



Identificación de Indicadores Ecosistémicos para los Impactos Ambientales de la Salmonicultura

Puerto Montt, 4 y 5 de Julio de 2019

ANEXO 1. AGENDA, RESULTADOS TALLER y PARTICIPANTES

1. AGENDA TALLER

LUGAR

Puerto Montt, 4 y 5 de julio

Hotel Diego de Almagro (calle **Ejército 516, Puerto Montt**)

OBJETIVO

Examinar en forma conjunta una serie de variables ambientales susceptibles de facilitar y/o constituir una propuesta técnica inicial para evaluar y gestionar los potenciales impactos de la salmonicultura a nivel de ecosistema en los mares interiores de Chile.

Estos indicadores debieran permitir normar la producción máxima por área/unidad de paisaje de acuerdo a la capacidad de carga ecológica, reconociendo que la estimación efectiva de la capacidad de carga puede ser muy compleja y que no podemos esperar a tener y aplicar modelos que se consideren adecuados, resultando necesario establecer medidas precautorias.

PARTICIPACION

Investigadores, técnicos, gestores y otros profesionales con experiencia relevante en estudios oceanográficos, ambientales, biológicos, de normativa etc. relacionados con las áreas del mar interior donde se produce salmón, sus efectos ambientales y o con la gestión directa de la producción

PROCESO

El taller consistirá de presentaciones muy cortas tipo mensaje clave (**máximo 10 minutos cada una**), **considerando los criterios propuestos y respaldados de un resumen del contenido que será distribuido con anterioridad** para facilitar la discusión ampliada en el panel que seguirá en cada temática.

La participación de los asistentes en los paneles es tan importante como aquella de quienes presentan. Por ello, se espera que todos los participantes permanezcan durante todo el taller y no solo en aquellas presentaciones y discusiones de los temas que les son más familiares. Esto permitirá una discusión más enriquecedora y con una visión ecosistémica.

PRODUCTOS

-Una propuesta inicial de unidades ecosistémicas relevantes para la acuicultura o Areas de Manejo Acuicola y



Identificación de Indicadores Ecosistémicos para los Impactos Ambientales de la Salmonicultura

Puerto Montt, 4 y 5 de Julio de 2019

- Un conjunto inicial de indicadores o variables con potencial como indicadores de presión¹ y de respuesta² que permitan estimar el impacto ambiental de la actividad a nivel de unidad ecosistémica o de paisaje que serán posteriormente refinados con el conjunto de participantes al taller, discutidos con las autoridades y discutidos en forma más amplia con la comunidad relevante.
- Propuesta/acuerdo de elaboración posterior para i) producción de un conjunto de indicadores en un documento de divulgación que sea relevante para la toma de decisiones y gestión de la acuicultura a nivel de ecosistema y ii) publicación de un conjunto de indicadores para la gestión de la acuicultura a nivel ecosistémico en una revista de alto impacto.

4 de julio Salón Osorno, Hotel Diego de Almagro, Puerto Montt

08:30	Recepción y entrega de materiales	
09:00	Bienvenida	Renato Quiñones (INCAR) y Cristina Torres (WWF),
0905	Instrucciones para el proceso y logro de productos	Francisco Morey Facilitador
0910	Antecedentes relevantes y objetivos de la actividad	Doris Soto (INCAR)
09:20-9:40	Distribución actual y potencial de la producción de salmones como indicador de presión	
	Distribución actual y potencial de la producción	Yury Soria, Jorge Leon y Doris Soto (INCAR)
	Reglamento de densidades y como podría afectar producción y distribución	Eugenio Zamorano, Subsecretaria de Pesca
09:40-10:00	Discusión general sobre uso de la información de producción y distribución como indicador de presión	
10:00-10:20	Definiciones de borde: ¿cuales serian las unidades ecosistémicas relevantes? Y donde medir? Monitorear	
	Definiciones de borde.....	Elias Pinilla y colaboradores (IFOP),

¹ Elementos externos al ecosistema que generan impacto sobre el mismo ej. carga de nutrientes, carga de antibióticos y otros químicos, salmones escapados

² Variables internas del ecosistema que registran impacto ej. disponibilidad de oxígeno, biodiversidad, especies clave etc.



Identificación de Indicadores Ecosistémicos para los Impactos Ambientales de la Salmonicultura

Puerto Montt, 4 y 5 de Julio de 2019

		UDEC, Jorge León (INCAR)
	Definiciones de borde.....	Fabián Tapia (INCAR, COPAS-SA), Giovanni Daneri y colaboradores (CIEP, COPAS-SA)
10-20:10-45	CAFÉ	
10:45-11:15	Discusión: Unidades ecosistémicas relevantes	
11:15-11:45	Variables/Indicadores de impacto comunidades /sistema bentónico	
	Variables/....sistema bentónico	Sandra Marín y colaboradores (UACH, IDEAL)
	Variables/....sistema bentónico	Heraldo Contreras y colaboradores (IFOP)
	Variables/....sistema bentónico	Vreni Haussermann (Huinay) (presentada in absentia por Doris Soto)
11:45-12:15	Discusión: indicadores de impacto comunidades bentónicas	
12:15-12:25	Variables/Indicadores de impacto columna de agua (oxígeno, clorofila, productividad, nutrientes etc.), tasas de renovación	
	Variables/Indicadores de impacto columna de agua...	Gabriel Soto, Elias Pinilla y colaboradores (IFOP)
	Variables/Indicadores de impacto columna de agua...	Giovanni Daneri, Ivan Perez y colaboradores (CIEP, COPAS SA,)
12:35-13:05	Discusión: Indicadores de impacto columna de agua (oxígeno, clorofila, productividad, nutrientes etc.)	
13:05-14:30	ALMUERZO (invita el taller)	
14:30-15:00	Variables/ indicadores en la trama trófica pelágica (peces, zooplancton, fitoplancton)	
	Variables/ indicadores en la trama trófica pelágica :Fitoplancton y marea roja	Equipo marea roja IFOP, Patricio Díaz (ULAGOS)
	Variables/ indicadores en la trama trófica pelágica: Zooplancton?, Peces?	Renato Quiñones & Doris Soto (INCAR)
15:00-15:45	Discusión: Variables/ indicadores en la trama trófica pelágica (peces, zooplancton, fitoplancton)	



Identificación de Indicadores Ecosistémicos para los Impactos Ambientales de la Salmonicultura

Puerto Montt, 4 y 5 de Julio de 2019

15:45-16:15	Variables relevantes en las comunidades bacterianas	
	Variables relevantes en las comunidades bacterianas de vida libre	Camila Fernández (INCAR, COPAS SA)
	Variables relevantes en las comunidades bacterianas" de los peces y patógenos	Ana Goncalves (INCAR)
16:15-16:30	CAFE	
16:30-17:00	Discusión: Variables relevantes en las comunidades bacterianas	
17:00-17:30	Indicadores de efectos de enfermedades, parásitos, uso de antibióticos y pesticidas en la fauna nativa	
	Enfermedades infecciosas: incidencia en la fauna nativa y efecto uso de antibióticos	Ruben Avendaño y colaboradores (INCAR, UNAB, UACH)
	Parásitos: incidencia en la fauna nativa y efecto uso de pesticidas	Ana Goncalves (INCAR)
17:30-18:00	Discusión: Indicadores en relación a enfermedades, parásitos y sus tratamientos en la fauna nativa	
18:00-19:30	VINO DE HONOR	

5 de Julio Salón Valdivia, Hotel Diego de Almagro, Puerto Montt

9:00-9:20	Variables/indicadores impactos de escapes e interacción con fauna silvestre	
	Variables/indicadores impactos de escapes e interacción con fauna silvestre	Maritza Sepulveda (UV, INVASAL)
	Variables/indicadores impactos de escapes e interacción con fauna silvestre	Edwin Niklitschek (ULAGOS)
9:20-9:50	Discusión: Variables/indicadores impactos de escapes e interacción con fauna silvestre	
9:50-12:30	Grupos de trabajo para discutir y priorizar los indicadores propuestos en relación a lo que queremos conservar	Todos los participantes
10:30-10:45	Café	



Identificación de Indicadores Ecosistémicos para los Impactos Ambientales de la Salmonicultura

Puerto Montt, 4 y 5 de Julio de 2019

12:30-13:00	Conclusiones preliminares y hoja de ruta para los siguientes pasos	Doris Soto (INCAR)
13:00	Cierre	

CRITERIOS PROPUESTOS PARA DEFINIR UNIDADES ECOSISTEMICAS RELEVANTES Y PARA SELECCIONAR INDICADORES DE LA CONDICION AMBIENTAL DE LAS MISMAS

CRITERIOS PARA DESIGNAR UNIDADES ECOSISTÉMICAS RELEVANTES	CRITERIOS PROPUESTOS PARA SELECCIONAR INDICADORES DE LA CONDICION AMBIENTAL DE ECOSISTEMAS USADOS POR LA SALMONICULTURA
• Algún grado de acotamiento o borde que sugiera retención de masas de agua, elementos, partículas, individuos • Que permita clasificación preliminar característica de la unidad (ej. mayor intercambio, medio, bajo etc.) • En lo posible que permita seleccionar y comparar áreas con y sin salmonicultura	• Debe proporcionar información integradora/ o representativa de la/las condiciones ambientales que queremos conservar. • Debe posibilitar establecer valores críticos en relación a la capacidad de carga o nivel crítico de cambio del sistema a nivel de paisaje o unidad ecosistémica (ej. fiordo, canal, bahía, seno etc.). • Debe ser posible medirlo en áreas (unidades ecosistémicas) con salmones y sin salmones • Debe ser relativamente simple de medir y validar (posible la estandarización). • Debe estar respaldado por información abierta, comprobable.

ANEXO 1

2. Presentaciones, Principales temas de discusión y propuestas del taller

i.i. Distribución de la producción actual y proyectada de salmónes como indicadores de presión

Hubo dos presentaciones en este panel, la primera, *“Distribución acumulada, actual y potencial de la producción”* hace un análisis de la historia de uso de las concesiones y los hallazgos mas importantes se indican a continuacion:

La producción total de salmonídeos se incrementó desde alrededor de 600 mil toneladas en el 2007 a 840 mil toneladas en el 2018 con una caída importante entre el 2009 y el 2010 debido a la epidemia ISA. La producción ha incrementado principalmente en Aysén y algo en Magallanes. El area total concesionada para salmónes en las regiones X, XI y XII es de 15119 ha, es decir 151,2 km² de los cuales existen en uso en un momento del tiempo más o menos un tercio si bien todas las concesiones o la mayoría se han usado eventualmente. En la realidad no conocemos el efecto de esta actividad productiva, mas alla de las areas de las concesiones. Por otra parte un 47, 6% del area concesionada esta en la X región, mientras 38,9 % y 13,5 % se ubica en las regiones XI y XII respectivamente. En todo momento operan entre 300 a 400 concesiones de un total de app. 1400 y si bien el N° de concesiones podría disminuir pero el área total concesionada posiblemente se mantendrá estable (151 km²).

Probablemente en los próximos 2 años, al menos, la producción se mantendrá alrededor de las 800 mil toneladas debido a la aplicación del Reglamento de Densidades (RD). Solo en la Región de Magallanes podría haber un aumento (app. 40.000 ton más) por la aplicación escalonada del RD. Por otra parte, la producción históricamente concentrada especialmente en la parte centro norte de la X región tenderá a moverse a otras ACS por la aplicación del RD.

En la segunda presentación, “Densidad de cultivo de la salmonicultura” el experto y director de acuicultura de SUBPESCA describe con mayor detalle el reglamento de densidades (RD), nuevo modelo productivo tras la crisis del ISA por el cual deben coordinarse, por motivos sanitarios y/o ambientales, las operaciones de los centros de cultivo integrantes de una misma agrupación de concesiones (ACSs o “barrios”). La coordinación se refiere principalmente al momento de siembra y cosecha de los centros, seguido de un periodo de descanso (paralización de operaciones) para eliminar patógenos que hayan podido quedar circundando en el sector y al mismo tiempo permitir que se recuperen los fondos marinos. Estas medidas involucran las 82 ACSs cubriendo las tres regiones productoras de salmón y se basan en el hecho que mientras más concentrados estén los peces en cada unidad y/o centro de cultivo y cuando más peces existen en un área existirán más riesgos para el brote y diseminación de las enfermedades y el deterioro de las condiciones medioambientales del sitio de cultivo.

La nueva normativa permite fijar un número máximo de peces por centro de cultivo y por ACS, el cual se estima considerando los antecedentes sanitarios (enfermedades y mortalidad) en el periodo anterior más el número de INFAs negativas más las proyecciones de siembra de centros individuales. Mientras más alto sea el porcentaje de ejemplares perdidos, las INFAs anaeróbicas y mayor sea el porcentaje de crecimiento, menor es la

densidad de cultivo para el próximo período. Mientras más baja es la densidad de cultivo es más caro operar, lo que es un desincentivo para que las empresas proyecten crecimientos no sustentados en un buen desempeño sanitario y ambiental.

Como se discutió en el taller estas medidas constituyen un gran paso y esfuerzo del estado hacia un manejo más ecosistémico de la producción de salmón pero no es suficiente para garantizar la conservación de servicios ecosistémicos y biodiversidad de los ecosistemas.

i.ii Concentración de la producción como indicador de presión ambiental

Como parte de la primera presentación se entregó un análisis de la producción acumulada por área relevante (área de efecto estimado por ACS) entre el 2000 y el 2018³ la cual muestra patrones significativos y sugieren que esta “carga por área” podría ser usada como indicador de presión sobre el ecosistema. Por ejemplo se puede estimar la carga total de nitrógeno que ha ingresado al ecosistema por área para las distintas ACS.⁴ Nuestra estimación indica que las cargas mayores acumuladas estarían en el Estuario de Reloncavi cuerpo de agua que ha reunido la mayor concentración acumulada de la producción (ACS 1) y donde en el periodo de tiempo mencionado se habrían generado más de 220 toneladas de nitrógeno/km². Le siguen en importancia en cuanto a presión o carga de producción el Sector Maillen frente a Calbuco (ASC 3b), Hornopiren –isla Llancahue (ACS 17b) y en grado algo menos los sectores Quemchi y (ACS7), y Quetalco-Dalcabue en el mar interior de Chiloé Norte (ACS 9a).

El análisis revela también que la mayor concentración acumulada de la producción ha ocurrido en la X región. En cambio en la XI región la producción está más repartida en el espacio, en un número mayor de barrios y además dado que la producción es más nueva allí los valores son comparativamente menores que en la X. En esta Región destacan la mayor carga acumulada del fiordo Puyuhuapi y el Fiordo Aysén (ACS 25^a y 28b) que son también las áreas más antiguas de cultivo en la región.

Otra conclusión importante es que obviamente las áreas que han recibido mayor carga de producción no solo son aquellas más antiguas pero también aquellas áreas mas conectadas. También cabe destacar que por esa misma razón estas ACS están más cerca de centros urbanos y de otras fuentes de ingreso de nutrientes como es el caso de las aguas servidas de Puerto Montt. Las áreas que han tenido la mayor concentración de producción en la X región comparten el desarrollo masivo de la mitilicultura, por ello es relevante considerar estos forzantes ajenos a la salmonicultura en nuestros análisis.

La mayor concentración de la producción posiblemente ha sido también la principal causa de la aparición y dispersión de enfermedades y no es sorprendente que la ASC 1 haya tenido tempranamente un alto nivel de riesgo sanitario. Esta y las razones impuestas por el nuevo RD obligan a la industria como ya se señaló a moverse hacia el sur a áreas menos utilizadas y más remotas.

³ Información proporcionada por SERNAPESCA

⁴ La estimación se realiza en base a factores ya medidos y publicados que determinan con bastante certeza la cantidad de nitrógeno, fosforo y carbono que queda en el ambiente por cada toneladas de salmón producido. En particular se han realizado estimaciones muy buenas para salmon del Atlantico (Wang et al 2012, <https://www.int-res.com/articles/aei2012/2/q002p267.pdf>)

Una propuesta relevante de la exposición anterior es el uso de la concentración de la producción acumulada por área como un indicador de presión que puede ser relevante para explicar impactos ambientales en el bentos y en la columna de agua tales como anoxia, signos de eutroficación y pérdida de biodiversidad que podrían usarse efectivamente a nivel de unidad ecosistémica relevante, pudiendo ser esta el barrio o ACS u otra más significativa desde la perspectiva oceanográfica como el fiordo, canal bahía etc.

Una discusión relevante generada en la audiencia fue la conveniencia o no de usar unidades de área cuando en realidad los nutrientes, compuestos, organismos (excepto en el bentos) se mueven en unidades de volumen. Esta preocupación es sin duda válida y debe considerarse en las discusiones y análisis; sin embargo, desde un punto de vista práctico y dado que tanto las concesiones como los barrios están designados por área es necesario desde una perspectiva práctica conservar esta aproximación, pero no desestimando el comportamiento tridimensional del ecosistema marino.

Otros elementos de discusión incluyeron la necesidad de mejorar la coordinación de gestión de cada barrio la cual no es claro si existe como actividad generada por los productores mismos, es decir no habría un plan de manejo coordinado excepto por aquellas medidas que impone la autoridad. Por otra parte no se usan instrumentos normativos como el SEAE (sistema de evaluación ambiental estratégica) que podría abordar un tema como capacidad de carga ecológica por barrio o área. Una brecha crítica es que se desconoce el alcance del efecto salmonero conjunto de un ACS en el cuerpo de agua relevante.

Propuesta integrada sobre indicadores de presión

Se considera que la biomasa acumulada por área puede ser un buen indicador de presión para efectos relacionados con ingresos de nutrientes a fondos y ambiente pelágico. En tanto sería necesario usar complementaria o alternativamente el número de peces por área para dar cuenta de efectos relacionados con mitigación de enfermedades y parásitos así como también aquellos relacionados con escapes de peces. Adicionalmente, es necesario usar la información actualizada de biomasa por área o número de peces por área relevante para estimar impactos relacionados con enfermedades, uso de antibióticos y pesticidas. Ello porque con el nuevo RD la ubicación espacial y concentración de la producción puede ser bastante variable.

Es necesario incluir también la información de uso de antibióticos, pesticidas, presencia de enfermedades y caligus además escapes por ASC como indicadores de presión adicionales.

Análisis preliminares no encuentran una relación relevante entre uso de antibióticos y biomasa acumulada o con la presencia de parásitos. Podría pensarse que la carga histórica no influye demasiado en las enfermedades o más bien en su tratamiento. Sin embargo, un análisis de la mortalidad por área podría ser más concluyente. En consecuencia, es necesario utilizar también, la concentración de biomasa y número de peces por área en ciclo productivo correspondiente como indicador de presión de uso de antibióticos, pesticidas y potencial dispersión de enfermedades y resistencia bacteriana y de otro tipo.

Tomando en cuenta las deliberaciones del taller una evaluación del equipo experto que elabora este informe describe la calidad de diferentes indicadores de Presión (Anexo 3, Tabla1) y su potencial para estimar capacidad de carga y o estimar riesgos frente a diferentes amenazas relacionadas con el sector.

- ii. *Definiciones de borde: ¿cuales serían las unidades ecosistémicas relevantes? ¿Y donde medir? Monitorear*

Claramente un enfoque ecosistémico requiere que primero definamos si bien operacionalmente la o las unidades ecosistémicas relevantes. Este panel contó con dos presentaciones integrando al menos dos instituciones en colaboración, que abordaron el tema. La primera, una propuesta integrada de IFOP e INCAR abordó especialmente la relevancia de la interacción entre los ingresos de agua dulce y el cuerpo de agua más marino y como esta interface genera cuerpos de agua y áreas relevantes. Así sería apropiado definir al menos cuatro tipos de cuerpos de agua reflejados en dimensión de área de acuerdo a sus características de densidad superficial (sobre los 20 m): a) aquellos con alta influencia de agua dulce especialmente fiordos asociados a la cordillera, ingreso de ríos y derretimiento nival, b) cuerpos de agua salobres, c) cuerpos de agua estuarinos y d) cuerpos de agua plenamente marinos (Fig. 3) (Leon-Muñoz esta presentación, Soto et al 2019). Claramente por la interacción entre masas de agua dulce y marinas algunos ambientes y particularmente el tipo a y b podrían estar muy estratificados, por lo cual sería posible usar un indicador de estratificación para definir ciertos bordes

1. MEZCLA/ESTRATIFICACIÓN RÍOS vs OCEANO

$n_s > 1$	<i>Altamente estratificado</i>
$0.1 < n_s < 1$	<i>Parcialmente mezclado</i>
$n_s < 0.1$	<i>Totalmente mezclado</i>

$$n_s = \frac{s_{50m} - s_{superficie}}{1/2 (s_{50m} + s_{superficie})}$$

(Pinilla et al 2018, 2019)⁵

El índice de estratificación sería también muy relevante como indicador de tasas diferenciadas de circulación del agua, es decir aguas más profundas podrían circular muy poco en relación a aguas superficiales.

Efectivamente la tasa de recambio del agua se puede representar en la “Edad del agua” es decir el “tiempo requerido para una parcela de agua viaje desde un borde (océano / ríos) hasta un lugar determinado al interior del sistema” (Pinilla et al 2018). Este concepto es esencial para estimar capacidad de carga; un ecosistema con agua muy joven indica que la masa de agua se mueve rápido desde un lugar a otro esta información permite concluir al menos inicialmente que existe una capacidad más alta de dispersión y posiblemente utilización de nutrientes y energía que en un cuerpo de agua más vieja, es decir que se mueve menos.

La información presentada por E. Pinilla y colaboradores permitiría clasificar los principales

⁵ Pinilla, E., 2018. Determinación de las escalas de intercambio de agua en fiordos y canales de la Patagonia norte, Etapa I. (Informe final). Valparaíso: Instituto de Fomento Pesquero. Disponible en: http://190.151.20.106/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/XA7Y3QAT7GJNHHKAVLVJ6PXM4NLIU.pdf
Pinilla, E., Soto, G., Soto-Riquelme, C., 2019. Determinación de las escalas de intercambio de agua en fiordos y canales de la Patagonia norte, Etapa II. (Informe final en revisión). Valparaíso: Instituto de Fomento Pesquero.

cuerpos de agua de la X y XI región usados por la salmonicultura por su edad promedio o por algún indicador de circulación y estratificación. Es posible indicar por ejemplo que cuerpos de agua como el Reloncavi, Comau y sector Llancahue en la X presentan elevadas edades del agua en superficie pero especialmente por debajo de 50 m. Situación similar se muestra en los fiordos Aysen y Puyuhuapi especialmente en profundidad y Esteros Cupquelan Elefantes y Quitralco en toda la columna de agua, si bien todos estos esteros tiene una altos aportes de agua dulce.

Algunos de estos elementos fueron ratificados en la presentación de G. Danneri y F. Tapia, especialmente en lo referente a la necesidad de definir macrozonas y contar con unidades discretas de seguimiento. Esta presentación enfatizó también la relevancia de la interacción entre masas de agua marinas y los ingresos de agua dulce y la generación de zonas hipoxicas en profundidad debido a la estratificación natural lo cual incrementa el riesgo de acumulación de materia orgánica y consumo de oxígeno en zonas más profundas. También se enfatizó la importancia de las evaluaciones de temperatura superficial del mar permitiendo detectar patrones y cambios espaciales y temporales de mayor escala pudiendo reflejar tendencias climáticas y oceanográficas de importancia para los procesos a nivel más local.

La evaluación de los expertos consideró que la edad del agua e índice de estratificación, conjuntamente con aspectos geográficos generales, proveen información apropiada para una definición preliminar de unidades ecosistémicas (Anexo 2, Tabla 1).

De las discusiones destacaron tres sugerencias: i) que es importante referirnos a cuerpos de agua más que a áreas, sin embargo desde la perspectiva operacional y normativa las delimitaciones de uso se basan en áreas por lo cual desde un punto de vista práctico se conserva esta dimensión; ii) Las áreas y cuerpos de agua bajo estas albergan otras actividades adicionales a la acuicultura y si bien podrían ser considerados AMA, en realidad se trata de cuerpos de agua o unidades ecosistémicas que ofrecen y requieren gestión integrada; iii) claramente las ACS corresponderían a la descripción de AMAs.

Propuestas mesa de trabajo unidades ecosistemicas

La primera conclusión de esta instancia de dialogo fue la necesidad de considerar al menos tres diferentes escalas de análisis, una relativa a las unidades locales, tales como las concesiones de cultivo, la agrupación de éstas, y otra vinculada a la escala de paisaje o ecosistema.

Una segunda propuesta enfatizo la necesidad de mejorar la caracterización pública y abierta de las concesiones y ACSs incorporando información adicional que ayude a la caracterización del ecosistema que las emplaza incluyendo i) el nombre y tipo de sistemas costeros donde se emplaza (ej. fiordo, estuario, bahía, canal, archipiélago), ii) disposición espacial (boca, cabecera, costa este, oeste, entre otros), iii) distancias respecto a otros sitios relevantes (concesiones acuícolas, ZOIT, áreas de conservación, ciudades, caladeros de pesca, otras actividades productivas o presiones antrópicas), iv) profundidad media del área concesionada, v) tipo de sustrato sobre el cual opera, vi) volumen del área de cultivo, vii) ACS de pertenencia, viii) nivel y características de su producción (toneladas, especie), y ix) indicadores de cumplimiento ambiental (ej. INFAS).

Considerando la información unitaria de las concesiones de la salmonicultura, el siguiente paso correspondería a contextualizar su operación a una escala de paisaje que permita

cruzar la información productiva con las características de los sistemas costeros. Esta etapa implica asignar a cada unidad (e.g., ACS) datos como i) condiciones hidro-climática de influencia (rangos y variabilidad de precipitaciones y temperatura del aire; fuente de información: CR2), ii) profundidad media y volumen (batimetría, borde costero; fuente de información: Armada de Chile), iii) tipos de masas de agua descritas para cada sistema (fuente: artículos científicos), iv) amplitud e excursión mareal (fuente: artículos científicos, SHOA), y v) magnitud de la influencia de agua dulce.

Este último aspecto puede estar referido a la presencia de ríos importantes (caudal, tipo de régimen, pluvial, nival, mixto; fuente de información: DGA, CR2) e idealmente la identificación de zonas con y sin influencia de plumas de ríos (Fuente de información: sensoramiento remoto).

En la discusión del panel de expertos se alcanzó consenso sobre que valores de “Edad del agua” podrían ser considerados como un indicador integrado, donde confluyen variables tales como batimetría, ventilación, salinidad y temperatura, oxígeno disuelto, entre otros. Al respecto se planteó la posibilidad de acceder a datos que actualmente ha modelados por IFOP para un número importante de sistemas costeros del sur de Chile.

Así se podría asignar al menos inicialmente una suerte de indicador de riesgo ambiental para cada unidad de paisaje. En términos prácticos sería relevante comenzar con las ACS utilizando también la información de riesgo que ya reúne la autoridad sanitaria. Tal caracterización de riesgo determinaría por ejemplo el sistema de monitoreo que tendría esta unidad de paisaje

Finalmente sería posible validación de las unidades/ecosistemas de estudio en relación a su coherencia de los indicadores de desempeño productivo (sanitario y ambiental) del sector actualmente generados por instituciones del Estado (e., INFAS) y empresa privada (ej. INTESAL, SALMONCHILE: rendimiento productivo, programas fitosanitarios de Caligus y FANs) o bien repostados en estudios técnicos y científicos.

iii. Variables/Indicadores de estado ambiental e impacto comunidades /sistema bentónico

El uso de macrofauna de fondos blandos, y de ciertas especies en particular, como indicador de las condiciones de disponibilidad de oxígeno ha sido ampliamente usado. En efecto las primeras dos presentaciones de este panel coincidieron en que ha habido esfuerzos importantes para caracterizar los impactos de diversos forzantes y especialmente materia orgánica sobre la macrofauna bentónica especialmente de fondos blandos. Probablemente este es el ámbito ambiental que cuenta con mayor información de impactos. Ello especialmente porque el "Reglamento Ambiental para la Acuicultura", indica que todos los centros de cultivo una vez por año, deben presentar a la autoridad la Información Ambiental (INFA). Dentro de los antecedentes a informar se encuentra la determinación de macrofauna bentónica, variable de gran importancia, ya que, actualmente forma parte de todos los programas de monitoreo ambiental de la actividad de acuicultura a nivel mundial. Por otra parte la normativa expresa que la macrofauna bentónica es una de las variables



Identificación de Indicadores Ecosistémicos para los Impactos Ambientales de la Salmonicultura

Puerto Montt, 4 y 5 de Julio de 2019

que debe ser informada en las CPS e INFAs en centros de cultivo sobre fondos blandos y en diversas categorías (También ver información IFOP)⁶.

S. Marín hace una descripción detallada de las características del indicador AMBI (AZTI MARINE BIOTIC INDEX-) el cual se basa en la composición específica y abundancia relativa de la comunidad macrobentónica y la asignación de estas especies a 5 grupos ecológicos que representan las diferentes estrategias de vida de las especies (r, K, tolerantes) y las caracteriza según sean éstas sensibles, tolerantes u oportunistas. Este indicador cumpliría adecuadamente todos los criterios propuestos como necesarios para un buen indicador. El AMBI proporcionaría información integradora y representativa para el estado de la comunidad y el ecosistema, se han establecido valores críticos bien respaldado a nivel internacional y también con información nacional en el área de la salmonicultura. Por otra parte se puede medir en áreas con y sin salmones y/o también para comparar diferentes intensidades de impacto. Sería aparentemente fácil de medir existiendo software disponible para su análisis⁷ sin embargo la identificación taxonómica y evaluación visual aun presenta ciertos desafíos. Por ejemplo, este indicador requiere que las especies sean clasificadas (>20% del total de individuos de la muestra no asignado el indicador pierde robustez) y aproximadamente 900 especies chilenas han sido incorporadas al listado que maneja el software. Por otra parte el uso de este indicador requiere de un entrenamiento mínimo. Aun así es uno de los indicadores que mayor potencial tiene y además se puede robustecer su uso.

La presentación de H Hernández hace eco de las propuestas en la primera presentación y además aporta la información espacial que se ha generado en múltiples muestreos en los mares interiores de las regiones salmoneras. Se resalta la importancia de relacionar también los cambios en las comunidades de fondos blandos con otras variables biogeoquímicas y oceanográficas. En particular la información obtenida comparando lugares que varían en cuanto a corrientes muestran que aquellos de mayor dinámica generan fondos más activos y que presentan mejores condiciones de oxigenación.

La tercera presentación sobre el potencial de indicadores de comunidades de fondos duros, especies relevantes del macrobentos preparada por V Haussermann y presentada por D Soto enfatizó el potencial que tendría el uso de especies del macrobentos en fondos duros y se destaca su importancia sobre todo en relación a la conservación de la biodiversidad, funciones ecosistémicas a través de especies clave etc. Sin embargo destaca también la falta de información para comparar áreas con y sin salmones o con diferente nivel de uso. Es claro que este tipo de evaluación requiere esfuerzos relevantes de instituciones y especialistas presentándose sin duda como una brecha relevante en los esfuerzos de conservación.

Algunos de los temas que se abordan en la discusión de este minipanel, incluyeron la necesidad de cubrir otros impactos, más allá de la materia orgánica y se observa si los índices utilizados pueden evaluar también por ejemplo impactos de pesticidas, antibióticos, cobre u otros productos que se usen en los centros de cultivo

⁶ <https://www.ifop.cl/macrofauna/resumen.html>

⁷ <http://marine.lifewatch.eu/azti-marine-biotic-index-ambi>

La mayoría de las mediciones que se han realizado hasta ahora sobre fondos blandos, se han hecho bajo o en el entorno de los centros de cultivo. La presentación de H. Contreras con la información de IFOP indica como regla general que los impactos de materia orgánica sobre fondos blandos tienden a ser localizados entorno a los centros de cultivo y que áreas con mayor circulación acumulan menos materia orgánica en los sedimentos. La pregunta continua siendo, ¿a donde han ido estos nutrientes? ¿Se han estado acumulando en algún sitio o se han re utilizado?. En general, no existirían cuerpos de agua prístinos sin salmónes (o mitilicultura u otras actividades) especialmente en la X región, con excepción de secciones del mar interior frente a Chiloé con mayor profundidad que tendrían características distintas y únicas. En consecuencia, sería importante comparar áreas con diferentes niveles de uso. Ello sería factible con la información que tienen las diferentes entidades de investigación, la industria y el estado.

Por otra parte, hay áreas de la XI y especialmente XII regiones que aún no han sido utilizadas para el cultivo de salmónes y están menos afectadas por otros usos antrópicos, excepto quizá la pesca. Sin embargo, estas áreas serían más expuestas y no necesariamente servirían como referencia, aun así es fundamental el monitoreo y seguimiento de estas unidades de “conservación”.

Es importante destacar que los indicadores de fondos blandos y en particular el AMBI proveen una de las mejores herramientas de evaluación del estado de conservación de los ecosistemas en aquellos cuerpos de agua donde se cultiva salmón y puede servir como un adecuado proxy, inicial al menos, de otros procesos incluyendo aquellos que ocurren en la columna de agua. Esta visión fue compartida por los participantes al taller pues este tipo de indicadores recibió los mejores puntajes de evaluación de acuerdo a los criterios propuestos (Anexo 2, Tabla 2).

En cambio el uso de indicadores de fondos duros, macrobentos, habitats especiales etc. presenta una gran brecha de información que también destaca de la evaluación de los participantes (Anexo 2, Tabla 2). Por ello es fundamental incrementar esfuerzos para desarrollar mapas espaciales de la condición ambiental de comunidades de fondos duros, en pendiente y a mayor profundidad pues se desconoce cómo se ha modificado la biodiversidad, estructura comunitaria, productividad. Es urgente generar información en forma más sistemática y en relación a los indicadores de presión por salmonicultura y la presión antrópica general incluyendo la pesca.

Sería relevante contar con la información sobre presencia de *Beggiatoa* en fondos duros a partir de la información de INFAS. Si bien al parecer la condición de presencia de *Beggiatoa* desaparece rápidamente cuando cesa el flujo de materia orgánica hacia el ambiente de fondos duros, al menos la presencia de esta bacteria puede indicar posibles impactos en un área más amplia. Cabe destacar que actualmente se caracteriza la presencia de *Beggiatoa* basado simplemente en la presencia de filamentos blanquecinos. Se requiere estudiar más en profundidad y mediante herramientas moleculares el consorcio de microorganismos que conforman estas comunidades⁸.

⁸ Aranda, C.P., Valenzuela, C., Matamala, Y., Godoy, F.A., Aranda, N. .2015. Sulphur-cycling bacteria and ciliated protozoans in a *Beggiatoaceae* mat covering organically enriched sediments beneath a salmon farm in a southern Chilean fjord. *Marine Pollution Bulletin* 100 (2015) 270–278

Propuestas mesa de trabajo sobre indicadores para ambientes bentónicos (fondos blandos)

El grupo de trabajo enfatizó la necesidad de aunar esfuerzos e integrar la información disponible y ampliar los monitoreos para generar mapas de las condiciones ambientales de los fondos blandos a nivel de unidad ecosistémica (ACS y/o cuerpo de agua). Es posible, por ejemplo, elaborar mapas a escala de ACS o mayores de la condición de fondos blandos. Estos mapas permitirían generar indicadores a nivel más sistémico y posibles de contrastar con otras variables y objetivos de conservación

El grupo de trabajo propuso acciones prioritarias particularmente para validar el uso del AMBI y para implementarlo. Para la validación se requiere establecer la relación entre AMBI y una presión ambiental definida a nivel ecosistémico. Para esto se discutió (i) usar una metodología de escalamiento de los resultados obtenidos a nivel local a nivel de ACS y/o macrozona pero en base a la presión ambiental definida como materia orgánica total (MOT) y (ii) usar las estimaciones de aportes de Nitrógeno por la salmonicultura disponibles desde INCAR, (iii) Definir otros indicadores que debieran usarse para la validación del AMBI. Para la implementación se requiere (i) definir diseño muestral (espacio-frecuencia temporal), (ii) fortalecimiento de capacidades técnicas en identificación de macrofauna bentónica, (iii) asignar las especies de macrofauna faltantes a los grupos ecológicos.

iv. Indicadores del estado ambiental de la columna de agua

La primera presentación de E Pinilla hizo énfasis en la relevancia de las condiciones oceanográficas, estratificación, velocidad de corriente, edad del agua etc. como elementos también condicionantes de potenciales variables de respuesta como oxígeno disuelto medido en profundidad y superficial. La presentación también destacó la importancia de las condiciones batimétricas, por ejemplo, la presencia de silts en la boca de los estuarios situación que a menudo condiciona el intercambio de masas de agua, la edad del agua y eventos de ventilación que mejoran las condiciones hipoxicas del fondo. La presentación de G Daneri también enfatiza estos aspectos con información de los fiordos Puyuhuapi y Aysén. La información existente y los monitoreos que se han realizado a la fecha no permiten distinguir con certeza masas de agua hipoxicas de origen marino vs surgencias hipoxicas de los mismos fiordos. La presentación también enfatiza que es más relevante ver la materia orgánica como una razón estequiometrica y no de concentración absoluta. Entre los temas que se discuten en el panel sobre este tema destaca la necesidad de distinguir entre la influencia de factores físicos y oceanográficos sobre la concentración de oxígeno de aquellos antropogénicos en particular causados por la materia orgánica e inorgánica que genera la salmonicultura. Por ello se hace necesario comparar cuerpos de agua con diferente nivel de uso por parte de la salmonicultura pero con condiciones batimétricas y oceanográficas relativamente similares siendo prioritario establecer líneas de base en aquellos cuerpos de agua donde el desarrollo de la salmonicultura es reciente o inminente como es el caso en Magallanes y en algunos sectores de Aysén. En general los participantes juzgan los indicadores de calidad de agua, con excepción del oxígeno como todavía débiles para ofrecer buena información. Sin embargo, las evaluaciones de oxígeno en superficie y especialmente en el fondo, así como los patrones que generan ventilación pueden ser muy relevantes.

Propuestas mesa de trabajo sobre indicadores de la condición de la columna de agua

El grupo propone considerar especialmente el oxígeno disuelto idealmente medido en superficie y profundidad como indicador ambiental de calidad de la columna de agua. Sin embargo se considera también relevante incluir nutrientes en particular amonio, nitrato y fosfato y seguir las variaciones de las razones estequiométricas más que las concentraciones absolutas. Para ello sin embargo es necesario ampliar evaluaciones y seguimientos a escala de cuerpos de agua. El grupo recomienda considerar una norma secundaria para cada cuerpo de agua relevante en base a la caracterización de un grupo de variables como las que se han indicado y además teniendo en cuenta que no solo la actividad de acuicultura es la que modifica dicha calidad, sino también las actividades forestales, industriales y el efecto de los aportes desde las ciudades. A partir de las discusiones del panel y también de aquellas del grupo de trabajo se enfatiza nuevamente la necesidad de mirar las razones estequiométricas de nutrientes más que las concentraciones absolutas es decir DON/DOP, DIN/DIP pues estas entregan mayor información sobre procesos y cambios en el ecosistema que los valores resultantes del mero análisis de nutrientes.

Como acción prioritaria se propuso comenzar realizando un análisis de datos de históricos y caracterización de diversos cuerpos de agua relevantes. Para ello se debería recopilar todos los datos obtenidos a través de diferentes proyectos o iniciativas, como por ejemplo el Programa Cimar fiordo, proyectos ex ASIPA de SUBPESCA – IFOP, FIPA, etc realizados en la zona Sur austral, definida como una zona prioritaria. En base a los resultados del análisis de esta data histórica se deberá proponer un diseño de muestreo a ser llevado a cabo en algunos puntos estratégicos. Los cuerpos de agua relevantes que podrían usarse como sistemas piloto deberían incluir Estuario y Seno Reloncavi, fiordo Puyuhuapi, Canal Cauahue de la comuna de Quemchi en Chiloé, Seno Skyring en Magallanes y posiblemente Tortel podría servir como cuerpo de agua de referencia sin actividad de Acuicultura.

Los cuerpos de agua propuestos, se eligieron dado que son lugares que han albergado una importante concentración de la producción y además donde actualmente hay monitoreos en línea o series de tiempo de algunas variables oceanográficas, químicas y meteorológicas, a las cuales se les puede incluir o aumentar las variables propuestas como indicadores ambientales de la calidad de la columna de agua.

v. *Variables/ indicadores en la trama trófica pelágica (peces, zooplancton, fitoplancton)*

En este panel hubo dos presentaciones, ambas destacaron la complejidad presentada por las tramas tróficas pelágicas y los organismos pelágicos en general. La primera presentación de O. Espinoza se enfocó en describir patrones espaciales y temporales de fitoplancton y marea roja abordando la posibilidad de usar algunas variables como indicadores de estado y cambio del ecosistema pelágico de los mares interiores donde ocurre la salmonicultura.

La abundancia y composición del fitoplancton separa a las tres regiones X, XI y XII siendo esta última más particular. Los estudios de IFOP muestran además que en la región de los Lagos se distinguen al menos 2 áreas de alta abundancia y dominancias diversas. El estuario de Reloncavi con la mayor abundancia especialmente debido a la fuerte presencia de *Skeletonema sp* en cambio se registra menor abundancia pero mayor diversidad en el

Seno de Reloncavi y otras áreas del mar interior cambiando la dominancia y diversidad hacia el sur de isla de Chiloe. El Estuario de Reloncavi es un cuerpo de agua que ha tenido la mayor carga acumulada de salmones pero a la vez es un cuerpo de agua con una fuerte influencia de agua dulce por lo cual no es fácil establecer patrones causales. Un detallado análisis de los patrones temporales y espaciales de abundancia de algunas de las algas tóxicas como es el caso de *A. catenella*, (que podría ser un indicador relevante de una condición del ecosistema y de gran interés público) reflejan que los componentes oceanográfico físico y de nutrientes juegan papeles cruciales determinando la generación de FANs pero el juego entre las diferentes variables es muy complejo y es muy difícil atribuir alguna causalidad a actividades antrópicas como la salmonicultura. Claramente utilizar indicadores de la comunidad fitoplanctónica está aún lejos de ofrecer una herramienta para evaluar impactos ecosistémicos de la salmonicultura. Ello se evidencia en la opinión generalizada de los participantes y su evaluación de este tipo de variables como indicadores (Anexo 2, Tabla 2)

La presentación que siguió de Renatro Quiñones (INCAR) y Doris Soto (INCAR) revela que la situación en el ecosistema pelágico es una mucho más compleja y el conocimiento del mismo es aun mínimo si bien puede ser de gran relevancia. La presentación analizó en primer lugar los diferentes tipos de controles tróficos descritos para ecosistemas acuáticos. Después se focaliza en mostrar los pocos ejemplos de descripciones de tramas tróficas en la Patagonia incluyendo los estudios tróficos sobre grupos particulares como los lobos marinos, eufausidos y ballenas azules. Se analiza en más detalle el aporte realizado por el trabajo de Mayr et al. (2014)⁹ realizado mediante isótopos naturales en sedimentos del fiordo Comau donde se intenta determinar el impacto de la salmonicultura sobre la productividad primaria del ecosistema. El escaso conocimiento de la dinámica trófica de los ecosistemas de la Patagonia no permiten a la fecha determinar si el cultivo de salmones podría haber incrementado o reducido la abundancia de las poblaciones de peces tales como sardina austral, pejerreyes, merluza sur austral, etc. Además de la falta de información sobre el impacto ecosistémico de la pesca, el cual se superpone con los impactos generados por la actividad acuícola (mitilicultura y salmonicultura). La presentación enfatiza la importancia de la cadena trófica desde los predadores tope donde tendrían relevancia especies como los lobos de mar, merluza, sierra, delfines, en tanto sus presas como los pejerreyes y sardinas afectarían al zooplancton y este al fitoplancton. Esta secuencia de eventos se podría encontrar con el incremento del fitoplancton inducido por los nutrientes de la salmonicultura que a su vez incrementan el zooplancton, pejerreyes, merluza y sardinas, que a su vez alimentarían más merluzas. Controles desde arriba y/ o desde debajo de la trama trófica pueden coexistir y es extremadamente complejo monitorear y seguir los potenciales efectos en cadena de la salmonicultura, que podrían tener efectos de incremento o reducción de la productividad del ecosistema. Ello incrementa su complejidad ante posibles escapes de salmones o debido a incrementos de poblaciones de lobos debido al consumo de salmones desde los cultivos.

Propuestas clave en relación con el uso de variables e indicadores de estado y cambio en el ecosistema pelágico, especies, comunidades, tramas tróficas etc.

⁹ Mayr et al. (2014) Responses of nitrogen and carbon deposition rates in Comau Fjord (42°S, southern Chile) to natural and anthropogenic impacts during the last century. *Continental Shelf Research* 78: 29–38.

La discusión posterior refuerza el hecho que no existen monitoreos o seguimientos de la condición trófica y productividad pelágica de los mares interiores especialmente considerando que coexisten actividades como salmonicultura que está ingresando nutrientes al ecosistema y la pesca que está extrayendo nutrientes (en la biomasa cosechada) del ecosistema. Esta carencia de información y seguimiento se establece como una gran brecha de conocimiento no solo para evaluar los efectos de la salmonicultura sino también aquellos de la pesca, efecto sistemas urbanos, cambio climático etc.

La potencial influencia de la salmonicultura sobre FANs debe continuar evaluándose incluyendo y o mejorando los programas de muestreo existentes e incorporando áreas sin influencia de la salmonicultura o con diferentes intensidades de uso. De esta forma con diseños experimentales mensurativos (ej. Soto y Norambuena, 2004)¹⁰ se podría dilucidar posibles efectos del sector.

vi. *Variables relevantes en las comunidades microbianas*

Este panel tuvo dos presentaciones, la primera de C. Fernández sobre “variables relevantes en las comunidades microbianas de vida libre” enfatiza que la actividad acuícola genera una gran cantidad de material orgánico que es de rápida re-mineralización por comunidades microbianas (fitoplancton y bacterioplancton). Información de terreno y laboratorio utilizando diversos insumos y aspectos de manejo de la industria acuícola (alimento, tratamientos químicos, presencia y densidad de peces) pueden actuar como moduladores de la diversidad y función de comunidades microbianas.

Los inputs de nutrientes provenientes de la acuicultura pueden provocar cambios abruptos en las razones entre nitrógeno inorgánico disuelto y fosforo inorgánico disuelto (DIN:DIP) o la relación entre los componentes particulados (DON:DOP) los que pueden resultar en cambios en la estructura y función de las comunidades microbianas. El aumento de la temperatura puede exacerbar las agregaciones de material orgánico y actuar como un catalizador de la regeneración de nutrientes por lo cual la variabilidad climática y el cambio climático pueden jugar un papel relevante en el nivel trófico de sistemas acuícolas. También otros forzantes como el ingreso de pesticidas pueden cambiar la composición y función de la microbiota modulando tanto la diversidad como la actividad de grupos.

Indicadores preliminares sugeridos por la investigadora consideran cambios en los niveles/concentración de amonio y cambios estequiométricos es decir en la razón entre nutrientes (ej. DIN/DIP), y de ser necesario su relación con algún índice de cambio de diversidad microbiana. También es posible la detección de genes específicos en microbiota que permitan evaluar cambios de estado en el sistema pero eso estaría supeditado a la capacidad analítica de los laboratorios asociados al monitoreo ambiental.

La segunda presentación by A Goncalves enfatiza la relevancia de la microbiota típica del sistema digestivo de todos los organismos vivos y como esta facilita procesos dentro del organismo y regula su interacción con el medio circundante a través del procesamiento y reciclamiento de nutrientes y otras moléculas cumpliendo también un rol importante en otros procesos regulatorios incluyendo el sistema inmune. Es claramente un campo de

¹⁰ Soto, D. y Norambuena F. Evaluating salmon farming nutrient input effects in Southern Chile inland seas: a large scale mensurative experiment. 2004. Journal of Applied Ichthyology 20:1-9.

investigación reciente y promisorio especialmente en la agricultura y acuicultura. La presentación destaca la presencia de un microbioma “core” o central a los procesos que regulan los procesos biológicos dentro de todo organismo. Ello permitiría identificar impactos de estresores externos sobre el ecosistema que se manifestarían en cambios en este microbioma “core” los cuales podrían ser identificados con apropiadas herramientas genómicas. Ello requeriría la caracterización previa de las comunidades o agrupaciones de especies que se quiere estudiar, además sería necesario crear redes de información y validación, uso de herramientas bioinformáticas y permanente validación con otras variables ambientales especialmente aquellas que representen el forzante o factor de impacto.

Elementos clave a considerar para el eventual uso de indicadores en la microbiota

La discusión que precede a este panel destacó el potencial del uso de la microbiota como indicadores haciendo uso de las herramientas incluyendo genómica pero alertó sobre la necesidad de calibrar con otros aspectos del ecosistema y comunidades incluyendo la necesidad de conocimientos de taxonomía y biodiversidad. Por otra parte, la información disponible conectando indicadores con estresores y factores de impacto es aun muy limitada.

Es claro el gran potencial de estas aproximaciones que podrían proveer de indicadores y herramientas para evaluarlos de gran eficiencia y efectividad pero es necesario desarrollar las herramientas y la capacidad humana y tecnológica para implementarlas. En la situación actual según lo juzgaron los participantes las herramientas y variables moleculares a medir aun no cumplen con los criterios necesarios para utilizarse como indicadores de estado ambiental e impactos ambientales de la salmonicultura a nivel ecosistémico (Anexo 2, Tabla 2). Sin embargo su potencial futuro es evidente y requiere de inversión en investigación y desarrollo así como capacitación y posiblemente se requerirán cambios normativos. En cuanto a los niveles de nutrientes y sus relaciones estequiométricas como indicadores de la salud ecosistémica, son herramientas que ya están disponibles y de fácil implementación.

vii. Indicadores de presencia y/o efectos de enfermedades, parásitos e indicadores de uso e impacto de antibióticos y pesticidas en la fauna nativa

La primera presentación de este panel realizada por R. Avendaño abordó el tema “Enfermedades infecciosas: incidencia en la fauna nativa y efecto del uso de antibióticos”. La presentación destaca que la producción de 842 mil toneladas de salmón en el 2018 empleó 308 toneladas de antibióticos en los centros de mar. Actualmente, la mayoría de los tratamientos en Chile se destinan para los brotes infecciosos de *Piscirickettsia salmonis* y *Renibacterium salmoninarum*, siendo el florfenicol el antimicrobiano más empleado, seguido por la oxitetraciclina. En fase de mar, en 2018 el 88,7% del uso de antimicrobiano fue para salmón Atlántico, 5,7% para trucha arcoíris y 5,6% para salmón coho. Y tomando en cuenta el diagnóstico, 95,5% se aplicó para combatir la piscirickettsiosis, 3,6% por renibacteriosis y 0,9% para otras enfermedades.

Sin embargo, el uso de estos antimicrobianos no siempre sería eficaz, ya que mayoritariamente son distribuidos mediante alimento medicado y los peces no se alimentan cuando se encuentran enfermos. En este sentido, surge la duda razonable sobre el impacto que estos compuestos pueden provocar sobre los ecosistemas marinos y contribuyendo a una potencial generación de resistencia bacteriana especialmente en las regiones de Los

Lagos y Aysén. Sin embargo, Magallanes puede constituirse en una real oportunidad de evaluar los impactos del uso de antimicrobianos, pues en esta región la salmonicultura es incipiente, por lo que es posible evaluar “un antes y un después”. La presentación enfatiza la necesidad de establecer y mantener estándares recomendados por la OMS para definir resistencia antimicrobiana (RAM) ya que existe a menudo confusión e interpretaciones erróneas al respecto.

Es necesario desarrollar indicadores efectivos y adecuados de los antimicrobianos usados por la industria, como indicadores de presión y de RAM como indicador de impacto y que reflejen adecuadamente al potencial impacto sobre el ecosistema incluyendo humanos. Los indicadores deberían proporcionar carga de antibióticos al menos por ACS de tal forma que permitan establecer un estimador por cuerpo de agua relevante a la vez que se debe generar evaluaciones de RAM. Tales indicadores se podrían poner a prueba comparando áreas del mar interior que han tenido diversa intensidad de uso salmonero incluyendo áreas sin historia de uso (áreas de conservación).

La segunda presentación en este panel se refirió al uso de pesticidas para controlar al copépodo parásito *Caligus rogercresseyi*, destacándose que los principales productos usados son Azamethiphos, cipermetrina y deltametrina además de baños con peróxido de hidrógeno. La información científica disponible hasta la fecha, describe la presencia de caligus en peces que circundan los centros de cultivo y es claro que estos son también unidades de infección, sin embargo no están claros los efectos a nivel poblacional o comunitario. Si se conocen algunos efectos a nivel fisiológico y molecular principalmente en crustáceos bentónicos, especies que por tener también exoesqueletos serían afectadas, también existen estudios sobre potencial impacto en moluscos. La propuesta de la presentación se relaciona con el uso de marcadores moleculares que permitirán evaluar potencial impacto de estos productos en un rango más amplio y también considerando y también considerando la cadena trófica en el ecosistema.

Elementos y propuestas clave para abordar la evaluación y seguimiento del impacto de uso de antibióticos y pesticidas a nivel ecosistémico

La discusión que precede a las presentaciones releva algunos elementos clave. Es claro que los indicadores de uso de antibióticos y pesticidas (indicadores de presión) se pueden implementar al menos por ACS pues la información estaría disponible. Ello permitiría al menos realizar un diseño de monitoreo y seguimiento a nivel de cuerpo de agua relevante de indicadores de impacto que podrían incluir RAM en organismos de vida libre y es fundamental establecer un monitoreo en cuerpos de agua que tengan diferentes historias de uso por parte de la salmonicultura (Anexo 2, Tabla 2). Evaluar el impacto de uso de pesticidas más allá de los centros de cultivo parecería más complejo y sin duda el uso de marcadores moleculares y meta genómica tanto para evaluar impacto de antibióticos como de pesticidas abre posibilidades importantes para evaluar impactos a nivel más ecosistémicos, pero las metodologías y su implementación están aún poco desarrolladas. Un tema que se plantea reiteradamente es la necesidad de incorporar o abordar de alguna manera el ingreso de antibióticos, nutrientes, químicos etc. a través de las aguas servidas de las ciudades.

Las propuestas de indicadores se consideraron no abordando aun en forma suficiente los criterios sin embargo se consideran temáticas prioritarias y al menos en el caso de desarrollo de RAM las metodologías estarían disponibles, pero sería necesario uniformar e implementar los monitoreos pertinentes a nivel de cuerpo de agua relevante. Existe un

monitoreo que lleva a cabo el IFOP, pero tiene un alcance limitado y sería necesario adecuar las metodologías de evaluación de RAM.

Evaluación ecosistémica del impacto del uso de pesticidas se presenta como un desafío más complejo pero necesario. En este caso las herramientas moleculares y genómicas propuestas en el panel anterior podrían ser de gran utilidad.

Propuesta grupo de trabajo uso de antibióticos y pesticidas

Muy importante construir y o abrir una base datos transparente y accesible que permita conocer la carga de estos elementos por unidad de área y así estimar al menos los riesgos y eventualmente medir impactos en el ecosistema o cuerpo de agua relevante. Es claro que la información se puede obtener a través del sistema de transparencia con las autoridades pesqueras, pero quizá sería más útil para la industria que la información al menos por ACS fuera abierta y disponible a quien la quiera revisar. De especial interes es la sucesion de tratamientos y la sincronizacion ya que se ha visto que la co-ocurrencia de ciertos compuestos puede influir en su toxicidad para la fauna no objetivo.

viii. Variables/indicadores impactos de escapes e interacción con fauna silvestre

Este panel contó con dos presentaciones, la primera de M Sepúlveda destaca el valor de los mamíferos marinos y en especial de los lobos marinos como indicadores de la salud del ecosistema puesto que son animales de vida larga, algunos son residentes de un área particular, se alimentan de niveles tróficos superiores. Además el almacenamiento de grasa bajo la piel a menudo deposita químicos y toxinas provenientes de actividad humana que se pueden evaluar. Finalmente, al ser animales carismáticos tienen una mayor probabilidad de observación y reporte. La salmonicultura tiene un impacto directo sobre las poblaciones de mamíferos marinos y en el sur de Chile especialmente los lobos. En primer lugar los salmones presentan una fuente de alimentación directa (a través de consumo de escapes y ataques a los centros) e indirecta consumiendo aquellos peces y organismos que suelen concentrarse alrededor de los centros de cultivo. La salmonicultura afecta a los mamíferos por ruido, movimiento de embarcaciones, modificación de hábitat y transmisión de enfermedades. La acuicultura puede afectar las rutas de migración de las ballenas y áreas de uso de los delfines.

Existiría información para desarrollar valores críticos de las poblaciones incluso valores críticos en cuanto a interacciones con algunas especies como ballenas y lobos. También es posible comparar áreas con salmones y sin salmones y sería fundamental hacer los estudios comparativos en y con Magallanes antes de que la salmonicultura continúe desarrollándose allí. Por otra parte, las poblaciones de lobos y ballenas se pueden medir, validar y comparar la información

El problema es que existirían otros factores que también influirían en los cambios de abundancia y movimiento. Los lobos marinos han crecido más en La región de los Lagos que en Aysén y se podría atribuir al crecimiento inicial de la salmonicultura y mayor concentración allí por un par de décadas pero podrían haber otros factores por lo cual el monitoreo permanente es necesario y claramente el seguimiento de estas poblaciones de

mamíferos no es simple. La evaluación de los participante destaca sin embargo la importancia del indicador como representativo e integrador de la salud del ecosistema (Anexo 2, Tabla 2).

La segunda presentación de E. Niklitschek se abocó a los efectos de la salmonicultura sobre las poblaciones y comunidades de peces y se centra en los subsidios directos e indirectos de los cultivos hacia estos organismos destacando la existencia de herramientas adecuadas para estimar los tipos y magnitud de impacto, como es el caso de los isotopos estables. Estos podrían ser utilizados en peces y otros organismos con diferentes posiciones en las tramas tróficas de mares interiores incluyendo ríos que se conectan. La presentación también se refiere a otros monitoreos cuya información podría evaluarse en su calidad de indicadores y en conexión con el uso de isotopos estables, por ejemplo monitoreos de eufausidos, pequeños pelágicos, marea roja que lleva a cabo IFOP y otras instituciones.

Luego la presentación destaca la importancia potencial que tendrían los escapes de salmones alrededor de 1.6 millones de individuos por año. Una estimación de su potencial impacto en cuanto consumo/alimentación sobre presas en el ambiente indicaría que podrían consumir entre 5 y 10 toneladas de presas al año y ello sería relevante comparado con la cuota ~15,000 t de sardina austral autorizada en 2019. Existiría una baja sobreposición con depredadores demersales y una mayor sobreposición con aves, mamíferos y pesquerías de cerco. Indicadores relevantes de presión serían el número de escapes por especie por año por ASC y el número de peces escapados en cada caso. Los indicadores de impactos deberían incluir sobrevivencia, distribución, dieta. Para implementar el monitoreo sería necesario implementar un marcaje regular a todos los peces en cultivo y a la vez tener un programa permanente de monitoreo de peces pelágicos en áreas con y sin salmones.

La discusión que precede las presentaciones enfatiza y destaca la capacidad existente y posible para llevar a cabo monitoreos. También se destaca la necesidad de incluir la presión de pesca artesanal sobre los peces escapados

Grupo de trabajo sobre salmones escapados e interacciones de la industria con la macrofauna silvestre: acciones prioritarias

El grupo de trabajo considera varias acciones prioritarias: a) Modernización del sistema de registro y estadístico de escapes de salmones incluyendo alertas tempranas e información detallada de especies, lugar, número etc. Sería de utilidad incluir también información de mortalidad por lobos y robos. Esta información estaría siendo reportada al estado pero sería importante que fuera pública y de acceso inmediato.- b) Se propone un marcaje universal individual y obligatorio de salmones cultivados. Esto permitiría un mejor seguimiento de escapes, robos y trazabilidad en general. Sería una medida de gran utilidad en la eventualidad que se apruebe el proyecto de ley que está en revisión sobre captura artesanal de salmones para mitigar escapes. – c) Para detectar cuando se empiezan a asilvestrar los escapados es importante incluir indicadores adicionales tales como i) Abundancia relativa/especies de salmónidos en ríos “bandera” y ii) Evidencia de reproducción de salmones. –d) Diseño e implementación de un nuevo sistema de vigilancia de las unidades ecosistémicas relevantes (unidades de análisis) que implique monitoreos permanentes y/o



Identificación de Indicadores Ecosistémicos para los Impactos Ambientales de la Salmonicultura

Puerto Montt, 4 y 5 de Julio de 2019

seguimiento estandarizado de capturas artesanales que permita cuantificar la presencia de salmonídeos en vida libre. Este monitoreo debería incluir un seguimiento de la posición trófica de los salmonídeos es decir que están consumiendo para lo cual se pueden usar técnicas desde macroscópicas a isotopos estables. –e) Establecer algunos estándares para detectar efectos significativos de escapes a través de modelos dinámicos que consideren la trama trófica (ej. S Neira trabajo en preparación).

En relación a la interacción con mamíferos marinos el grupo propone: -e) identificar algunos mamíferos como especies centinela y f) mantener monitoreo de estado poblacional, éxito reproductivo y en lo posible movimientos.

Es claro que la biomasa y /o el número de peces cultivados por cuerpo de agua relevante es un buen indicador de presión que se puede usar como indicador de riesgo de escapes.

ANEXO 1

3 PARTICIPANTES

NOMBRE	INSTITUCION
Giovanni Daneri	CIEP
Farnscisco Morey	Consultor INCAR
Gustavo Chiang	Fundación Meri
Elías Pinilla	IFOP
Gabriel Soto	IFOP
Gastón Vidal	IFOP
Heraldo Contreras	IFOP
Juan Carlos Quintanilla	IFOP
Oscar Espinoza	IFOP
Ana Goncalves	INCAR
Camila Fernández	INCAR
Doris Soto Benavides	INCAR
Edgardo Vera	INCAR
Eduardo Hernández Miranda	INCAR
Fabián Tapia	INCAR
Jeanne Simón	INCAR
Jorge León Muñoz	INCAR
Marcus Sobarzo Bustamante	INCAR
Renato Quiñones Bergeret	INCAR
Rodrigo Montes	INCAR
Rubén Avendaño Herrera	INCAR
Paulina Artacho	INTESAL
Francisco Santibáñez	MMA X
Caludio Castro	MMA X
Alvaro Perez	MOWI
Jorge Mancilla	MOWI
Eduardo Estay	NOVA AUSTRAL
Alejandro Clemens	Plancton Andino
Osvaldo Espinoza	SERNAPESCA X
Elizabeth Gahona	SERNAPESCA X
Yuri Soria	Soria Consultores
Eugenio Zamorano	Subsecretaria de pesca
Susana Giglio	Subsecretaria de pesca
Flor Uribe	Subsecretaria de pesca
Edwin Niklitschek	U. de Los Lagos
Paulina Gebauer	U. de Los Lagos



Identificación de Indicadores Ecosistémicos para los Impactos Ambientales de la Salmonicultura

Puerto Montt, 4 y 5 de Julio de 2019

Valeria Scabibi	U. de Magallanes
Sandra Marín	UACH
Maritza Sepúlveda	UV
Cristina TORRES	WWF
María Jesús Galvez	WWF
Priscila Molina	WWF