar modelos como los recién

descritos para centros de cultivo de salmón Atlántico y trucha en distintos sectores de los fiordos Reloncaví (Región de Los Lagos) y Aysén (Región de Aysén).

Junto con las estimaciones de densidad máxima de peces por centro de cultivo, dados ciertos límites de calidad ambiental en la columna de agua y agua de fondo, el gran volumen de información de correntometría generada por estos proyectos permitió explorar escenarios de gestión productiva alternativos a la remoción de biomasa del agua. Por ejemplo, fue posible simular el efecto en la capacidad de carga local que tendría un cambio en la orientación de un centro de cultivo con respecto a la corriente predominante en un determinado sector. Las simulaciones indicaron que, dependiendo del fiordo y sector del mismo analizado, la reorientación de las balsas jaula con respecto a la corriente predominante permitiría incrementar la densidad de peces en cultivo entre un 20% y 100%, manteniendo los niveles locales de calidad de agua por sobre los límites preestablecidos.

Se puede destacar que, pese a la gran utilidad de este tipo de análisis para la gestión productiva de un determinado centro, la transición hacia el modelamiento de capacidad de carga a la escala de una cuenca completa (fiordo o canal) o de áreas de extensión comparable a las recientemente implementadas Agrupaciones de Concesiones de Acuicultura, más conocidas como “barrios”, requiere de otro tipo de modelos matemáticos, de un mayor volumen de información sobre

**Hoy se vuelve crítico disponer de una buena caracterización del régimen de circulación dominante de las aguas en las áreas donde se realiza la producción de peces.**



variabilidad hidrodinámica y físico-química en la cuenca, y del trabajo conjunto de especialistas en múltiples disciplinas.

### USOS Y BENEFICIOS

Solo acoplando modelos de escala local como los ya mencionados y modelos de circulación tridimensional adecuadamente validados, será posible evaluar el impacto conjunto de las decenas de centros de cultivo que es posible encontrar operando simultáneamente en un solo “barrio” y su potencial interacción a través de la dispersión de desechos metabólicos, material particulado y agentes patógenos.

Modelos de este tipo permitirían evaluar tiempos de residencia y tasas de ventilación del agua en diferentes secciones de la cuenca, y comparar la biomasa total que una cuenca o barrio podría producir bajo distintas configuraciones espaciales de los centros, tanto en términos de la orientación de cada centro con respecto a las corrientes locales como en cuanto a su ubicación con respecto a los centros vecinos. El desarrollo de este tipo de modelos constituye un área de investigación activa en países como Noruega, y que en Chile se encuentra en un período de desarrollo incipiente.

La actual necesidad por parte de la autoridad de convertir dichos cambios legales en un reglamento ambiental requiere que se establezcan protocolos y estándares de medición, almacenamiento y posterior distribución de la información generada, y constituye una gran oportunidad para que los científicos que desarrollan trabajo en la región contribuyan al desarrollo sustentable de su actividad económica.

Al mismo tiempo, esta coyuntura representa una oportunidad para consolidar, modernizar y estandarizar el monitoreo ambiental y oceanográfico en la región, con miras a futuros modelos que integren explícitamente otros tipos de acuicultura, y otros aspectos ambientales de relevancia además del productivo. Por ejemplo, se hace cada vez más necesario establecer la relación entre la acuicultura y los afloramientos de algas nocivas o el impacto que futuros cambios en la cantidad y/o calidad del agua dulce que llega a los fiordos podría tener sobre la biogeoquímica, balances de carbono y flujos de CO<sub>2</sub> en estos sistemas.

## PROGRAMA COPAS SUR-AUSTRAL

### CUADRO 1

Un reciente y notable avance en materia de capacidad de carga lo constituyen los modelos hidrodinámicos implementados por investigadores del Programa Copas Sur-Austral para los fiordos Reloncaví, Aysén y Puyuhuapi, y que en parte ha sido posible gracias al volumen de información levantada desde el inicio de este programa a comienzos del 2008.

Dado el detalle con que estos modelos recrean la circulación en los fiordos ya mencionados, actualmente están siendo utilizados para elaborar cartografías detalladas del

tiempo de residencia de las aguas en distintas secciones de cada cuenca. Dicha información es clave para evaluar la capacidad de ventilación de cada sector de un fiordo y, con ello, los balances de nutrientes y materia orgánica esperados para un determinado volumen de producción de peces de cultivo.

El desarrollo de estos modelos está enmarcado en los esfuerzos del Copas Sur-Austral, iniciado en el 2008, por desarrollar investigación aplicada de excelencia que apoye directamente el desarrollo sustentable

de la región. Además de su utilidad para la implementación y validación de modelos hidrodinámicos, el desarrollo de métodos de monitoreo ambiental continuo tiene gran relevancia dados los cambios recientes en la Ley General de Pesca y Acuicultura, que establecen la obligación de realizar un monitoreo continuo y en línea de variables oceanográficas (corrientes, temperatura, salinidad) y físico-químicas (oxígeno disuelto, turbidez, fluorescencia) en cada una de las Agrupaciones de Concesiones de Acuicultura existentes.



*El autor asevera que la sola adquisición de datos oceanográficos no es suficiente para fomentar el desarrollo sustentable de la salmicultura y otras actividades productivas en los fiordos y canales de Chile sur-austral.*

Dicho lo anterior, es importante recalcar que la implementación de modelos matemáticos de buen desempeño requiere necesariamente de observaciones sobre el proceso que se intenta modelar, ya que la calidad de las predicciones depende directamente de la calidad de los datos utilizados. Por ello, para estimar la capacidad de carga en fiordos y canales de Chile sur-austral, es esencial contar con el mejor

conjunto de mediciones oceanográficas que sea posible recolectar, tanto en términos de cobertura espacial como de resolución temporal.

Aunque hoy existe la tecnología requerida para llevar a cabo este tipo de monitoreo, los desafíos logísticos son muchos y los costos involucrados son altos, especialmente en una región extensa y con geografía compleja, con clima riguroso y con importantes falencias de conectividad. Por esto, se requiere maximizar la utilidad que tendrá cada observación realizada en la región y, para ello, es necesaria la coordinación de los esfuerzos de observación desarrollados por la academia, industria y agencias de Gobierno.

Finalmente, la sola adquisición de datos oceanográficos no es suficiente para fomentar el desarrollo sustentable de la salmicultura y otras actividades productivas en los fiordos y canales de Chile sur-austral. Es necesario y urgente fomentar el desarrollo de capital humano avanzado con dedicación exclusiva a este tipo de investigación en Chile y generar instancias que coordinen los esfuerzos de observación y monitoreo, de acopio y distribución de la información generada, y de la posterior síntesis requerida para alcanzar un mejor entendimiento de la interacción entre acuicultura y dinámica oceanográfica en esta extensa y compleja región. **Q**

**SuperSmolt<sup>®</sup>**

Un excelente smolt - cuando Usted lo necesite

**Europharma**