

RESUMEN TÉCNICO

SEMINARIO

“Lineamientos para la determinación de capacidad de carga en los fiordos y canales del Sur de Chile”

10 y 11 de octubre del 2017, Puerto Chacabuco, Región der Aysén,
Patagonia chilena



Organiza:



Patrocina:



Colabora:





Problemática

Los ecosistemas de fiordos y canales son ambientes singulares que existen en sólo cuatro partes del mundo: Mar del Norte (Noruega, Suecia); Columbia Británica (Canadá) y Alaska (Estados Unidos), Nueva Zelandia y la zona sur-austral de Chile. Se caracterizan por tener una alta productividad biológica debido al aporte de sedimentos ricos en nutrientes aportados por los ríos y las aguas de deshielo de los glaciares. Estos ecosistemas hoy tienen una alta presión de uso, principalmente por el sector acuícola, por lo cual es relevante discutir y definir criterios para planificar la actividad, evaluando en primera instancia, su capacidad de carga, es decir, estimar el nivel de producción sustentable que puede ser alcanzado en un cuerpo de agua sin perturbar mucho la integridad medioambiental. Es por ello, que es relevante avanzar con aproximaciones metodológicas y normativa asociada que modelen y regulen, respectivamente, el comportamiento del sistema en una totalidad para una toma de decisiones sobre bases robustas.

Objetivos

Objetivos

- Delimitar los factores físico-químicos y biológicos determinantes para una aproximación metodológica en la evaluación de capacidad de carga en los sistemas de fiordos, con énfasis en la actividad acuícola.

Objetivos específicos

- Conocer la importancia ecosistémica del sistema de fiordos.
- Describir las principales amenazas al ecosistema y sus efectos sobre la biodiversidad.
- Describir los métodos cualitativos y cuantitativos por medio del cual se estudian y describen los fiordos.
- Conocer los factores determinantes del ecosistema y antecedentes que permitan iniciar una discusión para elaboración de modelos de capacidad de carga en el sur de Chile.

Sobre el seminario

El Seminario de Lineamientos para la capacidad de carga se desarrolló enfocado en cuatro temáticas: 1) Caracterización y amenazas de los ecosistemas de Fiordos, 2) Influencias de la acuicultura sobre los Ecosistemas de Fiordos y canales, 3) Métodos y técnicas físicos químicas de estudio variables para modelos de capacidad de carga y puntos de vistas nacionales e internacionales y 4) Análisis de la Normativa y como avanzamos para mejorar. Un total de 16 expositores dieron vida a este seminario, 13 nacionales provenientes de Centros de investigación, Universidades, representantes de la empresa del salmón y del estado con pertinencia en el tema como Ministerio del Medio Ambiente y SubPesca, además de tres expositores internacionales provenientes de Bélgica, España y Escocia.

El programa, las presentaciones y el resumen oficial de cada presentación se encuentran disponible en el link:

<http://portal.mma.gob.cl/seminario-internacional-aysen/>

En este informe, encontrará un resumen extendido de las presentaciones realizadas durante los dos días del seminario organizado por la Seremia del Medio Ambiente región de Aysén, desarrollado en el Hotel Loberías de Chacabuco, Puerto Chacabuco, región de Aysén.

Las presentaciones son expuestas según orden cronológico establecido en el **Programa del Seminario**. Posterior a cada bloque de presentaciones, se desarrollan y dan respuesta a las preguntas realizadas por los asistentes al seminario.



Expositores del Seminario “Lineamientos para la determinación de capacidad de carga en los fiordos y canales del Sur de Chile”, 10 y 11 Octubre 2017.

PROGRAMA SEMINARIO

10 de octubre.

Bloque 1. Caracterización y amenazas de los ecosistemas de Fiordos.

09:00 – 09:30	Registro participantes	
Horario	Presentación	Expositor
09:30 -10:00	Apertura y saludos	• Seremi Medio Ambiente
Bloque 1: Caracterización de los ecosistemas de fiordos y canales		
10:00 – 10:30	Ecosistemas de Fiordos y canales: importancia del monitoreo continuo para su uso sustentable	Dr. Giovanni Daneri (CIEP)
10:30 – 11:00	Dinámica Bio-física de fiordos y canales australes de Chile	Dr. Iván Perez-Santos (I~Mar, U de los Lagos)
11:00 – 11:15	Coffe Break	
11:15- 11:45	Producción Primaria en ecosistemas de fiordos y canales del sur de Chile	Dr. ©Paulina Montero (CIEP)
11:45 – 12:15	La vida marina en fiordos: biodiversidad y su potencial como bioindicadores.	Dr. Günter Försterra (Fundación HUIWAY)
12:15 – 12:45	Indicadores ecológicos para evaluar la calidad de los hábitats bentónicos marinos	Dr. Eduardo Quiroga (Pontificia Universidad Católica de Valparaíso)
12:45 – 13:30	Ronda de preguntas	
13:30 - 15:00	RECESO	
Bloque 2: Influencias de la acuicultura sobre los Ecosistemas de Fiordos y canales.		
15:00 – 15:30	Cambios globales y sus efectos sobre la capacidad de carga en fiordos	Dr. Rodrigo Torres (CIEP)
15:30 – 16:00	Potenciales impactos de la acuicultura sobre los ecosistemas de los fiordos patagónicos	Dr. Edwin Niklitschek (Centro I~Mar)
16:00 – 16:15	Coffe break	
16:15 – 16:45	Uso de pesticidas en la acuicultura: efecto en especies no objetivo.	Dra. Paulina Gebauer (Centro I~Mar)
16:45 – 17:30	Ronda de preguntas, Carol Alvarado (Ministerio del Medio Ambiente) Moderadora	
17:30	Cierre Día 1	

11 de octubre.

09:15-9:30	Registro participantes	
09:30 – 9:45	Bienvenida y resumen del día anterior.	
Bloque 3: Métodos y técnicas físicas químicas de estudio variables para modelos de capacidad de carga y puntos de vistas nacionales e internacionales.		
Horario	Presentación	Expositor
9:45-10:15	Métodos numéricos para el estudio de la dinámica de los ecosistemas de fiordos y canales	Dr. Pablo Mata (CIEP)
10:15-10:45	SLIM 3D: a discontinuous Galerkin finite element model for geophysical and environmental flows	Dr. Philippe Delandmeter (UCI-Belgium)
10:45-11:15	El estuario del río Guadalquivir: herramientas científicas para la gestión frente al torbellino de conflictos de usos e intereses	Dr. Javier Ruiz (CSIC, España)
11:15-11:45	Coffe Break	
11:45-12:15	Capacidad de carga en fiordos y canales: visión de la industria del salmón.	Alfredo Tello (INTESAL)
12:15-12:45	Using models to inform spatial aquatic animal health management to support production	Dr. Nabeil Salama (Scottish marine lab)
12:45-13:15	Implementando el enfoque ecosistémico a la acuicultura para abordar los objetivos socioeconómicos, ambientales y de gobernanza.	Dr. Doris Soto (INCAR)
13:15 – 15:00	RECESO	
Bloque 4: Análisis de la Normativa y como avanzamos para mejorar.		
15:00-15:30	Normas Secundarias de Calidad Ambiental: estado del arte y aproximación para su aplicación en ecosistemas marinos	Ivalú Astete (Asuntos hídricos y Ecosistemas Acuáticos, Ministerio del Medio Ambiente)
15:30 – 16:00	Normativa sectorial: Reglamento ambiental para la acuicultura	Dr.Susana Giglio (Unidad Ambiental de la División de Acuicultura, Subpesca)
16:45 – 17:15	Plenaria y discusión, entre capacidad de carga y normativa / Cierre	

12 de octubre. Sesión extraordinaria investigadores

09:00-13:00	Mesa de discusión científica para la generación de un documento sobre el lineamiento de la capacidad de carga en fiordos y canales.
10:45	Coffe-break

Primer Bloque

Caracterización de los ecosistemas de fiordos y canales



Arriba. De izquierda a derecha: Iván Pérez-Santos, Pablo Mata, Paulina Montero y Eduardo Quiroga.

Abajo: Günther Forsterra, Iván Pérez-Santos y Pablo Mata.





Ecosistemas de fiordos y Canales: importancia del monitoreo continuo para su uso sustentable

Giovanni Daneri^{1,*} & Iván Pérez-Santos²

¹Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP), Investigador Centro COPAS Sur-Austral CONICYT PIA PFB31

²Centro I~Mar, Universidad de los Lagos, Investigador Centro COPAS Sur-Austral CONICYT PIA PFB31

*Email: gdaneri@ciep.cl

La capacidad de carga es un tema necesario de abordar siendo hoy una preocupación importante del MMA y el Gobierno de Chile. Hablar de capacidad de carga puede ser algo confuso, recordando por ejemplo la crisis que trajo el virus ISA en la región en cual se habló mucho de capacidad de carga de fiordos y canales, pero donde en realidad se estaba hablando de una capacidad de carga sanitaria. Lo presentado en este seminario es más bien una preocupación por la carga que pueden soportar los fiordos para que no se degraden de tal forma el medio ambiente que la misma actividad acuícola incluso, no se pueda llevar a cabo.

Por lo anterior es importante dar a conocer las iniciativas que existen y han existido en los sistemas de monitoreos realizados en la región, donde uno de los aspectos que no ha sido del todo positivo es el poco en encadenamiento de estas. Por lo anterior es necesario saber qué se ha hecho y que se está haciendo de tal forma que haya un trabajo sinérgico en todos los grupos que están trabajando este tema en la región.

Uno de los principales e indispensables desafíos actualmente es cuidar y recuperar el medio ambiente, el que de no superarse, amenaza el futuro de la especie humana. Para cuidar, para conservar es necesario conocer, para conocer se deben planear hipótesis correctas en escalas de tiempo adecuadas, muchas veces se realizan investigaciones que se acotan a tiempos muy limitados lo que no permite responder preguntas que son muy importantes y que requieren de largos periodos de investigación. El monitoreo implica periodos de tiempo mucho más largos a los que han realizado muchos proyectos que se han ejecutado en general. Para responder esas hipótesis, en el caso de los ecosistemas de fiordos y canales se requieren de estudios continuos.

Una de las preguntas relevantes para el manejo de los sistemas de fiordos y canales, es lograr conocer la capacidad de carga de estos ecosistemas, pero ¿qué se debe estudiar? ¿Qué es lo que define la capacidad de carga? Son preguntas que se están haciendo. Los investigadores que trabajan con modeladores hablan de variables estado, que son las que determinan la capacidad del sistema. Una variable de estado por excelencia en nuestros ecosistemas por ejemplo, es el oxígeno disuelto en las aguas. Si el oxígeno disuelto es utilizado de una forma muy rápida los organismos excepto las bacterias que pueden sobrevivir en ambientes anóxicos (aquel que carece de oxígeno) o hipóxicos (que contiene muy poco oxígeno), a diferencia de los otros organismos no van a poder sobrevivir y un recurso como el salmón no va a poder ser cultivado en los fiordos, por lo tanto es muy importante la preocupación de cuidar esta variable de estado. Si se deben definir variables para monitorear, el oxígeno debe ser una de ellas.



El oxígeno está en función de elementos que se adicionan a los fiordos según la cantidad de materia orgánica que se produce, además de la que puedan traer los ríos y la que se adiciona en el caso de los fiordos de Aysén por la industria del salmón principalmente, ya que es uno de sus grandes usuarios. Los problemas sanitarios siguen siendo la principal amenaza que enfrenta la industria del salmón. Hasta el 2008 y principios del 2009 en la zona había una producción de prácticamente 500 mil toneladas, las cuales cayeron violentamente a 250 mil generando en la región un problema social importante, donde el desempleo se disparó de prácticamente cero a un 20-25 %. Después de esto la industria se recuperó y hoy nuevamente se está con altísimos niveles de producción que incluso pueden llegar a superar las 500 mil toneladas sin embargo, en la región esta actividad no se señala como importante lo que llama la atención. Por ejemplo, no se sabe cuánto produce en el PIB regional la actividad acuícola, siendo una de las regiones que más engorda salmones con alrededor de un 60%. Todo lo anterior hace necesario tener una mirada más regional sobre lo que está ocurriendo con la industria.

A raíz de lo ocurrido con el virus ISA, se debieron tomar medidas para hacer frente a esta emergencia. Es así que se genera la ¹Ley, 20.434 para cautelar que no ocurrieran nuevamente estos episodios, exigiendo a los barrios que se formaron un monitoreo continuo de variables oceanográficas. El reglamento de esta ley hasta los días de hoy aún no está aprobado. En aquel momento se generaron muchas reuniones para determinar qué se debía monitorear, pero aún sigue ahí. Lo que esta Ley si ha logrado es impulsar el monitoreo de fiordos y canales.

El ISA no es el único problema que existe en fiordos y canales, hoy el principal problema es la *Listeria* que tiene que ser tratada para que la productividad se mantenga. Existen además otras problemáticas no sólo en los fiordos, sino también, asociados con la pesca artesanal que está en decadencia en el país, la merluza, jurel, congrio, con todas sus poblaciones en estado crítico. La forma de manejar esta industria necesita una mirada, hasta ahora la preocupación se ha centrado en qué ocurre en los fondos cuando se llega a fondos anóxicos, pero tal vez, esta no es la mejor forma de manejar la industria a pesar de que se den estas situaciones. Cuando se analiza la biodiversidad del lugar donde hay en este tipo de fondos, se observa que todavía no hay un impacto tan grande en la biodiversidad, algo que también se debe tener en cuenta para que todo esto se mantenga es la necesidad de los programas de monitoreos y de poner normas de calidad de agua que señalen cuánta es la cantidad de materia orgánica que se puede adicionar en un determinado fiordo para que la calidad de agua no decaiga.

La zona de fiordos y canales es una zona muy rica, si se compara con la Corriente de Humboldt por ejemplo, que es una de las más productivas del planeta, se habla prácticamente de la mitad en términos de producción primaria según lo que se ha estimado. Es una zona donde el agua subantártica que gira alrededor del planeta choca y trae nutrientes hacia los fiordos, los ríos por otro lado aportan sílice pero no, nitratos ni fosfatos que vienen de esta corriente, permitiendo una gran productividad. Otra corriente de gran interés e importancia es la Corriente de Cabo de Hornos que penetra en este sistema de fiordos.

¹ Ley General de Pesca y Acuicultura. Ley 20.434 Abril 2010 modificó el artículo 87 terc: A fin de tener un control en línea de los parámetros ambientales de las agrupaciones de concesiones acuícolas, deberán éstas disponer de una tecnología que registre y transmita al menos indicadores de conductividad, salinidad, temperatura, profundidad, corrientes, densidad, fluorescencia y turbidez.

En estos sistemas hay una circulación estuarina donde el agua dulce flota por sobre el agua salada, que es el agua subantártica. Una de las ventajas de estos fiordos es una buena capacidad de auto limpiado porque el agua que es menos salina sale con bastante facilidad hacia afuera, pero esto tiene un límite y éste es, el que se debe cautelar de no pasarlo. En los fiordos se genera materia orgánica por la producción de las microalgas y es necesario entender cómo ésta es procesada, pero también es necesario entender a la materia orgánica que se adiciona por los mismos ríos y la que es adicionada por la industria acuícola como se señaló antes.

Una forma de poder anticiparse a lo que pueda ocurrir cuando se llega a ciertas cargas al ecosistema es modelar cómo funciona ese ecosistema existiendo todo tipo de modelos, pero para que estos funcionen se necesitan generar datos, siendo clave los monitoreos de oxígeno, materia orgánica, contenido de clorofila, de fitoplancton, entre otros. Los sistemas de observación que se tienen en Patagonia miden temperatura, salinidad, corriente, producción primaria, debiendo integrarse la medición de clorofila. Dentro de los monitoreos existen también los llamados monitoreos estables que son estudios denominados de proceso, no por huella oceanográfica porque se estudian en distintos lugares.

En el caso de la zona Norte de la región donde hay una actividad importante de salmónica y también de pesca artesanal, existe un componente social importante en el que las comunidades locales están muy pendientes de lo que está ocurriendo con los ecosistemas relacionados en gran medida por la empleabilidad. En términos de boyas de monitoreo en la región en el fiordo de Puyuhuapi existe una del Programa Copas Sur-Austral (programa de oceanográfico que ya lleva 10 años en región), en el fiordo de Reloncaví hay una que fue instalada hace poco por el IMAR. Estas boyas como sistemas de observación tienen un alto costo, cerca de 100 millones de pesos. Con lo anterior se generan muchos datos que son subidos a muchas plataformas, se hace necesario por lo tanto contar con sistema compatible que reúna estas investigaciones.



Giovanni Daneri, Director Ejecutivo Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP), Investigador Centro COPAS Sur-Austral.



Dinámica Bio-física de fiordos y canales australes de Chile

Iván Pérez-Santos^{1,2,*}

¹Centro I~mar, Universidad de Los Lagos, Puerto Montt, Chile

²COPAS Sur-Austral, Universidad de Concepción

*Email: ivan.perez@ulagos.cl

Los fiordos y canales de la Patagonia cubren un área de 240.000 km² y se extienden de 41°S a 56°S. La hidrografía de esta región se caracteriza por una estructura vertical de dos capas: una capa superficial fresca ocupa los primeros 10 metros de la columna de agua debido a la fusión glacial, y el agua sub-superficial salada se encuentra en el resto de la columna de agua proveniente del Océano Pacífico. La hidrografía de la región de Aysén se caracteriza por una estructura vertical de dos capas: una capa superficial fresca que ocupa los primeros 10 metros de la columna de agua debido a la fusión glacial, y el agua sub-superficial salada que se encuentra en el resto de la columna de agua proveniente del Océano Pacífico. El uso de instrumentos acústicos y físicos de alta resolución vertical han permitido estudiar con gran nivel de detalle, donde se distribuye el zooplancton en algunos fiordos y canales australes, e.j., Puyuhuapi, Aysén, Jacaf, entre otros.

Es en las zonas antes mencionadas que las comunidades de fitoplancton y zooplancton generan una compleja dinámica de la circulación de fiordos e interacción oceanográfica en la vida marina de forma natural, lo que ha podido observarse gracias a un trabajo colaborativo de diferentes centros, universidades y proyectos. Para poder observar estas interacciones se requiere equipamiento que permita medir corrientes marinas y la señal acústica de las partículas en el agua, para poder distinguir si se trata de sedimento o un organismo vivo. En estudios anteriores estos equipos se utilizaban sólo para estudiar corrientes marinas, no así para otros organismos. Las sondas científicas aportan a observar la distribución de estos organismos, como el plancton.

La distribución y abundancia de estos organismos depende en gran medida de las características físico-químicas del agua, destacándose el contenido de oxígeno disuelto. Además, la turbulencia ha jugado un papel importante en la mezcla vertical, permitiendo el ingreso de nutrientes a las capas donde habita el fitoplancton, generando altas abundancias de zooplancton en regiones como los umbrales. El paso de eventos sinópticos como las bajas presiones también han contribuido con la mezcla vertical, favoreciendo el origen de floraciones de microalgas en invierno, cuando incluso las condiciones de luz son bajas.

La mayor resolución vertical dada por los Microperfiladores, permite bajar muy lento y medir con muy alta resolución vertical (85mil datos en un metro). Ahora pueden distinguir procesos naturales que siempre estaban pasando pero que no los veíamos. En el caso de Puyuhuapi, este presenta condiciones de hipoxia y condiciones de oxígeno que decaen, esas concentraciones de muy bajo oxígeno se dan en dos o tres lugares más, pero en especial en Puyuhuapi la cual está más acentuada hacia la cabeza del fiordo, que posee muy poca ventilación sumado a las morrenas que reducen el intercambio de agua. Se están desarrollando investigaciones también en el Canal Martínez en la localidad de Caleta Tortel, donde se está midiendo la capa fina, lo cual ha generado interesantes datos.



Como comentarios finales es necesario que podamos entender los procesos que regulan el ecosistema de fiordos y canales Patagónicos con la idea de para poder actuar con eficacia ante catástrofes ambientes de origen natural y antrópico (Hipoxia, Eutroficación, FAN, etc.), debemos recolectar datos ambientales con la mayor precisión vertical y temporal posible usando tecnologías actuales.

Producción Primaria en ecosistemas de fiordos y canales del sur de Chile

Paulina Montero Reyes *

Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP), Km 4,5 Camino a Puerto Aysén, Región de Aysén.

*Email: pmontero@ciep.cl

Dentro de los ecosistemas tanto terrestres, como acuáticos la producción de materia orgánica es uno de los procesos ecológicos más importantes al ser la base de la cadena trófica. Siendo estos, el alimento disponible que tienen los organismos marinos para habitar en las columnas de agua. Así como en los ecosistemas terrestres están las plantas que son las encargadas de la producción de materia orgánica de la biomasa disponible para que otros animales se alimenten, en el agua tenemos al fitoplancton que son microorganismos que no se pueden observar a simple vista, sino bajo un microscopio y que son conocidas también bajo el nombre de microalgas.

Dentro de las microalgas las más importantes son las diatomeas y los dinoflagelados organismos que a través del proceso de fotosíntesis utilizan los nutrientes, la energía del sol y CO₂ de la materia inorgánica presente en la columna de agua para generar materia orgánica y liberar oxígeno al medio ambiente. Este proceso les sirve para reproducirse, para aumentar su población y generar biomasa que estará disponible para el consumo de todos los organismos presentes en esta trama trófica, herbívoros, carnívoros, zooplancton, peces y bacterias.

La producción primaria se mide a través del carbono, que según su disponibilidad se podrá calcular de cuántos gramos dispone la comunidad para poder alimentarse. El sistema de fiordos tiene una hidrografía altamente compleja lo que se traduce en que existen distintas condiciones en la columna de agua dadas por las influencias del agua continental y masa oceánica. Estas poseen distintas características en la concentración de salinidad y de nutrientes produciendo distintas microalgas y provocando que las tasas de producción de materia orgánica sean diferentes a lo largo del todo el territorio, teniendo fuertes gradientes latitudinales, longitudinales e incluso en la vertical, manifestándose grandes diferencias en la producción de materia orgánica de la superficie con la que existe en profundidad, llegando a ser totalmente distintas, principalmente porque en la superficie hay gran influencia de la luz que en el caso de las diatomeas reciben la mayor cantidad de silicato disponible, nutriente que utilizan para poder crecer. Estas diferencias en la variabilidad del agua sumadas a la variabilidad climática de la región como la alta precipitación, la descarga de los ríos o cambios en la dirección del viento hace que haya fiordos altamente heterogéneos respecto a la producción de materia orgánica.

La zona de estudio se ha ubicado principalmente en la zona del Canal de Puyuhuapi, realizándose mediciones mensuales de la cantidad de materia orgánica que se produce en este lugar durante seis años. Además se cuenta de forma latitudinal con mediciones del Seno de



Reloncaví hasta el Canal de Concepción donde también se han realizado mediciones mensuales en distintas épocas del año. En el caso del Canal de Puyuhuapi se dispone de una serie de datos tanto oceanográficos, como meteorológicos lo que permite situarse en el ambiente en el que se está desarrollando esta producción de materia orgánica. Están las mediciones de proceso que permite saber cuánto carbono hay disponible para la comunidad micro planctónica como para otros animales.

Estos estudios han arrojado como resultados que las tasas de producción de materia orgánica, como las de clorofila son más altas en la Patagonia Norte, disminuyendo al alejarse de este punto. Esa variación latitudinal se cree que es por la disminución de luz, además de que en la zona Sur hay una alta presencia de glaciares con mucha generación de sedimentos que pueden hacer que ingrese menos a diferencia del norte. Los niveles de silicato en el Norte son mucho mayores disminuyendo hacia el Sur, por lo tanto también disminuye la presencia de diatomeas.

Desde el año 2008 se puede decir que existe un ciclo estacional con dos periodos, uno con alta presencia de fitoplancton donde después del invierno aumenta la concentración de diatomeas y con ella las tasas de producción primaria, observándose un cambio de régimen desde el invierno a la primavera generalmente en el mes de agosto con blooms (afloración de algas) de diatomeas con un gramo de carbono por metro cuadrado. Proceso observado también en el año 2013 caso en el que llegan casi a tres gramos de carbono por metro cuadrado, bastante comparándolo con ecosistemas de surgencia costera, pudiendo decirse que esta es una zona altamente productiva, con una alta disposición de alimento, una alta producción de materia orgánica producida en los fiordos y que luego es asimilada por todos los organismos que están presentes en la trama trófica.

Durante ésta estación productiva existen altas capacidades de portar este carbono, es una época donde las especies desovan y se alimentan por lo que existe alta disponibilidad de alimento que puede ser utilizado. Durante el invierno que son los meses menos productivos en general esta materia orgánica no es traspasada hacia a niveles tróficos superiores como en primavera, sino reciclada en el anillo bacteriano. El mayor cambio de concentraciones producido en los meses de agosto y septiembre está dado por las descargas de invierno que dejan altas tasas de silicato, y la presencia de diatomeas que se asocia a aguas poco salinas con alto contenido de este nutriente. Al aumentar las condiciones de luz se pueden generar estos blooms siendo esta especie la que inicia el proceso.

Finalmente entender cuál es la capacidad de asimilación de la materia orgánica alóctona y autóctona dentro del ecosistema, es fundamental para aplicar estrategias de manejo que permitan mantener en el tiempo un uso sustentable de los recursos y de los servicios que los fiordos y canales del sur de Chile ofrecen.



La vida marina en fiordos: biodiversidad y su potencial como bioindicadores

Günter Försterra*

Coordinador de Investigación en Estación Científica Huinay, Fundación Huinay, Casilla 1150, Puerto Montt.

*Email: gunter_forsterra@yahoo.com

Cuando se habla de diversidad biológica en los canales y fiordos de la Patagonia, primero se deben entender los patrones y la diversidad en el ambiente abiótico. La región de Chile es la región de fiordos más grande del mundo, por su extensión Norte Sur es comparable con la región de los fiordos noruegos. Pero su grandeza puede observarse en la complejidad de su morfología de la costa. El tamaño real de estos fiordos se ve en el detalle, si se busca cualquier lugar, por ejemplo un pedazo al Sur del Golfo de Penas es posible observar que no es una zona compacta sino bastante fraccionada, en un espacio de 30x30 Km se presenta con una costa rocosa, playas arenosas expuestas, marismos, desembocadura de ríos, canales expuestos y protegidos, fiordos playas y muchos hábitats diferentes en muy poco espacio, patrones de complejidad que se van repitiendo. Es difícil estimar el tamaño total pero se calcula que debe haber más de 80 mil metros de costa solamente en la Patagonia chilena, comparable a dos vueltas alrededor del mundo. Su complejidad no está solo dada en la cosa por su alta diversidad abiótica, sino también, en gradientes desde el continente al mar abierto, factores que crean un patrón de interferencia muy complejo y a muy pequeña escala, que desemboca en una alta diversidad biológica.

A estas complejidades abióticas se le agregan algunos fenómenos o factores bióticos, uno de ellos es el "deep-water emergence" o surgimiento de especies de agua profunda (mil o más metros de profundidad), los que suben y se mezclan con la vida y fauna que existe en las aguas someras aumentando la diversidad y cantidad de las especies que vemos. En general se conoce la diversidad asociada a delfines, ballenas, entre otros, ya que es posible observarlos por su tamaño en la superficie. Lo que no se sabe bien es que el 95% de la diversidad marina está en la diversidad de invertebrados, siendo la menos conocida. La razón para su desconocimiento parte por los inventarios realizados en el pasado en campañas de exploración grandes a principios del siglo 20, las que debían mantener una distancia de seguridad de la orilla, por lo que se muestrearon solo los fondos blandos. Hoy en día se sabe que la mayoría de la diversidad habita en los ambientes rocosos en el submareal somero, asequibles solo por buzos autónomos o robots, tecnología muy poco aplicada en la zona de los fiordos hasta ahora.

En investigaciones realizadas en el Fiordo Comau ubicado en la Décima región de Los Lagos, se comenzó buceando en los lugares más asequibles con más o menos 30 metros de profundidad, donde se muestreo con el criterio de tomar las especies que se encontraran en más abundancia y en apariencia más fáciles de identificar, bajo este criterio se encontraron nada más y menos que 12% de especies nuevas para la ciencia y en algunos grupos como las esponjas hasta 2/3 de especies nuevas. Pero no sólo se encontraron nuevas especies, si no también se pudo observar mejor las comunidades bentónicas y su entorno el que no se conocían muy bien antes, muchas de estos formados por organismos que por su estructura y



morfología generan sustrato y un ambiente que alberga muchas más especies denominados llaman “*marine animal forests*” o bosques de animales marinos.

Dentro de estas comunidades los más conocidos o más famosos son los bancos de corales en la décima región, lugares del que depende la fauna acompañante, como por ejemplo las praderas de gorgonias, especies muy poco conocidas. En base a todo lo anterior se intentó crear una base de datos o “mapeo” observándose que hay una diferencia muy grande entre los fiordos continentales bajo la influencia de glaciares en comparación a la composición de especies en los archipiélagos, lo cual también se distingue bruscamente en la composición de especies del mar expuesto. Existe una división biogeográfica fuerte en Península Taitao y Estrecho de Magallanes donde existen por lo menos 10 a 12 subunidades biogeográficas.

Los hallazgos realizados en las campañas de terreno en relación a la biodiversidad marina de la Patagonia muestran una elevada biodiversidad por alta diversidad de habitats, una tasa de descubrimientos de especies nuevas espectacular, hasta comunidades nuevas. Una alta tasa de endemismo, acoplamiento terrestre-marino intenso y una subdivisión biogeográfica muy pronunciada como se mencionaba antes. El mar patagónico chileno por tanto representa un hotspot de diversidad el cual es conocido solamente de forma parcial, algunos de sus elementos son robustos y capaces de proveer recursos al hombre, otros son frágiles y requieren protección, pero igual forma proveen de servicios ecosistémicos al hombre, todos con relevancia para el ser humano.

Un ejemplo de ello son las esponjas del género *Crambe*. De ningún otro organismo marino se conocen más sustancias con aplicaciones farmacéuticas como esta, estudios recientes realizados por la Fundación descubrieron que Chile tiene más especies de este género que ningún otro país, pero nunca se ha realizado ningún estudio para determinar que sustancias tienen estas esponjas porque no se sabía de su existencia. Se debe tener claridad y saber que gran parte de los organismos que hoy no se conocen y se explotan económicamente hace algunas décadas no tenían ninguna importancia económica y que el “Bicho” que aún no se descubre, en un futuro podría proveernos de medicina, alimento, material industrial o simplemente un atractivo turístico. Si no se conoce no seremos capaces de aprovechar el potencial, y si lo extinguimos antes de conocerlo está perdido para siempre.

El mar patagónico podría ser el lugar con más pérdida de especies en el futuro cercano en el mundo. Lo que se ha dicho antes es válido para la mayor parte de los fiordos, con especial énfasis en el Fiordo de Comau, donde se comprobó a través de datos que hubo un aumento de producción primaria por lo menos al doble entre 1990 y 2010, aumento de floraciones de algas, aumento de tráfico de lanchas, y de basura en playas, reducción de avistajes de aves y mamíferos marinos, grandes mortalidades de bancos de corales (casi 40% del fiordo) en 2012 y disminución de abundancia de especies bentónicas (hasta un 75% entre 2003 y 2013). Por ello se cree que se está sobre la capacidad de carga.

En el caso de los organismos móviles que son difíciles de cuantificar como es el caso de los crustáceos se observa que han disminuido bastante al mismo tiempo que aumentó la utilización de químicos contra parásitos como el piojo de mar (*Caligus*), en la industria salmonera. Las fuentes de impactos pueden ser en el caso del Fiordo de Comau la pesca artesanal y acuicultura que está en todas partes, con masivas concesiones. Al observar las curvas de producción en tiempo y magnitud se podrían explicar varios de los cambios que se están produciendo, pero sin conocer los mecanismos que están atrás de estos, es muy difícil comprobar cuál verdaderamente podría ser la razón.

En el caso de la pesca artesanal hay problemas atribuibles a la gran cantidad de pescadores y buzos, muchas veces no todos respetan las cuotas, el desmonte completo de bancos naturales y aumento de basura en playas (trozos de cordeles etc.). Un ejemplo es en los bancos de mitílicos y fauna acompañante, donde existe un daño no menor que está sobre la capacidad de carga. Adicionalmente a lo anterior está el cambio climático que contribuye a la complejidad de los problemas que hay. El cual provoca que con más frecuencia y de forma más masiva existan oscilaciones oceanográficas como la corriente del Niño, volumen o aumento de las floraciones de algas nocivas (FAN), aumentando la probabilidad de intoxicaciones como en el caso de las ballenas muertas en el Golfo de Penas.

La acidificación de océano por otro lado afecta ante todo a los organismos con esqueletos o estructuras calcáreas y a la mortalidad de corales como en el caso del fiordo Comau, donde sabemos que gran parte de la responsabilidad fue una hipoxia, junto con un aumento de sulfuro por razones climáticas donde no se puede excluir que la baja en el pH produjo un estrés de base que aumentó las hostilidades con estos organismos.

Como conclusiones se menciona que hay una alta diversidad, sistemas y patrones complejos combinados con un desarrollo muy rápido y un grado de conocimiento bajo, lo que produce una mezcla problemática. Con la poca información existente es muy difícil dar recomendaciones fundadas para el manejo concreto de actividades que generen impacto sin arriesgar daños irreversibles. Algunas especies y comunidades tienen un alto potencial para servir como bioindicadores de los cambios en el sistema, pero el conocimiento actual generalmente no permite especificar cuáles factores exactos causan dichos efectos, lo que hace que bajo las condiciones existentes sea imposible producir suficientes datos y conocimiento para llenar los vacíos de información en un corto plazo. Existe una gran necesidad de manejo para planificación espacial, donde la única forma de evitar pérdidas de especies y de servicios ecosistémicos mayores es crear suficientes áreas marinas protegidas incluyendo una fracción suficientemente alta de protección que puedan respaldar “experimentos de manejos” en áreas protegidas o no. La tarea de la ciencia es dar recomendaciones sobre distribución, ubicación y tamaño de AMPs por procesos objetivados, donde un primer paso es generar un completo inventario de lo que se tiene, ya que si no sabemos qué especies existen no podremos saber cuántas capas de salmones se pueden instalar o cuantas rocas raspar para la extracción de mitílicos.

Basado en los datos disponibles usando el Programa MARXAN y en cooperación con WWF, WCS, CBA y MMA, la Fundación Huinay está trabajando en identificar áreas relevantes para la conservación marina.



Dr. Günter Försterra, Coordinador Científico Fundación San Ignacio de Huinay



Indicadores ecológicos para evaluar la calidad de los hábitats bentónicos marinos

Eduardo Quiroga^{1,2,*}

¹Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Avenida Altamirano 1480, Valparaíso. Tel.: 32 244 4252.

²COPAS Sur-Austral, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

*Email: eduardo.quiroga@pucv.cl

El sistema de fiordos y canales es muy complejo, muy estructurado y asociado a dos campos de hielo con ciertas características que le otorgan y presentan una gran diversidad y una alta diversidad de hábitat, pero también es sistema que presenta aspectos muy complejos en términos de su gestión ambiental, referidos a preservación, turismo, potenciales áreas para recursos bentónicos y potencial usos para la acuicultura algo omnipresente en la actualidad.

En general cuando se quiere caracterizar al medio ambiente no se sabe realmente cómo hacerlo y se necesita de la métrica y en ese sentido hay un aspecto esencial que tiene que ver con el desarrollo de la acuicultura el que normalmente y en su gran mayoría se ajusta a las normas ambientales, pero hay excepciones y éstas se dan principalmente por un mal manejo ambiental, se deber tener en cuenta que se está trabajando en un acuario que es un sistema estático, sino en un lugar súper dinámico que requiere de ciertas consideraciones sobre todo en fiordos y canales.

Según datos de SERNAPESCA se observa el desempeño ambiental hablando en términos de los sedimentos y calidad de agua de fondo a lo que se llama hipoxia o anaerobiosis se ve que el año 2005 la frecuencia de estos eventos no eran tan seguidos tanto espacialmente como temporalmente, incrementándose en el año 2012 de forma importante, o sea si tiene un impacto sobre todo en los fondos marinos, pero esto no es algo nuevo si se observa las principales problemas de la acuicultura global, por ejemplo en el manual de la FAO existen consecuencias como alteración de hábitat interiores y costeros para la construcción de lagunas y sistemas de acuicultura, eutrofización de vías fluviales, lagos y zonas costeras, liberación de residuos, contaminación orgánica, pesticidas, entre otras, siendo una reestructuración de todos los sistemas biológicos y también sociales.

La primera crítica está dirigida al sistema de regulación que para evaluar apropiadamente no tenemos un cuerpo normativo como corresponde y nunca comparables con otros países que llevan la acuicultura a los mismos niveles que Chile. En primer lugar los límites de certificación para determinar si o un centro está o no fuera de norma, en los términos de aceptabilidad aparecen las variables de materia orgánica, pH, oxígeno disuelto y registro visual, pero en ninguna parte aparece la fauna. En comparación con la norma Noruega donde ya el concepto de impacto ambiental no sólo ve el impacto local del centro de cultivo sino también el aspecto regional, transicional, donde todo está normado. Esto es importante porque Chile si quiere seguir vendiendo salmón ahora debe adscribirse a norma ISO internacionales ambientales y tal como está en la actualidad no podría, habiendo muchos desafíos que abordar como Estado.

Es por lo anterior que se debería aplicar un término llamado Calidad ecológica (ECOq), hoy en día el desarrollo de una actividad acuícola sostenible es un deber del Estado. Lo anterior significa adoptar una visión holística del sistema de cómo hacer una gestión ambiental definiendo criterios ambientales para poder tener los elementos necesarios para hacer una evaluación ecológica como corresponde.

Existe una metodología para evaluar la calidad ecológica de los hábitats bentónicos en particular de los fondos blandos, basada en cuatro criterios: 1) variables biogeoquímicas del sedimento, 2) atributos ecológicos asociados a gradientes de contaminación orgánica, 3) modelos estadísticos basados en índices bióticos y 4) la estructura de tamaños (espectro de tamaño-biomasa) de los organismos bentónicos.

Modelo AMBI – Categorización de un status ecológico (2000) con amplio uso. El tamaño es un importante descriptor del funcionamiento de los ecosistemas, de su productividad y su transferencia de materia orgánica, el cual señala que un análisis de la información disponible sugiere que; i) faltan valores de referencia específicos para realizar comparaciones entre ambientes degradados y no degradados ii) existe una alta incertidumbre en cuanto a la asignación de especies y grupos tróficos funciones de alimentación necesarios para el cálculo de los índices bióticos iii) la mayor parte de los índices no se encuentran apropiadamente relacionados con los factores ambientales.

La utilización de un único índice puede proporcionar información del “estado de salud” de los ambientes bentónicos, pero un índice “universal” que se aplique a todos los ecosistemas o incluso a ecosistemas con características ecológicas similares es inviable debido a las complejas interacciones tróficas entre las especies que componen las comunidades, el alto grado de fragmentación geográfica y la alta variabilidad espacial y estacional en las condiciones ambientales, como es el caso de los fiordos y canales australes. El uso de varios índices es altamente recomendable para obtener una mejor evaluación de la calidad ecológica de los hábitats bentónicos en asociación con las variables ambientales.



Eduardo Quiroga explica algunos indicadores ecológicos de los fiordos y canales de la región.



Ronda de Preguntas del Primer bloque

A continuación se enlistan algunas de las preguntas hechas por los asistentes.

1.- ¿Existen estudios en el fiordo Aysén ex santuario del chorito ahora barro y suciedad?

Dirigida a Eduardo Quiroga, quién responde:

No se considera tan así, pero el fiordo Aysén es uno de los pocos que tiene aporte de materia orgánica terrestre, donde la actividad de salmonicultura tiene impacto pero bien localizado. No hay muchas señales de origen antropogénicos a diferencia de Puyuhuapi donde son preocupantes por mal manejo de los centros puntualmente.

2.- ¿Por qué el esfuerzo de investigación está en Puyuhuapi en vez del fiordo Aysén?

Dirigida a Paulina Montero, quién responde:

Es diferente a los otros que podemos encontrar, que empieza en la cabeza, con dos entradas e influencia del canal Jacaf y por el sur el canal de Moraleda, por eso se generan en este lugar con características oceanográficas bastante especiales. Ya existe una línea de investigación, se está generando conocimiento de procesos que se repiten.

Pablo Mata: Son investigaciones multidisciplinarios y multiinstitucionales, son muchos los factores y cooperar con el conjunto de instituciones. CIEP no es un inspector, la investigación se relaciona en entender cómo se producen los procesos.

3.- ¿En qué se basa para decir que la pesca artesanal es la culpable de la desaparición de especies?

Dirigida a Gunter Forsterra, quién responde:

Cuando se culpaba mucho a la acuicultura por lo que pasaba en los fiordos y canales, debemos saber que no hay un culpable único es más bien un conjunto de factores que genera el daño, es difícil de atribuir ciertos cambios ya que no tenemos lugares de referencia. Los argumentos serían buenos con zonas de referencia dónde podamos observar esto, debemos tener estos lugares. Sobre la extinción de ciertas especies yo no creo que se extingan ya que son bastante oportunistas, las que me preocupan son las que no se conocen las que están en pendientes rocosas, si no las conocemos no sabemos qué daño estamos ocasionando. Con la pesca artesanal estamos sobre la capacidad de carga y es inminente la pérdida de especies y es lógico pensarlo.

4.- ¿Se ha planeado un monitoreo de las FAN?

Dirigida a Iván Pérez-Santos, quién responde:

Hay iniciativas como la de Puyuhuapi con la Universidad de Concepción, U. De Los Lagos, CIEP, entre otros. Hemos estado informando al público de lo que está pasando, se monitorean todas las comunidades, otras áreas y más muestreos. Es difícil ir todos los meses por el costo, está la disposición y equipos para poder dar alertas como en el Seno Reloncaví, estamos haciendo esto sin una política es una iniciativa generada como necesidad a raíz del evento del 2016.

Segundo bloque: Influencias de la acuicultura sobre los ecosistemas de fiordos y canales



De izquierda a derecha Edwin Niklitschek, Rodrigo Torres, Y Paulina Gebauer.





Cambios globales y sus efectos sobre la capacidad de carga de los fiordos

Rodrigo Torres^{1,*}

¹Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia CIEP

*Email: rtorres@ciep.cl

La capacidad de carga es un término que induce a error y es discutible. Los estresores globales deben ser integrados para conocer la capacidad que tienen los ecosistemas marinos de sobre llevar la carga de los diferentes usos que se le dan. Cuando se habla de capacidad de carga normalmente se mediría qué cantidad de peces, densidades, toneladas y hasta cuánto podemos producir. Pero hay que verlo desde un punto de vista ecosistémico con diferentes tipos de carga, locales, regionales y globales.

Algunos de los estresores globales son el aumento de la temperatura, del nivel del mar, del contenido de oxígeno, pH o disminución de cualquier forma de carbonato de calcio. Actualmente la tierra se está calentando, el pH baja y bajará más, el porcentaje de saturación del carbonato de calcio está bajando rápidamente hasta llegar a niveles sub-saturados donde el océano está perdiendo oxígeno. Estresores globales que están ocurriendo simultáneamente, y que están interaccionando como el calentamiento global, la acidificación del océano, el deshielo y junto con el hielo el aporte de agua dulce lo hace más complejo. Una buena parte de los estresores globales se debe al CO₂ atmosférico que evidenciamos en todas partes de planeta y en Chile también, el cual ha aumentado dramáticamente luego de la revolución industrial cuando por más de 400 mil años se ha mantenido en un equilibrio constante, solamente ahora por la actividad humana ha aumentado afectando significativamente el balance relativo de la tierra, produciendo el cambio climático pero también, aparte se produce otro efecto que es la acidificación del océano. Este tiene que ver con la disolución del dióxido de carbono en la superficie del mar lo que produce el ácido carbónico y eso aumenta la acidez del mar.

1/3 de los combustibles fósiles que quemamos se va al mar y forma un ácido que es capaz de disolver sales de carbonato de calcio, importante elemento que constituye la concha de muchos moluscos y muchos organismos que viven en el mar. El aumento de la tasa de disolución de sus estructuras duras afecta a los individuos, proceso que ocurre simultáneamente con el cambio climático pero por razones diferentes, este es un proceso químico y el cambio climático es el efecto del CO₂ en el balance relativo de la tierra. La sociedad año a año seguirá liberando carbono y lo continuará haciendo probablemente hasta que se acaben los combustibles fósiles, pero esto tiene una inercia y el CO₂ quedará atrapado en la atmósfera, aunque se parara de emitir ahora el dióxido de carbono los niveles atmosféricos no bajarían, esta perturbación hasta y nivel en el que se está ahora es virtualmente irreversible al estado inicial.

El CO₂ ingresa al océano a través de la superficie tendiendo a acidificar el mar costero, este proceso es progresivo y a escala humana en los próximos 80 a 100 años es de carácter irreversible. Esto no es sólo teoría y puede observarse en los datos tomados en una estación de monitoreo en Hawaii que muestra el aumento de CO₂ en la atmósfera, donde está aumentando el mar superficial. Estos cambios son totalmente correlacionables y atribuibles a la acidificación del océano, datos duros de lo que probablemente está ocurriendo. Son cambios muy pequeños en el pH pero los cambios en su concentración son importantes,



existiendo muchos organismos que poseen estructuras de carbonato de calcio como erizos, crustáceos, corales, entre otros, sensibles a estos cambios en pH.

Lo anterior no significa que la concha de los organismos se van a disolver, sino que tendrán que gastar más energía en calcificarla y reparar estas grandes tasas de disolución, energía restada a la reproducción o generación de biomasa, están perdiendo energía en algo que no deberían perder. Este es un tema de gran impacto y en todo el mundo se están haciendo experimentos para saber qué le va a pasar a la biota en un océano que será más ácido.

En Chile se está trabajando para saber qué le va a pasar a los recursos marinos como el loco (*Concholepas concholepas*), erizos (*Loxechinus albus*), ostiones (*Chlamys patagónica*) y choritos (*Mytilus chilensis*). Uno de los primeros trabajos realizados sobre acidificación del océano fue hecho sobre el chorito en Chiloé. Un experimento del Dr. Jorge Navarro de la UACH expuso organismos a distintos niveles de CO₂ y estimó (2013) la cantidad de carne que perdían solamente por el gasto energético que incurría para subsistir en niveles altos de ácidos. El mismo esfuerzo de cultivo va a producir menos proteína marina y flúor producto de la acidificación, al utilizar energía para reparar los problemas que le trae la acidificación se la quitan a otros procesos, incluido el crecimiento.

La Décima región es uno de los lugares más importantes de cultivo de mitílidos y de moluscos susceptibles a la acidificación del océano, aquí se han desarrollado dos sitios de monitoreo de pH de acidificación del océano. En Puelo se está desarrollando la tesis doctoral de Maximiliano Jara, midiendo a través de una boya el Ph Y CO₂ en el verano cuando la fotosíntesis consume CO₂ y el agua se hace más ácida subiendo el pH. Se ha observado que los organismos que calcifican han evolucionado para soportar estas variaciones, tienen conchas gruesas normalmente protegidas con una capa de proteína para evitar el contacto con el agua corrosiva. En el caso de otro estudio desarrollado en Metri por el biólogo marino Emilio Alarcón, en la parte norte de la Patagonia se pueden observar resultados iguales donde en el invierno hay ciertos periodos donde el agua es corrosiva para el carbonato de calcio pero en verano los niveles son bastantes altos. En el futuro a medida que el CO₂ ambiental suba, aumentaran los meses del año donde este mar va a ser corrosivo, desde un par de meses a casi todo el año. Lo que sucedería muy pronto según sus estimaciones, probablemente en 2100 la mayor parte del océano va a ser corrosivo, incluida la mayor parte de la Patagonia.

El chorito por ejemplo produce su semilla en verano cuando hay abundancia de alimento donde existen problemas para que estos organismos se asienten y calcifiquen porque tienen mucho carbonato disponible pero, si esta ventana de periodos corrosivos empieza a quedarse por periodos donde ocurre la liberación de larvas puede llegar un momento que afecte la tasa de calcificación de los organismos más pequeños los que son más susceptibles y vulnerables a la acidificación. Es crítico que una larva genere su concha para que se asiente sino no lo hace no se asentará ni llegará a adulto entonces, afectando parte del ciclo sensible del chorito. Lo que se ha visto en el Hemisferio Norte con la industria de la ostra es que aguas corrosivas evitan que produzca su concha en sus primeras etapas de vida.

Los buffers son sustancias permiten que el pH migre y el agua de mar tiene mucha, pero si está mezclada con agua dulce el ácido lo va a afectar. Entonces una pequeña gotita de ácido va a generar un gran cambio en el pH y eso ocurre en los estuarios donde se diluye agua marina con la continental. Los estuarios lugares altamente productivos como el de Reloncaví que está lleno de vida y que es muy importante para el desarrollo de proteína marina. El cambio climático en Chile Central por ejemplo está asociado con la sequía, pero en el Sur, en la zona



de los fiordos se relaciona con años con alta precipitación, lo que va a aumentar el flujo de agua y aumentar la expansión de los cuerpos. Acá se suma además el derretimiento de hielo de los Campos de Hielo Sur, lo que aumenta el agua dulce en los fiordos, haciéndolos menos salinos, con menos capacidad de buffer por ende más vulnerable a la acidificación del océano. Es por lo anterior que la Patagonia es particularmente vulnerable a la acidificación del océano, punto uno porque se está a altas latitudes del frío y se disuelve más CO₂ y dos porque llega más agua dulce, haciéndola más vulnerable a resistir esa acidificación. No se debe pensar sólo en la capacidad de carga, sino también, en los estresores globales que van en aumento y que tienen la característica de ser irreversibles a escala humana, lo que debería ir achicando dramáticamente la capacidad de algunos organismos de ir soportando estas cargas, además de superponerse los estresores locales. La capacidad de carga que viene de la industria, es algo realmente multidimensional no sólo en términos productivos, sino sociales y ambientales.

Potenciales impactos de la acuicultura sobre los ecosistemas de los fiordos patagónicos

Edwin Niklitschek* & Pamela Toledo

Centro I~Mar, Universidad de los Lagos, Chiquihue Km 6, Puerto Montt, Chile

*Email: edwin.niklitschek@ulagos.cl

La costa de Puerto Montt posee aproximadamente unos 80 mil km. lo que representa el 95% de la costa de todo el país siendo uno de los sistemas estuarinos más grandes y menos conocidos del mundo. De los fiordos se sabe poco aunque mucho más que antes con un notable avance de conocimiento en los últimos 10 años, pero aún se sigue hablando más desde la ignorancia que desde el conocimiento.

En este enorme sistema existen básicamente tres fases expansivas de la salmonicultura, la primera en todo el valle interior de Chiloé, la segunda cerca del 2010 en los fiordos y canales de Aysén y la más actual con alrededor del 80% de nuevas concesiones y nuevas áreas de desarrollo concentradas entre Puerto Natales y Magallanes.

La existencia de un sistema o subsistema de canales y fiordos de Aysén es relativa pero aceptada y comprende la zona que se encuentra entre la boca del Guafo y la Península de Taitao que es una importante barrera biogeográfica. De los fiordos y canales de Aysén se sabe que existe una enorme biodiversidad que es pobremente conocida y que comprenden un mosaico muy complejo de hábitats, microhábitats definidos por todas las combinaciones posibles de salinidad, temperatura, oxígeno, pendiente, sustrato, corriente, especies fundadoras, entre otros, lo que hace que sea muy difícil homogeneizar todo lo que está sucediendo en los sistemas de fiordos y canales.

Se tiende a pensar que es un sistema prístino donde hay poca actividad humana y muy reciente, pero la presencia humana en esta zona tiene más de 4.500 años donde los primeros canoeros llegaron poco después de las últimas glaciaciones. Lo cierto es que el hombre ha provocado impactos severos a sangre y fuego en los albores de la República e incluso antes, tal vez en la misma visión de explotación de los primeros recursos naturales para esclavizarlos que vieron los europeos en los chonos, los que luego de varios intentos desafortunados por ser



“salvarlos” por parte de los jesuitas se extinguieron alrededor del 1800, siendo probablemente el primer desastre humano ambiental del que se tenga conocimiento.

A lo anterior le siguió un periodo de caza de mamíferos marinos entre el 1800 y 1870 que condujo a la extinción de varias especies, luego vino o se traslapó con la explotación del Ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uviferum*) que dio cuenta de alrededor del 95% de los bosques, siguiendo la ganadería y la deforestación, la pesca, la salmonicultura y cambio climático. En 1870 Enrique Simpson ya hablaba de la eliminación o prácticamente la extinción de al menos cuatro especies de mamíferos marinos, el chungungo (*Lontra felina*), lobo fino austral (*Arctophocephalus australis*), foca leopardo (*Hydrurga leptonyx*) y elefante marino (*Mirounga leonina*). Se prohíbe luego desde el nivel central su caza cuando ya no había existía al ser insostenible, por su inminente extinción. Con respecto al ciprés hubo una destrucción de alrededor de un 95% de sus bosques dada con la quema sistemática de islas para acceder a las mejores sus mejores piezas por casi 100 años. Algo de lo que a veces no se tiene mucha conciencia es del impacto de la deforestación de alrededor de tres millones de hectáreas entre 1930 y el presente, no sólo por la quema sino por los efectos que siguen hasta hoy día producto de la erosión. Donde el aporte de sedimentos a los fiordos y canales es indudable y notable, aun cuando han sido pobremente cuantificados.

Siguiendo con la historia están las pesquerías artesanales en los fiordos y canales. Al mirar los totales hay altos y bajos donde se observa un reemplazo progresivo de especies, siendo notable el de la merluza austral (*Merluccius australis*). Se puede ver también un aumento del erizo (*Loxechinus albus*) lo que puede pensarse de manera optimista pero que en realidad es un desplazamiento progresivo de la captura norte sur y una especie de sinceramiento de las capturas que en parte dejan de ser reconocidas en la décima región o mal reportadas. Aparece también una nueva pesquería, la sardina austral (*Sprattus Fuegensis*), la que ha sido importante en el último tiempo siendo hoy la segunda más importante en volumen. En conclusión lo que se tiene entonces es un reemplazo progresivo de especies y un avance sustancial de norte a sur en la explotación de estos recursos.

Descontando el cambio climático el último impacto severo humano en llegar a la zona es la expansión de la salmonicultura, la que se hace notable a partir del 2010 como consecuencia de los cambios en la regulación y cambios productivos a partir de la crisis del virus ISA. Estudios como los realizados por la WWF señalan que viene una gran expansión y desplazamiento desde la región de Los Lagos a la de Aysén. En la práctica se pasó de 150 mil toneladas año a los niveles actuales que están en torno a las 400 mil toneladas.

La salmonicultura funciona principalmente a nivel marino en términos de sistemas abiertos al se agregan peces, alimento, químicos sin quererlos pero patógenos, que interactúan con peces nativos, con el ecosistema a través de los escapes, liberando nutrientes al agua como el nitrógeno y principalmente al fondo con alimentos no consumidos, feca, antibióticos y fosforo. Se han hecho varios intentos de poner algunos números, algunos límites que permitan cuantificar estos impactos. Cuando se habla de impactos locales está referido al centro de cultivo y sus alrededores, bajo una escala de los 10mil Km y en impactos regionales a impactos entre 10 y 1000 km llámese bahía, fiordo o ecosistema.

La mayoría de las regulaciones en Chile tienden a prevenir a mitigar o medir los impactos a escala local. En esta escala se habla principalmente de enriquecimiento orgánico y sedimentación bajo en la cercanía inmediata de las balsas-jaulas. Impacto que es muy severo bajo las jaulas, contándose entre ellos; disminución de disponibilidad de oxígeno, bloqueo



físico de organismos filtradores o foto sintetizadores, alteración severa de la estructura y función de la comunidad bentónica, liberación de quimioterapéuticos, antibióticos, antiparasitarios de cobre y otras sustancias, lo que produce cambios en la estructura, función u productividad de la micro biota local. De acuerdo a datos oficiales hay 724 concesiones autorizadas en la zona lo que significa unas 6mil hectáreas que podrían estar potencialmente afectadas severamente por impactos locales, en la práctica hay un sistema de resolución sanitaria y concesiones no utilizadas, hay operaciones que no son las concesionadas, siendo difícil saber cuándo y dónde están los impactos, pero más o menos por los niveles de producción es posible estimar que existe una producción efectiva del orden de las tres mil hectáreas en 2016. Esto implica que aquí se concentran los impactos locales que dado el nivel de producción generan directo al fondo un poco más de 4mil toneladas de fosforo el que mayormente se va al fondo no liberado al agua, unas 200 toneladas de cobre, 180 toneladas de antibióticos y unas 34 toneladas de químicos para control de *Caligus*.

Son impactos severos, pero altamente localizados los cuales no excederían la superficie autorizada menos de un 1% de la franja costera regional (1 milla). El problema no es cuánto sino cuáles hábitats se están afectando y cuál es el valor de ellos. Se está hablando de hábitats o especies y comunidades que son especialmente vulnerable o de interés, de cuáles son los roles que juegan en la supervivencia de las especies en la conservación de la biodiversidad, es aquí cuando nace una crítica a cuánto realmente conocemos de la biodiversidad. Uno de los problemas que se tiene es que muchas veces los monitoreos están concentrados en los fondos, en los sedimentos y no, en las áreas aledañas que pueden ser muchísimo peor para la biodiversidad.

Si cambiamos de foco y vemos los impactos que están asociados a la liberación de nutrientes en la columna de agua, estamos hablando de impactos que pueden estar incluso en toda la Patagonia. La liberación de nitrógeno bajo la forma de amonio y otros está produciendo cambios en las relaciones nitrógeno-fosforo, nitrógeno-sílice y en general en la composición relativa y absoluta de nutrientes, lo que puede producir cambios importantes desde el nivel macro que es de cuántas diatomeas v/s cuántos dinoflagelados tenemos, a nivel líquido que es la estructura y función del fitoplancton. Si esto está relacionado o no con las FAN es una pregunta pendiente la cual no tiene una respuesta categórica pero se tienen sospechas fundadas de que probablemente hay relaciones y que los riesgos asociados están creciendo a medida que estos efectos se van combinando con otros.

Un segundo elemento son efectos tróficos (y sanitarios) de los peces escapados y el asilvestramiento de estos. La situación del 2016 implica que la descarga anual de nutrientes fue alrededor de 34mil toneladas de nitrógeno y alrededor de 4400 toneladas de fosforo. Si se considera la hectárea concesionada, pero no utilizada, en la actualidad se puede calcular que el potencial duplica las cantidades de nitrógeno. Las 34mil toneladas de nitrógeno liberadas al agua (no entregadas como alimento) significan más de 7 veces “el gran vertimiento” de salmones efectuado en Chiloé en 2016 del cual aún se discute si tuvo relación o no, con las FAN, pero esto se hace todos los años en el mar interior de Aysén, por lo tanto valdría la pena preocuparse. Sabemos que la productividad y composición de especies en fiordos está limitada/condicionada por disponibilidad absoluta y relativa de nutrientes, pero lo se está muy lejos de predecir es lo que significan estas emisiones donde no se tiene un modelo predictivo de esa capacidad, no conocemos ni conoceremos la capacidad de carga en estos ecosistemas en el corto plazo. Se debe avanzar hacia un enfoque precautorio basado en el sentido común como limitar producción y/o descargas hasta que no conocer capacidad de carga.



Respecto a los escapes de salmones más o menos (2003-2009) existen eventos catastróficos en Aysén, con 5.6 ind/t cosecha/año, superior al promedio nacional (1.9 ind/t/año). Lo anterior significa que el promedio actual estimado de es 2.2 millones de escapados/año. Esto sólo incluye escapes catastróficos y no, al escape hormiga que ocurre pero no está reportado. Si se desarrollara todo el potencial de la zona se podría llegar a los 4.4 millones/año, en el marco de una legislación extremadamente débil que ignora principios básicos de responsabilidad ambiental, no estimula recaptura y no permite remoción por parte de pescadores artesanales. Las cifras anteriores de peces escapados significan más o menos un consumo 5.800-10.800 toneladas de vertebrados e invertebrados marinos, principalmente peces pelágicos (3.400 - 6.300 t), 1.900 - 3.500 t de crustáceos pelágicos y 530 - 990 t de otras especies. Esto es bastante relevante si comparan las 6,400 t de peces desembarcadas por la pesca artesanal en 2016. Se ha observado una baja sobre-posición con depredadores demersales, pero una gran sobreposición con aves o mamíferos y con las pesquerías de cerco que están creciendo en la región.

Cabe recordar que se habla más desde la ignorancia que desde el conocimiento, donde se puede concluir que no se posee la capacidad de estimar “cuanto es demasiado”, respecto de los impactos ecosistémicos de los escapes. A mayor frecuencia e intensidad de escapes, mayor riesgo de establecer poblaciones asilvestradas de nuevas especies. Adicionales a las de salmón chinook, trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y trucha café (*Salmo trutta*) que han invadido toda la Patagonia. Existe una urgente necesidad de reforzar medidas de mitigación e implementar medidas efectivas para incrementar las tasas de recaptura/remoción de los peces escapados.

Dentro de lo que se desconoce está en no poseer un catastro “aceptablemente” completo de la biodiversidad de especies y comunidades dado el complejo sistema de hábitats y micro hábitats que existen. No se conocen las relaciones ecológicas básicas, interacciones tróficas, parámetros demográficos, estructuras poblacionales, etc., donde todo lo que se tiene son signos de interrogación, en definitiva no se tiene resiliencia de nuestros ecosistemas a distintas perturbaciones, por lo tanto se está bastante lejos de calcular “Capacidad de carga”. No se conoce la dinámica físico-química de los sistemas oceanográficos con niveles adecuados de resolución espacial y temporal, se está acercando, pero aún se está bastante lejos de responder estas preguntas. Existen enormes limitaciones en el conocimiento disponible para estimar la capacidad de carga de fiordos y canales. Esto implica que desconocemos el riesgo de estar excediendo o próximos a exceder estas capacidades de carga y, por lo tanto, de llegar a inducir cambios ambientales acumulativos, severos y relativamente irreversibles. Por lo tanto, la política propensa al riesgo del Estado chileno, basada exclusivamente en el control de impactos de escala local, es insostenible.

Las recomendaciones son que debería aplicarse un enfoque precautorio que implique tomar decisiones aún en ausencia de información, lo que sirve para pasar el peso de la prueba al sector productivo, al cual no se le debe demostrar cuál es la capacidad de carga, sino este tiene que mostrarle a la sociedad que es capaz de aumentar la producción sin producir cambios de magnitud. Eso implica tomar decisiones ahora, desarrollar esquemas de manejo espacialmente explícitos combinando áreas de manejo (AMA) y áreas de protección, congelar el actual nivel de emisiones es una propuesta concreta, de nutrientes, químio-terapéuticos y sustancias “anti-fouling”.

Lo anterior significa que se puede permitir aumentos en el actual nivel de emisiones sólo ante evidencia contundente de que la capacidad de carga de uno o más sub-sistemas permite tal



incremento. Permitir aumentos productivos sólo en la medida que se mantengan niveles actuales/permisibles de emisión. Es decir, en la medida que aumente la eficiencia ambiental de la industria: mayores tasas de conversión, reducción en tasas de uso de quimio-terapéuticos y sustancias “anti-fouling”, reducción en el riesgo y/o incremento en la tasa de recaptura de los escapes, evaluar medidas efectivas y fiscalizables: Comando y control, bonos transables o cualquier otra medida que aumente la eficiencia de tal manera que se pueda eventualmente aumentar producción mientras no se aumenten las emisiones.

Uso de pesticidas en la acuicultura: efecto en especies no objetivo

Paulina Gebauer M.*

¹Centro I~Mar, Universidad de los Lagos, Chiquihue Km 6, Puerto Montt, Chile

*Email: pgebauer@ulagos.cl

El uso de pesticidas en la industria salmonicultora se debe a un parasito llamado *Caligus*, el cual genera grandes pérdidas para la industria. Se han utilizado para ello distintos pesticidas entre ellos: Benzoylureas: inhibidor de la muda, síntesis de la quitina (Diflubenzuron), Benzoato de emamectina: un compuesto químico dentro de la clase de avermectinas que estimula la liberación de GABA (ácido gama aminobutirico) donde la neurotransmisión es reducida actuando sobre el sistema nervioso, productos que se aplican vía oral a los salmones.

La Cipermetrina, Deltametrina, Azametifos y Peróxido de hidrógeno son productos usados también en la agricultura por ser activos que están dirigidos a matar insectos, a matar plagas y por supuesto artrópodos, en general. Productos tomados como principio activo y que se están aplicando para un pariente de los insectos que es el *Caligus* o copépodo, los que no están solos en el agua sino también con otros parientes que son crustáceos como la centolla o la jaiba. La dipermetrina fue introducida contra el *Caligus* en el 2010, la deltametrina en 2007, (PIRETROIDES SINTETICOS), los azametifos en 2013 (ORGANOFOSFORADO) y Peróxido de hidrógeno en 2007 este último el menos utilizado.

La cipermetrina y deltametrina son piretroides o piretrinas sintéticas, son naturales obtenidas del crisantemo y han sido usadas desde 1850 para matar insectos en los jardines. Los Piretroides actúan en la transmisión nerviosa, hacen una interferencia en los canales de sodio (Na) que resulta en la depolarización de las neuronas motoras produciendo una descarga repetitiva en las terminaciones nerviosas que conducen a una eventual parálisis y muerte de los organismos. Por otro lado los organofosforados son neurotóxicos que inhiben la actividad de la acetilcolinesterasa (AChE), enzima responsable de hidrolizar el neurotransmisor acetilcolina, liberada durante la transmisión de un impulso nervioso y el Peróxido de Hidrógeno conocido como agua oxigenada que crea una difusión directa hacia el interior del organismo y que actúa como agente oxidante (daño celular).

En la salmonicultura los pesticidas se aplican en las balsas jaula en un sistema de lona cerrada, una vez aplicado se saca esta lona y la pluma con el agua donde se aplicó el producto simplemente es dispersada, pudiendo aplicarse en baños con lona cerrada. En la estadística no es tan fácil encontrar cuántos kilos de estos compuestos están siendo utilizados en Chile, comparadas con las que se usan en Noruega, en general, para el año 2012 las concentraciones



de Chile eran más altas. El *Caligus* es un organismo plástico por lo tanto empieza a crear resistencia contra los diferentes productos y se solicitan nuevos productos para combatirlo.

Ahora bien, las larvas son un buen material de estudio porque en general son estados tempranos, altamente sensibles, están ocupando la columna de agua y están en el bentos, por lo tanto están compartiendo el mismo ambiente. Los resultados de algunas investigaciones sobre la jaiba marmola (*metacarcinus edwardsii*) son que y el uso de estos compuestos son que a la aplicación de Cipermetrina el 100% de las larvas mueren a una concentración 100 veces menor a la recomendada por el fabricante (RF) a las 24 horas post-exposición. Con la deltametrina a las 48 horas post exposición el 100% de las larvas mueren al ser expuesta una concentración 20 veces menor RF. En los azametifos una concentración 10 veces menor RF mata el 100% de las larvas a las 72 horas post-exposición. Repetidas exposiciones a azametifos ($0.0625-0.5 \mu\text{g L}^{-1}$) incrementa la mortalidad, pero no el tiempo de desarrollo de la larva. Con el peróxido de hidrogeno el 50% de las larvas mueren al ser expuestas a la concentración RF a las 96 horas post-exposición. Sin embargo, efectos subletales, como la prolongación del tiempo de desarrollo son presentes a concentraciones menores a las RF. Una crónica exposición a peróxido de hidrogeno ($187.5-1500 \text{ mg L}^{-1}$) tiene efecto letal.

En estas investigaciones se siguen estas larvas durante más tiempo, ya que la mayoría de otros estudios siguen estos efectos tóxicos solamente hasta las 96 horas post aplicación. Aquí se siguen durante siete días o más hasta que las larvas mudan al segundo estado de desarrollo, ya que uno de los puntos críticos del crustáceo en general es la muda, muchas veces se desarrollan bien pero al momento de mudar quedan enredadas. Los días adicionales en el plancton por parte de las larvas aumentan sus tasas de mortalidad principalmente por la depredación ya que son muy pequeñas y necesitan estar alimentándose constantemente.

Estos mismos experimentos se hicieron con larvas de centolla (*Lithodes santolla*), con la diferencia que ésta es una larva grande y robusta diferente de la anterior que es del tamaño de una cabeza de alfiler con un peso de 14 microgramos. En el caso de la centolla es una larva que está pesando 500-800 microgramos. El efecto de la cipermetrina que se observó muy dramático en las jaibas no es así en las centollas, sin embargo igual existen dosis letales por debajo de la concentración RF. De igual forma se observa que cuando se tiene efectos sobre la mortalidad, en este caso tenemos un alargamiento en el tiempo de desarrollo de la larva, el cual se vuelve crítico porque es una larva que no come. Cualquier gasto de energía adicional implica que no va a tener suficiente energía para completar su desarrollo. Sobre las dosis la cipermetrina en 100% de Zoea I se encuentran moribundas o muertas a las concentraciones RF y a las 96 horas post-exposición. Con la deltametrina 100% de las larvas están muertas o moribundas a concentraciones 33% inferiores CRF, en el caso de los azametifos una concentración superior RF, 200 ppb, genera el 100% de larvas muertas o moribundas. Y con el peróxido de hidrogeno el 50% de las Zoea I son afectadas por concentraciones de 2000 ppm (1500 ppm RF) 96 horas post aplicación.

Los baños de los piretroides, cipermetrina y deltametrina, y del organofosforado, azametifos son coordinados en Chile a través de un calendario de aplicación a cargo del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA), el cual consiste en aproximadamente 8 días de aplicación de piretroides o azametifos y 8 días sin aplicación, bajo este régimen los organismos no objetivos pueden estar sometidos a exposiciones prolongadas a los fármacos. La exposición crónica de las larvas de *M. edwardsii* a concentraciones $\leq 0.5 \mu\text{g L}^{-1}$ de azametifos provocan un aumento de un 24 % en la mortalidad. Esta estrategia de control del parasito podría ocasionar mayores daños en las especies no objetivos que los considerados.

No es posible descartar que múltiples exposiciones a un mismo pesticida o a distinto provoquen daños acumulativos en especies no objetivos. Los piretroides tienen baja solubilidad en el agua pero se adhieren al material particulado, características que disminuyen su disponibilidad en el agua y aumentan la probabilidad de acumularse en el sedimento. Los piretroides son pesticidas muy tóxicos, probablemente los efectos directos en su fase acuosa se manifiesten en un tiempo y área restringida de la columna de agua, en el entorno de las balsas tratadas, los que por su alta afinidad con la materia orgánica representarían un mayor riesgo para los organismos que ingieren material particulado, y potencialmente para la comunidad bentónica.

En el caso de los azametifos tienen baja absorción por lo que permanece por mayor tiempo en la columna de agua que los piretroides. Las características de los azametifos indican que la toxicidad acuosa es indudablemente más riesgosa y la acumulación en el sedimento es probablemente una ruta menos importante de desaparición desde la columna de agua, condición contraria a los piretroides, por lo tanto podrían afectar en mayor medida a los organismos que habitan la columna de agua.

Aún existe insuficiente información para poder dimensionar los efectos reales de estos compuestos debido a las múltiples aplicaciones en el tiempo, así como los potenciales efectos sinérgicos de la aplicación de múltiples fármacos. Por otra parte estudios sobre los efectos de la ingesta de material particulado conteniendo estos fármacos sobre el meroplancton, y de la acumulación de alguno de estos en el sedimento y sus implicancias en la comunidad tanto pelágica como bentónica en general, aún requieren mayores estudios.



Dra. Paulina Gebauer explicando el uso de pesticidas y algunas de sus consecuencias



Ronda de Preguntas del Segundo bloque:

1.- Los escapes reiterados de salmones se componen principalmente a Salmon salar especie, que no ha demostrado mucha capacidad para sobrevivir ¿existe evidencia de asilvestramiento en la región?

Edwin Niklitschek: Efectivamente los escapes son proporcionales a lo que se cosecha. Efectivamente el salmón del atlántico es una especie que le va relativamente mal en términos de captura de su alimento, de sobrevivencia y en términos de asilvestramiento como se mencionaba no existen evidencias de poblaciones asilvestradas de este salmón, a diferencia del salmón coho existen eventos de asilvestramiento temporales no permanente y en el caso de la trucha arcoíris hay bastante evidencia que existe un proceso de hibridización con la trucha previamente introducida.

2.- ¿Cuáles son los indicadores para determinar la capacidad de carga adecuada, entendiendo que cualquier actividad productiva causa impacto en el medio ambiente?

Rodrigo Torres: Capacidad de carga debe ser algo definido con claridad pero se intuye que el término de capacidad de carga usado por la empresa es diferente al ecosistémica. Primero debemos entender y definir cuál es el estado de salud del ecosistema que se acepta como el mínimo necesario para definir en segundo plano cuál es la carga que nos puede permitir a la mantención de ese estado. Cualquier aumento de esa carga que lo cambie ya es un problema., pero es un punto que se debe discutir entre todos.

3.- Si propone congelar las emisiones al estado actual piensa que todavía ¿Piensa que aún está bajo la capacidad de carga?

Edwin Niklitschek: No existe una respuesta categórica, pero debe compatibilizarla con una actitud precautoria, responsable desde un punto de vista socioeconómico por lo que es poco práctico plantear una revolución de los niveles actuales de producción en función de información que no tenemos. Lo que sí se debe hacer es revisar si tenemos alguna información sobre estar afectando “micros sistemas vulnerables”, en general es un riesgo razonable pero no se tiene certeza.

4.- En vista de los efectos conocidos y desconocidos de los pesticidas Efectos conocidos pesticidas ¿qué le parece su uso en Áreas Protegidas?

Paulina Gebauer: La realidad es que si las salmoneras están en esta área protegida y tienen los permisos para utilizar estos pesticidas, los van a utilizar, me gustaría que no, pero es así. También los organismos mueven de una zona de plancton a otra. No me gustaría que se usaran ni en áreas protegidas y ojalá tuviéramos otro tipo de acuicultura pero es lo que tenemos.

5.- ¿Qué puede hacer la población local, nacional para generar presión sobre las empresas que hoy no se responsabilizan por la contaminación generada?

Edwin Niklitschek: Sobre las empresas probablemente es la presión de los consumidores. Los consumidores responsables tienden a producir producción responsable, pero a nivel regional y nacional debemos hacerla sobre nuestras autoridades tanto en la legislación, como en la fiscalización. Creo que debemos hacer presión como consumidores y ciudadanos.

Tercer Bloque

Métodos y técnicas físicas químicas de estudio variables para modelos de capacidad de carga y puntos de vistas nacionales e internacionales



De izquierda a derecha, Philippe Delandmete, Nabeil Salama, Pablo Mata, Doris Soto y Javier Ruiz





Métodos numéricos para el estudio de la dinámica de los ecosistemas de fiordos y canales

Pablo Mata *

Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia, CIEP

Coyhaique, Chile

*Email: pmata@ciep.cl

La zona de interés de estudio es la costa occidental de América del Sur, la zona de fiordos y canales, cuando hablo de cuerpo de agua es la que recibe aportes de agua dulce. Puede tener cuerpos de agua que se comportan de forma muy distinta, no es homogéneo.

Los comportamientos se repiten (cíclico) el sin intervención, ciclo anual, no son procesos de naturaleza irreversible, si se repite podemos decir que está en equilibrio, todos los años se parece. Se puede comparar este ecosistema a una pelota que oscila en un Valle, que viene de la mecánica de cuerpo sólido con equilibrio estable. Podríamos pensar que los cambios se dan por oscilaciones naturales, acá son poco útiles para el ser humano, por el aumento de población que ojalá se haga racionalmente. Se incrementa la cantidad de oscilaciones, en algún minuto se puede cambiar de tal forma que se transforma en algo distinto, corro el riesgo que se vaya a algún lugar que no deseo o sea, a un estado irreversible. Tener conocimiento de los efectos y perturbadores deben desencadenar normas de la academia y la industria que eviten la destrucción de este ecosistema.

Puede haber efectos acumulativos. Un fiordo y canal está sujeto a las mareas, entre las masas de la tierra el sol y la luna, influencias de las corrientes planetarias. El viento puede producir un movimiento superficial del agua en la primera capa, está en contacto con la temperatura, ambiente, radiación, y descargas de agua dulce. Y los efectos de la topografía submarina.

Dinámico interior del fluido, corrientes, estructura es turbulenta, las descargas de agua dulce cambia salinidad y temperatura de aguas dulces. Se deben estudiar por tanto los efectos forzantes, y efectos temporales. Uno puede aislar un cuerpo de agua, que se restringe, se comunican por aperturas, restringidas por montañas submarinas, pero todos los cuerpos de agua están conectados entre sí.

Otro componente desde el punto de vista matemático es la cadena trófica al interior de los cuerpos de agua, el ciclo del carbono nos permite convertir el CO₂ en materia orgánica, por medio de larvas, sustento de los otros eslabones de la cadena trófica por medio de los servicios ecosistémicos, donde también involucra los sedimentos.

El desafío es intentar describir estos ciclos para enfocarse en lo que nos interesa más, los cuerpos de agua están todos interaccionados, alteraciones en un cuerpo de agua desembocan en cambios a meso escala. Los modelos reproducen lo que soy capaz de medir. El turismo también puede ser un agente de contaminación importante, puede llevar la enfermedad de un lugar a otro al igual que la pesca artesanal y la como se ha hablado la producción de la acuicultura.



SLIM 3D: a discontinuous Galerkin finite element model for geophysical and environmental flows

Philippe Delandmeter*, Jonathan Lambrechts, Vincent Legat, Jean-François Remacle, Eric Deleersnijder

Université Catholique de Louvain, Belgium

*Email: p.b.delandmeter@uu.nl

Los modelos numéricos son herramientas esenciales en la oceanografía moderna. Se usan en varios dominios, desde estudios de cambio climático hasta predicciones de mareas de temporales o propagación de contaminantes. En la última década, los modelos de malla no estructurada han demostrado eficiencia en la simulación de la hidrodinámica a múltiples escalas en topografías complejas. Sin embargo, aún deben abordarse numerosos desafíos y limitaciones. Respecto al trabajo realizado aquí se trata del desarrollo del modelo tridimensional de malla no estructurada, el modelo de hielo-océano *Louvain-la-Neuve* de segunda generación, SLIM 3D.

El potencial del modelo que se está trabajando se basa en un seguimiento de partículas para observar los flujos en el océano de las partículas de plástico. En este estudio no se observan las partes bajas sino las más claras, donde las actividades humanas están muy cerca de la costa, incluso su población. Los modelos de numéricos tienen muchas aplicaciones siendo una de ellas para los sedimentos pudiendo saber que sucede con el que va al mar, qué con las partículas, qué pasa con las larvas de corales que se transportan hacia otros corales, el nacimiento de las tortugas que van al océano y qué traen, los escombros plásticos de los que hay muchos en el océano, entre muchos más. Otra aplicación es para ver la propagación de las olas y las tormentas además de las condiciones atmosféricas para observar por ejemplo lo que ha pasado en el caribe y los ciclones en la costa por si se quiere saber qué áreas se pueden ver afectadas potencialmente. El modelamiento nos sirve para ver la conectividad entre áreas, para ver cuáles son más arriesgadas que otras, siendo problemas difíciles de modelar.

Respecto a los estudios realizados se ha detallado la discretización vertical del modelo, el cual utiliza coordenadas adaptativas verticales mostrando la ventaja de este método en aplicaciones con una fuerte estratificación, como el modelado de oscilaciones termoclínicas en el lago Tanganica en África central. Mismo modelo utilizado para simular el transporte del sedimento exportado por el río Burdekin a la Gran Barrera de Coral en Australia.

En el caso de la región de Aysén en el canal Puyuhuapi, se observa que posee similitudes con la topografía de las aplicaciones mencionadas anteriormente. Utilizando el modelo SLIM 3D para realizar simulaciones realistas de los principales procesos hidrodinámicos de este canal. Se observó así que la mayoría de los sedimentos estaban en la bahía cerca de la superficie. Puyuhuapi es un hábitat de costa, donde en materia vertical se tiene una implementación costera del cual se pueden tener excelentes resultados. Los datos proporcionados hasta ahora muestran que lo que está sucediendo con los flujos es más complejo comparado con el Tanganyika al tener simetrías diferentes.



Las conclusiones para estos trabajos muestran que el potencial principal del modelo 3D en Canal de Puyuhuapi es que tiene una malla sin estructurar pero con la que se puede conseguir datos exactos, como dinámicas de ríos, además de poder agregar de manera muy fácil modelos ecológicos. Se tiene actualmente una fuente de modelo abierto la cual llevará tiempo pero de ser instalada podrían contar con sensores, el problema es que es un modelo muy caro.

Using models to inform spatial aquatic animal health management to support production

Nabeil Salama*

Marine Scotland Science, Marine Laboratory Aberdeen, 375 Victoria Road, Aberdeen AB11 9DB, UK

*Email: nabeil.salama@gov.scot

Actualmente Escocia es el mayor productor de salmón del atlántico (*Salmo salar*) en piscifactoría, con más de 170 toneladas por año, lo que permite que se convierta en la exportación de alimentos más valiosa del Reino Unido. El gobierno escocés apoya las aspiraciones de la industria para aumentar la producción.

Una de las limitaciones para el crecimiento sostenible de esta industria es la enfermedad patógena que causa aproximadamente un tercio de la mortalidad marina. Con el fin de reducir el impacto de estos agentes, las granjas productivas en Escocia están administrando una variedad de estructuras espaciales. Las áreas de manejo de enfermedades (DMA) se basan en los principios asociados con las excursiones de marea y han sido útiles para erradicar la anemia infecciosa del salmón. Áreas de manejo agrícola (FMA) descritas por los productores en acuerdos o declaraciones legalmente requeridos que representan el conocimiento local y consideraciones comerciales.

En Escocia se ha perdido de un 20 a 25% de salmón, más de mil millones a la economía. Actualmente se quiere aumentar la producción donde se está más o menos bien encaminados. Aquí se ha estado trabajando en las enfermedades del salmón por más de 100 años, Trabajando con muchas legislaciones de la global OIE a 70 estatutos. Escocia posee también un código de industria, donde la gestión del área es importante y donde los usuarios manejan los stocks. Las áreas para trabajo están definidas por distintas líneas de modelamiento, distintos enfoques y modelos de transmisión. Aquí mediante un modelo simple que es dibujar un radio de 7258 km y 3629 en las islas, esto tiene que ver con los virus como en Chile y las áreas en las que se debe desarrollar. Actualmente este país se encuentra libre del virus ISA.

Con la erradicación de este virus y estudios se descubrió que entre más grande la granja mayor debe ser su grado de separación. En el caso de la septicemia hemorrágica viral en los peces que comen parásitos, como cualquier cría intensiva en Escocia se tiene esta enfermedad, aquí la biomasa era más pequeña así que pudieron ver estas transmisiones y lograron evitar que se propague, quedando zonas más limpias donde se puede restringir.

En la última década en control de los piojos de mar (*Caligus*) ha ocupado importancia pero no hay reglas para su forma. Para ayudar a informar se creó un modelo de dispersión biofísico para el sistema fiordo más grande de Escocia, que ha sido evaluado utilizando observaciones oceanográficas y biológicas que considera el viento y las olas para



monitorearlos, además de su ciclo de vida, temperatura y salinidad. La aplicación de los resultados de este modelo de dispersión con modelos de población simplificados ha demostrado el valor de las prácticas coordinadas para reducir la necesidad de tratamientos medicinales. Desarrollos recientes también se ha incluido la aplicación del modelo de la plataforma escocesa para evaluar cómo las FMA interactúan, desarrollando a su vez modelos hidrodinámicos numéricos aproximados que explican el almacenamiento, permitiendo la aplicación de zonificación temporal para el control de la septicemia hemorrágica viral. La gestión espacial informada a través del modelado, como parte del manejo integrado de plagas contribuye de manera importante al control de enfermedades patógenas en la acuicultura escocesa la que respalda la producción sostenible. Chile necesita necesariamente aumentar sus estudios, los científicos están aumentando sus investigaciones y se espera que nos sobrepasen a los de Escocia.

El estuario del río Guadalquivir: herramientas científicas para la gestión frente al torbellino de conflictos de usos e intereses.

Javier Ruiz*

Departamento de Ecología y Gestión Costera, Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía,
Consejo Superior de Investigación Científica, CSIC, 11510 Puerto Real, Cádiz, España

*Email: javier.ruiz@icman.csic.es

El estuario del río Guadalquivir era un espacio abierto al mar no muy similar a los fiordos de Chile pero comparte con ellos que es un sistema costero semi-cerrado que tiene importantes impactos por la presiones de naturaleza humanas, el cual hace 10 años producto de estas presiones llegaron a una alarma social tan importantes que el ministro de medio ambiente solicitó al Consejo Superior de Investigación Científica que hiciera un diagnóstico y que comenzara a ordenar de alguna manera la situación del estuario.

Este estuario producto de los cambios en sus usos y transformación del territorio impiden el cambio del ciclo entre estuarios y mar, producto de una visión antropocéntrica de los ecosistemas, en donde no se toma en cuenta el intercambio mar - tierra. Este lugar acumula milenios de presencia humana y siglos de importantes transformaciones antrópicas en su estructura y funcionamiento, transformaciones se han acentuado en el siglo XX como resultado de demandas de uso por sectores como la agricultura, la acuicultura, el turismo o la navegación marítima. Estos usos entran en conflicto entre sí y con los servicios ecosistémicos que este estuario presta, en especial teniendo en cuenta que el mismo forma parte del área natural de Doñana (la mayor zona protegida de Europa) vital para el reclutamiento de numerosas especies pesqueras de la región.

En este lugar los actores que convergen se pelean por el medio natural sin medir el impacto producto de sus diferentes intereses, sin tener en cuenta que este estuario no es un sistema estático, sino en evolución. En este conflicto de intereses estuvo primero el diagnóstico, segundo las decisiones donde la comunidad científica que no participa, más bien la sociedad como parte democrática y tercero entre la comunidad científica con la predicción, incertidumbre y riesgo. Desde lo operativo era clave la importancia de los sistemas de

información ya que cualquiera iba a cuestionarlo (actores potentes). Se generó una visión de mucha resolución en el tiempo y espacio sin dar paso a la especulación a través de un escenario claro e independiente de los intereses que tuviese cada actor.

Todo el proceso de transformación previo del territorio había modificado el estuario, esta situación que crea inestabilidad en todo el suelo del estuario, a través de su proceso de transformación histórico afecta al estuario y a toda la zona marina circundante con sólidos en suspensión. El estuario no tiene suficiente luz ya que no se puede producir la fotosíntesis, sumado a los sólidos en suspensión generan hipoxia crónica, la turbidez es alta y la concentración de oxígeno es crónica, sus concentraciones están por debajo y afectan al estuario. Los taxones no pueden afrontarlo, donde el CO₂ está por encima del equilibrio de la atmósfera.

A esto se suman los sólidos en suspensión que se encuentran incluso en algunos platos (comida) y que generan problemas a la salud humana. A pesar de lo anterior, algunos espacios aún se encuentran operativos, estando sus zonas controladas en su interacción con el océano y el estuario, la cual es buena para la acumulación de alimento para especies que son muy importantes, logrando que lo poco que queda sea capaz de sostener la pesca.

Esta situación antes pudo haber estado justificado por falta de conocimiento pero actualmente no lo es. En este conflicto hubo un impacto social grande donde se incluyó incluso un boicot al grupo científico al cual se descalificó e insultó, donde también se quiso contratar a otros científicos más adecuados, dado los resultados que se estaban consiguiendo.

Finalmente la estrategia y los resultados obtenidos por el estudio encargado por el Ministerio de Medio Ambiente de España a la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas, con el objetivo de aumentar el conocimiento científico existente sobre este ecosistema y poder realizar una gestión basada en el conocimiento arrojaron como resultados una base para el posicionamiento de importantes instituciones internacionales como la Comisión Europea o la UNESCO así como de instituciones del reino de España que incluyen el Tribunal Superior de Justicia, el Ministerio de Medio Ambiente o el Senado.



Dr. Javier Ruiz expone sobre el caso del estuario Guadalquivir en España



Implementando el enfoque ecosistémico a la acuicultura para abordar los objetivos socioeconómicos, ambientales y de gobernanza

Dra. Doris Soto *

Centro Interdisciplinario para la investigación Acuícola INCAR

*Email: dorsoto@udec.cl

La implementación del enfoque ecosistémico es un tema muy amplio. La acuicultura está integrada y se relaciona con otros sistemas como la agricultura relacionada con los alimentos, la pesca, la interacción con los bosques, entre otros. Todos los sistemas productivos tienen costos ambientales y beneficios, donde balancearlos no es una tarea fácil. La acuicultura como sistema de producción representado por ejemplo con jaulas de camarón, con la idea de dar una idea distinta y no enfocarse tanto en los salmones, hay alimentos que ingresa, hay obviamente algunos que no se consumen que quedan en el ecosistema junto a otros desechos y se tiene también la producción en biomasa, por lo cual las consideraciones ecosistémicas son necesarias desde el comienzo del proceso de planificación y a menudo se olvida eso. Es sumamente importante saber cuánto entra, de dónde viene, cuánto sale y a dónde va, no sólo en términos de producción de biomasa.

La FAO establece que “El Enfoque Ecosistémico para la Acuicultura (EEA) es una estrategia para la integración de la actividad dentro del ecosistema de tal forma que promueva el desarrollo sostenible, la equidad y la resiliencia de los sistemas ecológicos y sociales que allí se conectan”. Lo importante es que el EEA se desarrolló bajo ideas centrales e identificación con los objetivos del desarrollo sostenible donde su fuente proviene de la premisa del enfoque ecosistémico (EE) que se encuentra en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (UNCDB, 1993), que define el EE como una estrategia para la gestión integrada de la tierra, el agua y los recursos vivos que promueve la conservación y utilización sostenible de modo equitativo. Se implementa teniendo en consideración principios y acuerdos mundiales, nacionales e internacionales como por ejemplo la convención de Naciones Unidas sobre el derecho del mar, las normas de organización mundial del comercio, el código sanitario para los animales acuáticos, entre otros. Y se agregan dos muy importantes los dos últimos cuatro, cinco años donde están por ejemplo los objetivos de desarrollo sostenible Objetivos para el desarrollo sostenible de la ONU; Agenda 2030 (Rio 2015) y 14 Objetivos del Acuerdo marco de la ONU para abordar el cambio climático (Paris 2016). Donde se deben considerar temas como la adaptación al cambio climático y el control de emisiones de gases invernadero.

El enfoque ecosistémico está orientado a tres principios, claves para la contribución de la acuicultura al desarrollo sostenible: 1) La acuicultura se debería desarrollar en el contexto de las funciones y servicios ecosistémicos (incluyendo la biodiversidad) sin degradación de éstos más allá de su resiliencia, 2) La acuicultura debería mejorar el bienestar humano y la equidad para todas las partes interesadas relevantes y 3) La acuicultura debería desarrollarse en el contexto de otros sectores, políticas y metas como sea apropiado. Donde existen forzantes externos como el cambio climático.

Hay pérdidas y ganancias en los tres objetivos el logro de resultado ocurre en escalas diferentes, cuando se piensa en resultados beneficios en términos económico el uso del ecosistemas debe entregarlos también en temas sociales como trabajo, si no hay beneficios

debemos pensarlo con cuidado, los gobiernos locales y regionales deben tener en cuenta cuáles son las posibilidades productivas. Cuál es la política de desarrollo local, regional y nacional. El desarrollo de la estrategia debe ser participativa con las partes involucradas, sino no hay participación no hay empoderamiento. Se debe tener mejor conocimiento disponible, incluyendo el conocimiento local y análisis de riesgo.

El concepto de capacidad de carga en términos ecológicos tiene relación con límite superior al que puede extenderse la población, es decir, el máximo tamaño poblacional (K) que puede ser soportado indefinidamente por un medio ambiente dado, en el cual la competencia intraespecífica ha reducido la tasa per cápita neta de crecimiento poblacional a cero. El ecosistema puede soportar a los organismos y al mismo tiempo, mantener su productividad, adaptabilidad y capacidad de renovación hasta un límite determinado antes de que se produzca un desequilibrio. Por otro lado la capacidad de carga social es cuanto podemos intervenir, tecnología y trabajo, una de las falencias graves que tenemos en Chile y el mundo es no tener énfasis en lo social en sus sistemas, donde el monitoreo, el seguimiento es fundamental para modificarlo si los indicadores nos señalan que no va bien.

Finalmente se puede entender que se requiere de la existencia de Políticas constructivas y facilitadoras las cuales son un pre requisito para la implementación del enfoque ecosistémico a la acuicultura, es fundamental asegurarse que los beneficios sociales locales son suficientemente relevantes para justificar costos ambientales, se requiere un mayor conocimiento y consideración a los flujos de nutrientes y tramas tróficas, capacidad de carga y/o de recuperación del ecosistema, se requieren sistemas de monitoreo integrados participativos, públicos y transparentes, además de una integración espacial considerando aspectos ecológicos, sociales y forzantes externos y mucho apoyo y reforzamiento a la gobernanza a nivel local.



La Dra. Doris Soto habla sobre los enfoques ecosistémicos aplicados a la acuicultura.



Ronda de Preguntas del tercer bloque:

1.- ¿Cómo integran en el modelo además de las actividades ganaderas, salmonicultura, turismo las dinámicas de las poblaciones humanas? ¿Cómo se podría usar este modelo para una planificación integral del territorio y maritorio?

Pablo Mata: Se deben entender la biogeoquímica de los fiordos. Los aportes que llegan son a través de los ríos, si una población es rica en industrias, se van a integrar de manera automática. Respecto a la segunda pregunta es bueno no hablar de predicción, los modelos no tienen la capacidad de decir lo que va a pasar sino de generar estimaciones de los escenarios que uno le parece indeseable. Habrá que controlar las actividades, a veces se tiene la sensación de una realidad virtual que nos dirá lo qué va a pasar y estamos lejos de eso.

2.- ¿Cuál es la correlación mínima esperada para considerar un resultado aceptable?

Philippe Delandmeter: Se necesitan datos de vientos, mareas y los ríos, cuánta agua entra, todos los flujos de agua y sedimentos y otras cantidades que podemos modelizar, una serie temporal en un punto no es suficiente, una resolución de datos similar para los datos como para la simulación, cómo validar varias maneras se hace con lo que se tiene. Hay varias maneras pero se debe tener en cuenta lo que se tiene y ver cómo usarlo para validar el modelo.

3.- ¿Cómo definiría razonable o equilibrado un riesgo para la diversidad biológica?

Doris Soto: No es para la comunidad científica depende de la ocurrencia y el impacto que debemos definir nosotros, en circunstancias en un área de conservación que no queremos perder nada peor otras que no sea global. Es algo que debemos discutir.

4.- ¿Qué tipo de incentivos o sanciones tiene la industria para reducir las enfermedades en la producción de peces?

Nabeil Selama: Las posibilidades son de las granjas, las regulaciones que se tiene son un reporte, un 5% al mes. Los veterinarios deben ver la situación de la industria y las medicinas que sean popularmente acordadas porque los peces están adentro, se debe analizar por las diferentes especies, el viaje de la economía y su regulación.

5.- ¿Cómo se logra que un ente único regule la gestión de la cuenca de un río, cómo se le da validez en el marco de una ley nacional?

Javier Ruiz: Esta es básicamente la pregunta del millón, en muchas partes especialmente en España hay muchas competencias que afectan a los sistemas costeros que están dispersas, como por ejemplo el Ministerio de Fomento que vigila el tránsito marítimo, la gestión de la costa del Ministerio Marítimo, otros trozos de la comunidad autónoma y atrás de todo eso está la Unión Europea que es la que de alguna manera supervisa. No soy experto en derecho administrativo, pero cuando planteamos los resultados del estudio entre las personas y agentes que hablamos, fue una convergencia de voluntades que dieron un resultado.



Cuarto Bloque

Análisis Nacional: Contexto desde la industria, normativa y cómo avanzamos para mejorar

Capacidad de carga en fiordos y canales: visión de la industria del salmón

Alfredo Tello

SalmonChile, Intesal, Puerto Montt, Chile

*Email: atello@intesal.cl

La visión de la industria del salmón es competitiva, sustentable y rentable, con capacidad de adaptarse para responder oportunamente a sus desafíos y que generar valor en el borde costero de la zona sur-austral de Chile. La sustentabilidad no sólo es importante para minimizar las externalidades sino que sirve también para ser competitivo. La capacidad de carga es algo fundamental, en la industria es algo esencial pero no hay consenso en cómo implementarlo. Qué medimos, cómo lo medimos. El desempeño está determinado por cuánta biomasa tengo en un centro de cultivo y determinará los resultados productivos o cómo el ambiente es capaz de aguantar para yo producir de manera eficiente.

Para la industria el cómo trabajamos e implementamos este concepto y cómo transferimos este conocimiento a la comunidad científica es importante. La industria tiene un futuro muy prometedor producto del aumento de la población (2050) y la demanda de pescado como proteína la cual tiene una alta demanda y va a seguir aumentando. Las pesquerías están estancadas y lo que se necesita vendrá desde cultivos del mar, la oferta de productos del mar de la acuicultura va a intersectar a las pesquerías y va a ser el principal proveedor. La industria del salmón no es como otras industrias de producción animal, no pudiéndose cultivar en todo el mundo. El pollo por ejemplo se produce en otras partes como otras proteínas, en cambio el salmón solo puede hacerlo en un ambiente nicho.

La evolución de la industria y normativa debe ser para ver el camino que debemos recorrer como industria, para que avance bien en la capacidad de carga. 10 años después de que se entregaran concesiones se definieron áreas para la acuicultura y después aparecieron los reglamentos. Llegó el virus ISA donde no existían medidas ni nada. Los centros de cultivo interactúan y se relacionan, de esto nació la acuicultura 2.0 a raíz y posterior del virus ISA. Un modelo que va desde la ova hasta la producción final.

Existe una segunda gran zonificación la primera con áreas aptas para la acuicultura y la segunda las macrozonas pensadas en contención epidemiológica con medidas sanitarias en caso que pase algo sanitario adverso. Los Barrios salmoneros tienen como objetivo 1 descansos coordinados para prevenir la diseminación y contagio de los peces nuevos y da remediación al fondo marino, obligando que la producción se haga en una ventana de tiempo, tiene cosas buenas y malas desde la capacidad de carga. El modelo es bueno o relativamente exitoso, la industria mejoró y disminuyó el virus ISA. Tanto el gobierno como la industria

pensó en qué se podía hacer. Había ciertos barrios que cuando superaban el nivel de biomasa los niveles de enfermedades afectarían negativamente a la industria. Hay un costo a medida que aumenta la producción, cuánto puedo producir dónde hago salmonicultura.

La nueva regulación vela por la cantidad de centros de cultivos o biomasa y cantidad de peces que meto en un lugar, reguló cuántos sitios puedo tener en Chile por ley eso no se puede hacer al regular le permite hacer es el número de peces que mete por jaula se mide la densidad de cultivo pero no la biomasa que hay. Por razones políticas no quería tramitar una ley, modificó el sistema para cómo restringo el número de peces que meto por jaula.

Si la industria no se compromete, hace muy caro al productor crecer por sobre un 3%. Chile ha transitado desde un sistema que no empezó bien planificado desde el principio, desde concesiones, eficiencia sanitaria, áreas de manejo y ahora incentivos que la producción crezca de apoco. Es difícil determinar la capacidad de un fiordo o un lugar determinado.

Existen desafíos claves como Se debe evaluar y mejorar la nueva regulación, acá nacen algunas interrogantes claves como ¿Promoverá efectivamente pequeños aumentos de producción? (i.e., ¿evitará fluctuaciones importantes?) ¿De ser así, se traducirá en un mejor desempeño? ¿Dará a las compañías suficiente flexibilidad para ser más eficientes? Regular de arriba hacia abajo es fácil, lo difícil es ponerse de acuerdo todos en los indicadores.

Chile usa el 30% de la capacidad espacial que tiene, fueron entregadas cuando no había conocimiento. Hay un gran espacio para mejorar la condición de las concesiones, por ejemplo si uno hace el ejercicio de distanciar concesiones en el mapa a uno le cabe el mismo número pero a 10 km de distancia entre ellas, liberando un montón de puntos si este proceso se hiciera eficiente, pero ha habido 10 años fraguado por condiciones políticas. Dónde lo ubico y de qué tamaño son.

Es necesaria una definición operacional de la capacidad de carga, que se traduzca en recomendaciones concretas a la empresa y reguladores. Tu puedes mantenerla, aumentar o detenerte (semáforo) lo que se quiera proteger con modelos conceptuales de capacidad siempre obedece a una razón social, una razón de fondo en un trabajo compartido con la sociedad, para resguardar lo que queremos proteger.



Alfredo Tello, hablando de como la industria lleva el control de las enfermedades y como miden la capacidad de carga



Normas Secundarias de Calidad Ambiental:

Estado del arte y aproximación para su aplicación en ecosistemas marinos

Ivalú Astete*

Asuntos hídricos y Ecosistemas Acuáticos, Ministerio del Medio Ambiente, Santiago, Chile

*Email: iastete@mma.gob.cl

En la región de Aysén se han hecho bastantes intentos por tener una regulación en el tema hídrico pero nada de esto terminó en el Diario Oficial por tanto la realidad de hoy es que no existe normativa. Sobre la Institucionalidad ambiental actual en Chile debemos re-aclarar que la CONAMA no existe, desde el 2010 existe el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) con 7 años cumplidos en octubre. La institucionalidad ambiental que fue regida por la 19.300 se modificó el año 2010 a La Ley 20.417 con cinco patas, hoy aún incompleta faltando el Servicio de Biodiversidad y Áreas protegidas (SBAP).

Respecto a las normas hídricas en Chile básicamente se pueden dividir en dos las de calidad y las de emisión. Dentro de las primeras están las Primarias que tienen como objeto la protección del riesgo de vida para la vida o salud humana de la población humana y su ámbito de aplicación es a nivel nacional, la Secundaria Vigentes: DS N° 144/2008: Norma de calidad primaria para la protección de las aguas marinas y estuarinas donde se realizan actividades de recreación con contacto directo y DS N° 143/2008: Norma de calidad primaria para la protección de las cuencas continentales superficiales donde se realizan actividades de recreación con contacto directo.

Respecto a las de Emisión tiene como Objetivo de Protección el riesgo a la salud de las personas, la calidad de vida de la población humana, la preservación de la naturaleza o la conservación del patrimonio ambiental, señalan específicamente su ámbito de aplicación territorial. Vigentes: DS N°609/1998: Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado. DS N°90/2000: Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales. DS N°46/2002: Norma de emisión residuos líquidos a aguas subterráneas y DS N°80/2006: Norma de emisión para molibdeno y sulfato de efluentes descargados al Estero Carén.

Hay una buena noticia ya que en Chile existe un instrumento que está regulado y que está en La Ley 19.300, que es una gestión integrada de cuencas, muchas veces en Chile se piensa que no se puede hacer una gestión integrada sin embargo una norma secundaria más un plan de descontaminación es una gestión integrada de cuencas. Entonces sí existe una posibilidad de regular integradamente y la otra buena noticia es que en la región de Aysén hubo el intento el año 2005 de hacer una norma secundaria para la protección de las aguas marinas y estuarinas del río Aysén y otra que no quedó tan avanzada que era específicamente para los sedimentos. La primera quedó bastante avanzada haciéndose incluso consulta pública, llegando a



establecerse 14 áreas de vigilancia a lo largo de la cuenca y una tabla con los límites a considerarse para cada una que están en la horizontal y vertical y el número de parámetros que se iba a evaluar. Este es un proceso que debería tomarse desde cero ya que hemos tenido acidificación, la acuicultura tuvo un pic después de ese año, entonces con los antecedentes que se tomaron en cuenta antes no se consideran estos nuevos. Debiendo sistematizarse la información hasta ahora ya que han pasado 12 años.

La mala noticia es que es un proceso lento, para hacerse una idea entre norma secundaria y plan de descontaminación se está hablando por lo menos de seis años, una norma se tarda en elaborar por lo menos dos años mínimo, siendo en realidad hasta cuatro años. Ya que se debe coordinar con muchos otros servicios públicos que tengan competencia en temas hídricos.

Pero ¿por qué seguir elaborando normas secundarias? La respuesta es para preservar patrimonio natural de Chile y prevenir o descontaminar el agua, de acuerdo con la Leyes del Estado y compromisos internacionales. La OCDE felicitó a Ministerio por la utilización de indicadores biológicos y evaluaciones de riesgo ecológico y recomendó acelerar la elaboración de normativa y abracar mayor territorio y por tener más de 40 instituciones relacionadas con la gestión del agua. Además de Implementar la gestión integrada las cuencas (EIC: Estrategia Integrada de cuencas) Caso Piloto Lago Villarrica.

¿Qué se debería considerar para asegurar el éxito de una regulación como una Norma Secundaria en Aysén? Principalmente 3 aspectos: 1) Información disponible, 2) Recursos y 3) Voluntad política y ciudadana. La metodología para gestionar una cuenca y sus criterios de análisis son; información disponible (data FQ y Biol.), presiones en las Cuencas (FE puntuales, difusas), tipos de Contaminantes (mejores técnicas disponibles, estado del arte de los efectos ecológicos), objetos de Valoración ambiental de la cuenca (actores locales y valores ecológicos, culturales, sociales, etc.). Normativa Comparada (Criterios internacionales) y trabajo Transdisciplinar. Donde para su elaboración se requiere de Análisis integral de la cuenca y sus SSEE, una selección de Parámetros (eficiencia, PCR), determinación de las Áreas de Vigilancia, elaboración de la Tabla de Clases, evaluación estado (actual) de la cuenca (¿años?), evaluación Socio-económica (AGIES), determinación de objetivos por área de vigilancia, determinación de los Niveles de Calidad de la NSCA y la elaboración del Anteproyecto.

Normativa sectorial: Reglamento ambiental para la acuicultura

Susana Giglio Muñoz*

Unidad Ambiental de la División de Acuicultura, Subpesca, Valparaíso, Chile.

*Email: sgiglio@subpesca.cl

Esta normativa depende principalmente del Ministerio de Economía al igual que el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura y el Instituto de Fomento Pesquero. En cuanto a la normativa ambiental para las actividades de acuicultura en Chile se establece que La Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) es el marco normativo de referencia para el sector pesquero y acuicultor nacional, donde a través de los artículos 87 y 74 de la Ley, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, ha desarrollado la normativa ambiental para las actividades de acuicultura. De esta forma desde el año 2001 se cuenta con el RAMA, el cual ya ha presentado varias modificaciones, así como también Resol. Acompañante desde su inicio en el año 2003, ha sido modificada en tres ocasiones.

La normativa aplica por SUBPESCA La normativa ambiental aplica a las solicitudes o centros de cultivo en operación de concesiones o autorizaciones de acuicultura. Fija condiciones aeróbicas obligatorias en el área de sedimentación de cada centro de cultivo. Utiliza instrumentos de Análisis CPS e INFAs según Res. Acompañante 3.612/2009. Y establece las variables ambientales que se deben analizar para determinar la condición ambiental de un centro de cultivo, las que dependerán de la categoría de clasificación de dicho centro.

Antes las INFAs estaban a cargo de las empresas ahora está en mano de SERNAPESCA, desde el 2010 no han aumentado sino que el cambio se debe a quién hace los estudios, en cual se ha observado un aumento en anaerobia. Se ha hecho el estudio en varias partes, algunos de sus resultados se integró nutrientes y oxígeno. Los resultados que se han tomado desde el año 2011 hasta ahora con datos de columnas de agua del 2016 en adelante para avance de nutrientes y balance geoquímico. Índice AMBI, todas sales perturbadas algunas llegan a moderación media perturbada y dos altamente perturbadas, en cuanto a materia orgánica después de invierno sobre pasan el límite de aceptabilidad, pH están en los límites sólo algunas estaciones estarían fuera de los límites aceptables.

Se han hecho varias campañas científicas desde el 2010, pero también se vio la necesidad para definir nuevamente las microzonas, las mediciones observaron corrientes in situ, pero se necesita validar esta información, mediciones de ADCP anclados. Variabilidad más espacial con mediciones de corrientes, a través de una embarcación para cubrir más áreas. Para avanzar en la moderación biogeoquímica. La Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, y el Instituto de Fomento Pesquero desde el año 2010 a la fecha están ejecutando estos proyectos de Convenio Asesoría Integral para la toma de decisiones en Pesca y Acuicultura (ASIPA). Dichos proyectos están recopilando datos oceanográficos para la implementación de modelos hidrodinámicos con la finalidad de disminuir la incertidumbre que existe en la zona sur austral de Chile, respecto por ejemplo de la conectividad del transporte de patógenos u otro agente dispersivo, o cuantificar los procesos de intercambio y transporte, para evaluar la capacidad asimilativa de una masa de agua, y así avanzar en el ámbito de capacidad de carga y su definición.



Susana Giglio, hablando de cómo se encuentran los Centros de Cultivos y la normativa que las rige.



Ronda de Preguntas del Cuarto bloque

1.- ¿Cuáles fueron los criterios de instalación de las boyas telemétricas?

Ivalú Astete: Había un convenio con la UdeC y ese monitoreo nos sirvió para normar el embalse Rapel porque mi expertos es conocer las reglas del juego y traducir lo que quiere la sociedad en los ecosistemas acuáticos, tuvimos la discusión de nombrar un embalse, las boyas nos sirvió para conocer, respecto al Lago Vichuquén se debe a una contingencia por un florecimiento algal sostenido que impactó en la calidad del agua y turística y áreas protegidas aledañas como la Laguna Torca y en el caso del Lago Budi se encuentra en estado oligotrófico, para conocer la dinámica y proponer elaboración normativa o manejo, esos fueron los criterios.

2.- ¿Cómo se podrían Implementar pequeños aumentos de producción?

Alfredo Tello: Son dos escalas distintas, y si miras la historia de quienes compiten como Noruega disminuyen los centros y se hacen más grandes, eficiencias de producción, soy capaz de ser más eficiente por concentrarme, sino con un centro bien ubicado produzco la misma cantidad.

3.- ¿El cultivo de peces en zonas estuarinas, puede realizarse en jaulas marinas?

Alfredo Tello: A opinión personal, el mover cultivos hacia zonas más expuestas no necesariamente mar abierto, es algo que se está explorando a través de desarrollos tecnológicos, no en cualquier país del mundo se puede cultivar salmón, nuestra opinión es que todos los desarrollos tecnológicos que permitan mejoras se irán explorando. En otros países se puede de manera segura y eficiente. El Cultivo en tierra por ejemplo en Noruega acorta los ciclos en los centros de cultivo en tierra que permitan hacer la industria más sustentable. Cultivo multitrófico, no se han podido integrar, porque no ha habido una visión de desarrollo para que se den, no siempre es fácil llenar de algas y choritos para que se genere un feedback, en Chile no se ha estudiado de forma rigurosa para propuestas concretas, hay un montón de opciones para el borde costero de Chile.

4.- ¿Cuál podría ser la producción máxima por centro de cultivo?

Alfredo Tello: En Chile cada centro de cultivo tiene biomasa, en Chile hay más de mil concesiones y no hay o no había una regulación que pusiese un freno, que yo pasara del 25% o más en la regulación que mostré es que se han generado incentivos bastante fuertes en los productores para que cuando ellos aumenten en incrementos graduales, como se relaciona con el medio ambiente y aquí está la complejidad de utilizar el conocimiento científico con externalidades negativas, en lo que ha implementado el gobierno un aumento grande de producción es un 15 o 20% a otro, por ejemplo del salmos atlántico que es el 70% de la producción, yo lo voy a castigar dice el gobierno, permitir que se aumente como máximo un 3% en términos sanitarios que es la mortandad y antiparasitarios que yo use en un ciclo reproductivo, en relación a los parámetros ambientales se controlan a través de las INFAS, un centro de cultivo que tiene una INFA negativo anaeróbico no puede producir si no se recupera. Yo podría cambiar ese indicador y que se mantenga.

SEMINARIO INTERNACIONAL

CAPACIDAD DE CARGA EN FIORDOS EN EL SUR DE CHILE

