

# INFORME DEL SEMINARIO INTERNACIONAL

“Manejo de recursos acuáticos con enfoque  
ecosistémico: avances, brechas y perspectivas”

(1 al 3 de diciembre de 2020)

Valparaíso, abril 2022

## INFORME FINAL

Manejo de recursos acuáticos con enfoque ecosistémico: avances, brechas y perspectivas.

Reporte Seminario Internacional 2020

---

### *Instituciones responsables:*

Sociedad Chilena de Ciencias del Mar (SCHCM)  
Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)

### *Comité Organizador*

Eleuterio Yáñez Rodríguez (SCHCM)  
Claudia Andrade Díaz (SCHCM)  
Carlos Montenegro Silva (IFOP)  
Carolina Lang Abarzúa (IFOP)

### *Comunicaciones*

Gabriela Gutiérrez Vivar (IFOP)  
Mario Loyola Bermúdez (IFOP)  
Natalia Golsman Guzmán (IFOP)

### *Traducción*

Mariluz Cartagena Gómez  
Sebastián Velásquez Moneñy

### *Colaboradores*

Ximena Puentes Bozzo (IFOP)  
Ximena Arenas González (IFOP)

---

### *Cita recomendada:*

Yáñez, Eleuterio, Carolina Lang, María Ángela Barbieri, Carlos Montenegro & Claudia Andrade. 2022. Informe del "Seminario Internacional: Manejo de Recursos Acuáticos con Enfoque Ecosistémico: Avances, Brechas y Perspectivas". Organizan Sociedad Chilena de Ciencias del Mar e Instituto de Fomento Pesquero, Chile. Ediciones del Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso, Chile, 52 páginas.

### *Disponible en línea:*

<https://www.ifop.cl/enfoque-ecosistemico/>

---

Eleuterio Yáñez R.<sup>1,3</sup>, Carolina Lang A.<sup>2</sup>, María Ángela Barbieri B.<sup>3</sup>, Carlos Montenegro S.<sup>2</sup> & Claudia Andrade D.<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Sociedad Chilena de Ciencias del Mar (SCHCM), Chile

<sup>2</sup> Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Chile

<sup>3</sup> Prof. Titular Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV), Chile

<sup>4</sup> Universidad de Magallanes (UMAG), Chile

## Tabla de contenidos

Agradecimientos	1
Introducción	3
Resúmenes de presentaciones	7
Comentarios finales	31
Anexos: Resúmenes de módulos	37



## 1. AGRADECIMIENTOS

La realización del seminario internacional: “Manejo de recursos acuáticos con enfoque ecosistémico: avances, brechas y perspectivas” fue posible gracias a la iniciativa de la Sociedad Chilena de Ciencias del Mar y del Instituto de Fomento Pesquero. Se agradece a los responsables de ambas instituciones por su apoyo y financiamiento, ya que el encuentro permitió a científicos nacionales e internacionales compartir sus conocimientos y experiencias en la aplicación del enfoque ecosistémico en la gestión de la pesca y la acuicultura. El Comité Organizador desea también agradecer a todos los participantes, nacionales e internacionales que contribuyeron aportando una mirada integral y comprensiva de los distintos componentes, impactos y aplicaciones

de este enfoque, haciendo de este evento un espacio efectivo que promueve el interés por avanzar hacia la gestión basada en los ecosistemas, pero además, que garantice la sustentabilidad y conservación de los recursos y la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos. También agradecemos a aquellos que jugaron un papel importante en las comunicaciones internas y externas.

Todos estos esfuerzos condujeron al éxito de este seminario internacional, que esperamos se traduzca en una experiencia de colaboración de largo plazo entre las instituciones y un camino hacia el logro de la sustentabilidad y salud de los ecosistemas.



Estudio en Áreas de Manejo



## 2. INTRODUCCIÓN

La continua disminución de las capturas desde finales de los años noventa sugiere la degradación de las pesquerías a nivel global (Pauly, & Zeller, 2017), poniendo en evidencia que la gestión de los recursos pesqueros no ha resultado del todo exitosa. Se ha adquirido comprensión sobre la dinámica de las poblaciones explotadas y su manejo, pero también ha habido fracasos en la capacidad de los modelos predictivos (Melvin *et al.*, 2016). Esto genera preocupación por los aspectos que pueden afectar la conservación, la biodiversidad, la degradación de los ecosistemas y, por ende, las estrategias de gestión para el desarrollo sostenible de las pesquerías. El amplio impacto de la actividad pesquera provoca cambios evidentes en la abundancia de los recursos, con implicancias en los parámetros poblacionales, tales como la mortalidad y la tasa de crecimiento, que pueden ir más allá de la población de interés al impactar a otros organismos que componen la red trófica en un efecto de cascada (Walters, & Martell, 2004).

Las interacciones tróficas desempeñan un papel importante en la regulación de la dinámica de las poblaciones y pueden alterar la composición de las comunidades en los ecosistemas (Bax, 1998).

Al respecto, se señala que las interacciones tróficas mejoran la evaluación y la comprensión de la dinámica del ecosistema, midiendo los efectos netos de las relaciones entre grupos de especies (Chávez *et al.*, 2003; Cury *et al.*, 2005). De este modo, la identificación de la estructura y funcionamiento del ecosistema puede ayudar a mejorar la inferencia sobre los posibles impactos en otras especies. Otros factores de estrés, tales como la variabilidad climática y el cambio climático juegan un rol en el control del tamaño de las poblaciones, de sus desplazamientos (Chávez *et al.*, 2003; Cury *et al.*, 2005, Yáñez *et al.*, 2018) y del hábitat disponible (Silva *et al.*, 2016; Swartzman *et al.*, 2008).

Entre las explicaciones de la limitación de los modelos predictivos está el hecho de que las poblaciones se consideran aisladas de su entorno y la pesca como principal impulsor. La gestión pesquera basada en el ecosistema propone estudiar la dinámica de las poblaciones considerando los factores ambientales, ecológicos, socioeconómicos, incluidas las interacciones.

- 
- Bax, N. (1998). The Significance and Prediction of Predation in Marine Fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 55(6), 997-1030. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1998.0350>
- Chávez, F., Ryan, J., Lluch-Cota, S., & Ñiquen, M. (2003). Climate: from anchovies to sardines and back: Multidecadal change in the Pacific Ocean. *Science*, 299(5604), 217-21. <https://doi.org/10.1126/science.1075880>
- Cury, P.M., Shannon, L.J., Roux, J-P., Daskalov, G.M., Jarre, A., Moloney, C.L., & Pauly, D. (2005). Trophodynamic indicators for an ecosystem approach to fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 62(3), 430-442. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2004.12.006>
- Melvin, G., Gerlotto, F., Lang, C., & Trillo, P. (2016). Fishing vessels as scientific platforms: an introduction. *Fisheries Res*, 178, 1-3. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.02.022>
- Pauly, D., & Zeller, D. (2017). Comments on FAOs State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA 2016). *Marine Policy*, 77, 176-81. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.01.006>
- Silva, C., Andrade, I., Yáñez, E., Hormazabal, S., Barbieri, M.A., Aranís, A., & Böhm, G. (2016). Predicting habitat suitability and geographic distribution of anchovy (*Engraulis ringens*) due to climate change in the coastal areas off Chile. *Progress in Oceanography*, 146, 159-174. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2016.06.006>
- Swartzman, G., Bertrand, A., Gutiérrez, M., Bertrand, S., & Vasquez, L. (2008). The relationship of anchovy and sardine to water masses in the Peruvian Humboldt Current System from 1983 to 2005. *Progress in Oceanography*, 79(2): 228-237. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.021>
- Walters, C., & Martell, J.D. (Eds.) (2004). *Fisheries Ecology and Management*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1007/s11160-005-0057-1>
- Yáñez, E., Hormazabal, S., Silva, C., Montecinos, A., Barbieri, M.Á., Valdenegro, A., Órdenes, A., & Gómez, F. (2008). Coupling between the environment and the pelagic resources exploited off northern Chile: Ecosystem indicators and a conceptual model. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 36(2), 159-181. <https://doi.org/10.3856/vol36-issue-2-fulltext-3>

En Chile, la Ley General de Pesca y Acuicultura de 2013 establece “la gestión de los recursos con enfoque ecosistémico y precautorio”. Este enfoque considera una mirada más integradora de la evaluación de los recursos acuáticos, lo que implica renovar la forma de la investigación, la cual debe ser transdisciplinaria. La idea es motivar el trabajo en esta dirección, lo que significa establecer programas de investigación de mediano y largo plazo. Actualmente, en el país se desarrolla una importante variedad de pesquerías y sistemas de cultivo (principalmente de salmones y moluscos). Los recursos son permanentemente evaluados con el objeto de manejarlos en vista del desarrollo de actividades sostenibles, pero pocas veces esto se logra, al margen de los significativos ingresos económicos, los cuales no consideran los costos de los servicios de los ecosistemas. Entonces, las investigaciones se abocan a la estimación del cuánto hay y de ciertas características biológicas para adoptar medidas de manejo. Los enfoques son de carácter mono-específico, considerando que las poblaciones son afectadas principalmente por el accionar antrópico, sin tener en cuenta cómo este accionar afecta al ecosistema o cómo el ecosistema afecta la explotación. Los eventos climáticos conocidos como El Niño y La Niña, por ejemplo, provocan efectos en la distribución y abundancia de los recursos, pero solo representan una escala de la variabilidad ambiental. Los cambios interdecadales y el cambio climático tendrían efectos más significativos en los ecosistemas marinos; además de los efectos que ya provocan la contaminación, la pérdida de diversidad, el aumento de la demanda y cambios en el mercado de los precios, entre otros. Por ello resulta imperativa la necesidad de estimar la capacidad de carga de los ecosistemas donde se desarrollan actuales y futuros sistemas de cultivo; así como el efecto de los escapes de las especies cultivadas en las comunidades ecológicas, el cual también tienen un costo asociado.

El enfoque ecosistémico en investigación y administración de recursos acuáticos resulta, entonces, de la mayor relevancia, aun cuando no ha tenido la debida atención. Se requiere, entre otras acciones, promover la investigación interdisciplinaria y ampliar el alcance de los modelos (bioeconómicos, multiespecíficos y ecosistémicos), tomando en cuenta las interacciones ambientales, entre especies y tecnológicas, sin desconocer las de tipo socioeconómico e institucionales. Los encargados de la

administración de recursos acuáticos reconocen estas necesidades, pero existe todavía una gran incertidumbre en cuanto al modo de poner en práctica un método eficaz de ordenación con enfoque ecosistémico. Para enfrentar este desafío debemos reflexionar en términos de la aproximación sistémica, o más bien en la modelación y simulación de ecosistemas. Debemos concentrarnos en el mediano plazo y, particularmente, en protocolos de recolección de datos que sean funcionales para lograr una mejor y más adecuada aproximación a nuestros ecosistemas. Esto conlleva cambios en los enfoques de evaluación actuales.

Cabe señalar que, en muchos de los casos, los modelos mono-específicos aún sirven como base para el manejo de pesquerías. No obstante, la investigación pesquera no puede seguir limitada al simple manejo mono-específico, independiente de la variabilidad ambiental, de las otras especies y del accionar del hombre. De esta manera, el estudio sistémico se vuelve ineludible, y para tal efecto es necesario: a) describir el hábitat y la variabilidad espaciotemporal de los aspectos bióticos y abióticos; b) estudiar las interacciones entre los diferentes componentes bióticos (especies, predadores, presas, competidores); c) entender la respuesta de los recursos frente a la variabilidad ambiental, las presiones naturales y antrópicas; y d) tomar en cuenta las coacciones socioeconómicas.

La modelación espacial multiespecífica requiere de un acoplamiento entre la variabilidad ambiental, la dinámica espacial de las poblaciones (latitud, longitud, profundidad) y la explotación en todas sus dimensiones (desde la pesca al consumidor). Lo anterior ilustra el camino a recorrer antes de entender realmente el funcionamiento y la evolución de las poblaciones y de los ecosistemas. Sin embargo, esta comprensión es indispensable para prever las consecuencias de los fenómenos ambientales y los impactos antrópicos en las poblaciones y sus ecosistemas. Estos son conjuntos dinámicos y para entenderlos bien hay que observarlos en las tres dimensiones citadas, agregando también el factor temporal. De ahí que para progresar en la comprensión de los sistemas naturales se requiere realizar observaciones directas de las relaciones organismos-ambiente, predador-presa-competidores, entre otros. Los equipos mejoran, los métodos evolucionan y el estudio simultáneo de los diferentes componentes es una etapa importante para una mejor comprensión de los ecosistemas marinos.

En este contexto, se propone integrar todos los componentes del sistema, pero no existe claridad sobre cómo hacerlo, qué medir, qué límites geográficos considerar y qué niveles tróficos, entre otros. Por esto la cooperación es fundamental y se cree que hay dos perspectivas que prevalecen en este sentido. La primera busca la participación de todos los actores en un espacio que les permita compartir sus conocimientos y aunar intereses, con una discusión práctica que sea útil en el manejo y se encamine al bien común. La segunda, destaca la formación y sobre todo la experiencia previa en modelación ecosistémica. Aquí la cooperación internacional permitiría intercambiar conocimiento, compartir habilidades y procesos, facilitando la adquisición de nuevos conocimientos en torno a sistemas donde este enfoque ya ha sido aplicado. Habría que definir el camino para la aplicación de esfuerzos exitosos en sistemas similares (o transferencia), lo que implica una mejor gestión para garantizar la sustentabilidad de los recursos, así como la capacidad de adaptación a escenarios extremos, como los del cambio climático.

El seminario internacional tuvo como principal objetivo reunir a científicos nacionales e internacionales, para compartir experiencias y conocimientos sobre el enfoque ecosistémico aplicado a sistemas pesqueros y de acuicultura, y con ello acercar nuestra mirada a este enfoque integrador, comprender sus componentes e identificar brechas y avances a través de aplicaciones actualmente en operación. El seminario se realizó entre el 1 y el 3 de diciembre vía remota, con la participación de científicos nacionales e internacionales y autoridades encargadas de investigación y manejo de recursos acuáticos. En la oportunidad, se desarrollaron cinco módulos, cada uno compuesto por cuatro o cinco presentaciones, seguidas de un foro de preguntas y discusiones. Cabe mencionar que los dos últimos días (4 y 5), invitados internacionales de reconocida trayectoria y un experto de la FAO (Módulo 1) debatieron en torno al tema central del seminario. Las presentaciones proporcionaron distintas perspectivas sobre el marco regulatorio, el estado actual del enfoque ecosistémico, los avances en acuicultura, aproximaciones del recurso-hábitat y aplicaciones en pesquerías. El programa del seminario, los resúmenes de cada presentación y de cada módulo, más observaciones finales son presentados a continuación.



Pesquería de crustáceos demersales



### 3. RESÚMENES DE PRESENTACIONES

#### Seminario internacional

#### “MANEJO DE RECURSOS ACUÁTICOS CON ENFOQUE ECOSISTÉMICO: AVANCES, BRECHAS Y PERSPECTIVAS”

##### 1 DICIEMBRE MÓDULO 1 11:00 - 13:15 hrs. @SCHCMAR

Moderador: Dr. Carlos Montenegro (IFOP)

Inauguración: Marcelo Oliva (Presidente de la SCHCM) y Luis Parot (Director del IFOP)

##### EXPONEN:



Una perspectiva de los desafíos del enfoque ecosistémico.

**Luis Parot**  
Director IFOP



Perspectivas del manejo de pesquerías y acuicultura con enfoque ecosistémico en Chile.

**Mauro Urbina**  
SUBPESCA



La investigación interdisciplinaria como elemento crucial del enfoque ecosistémico en la acuicultura.

**Renato Quiñones**  
Director INCAR



Manejo con enfoque ecosistémico en acuicultura: una visión global.

**José Aguilar-Manjarrez**  
Oficial de Acuicultura FAO

##### 1 DICIEMBRE MÓDULO 2 17:00 - 19:30 hrs. @SCHCMAR

##### EXPONEN:

Moderadora: Dra. María Ángela Barbieri (Prof. Titular PUCV)



Avances para la implementación práctica de un enfoque ecosistémico en la acuicultura en Chile.

**Doris Soto**  
INCAR



Desarrollo sustentable de la acuicultura: tendencias actuales y desafíos.

**Alejandro Buschmann**  
ULAGOS



Modelación ambiental en los ecosistemas patagónicos: Herramientas para la gestión costera, con énfasis en la acuicultura.

**Elias Pinilla**  
IFOP



Modelación hidrodinámica y acoplamiento biofísico en sistemas de fiordos.

**Andrés Sepúlveda**  
UDEC



Extracción de crustáceos y biodiversidad de fondos duros en fiordos de la Patagonia.

**Giovanni Danneri**  
Director DIEP

##### 2 DICIEMBRE MÓDULO 3 11:00 - 13:15 hrs. @SCHCMAR

##### EXPONEN:

Moderador: Dr. Gustavo San Martín (SUBPESCA)



Herramientas para la gestión con enfoque ecosistémico de la pesca y la acuicultura: casos prácticos en Chile.

**Claudio Silva**  
Centro IOS



Percepciones, avances y brechas sobre la implementación del enfoque ecosistémico en manejo de pesquerías.

**Stefan Gelcich**  
PUC



Enfoque ecosistémico en investigación y administración de pesquerías: una reflexión.

**Eleuterio Yáñez**  
Prof. Titular PUCV



Avances hacia un enfoque ecosistémico en las pesquerías migratorias: perspectivas y direcciones futuras.

**Patricia Zarate**  
IFOP

##### 2 DICIEMBRE MÓDULO 4 17:00 - 19:15 hrs. @SCHCMAR

##### EXPONEN:

Moderador: M.Sc. Mauricio Gálvez (Director Centro IOS)



Modelamiento ecosistémico de la pesquería de anchoveta entre Atacama y Coquimbo.

**Carlos Montenegro**  
IFOP



Enfoque ecosistémico en la pesquería de sardina austral de aguas interiores de la X Región de los Lagos.

**Sergio Neira**  
UDEC



Herramientas de modelación aplicadas al entendimiento de la estructura espacial del jurel en el Pacífico suroriental.

**Sebastián Vásquez**  
INPESCA



Indicadores y modelos en el manejo de recursos pesqueros con enfoque ecosistémico del Norte del Ecosistema de la Corriente de Humboldt.

**Jorge Tam**  
IMARPE, PERÚ

##### 3 DICIEMBRE MÓDULO 5 11:00 - 13:30 hrs. @SCHCMAR

##### EXPONEN:

Moderador: Dr. Patricio Bernal (CSIRO-Chile)



Advancing ecosystem based management in small-scale fisheries through a multi-species approach, case studies from Latin America.

**Kendra Karr**  
EDF, USA



Ecosystem models, a blurred future versus a precise failure?. An example case for a Vulnerable Marine Ecosystem.

**Javier Pombo**  
CSIRO, Australia



Making ecosystem based management operational: EwE's contribution?

**Villy Crithensen**  
UBC, Canada



Ecosystem modeling to improve fisheries management in the Gulf of Mexico.

**David Chagaris**  
UF, USA

 **GENERANDO CONOCIMIENTO Y SUSTENTABILIDAD**  
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO ★ CHILE

 **Sociedad Chilena de Ciencias del Mar**



## MÓDULO 1

Enfoque ecosistémico y políticas públicas para la gestión de la pesca y la acuicultura: avances y desafíos para construir un ambiente resiliente.



### Una perspectiva de los desafíos del enfoque ecosistémico.

**Luis Parot** / Director IFOP

Incorporar el enfoque ecosistémico (EES) en la administración de la pesca y la acuicultura representa un enorme desafío para Chile, tanto para la comunidad científica como para la institucionalidad. Pasar desde la investigación orientada al seguimiento del estatus de especies individuales a una integral —que envuelve al conjunto de especies que se relacionan en un ecosistema— es, sin duda, un desafío de proporciones épicas. Sin embargo, el que sea un objetivo difícil, no puede hacernos abandonar la decisión de avanzar dando pasos que, por pequeños que sean, nos acercan y despejan el camino hacia la meta.

El EES, para que sea posible y entregue resultados útiles, exige un enorme esfuerzo colaborativo entre científicos, pescadores, ambientalistas y autoridades y, como toda política pública en los tiempos que corren, no se sostendrá simplemente en el principio sancionatorio de la autoridad, sino en la colaboración de todos los actores interesados. Por eso la importancia de definir al EES como una herramienta, precisar sus alcances, hacerlo operativo y aplicarlo —aunque sea a pequeña escala— para poder exhibir resultados que capturen el apoyo de científicos y ONG, y también de las comunidades de pescadores artesanales e industriales y de acuicultores. Por ahora parece ser solo un esfuerzo

mayoritariamente académico, aunque en IFOP nuestros investigadores ya trabajan en algunas iniciativas concretas, que esperamos sean los ejercicios cuyos resultados señalen el camino hacia el cambio de paradigma: de proteger una especie-recurso a proteger el ecosistema.

Como Instituto de Investigación aplicada en Pesca y Acuicultura, responsable de asesorar al estado de Chile, IFOP se encamina a modificar su estructura interna y desarrollar una cultura que estimule la colaboración entre sus investigadores, facilitando la integración de experiencias y miradas diversas sobre los recursos que comparten un ecosistema determinado.

Aun con esa actitud colaborativa y con una orientación clara del camino, el EES seguirá siendo un desafío a vencer, aunque los fenómenos y cambios e impactos ambientales-antropogénicos que vemos casi a diario pueden anticipar la exigencia de tener respuestas en el corto plazo. Las cosas están pasando más rápido de lo previsto, y la comunidad exigirá al mundo científico respuestas consistentes y eficaces. IFOP estará a la vanguardia, explorando alternativas y buscando respuestas, además de sumarse activamente a esfuerzos de diálogo e intercambio como este encuentro.



## Perspectivas del manejo de pesquerías y acuicultura con enfoque ecosistémico en Chile.

**Mauro Urbina / SUBPESCA**

Desde 2013, el marco legal de la pesca y la acuicultura establece el objetivo de conservación, el cual implica el uso sustentable de los recursos hidrobiológicos y el cuidado del ecosistema con la aplicación del enfoque ecosistémico; además de una administración transparente, responsable e inclusiva. El enfoque ecosistémico promueve el desarrollo sostenible, el bienestar humano y ecológico, mediante una adecuada gobernabilidad y gobernanza. A fines de la primera década del año 2000 se inició, en conjunto con el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), un programa de investigación sobre el conocimiento científico que permite avanzar hacia el manejo con enfoque ecosistémico. La legislación vigente incorpora organismos asesores, como los Comités Científicos Técnicos que se pronuncian en materia científica y los Comités de Manejo que proponen planes de manejo que abordan aspectos biológicos, ecológicos, económicos y sociales, así como un programa de recuperación de las pesquerías en estado de sobreexplotación y agotadas.

En la implementación del manejo con enfoque ecosistémico en pesquerías se ha avanzado preferentemente en cinco líneas:

- 1) Biológica, estableciendo objetivos de largo plazo en la conservación y administración de las pesquerías, y en la protección de los ecosistemas. De este modo, se determinan puntos biológicos de referencia, para llevar las pesquerías hacia el rendimiento máximo sostenido (RMS), creando planes de recuperación de aquellas sobreexplotadas o colapsadas.
- 2) Ecológica, implementando la Ley del Descarte, la cuantificación de este y un programa de reducción. Es así como desde el año 2020 se instalaron cámaras a bordo de naves de la flota industrial, y desde 2024 se extenderán a parte de la flota artesanal. En ese sentido, a través de IFOP se elabora el Plan de Devolución al Mar de la Pesca Incidental (tiburones, quimeras, condriictios, aves, tortugas, otros). Además, con el Ministerio del Medio Ambiente se declaran áreas marinas protegidas, para conservar o preservar áreas específicas y delimitadas.
- 3) Socioeconómica, apoyando la diversificación productiva de la pesca artesanal, la promoción del consumo humano, los Espacios Costeros Marinos para Pueblos Originarios (ECMPO) y creando el Instituto Nacional de Desarrollo Sustentable de la Pesca y la Acuicultura de Pequeña Escala (INDESPA).
- 4) Gobernabilidad, transparencia y participación, estableciendo 36 Comités de Manejo y elaborando 18 planes de manejo. En cuanto a la agenda legislativa, se ha promulgado la Ley de Caletas Pesqueras, la del Cultivo y Repoblamiento de Algas, la creación del INDESPA, el reglamento de Acuicultura de Pequeña Escala (APE) en Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos (AMERB) y la regulación de la actividad bentónica.
- 5) De investigación, desarrollando líneas como tramas tróficas, rol del ecosistema, estimación de remociones totales, determinación de los puntos biológicos de referencia (PBR) en diversas pesquerías y la aplicación de modelos ecosistémicos, así como un estudio piloto que implementa el enfoque ecosistémico en la pesquería de sardina austral, entre otros.

En concreto se han desarrollado diversos aspectos de la aplicación del manejo con enfoque ecosistémico, incorporando mecanismos de participación y transparencia, estableciendo normas que favorecen la diversificación productiva, ampliando el conocimiento científico en que se basan las medidas de administración y estableciendo normas que permiten fiscalizar su cumplimiento. Sin embargo, se debe reforzar la forma de la incorporación de los aspectos socioeconómicos, que deberían estar explícitamente en la legislación.



## La investigación interdisciplinaria como elemento crucial del enfoque ecosistémico en la acuicultura.

**Renato Quiñones** / Director INCAR

La acuicultura nacional enfrenta muchas brechas y desafíos en el plano productivo, ambiental, económico y social. La resolución de estos requiere de la generación de conocimiento científico, que posea una perspectiva multidimensional de la realidad, incorporando las ciencias formales, naturales y sociales, de una manera interdisciplinaria. La naturaleza de los retos que enfrenta la acuicultura deriva del hecho básico que es una actividad que es parte de sistemas socioecológicos de alta complejidad. Como ha planteado la FAO, el enfoque ecosistémico a la acuicultura (EEA) es la estrategia que permite la integración óptima de la actividad acuícola en este, favoreciendo el desarrollo sostenible y la resiliencia de los sistemas socioecológicos. Así, existe un vínculo indisoluble entre el EEA y la investigación interdisciplinaria. Pero, ¿qué es la investigación interdisciplinaria? Siguiendo la definición propuesta por la Academia de Ciencias de Estados Unidos, esta es una forma de hacer investigación por parte de un equipo de investigadores o por individuos que integra información, datos, técnicas, herramientas, perspectivas, conceptos y/o teorías de dos o más disciplinas o cuerpos de conocimiento especializado, para avanzar en la comprensión básica o para resolver problemas cuya solución está más allá del alcance de una única disciplina o área de investigación. Es evidente que los problemas de sustentabilidad de la acuicultura nacional son demasiado complejos para poder ser enfrentados adecuadamente por una disciplina científica de manera aislada, y se requiere, en consecuencia, de un enfoque interdisciplinario para la generación del conocimiento necesario. Ahora bien, realizar investigación interdisciplinaria es un desafío no menor para cualquier equipo de investigadores, ya que es necesario desarrollar un lenguaje y una perspectiva común, lo que demanda que cada integrante abra su mente a formas diferentes de percibir y enfrentar la materia bajo estudio.

A nivel internacional, se ha reconocido que entre las brechas para el desarrollo de la investigación interdisciplinaria se encuentran: 1) estructura universitaria mayoritariamente basada en departamentos unidisciplinarios; 2) dificultades de inserción laboral de investigadores interdisciplinarios; 3) limitada formación interdisciplinaria a nivel de pregrado, posgrado y posdoctoral; 4) problemas de comunicación y epistemológicos entre diversas disciplinas; 5) requiere de un esfuerzo mayor por parte del investigador para interiorizarse de las perspectivas y conceptos fundamentales de otras disciplinas; 6) dificultad para obtener financiamiento en agencias financieras tradicionales, donde existe una cultura predominantemente unidisciplinaria; 7) menor disponibilidad de revistas científicas de alto impacto donde publicar resultados interdisciplinarios en comparación con las revistas unidisciplinarias; 8) dificultad para encontrar investigadores que puedan liderar esfuerzos interdisciplinarios; y 9) necesidad de generar criterios claros y eficientes para la evaluación de la investigación interdisciplinaria por parte de los organismos del Estado. Estas brechas reconocidas internacionalmente se aplican plenamente a nuestra realidad nacional.

Finalmente, para poder aplicar el EEA es fundamental lograr también que los tomadores de decisiones en los procesos de gobernanza tengan una perspectiva interdisciplinaria de la acuicultura y sus desafíos. Esto requiere que las instituciones sectoriales diversifiquen sus equipos de trabajo y de análisis con profesionales que provengan de diversas áreas, a fin de lograr una aproximación integral de la realidad natural, social y económica. En Chile se están haciendo avances institucionales, tanto sectoriales como por parte de las universidades, para potenciar los enfoques interdisciplinarios, pero aún falta un largo camino por recorrer, tanto en la promoción de la investigación interdisciplinaria, como en la instauración del EEA en el país.



## Manejo con enfoque ecosistémico en acuicultura: una visión global.

**José Aguilar-Manjarrez / Oficial de Acuicultura FAO**

Hace más de una década, el enfoque ecosistémico de la acuicultura (EEA) surgió de las discusiones entre la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y expertos internacionales en la disciplina para avanzar hacia un desarrollo más sostenible de la actividad. El enfoque ecosistémico de la acuicultura consiste en “una estrategia para la integración de la actividad en el ecosistema más amplio, que promueva el desarrollo sostenible, la equidad y la capacidad de recuperación de los sistemas socio-ecológicos interconectados” (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2011, p. iv).

La presentación se desarrolla sobre la base de un examen crítico acerca del uso y la integración del EEA a nivel global y su posible evolución en la próxima década. Además, se destacan las lecciones aprendidas con las experiencias del EEA, las oportunidades y los vínculos entre el EEA y los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la Agenda 2030.

Los resultados indican que no hay una comprensión uniforme de qué es el EEA, qué implica y para qué se puede utilizar y esto se debe principalmente a que existe una brecha entre quienes utilizan el EEA para conceptualizar el desarrollo del sector y los que adoptan el concepto. La falta de acuerdo acerca de un significado comúnmente acordado puede deberse a su nombre y a las diferentes perspectivas en las que se interpreta el término “ecosistema”.

Se identifican como principales impedimentos para la implementación del EEA: 1) la dificultad en definir los límites administrativos y del ecosistema; 2) la falta de autonomía de los países involucrados en la adopción del EEA; y 3) los cambios en la cultura organizacional.

Por otro lado, las limitaciones más relevantes que enfrentan los gobiernos para la implementación del EEA son: 1) la mala o limitada gobernanza y regulación; 2) falta de integración y coordinación interinstitucional; 3) falta o limitada capacidad técnica; 4) restricciones financieras; y 5) la ambigüedad de los beneficios percibidos por administradores y productores. Sin embargo, pese a las limitaciones mencionadas, el EEA ha promovido un cambio radical en la forma en que se concibe y planifica el desarrollo de la acuicultura; ha sensibilizado la utilidad de los enfoques integrales y participativos en ella y ha sido fundamental para crear conciencia acerca de la importancia de los principios del código de conducta para la pesca responsable de la FAO, para orientar al sector hacia una mayor sostenibilidad y para fortalecer la planificación espacial de la acuicultura en muchas instituciones gubernamentales y locales.

El énfasis en la planificación espacial que se ha desarrollado como parte de los esfuerzos de implementación del EEA y los vínculos estrechos entre este e iniciativas como “Crecimiento Azul”, constituyen oportunidades significativas para el futuro del enfoque, aunque su capacidad para abordar problemas de gobernanza —cada vez más complejos— puede ser limitado. Por lo tanto, se estima oportuno reconsiderar la razón de ser del EEA, teniendo en cuenta los desarrollos en curso dentro y fuera del sector de la acuicultura.

Lo que se necesita para el futuro es un enfoque que haga uso de la experiencia disponible, se sume a los conocimientos técnicos existentes, elabore y perfeccione directrices y cree marcos adecuados para un mayor desarrollo. El EEA debe evolucionar para abarcar mejor los nuevos desarrollos que afectan al sector



## Avances para la implementación práctica de un enfoque ecosistémico en la acuicultura en Chile.

**Doris Soto / INCAR**

Un enfoque ecosistémico de la acuicultura (EEA) es una estrategia para la integración de la actividad en el ecosistema más amplio, que promueva el desarrollo sostenible, la equidad y la capacidad de recuperación de los sistemas socioecológicos interconectados (FAO, 2010).

El EEA está orientado por tres principios generales: 1) la acuicultura se debería desarrollar en el contexto de las funciones y servicios ecosistémicos (incluyendo la biodiversidad), sin degradación de estos 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 en forma apropiada.

Algunas preguntas que intenta responder el EEA incluyen: ¿cuánta materia/energía ingresa y cuánto sale de los ecosistemas por acción de la acuicultura? ¿Los beneficios socioeconómicos son superiores a las externalidades? ¿Están repartidos con equidad?

El EEA se implementa mejor a nivel local a través del desarrollo de planes de manejo para áreas o zonas geográficas o territorios específicos. Sin embargo, en Chile ello no es posible. Elementos clave, brechas y avances para la aplicación práctica del EEA en Chile incluyen: 1) un alcance territorial acorde con el ecosistema (más allá del centro de cultivo individual); 2) la capacidad de carga de los ecosistemas (productiva, ecológica y social) debería dictar la producción por área y volumen. Sin embargo, hay claros ejemplos, tanto en salmonicultura y mitilicultura, que indican que ello no se cumpliría; 3) planes de manejo con el EE pueden facilitar integración multitrofica de la acuicultura (IMTA). Sin embargo, la integración de la acuicultura con otros usos y usuarios del borde costero y ambiente marino no es posible puesto que las normativas actuales “tratan” cada tipo de acuicultura y pesca como “cajas cerradas” y no se facilita, por ejemplo, la integración multitrofica o integración con otros usos.

En el caso de la salmonicultura se han estudiado y normado los efectos sobre el ambiente marino en el entorno de los centros de cultivo (SEIA, RAMA). Sin embargo, la concesión

como área de gestión no permite abordar la mayoría de los problemas ambientales y sociales asociados a la actividad.

En enero de 2020 se realizó la entrega de un informe científico que contiene un conjunto de indicadores ambientales para estimar, regular y controlar los impactos negativos a nivel ecosistémico de la salmonicultura en Chile. La iniciativa tiene su origen en una colaboración entre el Centro Interdisciplinario para la Investigación Acuícola (INCAR) y WWF Chile y con el aporte de un número de científicos de otras instituciones. La iniciativa busca asegurar que la salmonicultura de engorda en balsas flotantes respete los equilibrios esenciales en cuanto a aportes y circulación de nutrientes y otros elementos, y que no se deteriore la biodiversidad, respetando la capacidad de carga de los ecosistemas.

Las actuales normativas, que se basan en lo que ocurre debajo y o alrededor de las balsas jaulas, solo proveen una parte de la información. Necesitamos tener datos permanentes sobre lo que ocurre a nivel de cuerpos de agua relevantes o ecosistemas. Por ejemplo, el informe mencionado entrega un análisis preliminar de riesgo de eutroficación en un número de cuerpos de agua, destacando que el estuario y seno de Reloncaví y el fiordo Comau en la Región de Los Lagos, los fiordos Puyuhuapi, Cupquelan y Quitralco en Aysén tienen niveles comparativamente más altos y requieren atención prioritaria de monitoreo, prevención y mitigación. Por ejemplo, debe considerarse la reducción de la producción de salmones en estos ambientes, en cambio la producción puede mantenerse con precaución en otros cuerpos de agua con mejor circulación y mayor capacidad de carga.

Ello siempre considerando la evaluación permanente de indicadores que informen sobre la salud de los ecosistemas, lo cual actualmente no ocurre.

Cuando se acusa al sector salmoniculor de causar un gran impacto en el ecosistema, la verdad es que no se tiene suficiente información para aceptar o rechazar esta afirmación. Claramente, necesitamos de monitoreos permanentes transparentes y abiertos que nos permitan tener una constante evaluación del estado de estos ecosistemas, donde, además, coexisten otras actividades que puedan tener impactos. Los escapes de salmones, por citar alguno, requieren de esta visión sistémica.

Se propone crear áreas de conservación en la Región de Los Lagos, en particular, en el fiordo Comau, para que se puedan comparar áreas con y sin salmonicultura, y áreas con y sin pesca artesanal. Bajo el actual escenario de cambio climático para la Patagonia norte, se cree que es esencial contar con espacios sin impactos humanos directos para poder separar los efectos del cambio climático y poder generar mejores medidas de adaptación.

En cuanto a la real aplicación de un enfoque ecosistémico en la salmonicultura, estamos hablando de una estrategia que se espera permita balancear adecuadamente los objetivos de conservación ambiental, desarrollo económico y social equitativo, con una gobernanza adecuada. Este es un tremendo desafío para un futuro más sostenible del planeta y la acuicultura ciertamente tiene un papel que jugar.



## Desarrollo sustentable de la acuicultura: tendencias actuales y desafíos.

**Alejandro Buschmann / ULAGOS**

La producción mundial de la acuicultura presenta una tendencia hacia el crecimiento sostenido; asimismo en Chile, donde se ha incrementado principalmente el cultivo de salmonídeos (salmón atlántico, salmón pacífico y trucha) y moluscos (choritos, abalones y ostiones) y, en menor escala, las macroalgas y microalgas. Uno de los desafíos para el desarrollo sustentable de la salmonicultura son los efectos ambientales y ecológicos que produce su accionar en la zona sur-austral de Chile. Los estudios realizados en los centros de cultivo muestran una importante carga de nutrientes inorgánicos y un enriquecimiento orgánico bajo las jaulas y hasta unos 100 m. Alrededor de estas predominan los efectos bentónicos con el incremento orgánico, la sedimentación, la disminución de oxígeno y el aporte de nutrientes inorgánicos. Luego se produce un cambio en la composición del fitoplancton, con posibles bloom de algas y una disminución de la diversidad biológica. Además, se origina la propagación de enfermedades y patógenos en los centros de cultivo y en la población silvestre. También está la introducción de nuevos patógenos y de especies invasivas, los cuales alteran la cadena trófica. Un estudio indica que una producción de 800.000 toneladas de salmón en Chile genera 22.400 toneladas de  $\text{NH}_4$ .

Un impacto relevante de la alta carga de nutrientes inorgánicos es la eutrofización en la zona costera. Para mitigar el efecto se efectúan cultivos experimentales de gracilaria en centros de cultivo de salmones de diferentes niveles de producción. Los resultados indican que las macroalgas capturan nitrógeno y se reduce la producción de microalgas tóxicas. Luego, para avanzar hacia una acuicultura sustentable con enfoque de manejo ecosistémico, se propone transitar hacia una acuicultura integrada multitrófica, que permita avanzar hacia la biorremediación, donde una combinación de niveles tróficos que comparten el ambiente y los diferentes organismos (por ejemplo, macroalgas, moluscos y crustáceos) pueden aprovechar los nutrientes orgánicos e inorgánicos. Para tal efecto, se debiera modificar el sistema de regulación, para aumentar el reconocimiento de la escala de los impactos ambientales, desarrollar un programa de monitoreo ambiental con acceso abierto y datos validados, diseñar estrategias de producción acuícola más sostenibles y resilientes, considerando incertidumbres climáticas/oceanográficas.



## Modelación ambiental en los ecosistemas patagónicos: Herramientas para la gestión costera, con énfasis en la acuicultura.

**Elías Pinilla / IFOP**

La gestión ambiental de la acuicultura en los ecosistemas de la Patagonia, basada en la determinación de riesgos tales como: la eutroficación, el enriquecimiento bentónico, la demanda bioquímica de oxígeno o los cambios bacterianos, es aún un desafío importante para el Estado de Chile, considerando que se debe combinar la búsqueda, tanto de los efectos ambientales locales, como en una escala geográfica más amplia.

Basados en el programa de investigación regular financiado por el Estado de Chile, el Instituto de Fomento Pesquero ha desarrollado importantes capacidades en modelación ambiental como forma de describir los procesos locales y de larga escala en los ecosistemas marinos en sus componentes físicos, químicos o biológicos. Por otra parte, las capacidades de monitoreo y pronósticos, validación de índices bióticos como AMBI o ITI, junto con parámetros en la columna de agua como: la renovación de agua o la variabilidad del oxígeno disuelto, permiten dar cuenta de distintos grados de fragilidad de los ecosistemas de la Patagonia y son herramientas fundamentales para la gestión adecuada de la acuicultura.

Parte importante de la información generada en los ámbitos antes señalados se encuentra disponible en el sistema de información ambiental CHONOS ([chonos.ifop.cl](http://chonos.ifop.cl)). Esta es una plataforma web compuesta por una variedad de productos basados en modelación numérica oceanográfica en los fiordos de la Patagonia chilena. Cuenta con distintas aplicaciones, desarrolladas en un ambiente flexible. CHONOS es un esfuerzo por generar información de libre acceso e interés público para tomadores de decisiones y público en general.

En los últimos años ha habido avances importantes en la generación de información y conocimiento en la integración de medioambiente y la acuicultura. Sin embargo, aún se encuentran pendientes desafíos importantes que deben ser prioritarios en el corto y mediano plazo, por ejemplo: 1) creación de sistemas de observación del océano (físicos, químicos y biológicos) de amplia cobertura y con información de libre acceso; 2) avanzar en estudios interdisciplinarios que permitan conectar los aspectos ambientales a aquellos ámbitos económicos y sociales, y 3) avances en una regulación ambiental con un enfoque adaptativo y definiciones precisas, actualizadas y operacionales de capacidad de carga en los ecosistemas marinos.



## Modelación hidrodinámica y acoplamiento biofísico en sistemas de fiordos.

Andrés Sepúlveda / UDEC

Los sistemas de fiordos son zonas complejas en cuanto a sus características hidrodinámicas y biogeoquímicas. En particular, el sistema de fiordos del norte de la Patagonia chilena ha sido objeto de una serie de estudios de modelización numérica que pueden contribuir a la gestión de los recursos acuáticos con un enfoque ecosistémico. Estos son complementarios a los estudios observacionales que se han realizado regularmente en esta zona y a los esfuerzos por establecer series temporales de largo plazo en sitios de muestreo, ya que permiten a los investigadores evaluar la contribución de diferentes factores de forzamiento en los resultados observados.

Esta contribución numérica presenta avances importantes, pero también lagunas significativas. Por ejemplo, el uso de un modelo numérico de última generación ha permitido representar la hidrodinámica en los fiordos con un tamaño de rejilla de cientos de metros. Este nivel de detalle es necesario para representar correctamente la compleja geometría y las variaciones topográficas de los fiordos. Sin embargo, se ha discutido la importancia de un forzamiento numérico del viento también muy detallado (Olivares *et al.*, 2015), ya que la escarpada topografía que rodea a los fiordos debe representarse correctamente para entender el flujo de la capa superficial que influye en la dispersión de patógenos acuáticos como el ISAv.

Las herramientas tradicionales de modelización oceánica regional permiten representar un sistema de fiordos a escala de cientos de metros. Sin embargo, estas herramientas no son adecuadas para representar el efecto de las estructuras artificiales, como las jaulas de las granjas de acuicultura, que son del orden de 30 m de ancho y profundidad, y 300 m de longitud. Para evaluar su influencia en el tiempo de retención en un fiordo, se pueden utilizar modelos CFD para incluirlas explícitamente en la malla del modelo, y también para describir el efecto de amortiguación que tienen en la circulación local y cercana (Herrera *et al.* 2018). Esta combinación de modelos oceanográficos regionales y CFD es un paso valioso para comprender la influencia de las estructuras artificiales en los

fiordos y otros canales estrechos. Los recientes avances en la implementación de la predicción numérica del océano han permitido a las instituciones públicas de Chile proporcionar previsiones diarias de las condiciones oceanográficas en la zona de fiordos del norte de la Patagonia. El sistema CHONOS, desarrollado en el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), proporciona una previsión diaria (en un horizonte de tres y diez días) para apoyar la comprensión del entorno en las actividades acuícolas. Asimismo, dicho sistema permite utilizar estas previsiones para estimar la dispersión de un brote de virus y, lo que es más importante, es un gran paso para facilitar el acceso público a los modelos numéricos, acercando esta fuente de información a los responsables locales de la toma de decisiones y a los interesados en las condiciones oceanográficas locales.

Hay otras aplicaciones de los modelos numéricos en los sistemas de fiordos que se están desarrollando, como la estimación de la variabilidad de la energía de las mareas (Artal *et al.*, 2019), el efecto del cambio climático en la entrada de agua dulce (Aguayo *et al.*, 2019) y la entrada de sedimentos de los glaciares (Marín *et al.*, 2013), y la vulnerabilidad general del sistema biofísico y socioeconómico al cambio climático (Soto *et al.*, 2019). En el IFOP también se están utilizando modelos numéricos para comprender la variabilidad biogeoquímica en el sistema de fiordos mediante el acoplamiento de modelos oceánicos regionales (por ejemplo, CROCO) y modelos biogeoquímicos (como PISCES), pero se trata de áreas de desarrollo reciente y activas. La principal preocupación de estos avances es que los resultados están destinados a quedar enterrados en forma de informe técnico o de publicación científica si no se facilita el acceso a su uso, manipulación e interpretación. Es clave encontrar una manera en que la comunidad, los responsables de la toma de decisiones y los científicos de campo interactúen con los resultados de la comunidad de modelización numérica. También es clave que esta comunidad crezca, en términos de número de miembros, y que se establezcan mecanismos de cooperación y comparación de resultados.



## Extracción de crustáceos y biodiversidad de fondos duros en fiordos de la Patagonia.

**Giovanni Danneri** / Director CIEP

Obtener datos pesqueros y biológicos de la jaiba marmola (*Metacarcinus edwards*) en faenas de pesca en la Región de Aysén fue el objetivo del proyecto desarrollado por el CIEP y financiado por CORFO. La jaiba marmola es un recurso de interés comercial y con potencial para impulsar una actividad sustentable. Sin embargo, hasta este proyecto no existía claridad sobre su estado de explotación, ni tampoco sobre su ciclo reproductivo. La iniciativa, apoyada por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca), propuso una metodología orientada a la construcción de indicadores que permitieran complementar el actual programa de seguimiento que tiene el Instituto de Fomento Pesquero.

El proyecto contempló el trabajo directo con pescadores que realizan faenas de jaiba en la zona sur de Puerto Aguirre. En este contexto, se llevaron a cabo cuatro campañas de terreno de carácter estacional y cuatro talleres de planificación y revisión de resultados. Las campañas cubrieron las zonas de pesca isla Traiguén (Las Mentas), isla Costa, isla Meninea, Playas Largas, isla Vergara y caleta Vidal. Los principales resultados asociados al rendimiento de pesca mostraron que las zonas ubicadas en el extremo sur (isla Traiguén) del área de estudio tuvieron un rendimiento de pesca más bajo respecto de las zonas de pesca situadas en el sector centro-norte (caleta Vidal, sector isla Costa). No obstante, la estructura de tallas mostró que la población estudiada se encuentra en un estado saludable en todas las zonas estudiadas.

La presencia de una ventana de escape en las trampas (abertura de 8 cm), presente en la mayor parte de las trampas, permite que las jaibas más pequeñas sean liberadas, sin impactar negativamente la captura comercial. El tiempo de permanencia de las trampas en el agua (tiempo de reposo) que va de uno a más días, tampoco disminuyó la captura comercial, a menos que la malla de la trampa sea dañada.

Los indicadores reproductivos, tanto en machos como hembras, mostraron valores similares a los encontrados en pesquerías con baja intensidad de explotación. El ciclo reproductivo en la Región de Aysén muestra que en primavera se realiza la cópula, luego comienza el desarrollo gonadal de las hembras el cual culmina a finales del otoño y principios de invierno con la fecundación y postura de huevos. Este ciclo es similar a lo encontrado en Valdivia y Chiloé, mostrando que no existe una diferencia latitudinal. La madurez morfométrica estimada para machos fue de 116 mm y 104 mm en hembras, lo que evidencia que la talla mínima de extracción (120 mm) es correspondiente con la talla de madurez en la Región de Aysén. A partir de esta primera iniciativa, se destaca la importancia de los indicadores reproductivos como un proxy del estado de explotación el cual debiera monitorearse anualmente y complementarse con datos ambientales, sociales, económicos y ecológicos (relaciones interespecíficas) para lograr así un manejo con enfoque ecosistémico.



### MÓDULO 3

El enfoque ecosistémico en la pesca y acuicultura: reflexiones (actualizadas) desde la teoría a la práctica



## Herramientas para la gestión con enfoque ecosistémico de la pesca y la acuicultura: casos prácticos en Chile.

**Claudio Silva** / Centro IOS

Es necesario conectarse con la estrategia de “Crecimiento Azul” para darle sustentabilidad a los océanos, implementando el enfoque ecosistémico en la pesca y en la acuicultura, incluyendo la adaptación al cambio climático (CC) en políticas, estrategias y planes nacionales. Entre otros, hay que darle mayor visibilidad a la acuicultura de pequeña escala (APE) e incluir la planificación espacial marina (PEM) en la gestión operacional. En este contexto, se muestra la modelación espacial de la aptitud del hábitat de importantes recursos pesqueros y los impactos que tendría el CC bajo diferentes escenarios propuestos por el IPCC. Los resultados del modelo son un insumo para el Plan de Acción y el Plan de Adaptación al CC en pesca y acuicultura. También se muestra el uso de datos satélites para estimar cartas de zonas probables de pesca de recursos pelágicos, con las cuales los pescadores disminuyen los tiempos de operación, el uso de combustible y los costos.

Por otra parte, se muestra la elaboración de atlas sobre efectos del CC en la pesca artesanal y APE, que es participativa en la distribución espacial de las jerarquías productivas. También se evidencia cómo la PEM permite sistematizar de forma sinóptica la toma de decisiones y el trabajo de modelación espacial de la aptitud y la capacidad de carga para el APE, con la participación de las comunidades en el levantamiento de variables socioecológicas, considerando los espacios disponibles y las restricciones. También se presenta para la acuicultura oceánica del salmón cómo se establece el hábitat y la zona de operación, y la posterior selección de los sitios de las balsas jaula. Finalmente, se explica el Servicio de Información Ambiental y Marea Roja, que contempla la distribución espacial de bases de datos, a través de una plataforma multistitucional e integrada



## Percepciones, avances y brechas sobre la implementación del enfoque ecosistémico en manejo de pesquerías.

**Stefan Gelcich / PUC - [sgelcich@bio.puc.cl](mailto:sgelcich@bio.puc.cl)**

Los acuerdos y directrices internacionales juegan un rol importante en el objetivo de la sostenibilidad. Estos han alentado a los países a avanzar hacia la aplicación del enfoque ecosistémico (EE) de los océanos, que involucra el manejo integrado de especies, servicios naturales y múltiples usos de la zona costera. Pero existen diversas visiones: para algunos es una utopía difícil de alcanzar, mientras que otros consideran que se ha avanzado en la implementación del EE en la política pesquera nacional, incluyendo el análisis y determinación de brechas.

Para continuar en la implementación del EE se deben abordar múltiples desafíos, como la institucionalidad, la relación de la situación existente por la que se esto se hace, la inercia de la aplicación del enfoque monoespecífico en el manejo, las capacidades, los datos y la integración. Mejorar los esfuerzos de gestión basados en el EE requiere una mejor comprensión de cómo se incluyen dentro de políticas de gestión de recursos marinos a nivel nacional. Para evaluar el grado de implementación de los principios del EE a escala nacional, se construye una línea base. Se analizan acciones en documentos que marcan la agenda, la formulación de políticas, la implementación y evaluación de políticas y programas. Para tal efecto, se evalúan programas gubernamentales, discursos presidenciales, el estado del medioambiente y acuerdos internacionales. En cuanto a respuestas normativas (leyes, decretos, documentos y plan de acción) se analizaron 1.384 y se clasificaron sobre la base de los 12 principios del EE del Convenio de Diversidad Biológica (CBD), considerando aspectos socioeconómicos-culturales y biológicos-ecológicos.

Se separa en períodos, uno desde 1990 a 2003 donde juegan un rol relevante los acuerdos internacionales; a partir de esa fecha se incorporan progresivamente en la normativa nacional; en tanto desde 2006 el EE forma parte de la normativa pesquera.

Asimismo, se analizan los planes de manejo (PM) de pesquerías y para tal efecto se examinan las actas de los Comités de Manejo de merluza común y merluza del sur. Los resultados apuntan hacia brechas claves que necesitan ser resueltas para una gestión efectiva. Es fundamental generar confianza especialmente en la toma de decisiones, disponiendo de recursos humanos, financiamiento y capacidades. Para la implementación del EE en los PM, es importante la representatividad y participación de actores relevantes, así como la coproducción e integración de diferentes tipos de conocimientos, integrando a los burocráticos y a los locales con los académicos. Cabe señalar que los Comités Científicos Técnicos solo abordan la dimensión biológica.

Los resultados muestran que las políticas a nivel nacional comparten cada vez más las bases comunes con los principios de la gestión basada en los ecosistemas. Los acuerdos internacionales están incorporados en reglamentos, decretos y planes de acción. Algunos principios del EE, como impactos en los ecosistemas adyacentes, están muy presentes en las normativas. Aunque existen avances importantes a nivel de principios básicos de EE aún no hay una visión holística que los integre a todos en la generación de políticas públicas.



## Enfoque ecosistémico en investigación y administración de pesquerías: una reflexión.

**Eleuterio Yáñez** / Prof. Titular PUCV

La Ley General de Pesca y Acuicultura establece “el manejo con enfoque ecosistémico y precautorio”. Con este enfoque el trabajo debe ser transdisciplinario y contemplar programas de investigación de mediano y largo plazo. Hasta hoy, los recursos pesqueros son evaluados para manejarlos en vista de actividades sostenibles, lo que no resulta tan evidente. El enfoque usado corresponde al análisis de pesquerías mono-específicas, que consideran la premisa de que las poblaciones son afectadas principalmente por la pesca, pero no incluye explícitamente otras variables, como eventos ENOS, cambios interdecadales y cambio climático, los que también tendrían efectos en los ecosistemas marinos; a todo esto se suman las consecuencias que además tiene el aumento de la demanda y de los precios.

Es necesario entonces promover la ampliación del alcance de los modelos, tomando en cuenta las interacciones ambientales, interespecíficas y tecnológicas; sin desconocer las de tipo socioeconómico y de gobernanza. Para aceptar este desafío debemos reflexionar en términos de la modelación y simulación de ecosistemas, lo cual obviamente es complejo.

Es preciso mejorar el conocimiento de los ecosistemas y para tal efecto se debe: 1) investigar el hábitat de los recursos y la variabilidad espacio-temporal de los aspectos bióticos y abióticos; 2) estudiar las interacciones entre los diferentes componentes bióticos (especies, predadores, presas, competidores, etc.); 3) entender el funcionamiento de los recursos frente a la variabilidad ambiental y las coacciones antrópicas; 4) tomar en cuenta las coacciones socioeconómicas; y 5) establecer modelos de pronósticos y de proyecciones, tomando diferentes escenarios del cambio climático. Lo anterior ilustra el camino a recorrer antes de entender realmente el funcionamiento y la evolución de las poblaciones y de los ecosistemas. Sin embargo, esta comprensión es indispensable para prever las consecuencias de los fenómenos ambientales y los impactos antrópicos en una población.

Actualmente, la construcción de modelos ecosistémicos es el objetivo de varios grupos de investigación. No obstante, hay que considerar que por ahora estos modelos no integran el conjunto de los principales componentes, características e interrelaciones de los ecosistemas sometidos a explotación.



## Avances hacia un enfoque ecosistémico en las pesquerías de recursos altamente migratorios: perspectivas y direcciones futuras.

**Patricia Zarate / IFOP**

Los recursos altamente migratorios tienen una amplia distribución espacial en Chile y la actividad extractiva se efectúa principalmente de Arica a Lebu. Las especies objetivo son: pez espada (*Xiphias gladius*), tiburones pelágicos como el azulejo (*Prionace glauca*), tiburón marrajo (*Isurus oxyrinchus*), tiburón marrajo sardinero (*Lamna nasus*) y dorado de altura (*Coryphaena hippurus*). Las pesquerías son estacionales, operan una flota artesanal redera (enmalle) y arponera, y hasta el año 2018 una flota industrial palangrera. Para avanzar hacia un enfoque ecosistémico se recopila información biológica, pesquera y ecológica de la actividad extractiva a través de muestreos realizados por observadores científicos a bordo y en los lugares de desembarque de las especies objetivo, de la fauna asociada y de las especies de la pesca incidental (reptiles, aves y mamíferos marinos).

Al inicio la pesquería era monoespecífica y orientada preferentemente al pez espada, además de tiburones pelágicos en la zona norte. A partir de los ochenta, con la apertura de los mercados, se pasó de una pesquería arponera a una redera y palangrera y, con el apoyo de información satelital, se extendió el área de pesca. En el año 2001 se inició un registro sistemático de la captura incidental y estudios de la trama trófica; en tanto que desde

2010 comenzó el marcaje satelital y los estudios genéticos y del hábitat de especies objetivo y de la captura incidental. En los últimos años se ha avanzado en la aplicación de modelos ecosistémicos, integrando información biológica, satelital, ambiental y pesquera. También se ha ido efectuando un análisis de la trama trófica y trofodinámica, lo cual es muy relevante, debido a que indica la salud del ecosistema, porque si disminuye la abundancia de especies clave puede existir un efecto cascada en los predadores top, por ejemplo, el pez espada.

Los avances en el conocimiento con una mirada ecosistémica pueden ayudar a tomar medidas de administración, como zonas o períodos de resguardo para las hembras grávidas de tiburón. La legislación chilena prohíbe la captura de reptiles, aves y mamíferos marinos; ellos deben ser devueltos al mar y la ley mandata aplicar medidas de mitigación en el caso de que sean capturados incidentalmente. De este modo, los resultados y el conocimiento logrados están permitiendo avanzar hacia un manejo con enfoque ecosistémico y el establecimiento de medidas de administración que permitan realizar una pesquería sostenible en el tiempo, salvaguardando la salud del ecosistema



## MÓDULO 4

El enfoque ecosistémico en la pesca: lecciones aprendidas, brechas y desafíos desde casos de estudios.



### Modelamiento ecosistémico de la pesquería de anchoveta entre Atacama y Coquimbo.

Carlos Montenegro / IFOP

Con respecto a los resultados del modelamiento ecosistémico del sistema ecológico asociado a la pesquería de anchoveta entre las regiones de Atacama y Coquimbo existe la necesidad de realizar un cambio de paradigma, lo que implica un cambio ontológico, donde el objeto de estudio ya no sean solamente las pesquerías, sino que todos los componentes, tanto ecológicos como sociológicos asociados a ella. Este nuevo paradigma implica un cambio epistemológico, el cual se construye a través de la investigación transdisciplinaria, la que se realiza a través del conjunto de disciplinas sociales, políticas, económicas y ambientales. En el estudio de caso presentado, se utilizaron dos enfoques: modelamiento cualitativo de sistemas socioecológicos a través del análisis de loops y modelamiento cuantitativo a través del sistema Ecosim (EWE).

El primer enfoque consideró 26 componentes, tanto de la dimensión ecológica (condiciones de viento, productores primarios, herbívoros, consumidores primarios, secundarios, predadores tope y detritívoros), como de la dimensión socioeconómica (demanda interna, externa, precios de venta, empleos, ganancias, entre otros). Se evidencia que el sistema es marginalmente estable, lo que se debe a la complejidad de la estructura de las interacciones, principalmente por causa de la alta presencia de omnívoros en el sistema. Por su parte, el modelamiento con EWE consideró 16 componentes de la dimensión ecológica. El modelo permitió realizar proyecciones ante distintas estrategias de explotación y conocer los impactos en los diferentes grupos funcionales incluidos.



## Enfoque ecosistémico en la pesquería de sardina austral de aguas interiores de la X Región de Los Lagos.

Sergio Neira / UDEC

*Sprattus fuegensis* es un pez que sustenta la pesquería de pequeños pelágicos en el mar interior del sur de Chile y que juega un papel ecológico clave como presa de la merluza de cola (*Macruronus magellanicus*), merluza austral (*Merluccius australis*), congrio dorado (*Genypterus blacodes*), aves y mamíferos marinos. Aquí presentamos los resultados de escenarios alternativos de explotación de *S. fuegensis* en un contexto mono-específico y multiespecífico, como parte del Proyecto FIPA 2017-64 "Implementación del enfoque ecosistémico en la pesquería de sardina austral en las aguas interiores de la Región de Los Lagos", financiado por el Fondo de Pesca y Acuicultura de Chile.

En primer lugar, reproducimos la evaluación oficial del stock de *S. fuegensis*, mediante un modelo de estimación y desarrollamos un modelo operativo para evaluar el procedimiento de gestión mono-específica. El modelo operativo mostró un buen ajuste a la CPUE, la biomasa acústica y la composición de tallas. Además, las variables de estado mostraron las mismas tendencias que aquellas del modelo de estimación y ambos modelos indicaron el mismo estado de la población.

La estrategia de gestión actual (F60 % con un 20 % de riesgo) dio lugar a una explotación sostenible de *S. fuegensis* (probabilidad de colapso=0; probabilidad de recuperación=0,4) y la biomasa del congrio dorado y la merluza del sur no mostraron disminución por debajo de un límite fijado en el 20 %. Sin embargo, los escenarios de reclutamiento desfavorables aumentaron la probabilidad de

colapso y la respuesta de declinación de los depredadores se acercó al 20 %.

A continuación, construimos un modelo de red alimentaria que representaba el área de estudio utilizando el software Ecopath con Ecosim. El modelo abarcaba 16 grupos funcionales, desde los productores primarios hasta los depredadores superiores y las pesquerías, y se ajustó a series temporales de abundancia relativa de los grupos principales utilizando la mortalidad por pesca, la vulnerabilidad a la depredación y los factores de forzamiento ambiental. Proyectamos el modelo hacia adelante en el tiempo para evaluar los impactos de varias estrategias de gestión (por ejemplo, F60 %) en la dinámica de *S. fuegensis*, sus depredadores y un ecosistema más amplio. Los resultados indicaron que la estrategia de gestión actual permitía la explotación sostenible de *S. fuegensis* sin comprometer a los depredadores y al ecosistema en general.

Estos resultados indican que la información pesquera y ecológica de *S. fuegensis* y su ecosistema permite desarrollar un marco de modelización que combina modelos mono-específicos y multiespecíficos para evaluar las estrategias de explotación sostenible en el contexto del ecosistema. Este marco puede ser fácilmente adaptado y aplicado a otras pesquerías pelágicas y demersales en Chile, y representa un paso importante en el esfuerzo por cumplir con el enfoque ecosistémico de las pesquerías, tal como lo ordena la Ley de Pesca y Acuicultura chilena.



## Modelling tools applied to the understanding of jack mackerel (*Trachurus murphyi*) spatial structure in the southeastern Pacific.

Sebastián Vásquez / INPESCA

El jurel (*Trachurus murphyi*, Nichols) es una especie pelágica que se distribuye en el Pacífico sur desde las costas de Ecuador, Perú y Chile, y llega hasta Nueva Zelanda y Tasmania. La amplia distribución de esta especie en la región y su comportamiento altamente migratorio dificultan la recopilación de pruebas que apoyen hipótesis específicas sobre su dinámica espacial y estructura poblacional. Además, debido a su naturaleza transzonal, el jurel es capturado por varias flotas que operan en diferentes áreas de su distribución global, lo que constituye un gran reto para el seguimiento de su estructura espacial. Las herramientas de modelización que incorporan la estructura y el funcionamiento del ecosistema marino, junto con la información de las diferentes etapas del ciclo vital del jurel, surgen como herramientas útiles para el estudio de su distribución espacial en relación con los cambios de hábitat hacia la comprensión de la estructura de la población en el Pacífico Sur. En esta presentación, se exponen estudios de modelización destinados a 1) describir la extensión del hábitat de desove del jurel en el Pacífico sudoriental; 2) comprender el ciclo vital temprano del jurel, haciendo hincapié en el transporte de huevos y larvas, y 3) predecir la aparición de jureles adultos, a partir de la información de pesca de todas las flotas que participan en su captura.

Según los modelos basados en el hábitat, se determinó que, en el caso del jurel, el desove constituye un proceso clave para la mezcla de poblaciones. El área potencial de desove es extensa y está asociada al frente subtropical, con una mayor densidad frente al centro-sur de Chile y menores densidades en el sector costero del norte de Chile y Perú. La ocupación del área potencial de desove estaría relacionada con el tamaño de la población, y se vuelve más irregular durante los períodos de baja biomasa. Se sugiere la realización de estudios regionales de investigación en el Pacífico suroriental como una alternativa para validar estos resultados. Este es un aspecto clave para entender

la estructura de la población, ya que una zona de desove amplia y conectada promueve la mezcla genética y el movimiento de individuos entre diferentes regiones de su área de distribución global.

Para estudiar la dispersión de las larvas y la conectividad a través del transporte de los primeros estadios de desarrollo, se utilizaron modelos de acoplamiento biofísico que incluían el desarrollo de modelos regionales de circulación oceánica (ROMS) acoplados a herramientas de simulación de la historia vital temprana de las especies marinas (Ichthyop). Este enfoque de modelización ha demostrado que la dispersión de huevos y larvas de jurel puede promover el transporte desde las aguas oceánicas, donde se produce mayoritariamente el desove, hasta la región costera. Esto último podría explicar las diferencias en la distribución espacial por edades observadas para las larvas de jurel en la área oceánica frente a la zona centro-sur de Chile. Por otro lado, nuestros resultados sugieren que todas las áreas potenciales de desove del jurel están conectadas con la principal zona de cría, ubicada en la costa del norte de Chile y el sur de Perú, a través del transporte de larvas. Por lo tanto, el transporte de etapas tempranas de vida sugiere un importante mecanismo de mezcla de poblaciones que debe ser considerado en las definiciones de la estructura poblacional espacial del jurel en el Pacífico sudoriental.

Finalmente, se presenta la implementación de modelos de distribución de especies (MDE), aplicados al jurel para identificar su hábitat esencial en el Pacífico sudoriental y predecir la respuesta de la especie a la variabilidad ambiental. En general, la información para construir SDMs marinos puede obtenerse desde dos fuentes principales: datos independientes de las capturas y datos dependientes de las capturas. En este caso, se presenta la implementación de un modelo jerárquico bayesiano (utilizando el paquete R-INLA), utilizando información de todas las flotas

involucradas en la captura de jurel: Perú, norte de Chile, centro-sur de Chile y la flota internacional de altura. Los MDS indicaron que la temperatura y la biomasa de fitoplancton (es decir, la clorofila) son factores críticos que modulan la extensión del hábitat del jurel. Las altas temperaturas y los bajos contenidos de biomasa fitoplanctónica limitan su presencia. La especie se distribuye principalmente en aguas oxigenadas, aunque tiene el potencial de entrar en regiones con zonas mínimas de oxígeno poco profundas. La mayor proporción de hábitat del jurel se da frente al centro-sur de Chile, extendiéndose hacia la zona oceánica. Se observa

cierto grado de segregación espacial en el hábitat del jurel durante el verano, con una cierta discontinuidad entre  $\sim 18^{\circ}\text{S}$  y  $22^{\circ}\text{S}$ . En primavera existe una continuidad espacial del hábitat entre Ecuador y la zona oceánica frente al centro-sur de Chile. Finalmente, los eventos de El Niño promueven importantes cambios en el hábitat del jurel, afectando su estructura espacial. Se registra una disminución del hábitat favorable en el borde norte de distribución (costa de Ecuador y Perú) que promueve movimientos hacia el sur. Además, existe una disminución de la circulación oceánica hacia el norte, la cual impacta en la conectividad mediada por el transporte de huevos y larvas.



### Indicadores y modelos en el manejo de recursos pesqueros con enfoque ecosistémico del Norte del Ecosistema de la Corriente de Humboldt.

**Jorge Tam / IMARPE, Perú**

El enfoque ecosistémico de la pesca (EAF) evita las limitaciones del enfoque monoespecífico de la pesca al incluir las relaciones multiespecíficas, los impactos ambientales y la dimensión humana, que son necesarios para abordar la complejidad de cualquier sistema socioecológico. A escala mundial, son pocos los casos en los que el EAF se ha incluido con éxito en las normativas de gestión. En el ecosistema norte de la corriente de Humboldt (ECNH), el EAF es un proceso continuo. Después de establecer las metas y los objetivos operativos, un paso importante para aplicar un EAF es desarrollar indicadores y puntos de referencia adecuados. La base de datos de largo plazo y la red de monitoreo integral de alta frecuencia del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) dan la oportunidad de desarrollar un sistema holístico de indicadores, que comprende procesos como: forzamientos de afloramiento, condición de El Niño, escenarios intraestacionales, hábitat, fertilidad, comunidades de fitoplancton y zooplancton, necton, dinámica poblacional de los principales recursos pesqueros, desempeño de la flota y depredadores. Con el creciente impacto del cambio climático, será necesario incluir también los fenómenos climáticos extremos (es decir, olas de calor marinas, fenómenos anóxicos/hipoxia y floraciones de algas nocivas).

La complejidad de las relaciones multiespecíficas requiere el uso de modelos ecosistémicos para evaluar el estado, las tendencias y los escenarios del ecosistema a diferentes escalas espaciotemporales (es decir, intraestacional, interanual e interdecadal). En el ECHN se están implementando varios modelos físicos, biogeoquímicos y de ecosistemas (por ejemplo, WRF, ROMS-PISCES, CROCO, Ecopath con Ecosim, OSMOSE) para abordar el impacto de diferentes procesos (tales como los vientos, la zona mínima de oxígeno, las ondas Kelvin, El Niño y la Oscilación del Sur, los cambios de régimen y el cambio climático) y las actividades antropogénicas (por ejemplo, las estrategias pesqueras y la acuicultura) frente a Perú. El cambio climático podría exacerbar estos procesos y actividades, por lo que se necesita una modelización participativa de los ecosistemas para codiseñar simulaciones, forzamientos y escenarios con los actores locales del sistema socioecológico, a fin de evaluar los futuros puntos de inflexión y las medidas óptimas de adaptación. Una fuerte colaboración intra e interinstitucional será un requisito clave para la implementación de un EAF transdisciplinario en la NHCE.

**MÓDULO 5**

El enfoque ecosistémico desde diferentes perspectivas: lecciones aprendidas y factores que contribuyen al éxito.



### Making ecosystem based management operational: EwE's contribution?

**Villy Christensen / UBC, Canada**

La gestión basada en los ecosistemas (EBM, por su sigla en inglés) es un objetivo al que aspiran muchos países en todo el mundo, se han hecho progresos y está claro que la modelización de los ecosistemas es un componente importante a medida que nos acercamos al EBM. El camino que conduce a dicha gestión tiene una serie de pasos, desde los enfoques ecosistémicos de la gestión pesquera (EBFM, por su sigla en inglés) a la gestión pesquera basada en los ecosistemas (EBFM). La modelización de los ecosistemas puede y está contribuyendo a todos estos niveles. En esta presentación se revisó cómo el enfoque de modelización de ecosistemas más utilizado, Ecopath con Ecosim (EwE), se está usando en los distintos niveles hacia una gestión basada en los ecosistemas.

EwE incorpora factores ecosistémicos (especialmente la depredación) y ambientales (por ejemplo, la temperatura y la marea roja) en las evaluaciones de las poblaciones. Varios de los Consejos de Gestión Pesquera de Estados Unidos utilizan ahora EwE para evaluar y establecer puntos de referencia para la gestión. Un ejemplo notable son las interacciones entre el menhaden y la lubina rayada en el golfo de México.

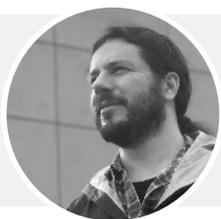
A nivel de EBFM, Estados Unidos está tomando medidas activas para implementar la gestión de los recursos pesqueros a través del Servicio Nacional de Pesquerías Marinas, incluida la definición de un marco de implementación e integración de modelos ecosistémicos. En la Unión Europea, la Política Pesquera Común ha implementado el RMS multiespecies y obligaciones de desembarque. Las consecuencias de tales políticas han sido evaluadas ampliamente con la modelación ecosistémica de EwE. Un ejemplo de las obligaciones de desembarque es que la política resulta en biomazas más elevadas cuando se

aplica un sistema de cuotas, pero de menor rentabilidad para la industria debido a que las “especies de estrangulamiento” detienen la pesca. Por tanto, la obligación de desembarque requiere el desarrollo de una pesca más selectiva para tener éxito.

La EBM implica a múltiples sectores que utilizan los ecosistemas marinos, que incluyen no solo la pesca, sino también, por nombrar algunas, las energías mineral y renovable, plataformas petrolíferas y el transporte marítimo. Por lo tanto, una pregunta fundamental para la EBM es cómo evaluar las compensaciones o trade-offs entre distintos sectores, siendo esta un área en la que EwE se aplica cada vez más. Un ejemplo interesante está relacionado con la zonificación marina, en que la planificación espacial marina ([mspchallenge.info](http://mspchallenge.info)) proporciona un método de aprendizaje y juego, que involucra las partes interesadas, integra datos geográficos, marítimos y marinos con la modelación de EwE, el transporte marítimo y la producción de energía.

Un aspecto importante de EBM es cómo monitorear el estado del ecosistema a un alto nivel multisectorial. La UE ha resuelto esto a través de la Directiva Marco de Estrategia Marina, que encomienda a todos los países miembros la tarea de desarrollar, mantener e informar sobre el “buen estado ambiental” de las aguas marinas de la región. La UE aborda esto a través reportes donde EwE es una parte integral utilizada para cuantificar la mayoría de los descriptores que se utilizan (6 de 11), método que es utilizado para todos los mares de la UE.

En general, donde existe un compromiso generalizado para desarrollar la EAFM, EBFM y EBM, los avances han sido lentos, pero hay mejoras claras y continuas.



## Ecosystem models, a blurry future versus a precise failure?. An example case for a Vulnerable Marine Ecosystem.

**Javier Porobic** / CSIRO, Australia

Como en muchos otros países, Chile basa la gestión y evaluación de sus recursos marinos en el enfoque monoespecífico. Aunque esto implica el uso de sofisticados modelos para apoyar la gestión de las pesquerías, no consideran otros componentes cruciales del ecosistema y de las mismas pesquerías como la competencia, las relaciones predador-presa y las interacciones técnicas entre las flotas pesqueras. Por lo tanto, las decisiones de gestión se basan en una comprensión limitada de la dinámica del ecosistema y del impacto real (o efecto conmutativo) de las distintas actividades humanas.

En la actualidad, existen numerosos modelos ecosistémicos que permiten comprender los diferentes componentes del ecosistema y su dinámica. Estos modelos pueden ser una poderosa herramienta para trabajar en sinergia con modelos monoespecíficos, como herramienta de apoyo estratégico durante el proceso de toma de decisiones o para la planificación logística. Para ilustrar el poder del uso de un modelo ecosistémico, utilizamos el modelo Atlantis (end-to-end) para entender los efectos de la pesca en el ecosistema marino vulnerable (VME) de la dorsal de Juan Fernández.

Este VME, situado frente a la costa de Chile central, tiene características biológicas y oceanográficas únicas, caracterizadas por unidades geográficas pequeñas y discretas, un alto grado de endemismo y conectividad. Dos flotas han operado históricamente en la región: una pesquería costera y artesanal de larga duración, asociada a las islas, dirigida principalmente a la langosta; y una pesquería demersal de peces de aleta que opera en los montes submarinos (actualmente considerada sobreexplotada). En los últimos años hay un interés creciente por aumentar la explotación de las pesquerías, y la modernización de la flota pesquera que ya opera en el JFRE. Bajo este escenario, el aumento de los niveles de explotación pesquera y el alto nivel de interacciones interespecíficas, sería necesario entender el impacto de estas pesquerías en el ecosistema.

El modelo Atlantis tiene un alto grado de habilidad para representar las tendencias y fluctuaciones observadas en la JFRE. El modelo muestra que la pesca industrial tiene un impacto focalizado, mientras que la pesca artesanal su impacto es relativamente bajo en el ecosistema, principalmente a través de la pesquería de langosta. También indica que el agotamiento de la langosta de gran tamaño ha provocado un aumento de los erizos de mar. Aunque este aumento no es suficiente para causar efectos sustanciales en otros grupos por el momento, se recomienda precaución en caso de que la presión adicional lleve al ecosistema hacia un cambio de régimen.

Este modelo ecosistémico desarrollado para el JFRE proporciona una valiosa información sobre los efectos de las diferentes pesquerías y sobre cómo esta actividad impacta en la dinámica del ecosistema. Los resultados proporcionan datos sobre el estado del ecosistema que otros modelos monoespecíficos no brindaban. Destacan las huellas diferenciales, que actúan como alerta temprana de cambio potencial del sistema, y proporcionan apoyo basado en la evidencia para aquellos que se preocupan activamente por la gestión del sistema.

Estos modelos son instrumentos poderosos para apoyar las decisiones estratégicas basadas en la evidencia, ya que proporcionan información útil cuando un modelo monoespecífico de alta calidad sigue siendo la herramienta táctica dominante (ciclo anual) para la toma de decisiones. Para avanzar hacia una gestión basada en el ecosistema, sin duda, Chile necesitará diversificar su caja de herramientas para incluir aquellas que logren evaluar los ecosistemas y su dinámica, no únicamente el estado de una sola especie. Centrarse en un solo componente del ecosistema puede dar una visión incompleta y, a veces, engañosa de su salud.



## Advancing ecosystem based management in small-scale fisheries through a multi-species approach, case studies from Latin America.

**Kendra Karr / EDF, USA**

Muchas de las pesquerías del mundo capturan múltiples especies o stocks, ya sea como captura dirigida o incidental. El uso de un arte de pesca para capturar múltiples especies con diferente productividad crea el riesgo de que las poblaciones de menor productividad se agoten en serie, alterando las interacciones entre especies y ecosistemas enteros. Aunque muchas pesquerías monoespecíficas se están volviendo más sostenibles debido a las estrategias de manejo basadas en la ciencia y derechos, las pesquerías multiespecíficas a menudo enfrentan mayores desafíos de sostenibilidad, los que aumentarán con el cambio climático. Las pesquerías multiespecíficas pueden involucrar los sectores comerciales, artesanales y recreativos; grandes, medianos y pequeños, y pueden incluir la pesca de subsistencia que se extiende a varios puntos de desembarque. Esta complejidad dificulta el seguimiento y la evaluación para establecer una gestión adaptativa basada en la ciencia para pesquerías multiespecíficas resilientes, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria y nutrición, puestos de trabajo, beneficios, subsistencia y cultura de comunidades costeras.

En todo el mundo existe un gran interés por desarrollar opciones de gestión pesquera que equilibren los objetivos sociales, económicos y ecológicos de las pesquerías multiespecíficas. Esta presentación muestra una estrategia basada en la ciencia que pretende equilibrar las necesidades de este tipo de pesquerías con datos limitados, que se están trabajando para ser resilientes al cambio climático y lograr tanto los objetivos sociales-ecológicos como de gestión pesquera. En Chile, al igual que todos los sistemas marinos del mundo, las personas que viven y pescan en las islas de Juan Fernández y Desventuradas sentirán los impactos del cambio climático. Por ello, la comunidad está siendo proactiva y comenzando a planificar los impactos conocidos y aquellos potencialmente desconocidos de nuestro mundo cambiante. Este trabajo de colaboración ya ha comenzado a desarrollar el primer plan de gestión multiespecífica adaptado al clima de Chile, impulsado por la comunidad, para las muchas otras

pesquerías de las que dependen estas islas para el sustento y el turismo, así como para el cebo de la pesquería de langosta, famosa a nivel nacional e internacional.

El trabajo inicial para el plan de gestión de pesquerías multiespecíficas adaptable al clima ha comenzado, incluye la identificación de todas las especies que necesitan ser gestionadas, en particular, los peces de aleta que son importantes para mantener la economía de la comunidad, como cebo para la pesquería de langostas con trampas y la resiliencia de este ecosistema único y biodiverso. Las partes interesadas están plenamente comprometidas con la utilización del Marco para la Evaluación Integrada de Poblaciones y Hábitats, FISHE ([fishe.edf.org](http://fishe.edf.org)) para guiar el proceso de colaboración en el desarrollo de un plan de gestión pesquera basado en el ecosistema. El FISHE se basa por diseño en el conocimiento experto de la comunidad, científicos del gobierno y otras partes interesadas relacionadas que permiten el avance dentro de cada uno de los once pasos del proceso FISHE, que comprende el establecimiento de objetivos, evaluación del ecosistema, desarrollo de un plan de gestión pesquera basado en la ciencia, y la implementación y adaptación del plan de gestión pesquera. El plan de gestión pesquera multiespecífica resiliente al clima para las islas de Juan Fernández y Desventuradas tiene complejos objetivos de gestión ecológica, económica y social, todos los cuales forman parte del camino para hacer posible la resiliencia de las personas, los ecosistemas y las pesquerías.

Con el objetivo de crear sistemas de gestión local resilientes que mediante la colaboración garanticen la salud de las poblaciones de peces, la prosperidad a las comunidades pesqueras y la resiliencia de los ecosistemas, Chile está en el camino hacia un futuro más sostenible. Las vías para estar preparados para el clima en pesquerías multiespecíficas ([resilientseas.org](http://resilientseas.org)) en el archipiélago serán adaptadas para cumplir con las recomendaciones de la ciencia pesquera y las herramientas de gestión apropiadas para la zona. El

objetivo de la comunidad es contar con una pesca sostenible y un ecosistema sano, ya que la vida de los isleños está definida por la salud del ecosistema marino que sustenta las pesquerías locales, que son fundamentales para el sustento, identidad cultural y suministro de alimentos. Los objetivos de

gestión pesquera basada en el ecosistema de la comunidad de Juan Fernández y Desventuradas también pueden servir para informar a otras comunidades pesqueras del planeta sobre la sostenibilidad y la gestión basada en el ecosistema, especialmente teniendo en cuenta el cambio climático.



### Ecosystem modeling to improve fisheries management in the Gulf of Mexico.

**David Chagaris / UF, USA**

En el golfo de México, las medidas de gestión pesquera se han basado tradicionalmente en los resultados de la evaluación de stocks. Mientras que el enfoque de una sola especie ha funcionado bien para reconstruir poblaciones sobreexplotadas, se ha quedado corto cuando se trata de consideraciones sobre el ecosistema. Los modelos ecosistémicos son otra herramienta que puede utilizarse para integrar datos de múltiples especies, mejorar las evaluaciones de stock monoespecíficas e informar directamente las medidas de gestión. El asesoramiento que ofrecen los modelos ecosistémicos puede ser cualitativo y estratégico, por ejemplo, cuándo añadir más precaución o si ajustar los parámetros de evaluación de las poblaciones, o ayudar a identificar los principales factores de cambio de la población. También pueden proporcionar un asesoramiento táctico y cuantitativo, evaluando las políticas de captura propuestas en el marco del cambio medioambiental, analizando las opciones políticas en función de su impacto sobre otras especies o desarrollando puntos de referencia multiespecíficos.

Esta presentación describe cómo se utilizan los modelos de ecosistemas para abordar dos temas importantes en el golfo de México, las mareas rojas y la gestión de peces forrajeros. Este trabajo fue apoyado por el programa Restore Science de la NOAA y tiene como objetivo integrar la información sobre las interacciones entre predador-presa y los factores de estrés del ecosistema en la evaluación y gestión de la pesca. Para obtener inputs de los gestores y científicos encargados de la evaluación de stocks, se realizó un taller de análisis al

inicio del proyecto para identificar y priorizar los temas que se beneficiarían de un enfoque de modelización ecosistémica. A partir de esta información, adaptamos y actualizamos dos modelos de ecosistemas existentes en el Golfo de México. El primero, un modelo de todo el golfo que se utiliza para identificar los tradeoffs en la gestión de los peces forrajeros que revela cómo el ecosistema (definido por un conjunto de indicadores ecológicos) puede responder a los cambios en la mortalidad por pesca del menhaden y establecer nuevos puntos de referencia para el manejo de la especie. El segundo es un modelo de la plataforma oeste de Florida que se utiliza para cuantificar los impactos de las mareas rojas en valiosos peces de arrecife, que luego se retroalimentan la evaluación de stock, proporcionando evaluaciones contemporáneas y oportunas de la mortalidad de floraciones en curso.

Reconocemos que la transición a la gestión pesquera basada en el ecosistema (EBFM) está probablemente a décadas de distancia. Sin embargo, la adopción de estrategias de EBFM no es un requisito previo para que modelos de ecosistemas sean útiles e informativos. Un enfoque en el golfo de México ha sido el uso de modelos ecosistémicos para abordar preguntas discretas en torno a la ecología y gestión de especies importantes. Con este enfoque, los modelos ecosistémicos pueden aplicarse dentro de los marcos de evaluación y gestión de una sola especie que están en vigor. La priorización de la(s) pregunta(s) y la definición de los criterios de rendimiento del ecosistema en los que se basan las decisiones de gestión deben realizarse con inputs de científicos, gestores y las partes interesadas en la pesca.



## 4. COMENTARIOS FINALES

En Chile, desde el año 2013, el marco legal de la pesca y la acuicultura establece el objetivo de la conservación, implicando el uso sustentable de los recursos hidrobiológicos y el cuidado del ecosistema, junto con la aplicación de enfoques ecosistémicos y precautorios; además de una administración transparente, responsable e inclusiva. El enfoque ecosistémico promueve el desarrollo sostenible, el bienestar humano y ecológico, mediante una adecuada gobernabilidad y gobernanza. A fines de la primera década del año 2000, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y el Instituto de Fomento Pesquero iniciaron en forma conjunta programas de investigación sobre el conocimiento científico necesario para avanzar hacia el manejo con enfoque ecosistémico. En paralelo, importantes centros de investigación y universidades chilenas han hecho importantes contribuciones para avanzar en la investigación orientada a comprender la dinámica integral de los sistemas socioecológicos asociados a las actividades de pesca y acuicultura.

El enfoque ecosistémico exige un enorme esfuerzo y cooperación entre científicos, pescadores, ambientalistas y autoridades, y no se sostendrá simplemente en el principio sancionatorio de la autoridad, sino en la colaboración de todos los actores involucrados. Por su parte el IFOP, responsable de asesorar al Estado de Chile, se encamina a modificar su estructura interna y a desarrollar una cultura proclive a estimular la colaboración entre sus investigadores, facilitando la integración de experiencias y miradas diversas sobre los recursos que comparten un ecosistema determinado.

La implementación del manejo con enfoque ecosistémico en el país ha avanzado en varias líneas; por ejemplo, poniendo en marcha la Ley del Descarte, con su cuantificación y reducción de este. De esta manera, desde el año 2020 se instalaron cámaras a bordo de naves de la flota industrial y se espera hacer lo mismo en 2024 con la flota artesanal. También se elaboró un plan de devolución al mar de la pesca incidental (tiburones, quimeras, condriictios, aves, tortugas, otros); se declararon áreas marinas protegidas para conservar o preservar áreas específicas y delimitadas; se apoyó la diversificación productiva de la pesca artesanal;

se promovió el consumo humano; se postularon Espacios Costeros Marinos para Pueblos Originarios; se creó el Instituto Nacional de Desarrollo Sustentable de la Pesca y la Acuicultura de Pequeña Escala; entre otros.

En la práctica se han desarrollado diversas acciones orientadas hacia la aplicación del manejo con enfoque ecosistémico, incorporando mecanismos de participación y transparencia, estableciendo normas que favorecen la diversificación productiva, ampliando el conocimiento científico en que se basan las medidas de administración y estableciendo normas que permiten fiscalizar su cumplimiento. Sin embargo, se debe reforzar la incorporación de aspectos de la dimensión humana asociados, como son las variables sociales y económicas. Aunque las diversas iniciativas en torno al enfoque integrador, que incluye grupos de investigación que han desarrollado estudios acerca de las relaciones interespecíficas y el efecto de la variabilidad ambiental, aún queda bastante por avanzar para alcanzar un manejo basado en consideraciones ecosistémicas. Por tal motivo, es importante considerar programas más avanzados en el tema, como el Restore Science de la NOAA con aplicaciones en México (Dr. Chagaris en este reporte), las múltiples aplicaciones de Ecopath con Ecosim (EWE) (Prof. Christensen en este reporte), que dentro de las más notables está el monitoreo del ecosistema a nivel multisectorial, y el uso de indicadores del estado ambiental en la Unión Europea. También se pueden mencionar los avances en el manejo basado en ecosistemas en pesca en pequeña escala a través de un enfoque de múltiples especies (Dra. Karr en este reporte) y la implementación de indicadores y modelos en el manejo de recursos pesqueros con enfoque ecosistémico del norte del ecosistema de la corriente de Humboldt (Dr. Tam en este reporte).

Otras iniciativas de avance en Chile se relacionan con la creación de instancias de participación que favorecen la gobernanza, como los Comités Científico-Técnico, los Comités de Manejo, los Consejos Zonales y el Consejo Nacional de Pesca y Acuicultura. Actualmente, se desarrollan proyectos relacionados con la "Implementación del enfoque ecosistémico en la pesquería de sardina austral" (Dr. Neira

en este reporte), la modelación ecosistémica de la pesquería de anchoveta entre Atacama y Coquimbo (Dr. Montenegro en este reporte) y la implementación del modelo Atlantis en el ecosistema de Juan Fernández (Dr. Porobic en este reporte). Además, se inició —en colaboración con Perú— la segunda etapa del proyecto GEF-PNUD Humboldt “Hacia un manejo con enfoque ecosistémico del gran ecosistema marino de la corriente de Humboldt”. También se ha avanzado en el análisis de los impactos y proyecciones de pesquerías y acuicultura en relación con el cambio climático (Yáñez *et al.*, 2018).

No obstante, es claro que ante estas iniciativas es necesaria la formación de un grupo interdisciplinario que analice la situación y proponga un camino para avanzar con celeridad en este tema. En tanto, la comunidad académica necesita establecer una estrategia científica de mediano y largo plazo para mejorar su capacidad de proporcionar competencias adecuadas para el manejo con enfoque ecosistémico de los recursos acuáticos. Por su parte, la institucionalidad debe precisar en la Ley General de Pesca y Acuicultura el significado del manejo con enfoque ecosistémico y la forma de promocionarlo; así como definir una política pesquera que persiga claros objetivos.

En particular, el Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (FIPA) debe ser administrado por especialistas debidamente seleccionados y pasar a financiar programas de investigación de mediano y largo plazo, considerando todas las especies explotadas y no solo algunas especies objetivo. Respecto del programa básico de investigación para la asesoría integral en pesquerías y acuicultura (ASIPA), que contempla la ejecución de proyectos en forma continua a través del IFOP, debe definir una estrategia y estructura que permita una revisión de la información científica disponible, generar información como inputs de los modelos ecosistémicos, proponer potenciales indicadores de estado del ecosistema y una base de datos consolidada que dé cuenta de los cambios de régimen, biomasa y distribución de especies que se espera puedan tener un impacto en la estructura de los ecosistemas. Por último, contribuir activamente con la comunidad científica actualizando la



información de sitios web y bases de datos nacionales e internacionales de uso público, en referencia a los aspectos biológicos y ecológicos de las especies.

Respecto de la acuicultura en Chile, esta enfrenta brechas y desafíos en el plano productivo, ambiental, económico y social. El acortar estas brechas y desafíos también requiere de la generación de conocimiento científico con una perspectiva multidimensional de la realidad. La naturaleza de los desafíos que enfrenta la acuicultura se deriva del hecho que es una actividad que forma parte de sistemas socioecológicos de alta complejidad, al igual que en las pesquerías. Como ha planteado la FAO, el enfoque ecosistémico en la acuicultura (EEA) es la estrategia que permite la integración óptima de la actividad acuícola en el ecosistema, favoreciendo el desarrollo sostenible y la resiliencia de los sistemas socioecológicos; así, existe un vínculo indisoluble entre el EEA y la investigación interdisciplinaria.



La acuicultura no es un caso apartado y, por tanto, tiene mucha similitud con las pesquerías respecto del enfoque ecosistémico. La investigación interdisciplinaria es clave para avanzar en la comprensión de estos sistemas y resolver problemas que van más allá de una única disciplina o área de investigación. Para aplicar el EEA es fundamental lograr que quienes toman las decisiones en los procesos de gobernanza tengan una perspectiva interdisciplinaria de la acuicultura y sus desafíos. Esto requiere que las instituciones sectoriales diversifiquen sus equipos de trabajo y de análisis con profesionales que provengan de diversas áreas, de tal manera de lograr una aproximación integral de la realidad natural, social y económica.

Las limitaciones más relevantes que enfrentan los gobiernos para la implementación del EEA son: 1) la mala o limitada gobernanza y regulación, y la falta de integración y coordinación interinstitucional; 2) la falta o limitada capacidad técnica, sumado a restricciones financieras; y c) la ambigüedad de los beneficios percibidos por administradores y productores. El énfasis en la planificación espacial que se ha desarrollado como parte de los esfuerzos de implementación

del EEA y los vínculos estrechos con iniciativas como el “Crecimiento Azul”, constituyen oportunidades significativas para el futuro, aunque su capacidad para abordar problemas de gobernanza —cada vez más complejos— puede ser limitado. Por lo tanto, se estima oportuno reconsiderar la razón de ser del EEA, teniendo en cuenta los desarrollos en curso dentro y fuera del sector de la acuicultura.

Actualmente, la gestión ambiental de la acuicultura en los ecosistemas de fiordos está basada en la determinación de riesgos. Los fiordos son áreas complejas, con alta variabilidad ambiental, que tienen diversas características hidrodinámicas y biogeoquímicas. En el último decenio, preferentemente en la Patagonia norte, se desarrollan diversas líneas de investigación, como la modelación ambiental, la descripción de los procesos locales y de mayor escala considerando componentes físicos, químicos y biológicos en el ecosistema marino. Los modelos han permitido la representación numérica de los fiordos, con detalles de la compleja geometría topográfica. Esta investigación es complementaria a la observacional que genera series de tiempo en diversos sitios y puntos de muestreo. Los estudios de dinámica y procesos ecológicos en Chile son escasos y parciales.



Para transitar de manera concreta hacia el manejo con enfoque ecosistémico de la acuicultura, se debiera avanzar en investigación, innovación tecnológica, productiva e institucionalidad, de modo independiente pero complementario. Se requiere determinar cuánta materia y energía ingresa al ecosistema, y cuánta sale por acción de la acuicultura. Es necesario encontrar la forma de aprovechar la materia que queda en el ecosistema, recuperar los nutrientes y transitar hacia cultivos integrados multitrofos para hacer uso de los nutrientes de diversos orígenes. Se podría integrar, por ejemplo, el cultivo de salmones, macroalgas e invertebrados. La idea principal, que probablemente definirá más de una acción futura en este ámbito, es encontrar balances, no perder el carbono en la respiración bacteriana, recuperar esos nutrientes y explorar la posibilidad de desarrollar cultivos integrados.

En el caso del cultivo de salmones off-shore y del cerrado en tierra, se deben evaluar los impactos en el ambiente. Los costos de la producción de estos van a ser superiores a los del método de cultivo actual y en ambos casos la cantidad de materia orgánica que se va a generar es la misma, con una mayor difusión en el medio en el cultivo off-shore. El cultivo cerrado es más eficiente en el uso del agua, pero en ambos tipos de cultivo los diferentes elementos van a quedar en alguna parte del ecosistema, y se presentan problemas

de escala y escalamiento. Entonces, estas problemáticas refuerzan la idea de cultivos integrados, que desde el punto de vista ambiental son más eficientes.

En Chile se reconoce que, a diferencia de lo que ocurre a nivel mundial, la pesca sigue siendo en volumen más que la acuicultura, reflejando una deficiencia a nivel país; a modo de ejemplo, las capturas de pesca silvestre alcanzaron su límite en la década de los ochenta, estabilizándose desde ese momento. En contraste, la acuicultura presenta la mayor tasa de crecimiento en el planeta, donde la mayor producción está asociada al cultivo de peces dulceacuícolas. Sin embargo, mientras que los salmónidos siguen al alza, esta actividad también se ha diversificado hacia la producción de mitílicos y producción de algas.

No se sabe el impacto de la acuicultura en poblaciones de recursos pesqueros como la merluza del sur, la sardina u otras especies hidrobiológicas del ecosistema de canales y fiordos al sur de Chile. Existe un escaso nivel de conocimiento acerca del impacto de las respuestas de las especies en los cambios en este. Uno de los desafíos fundamentales es recuperar de manera efectiva los ecosistemas impactados por la acuicultura. Se reconoce que en el último tiempo se ha incrementado la investigación, se han formado nuevos equipos, institutos y centros de excelencia. Pero, si bien se ha fortalecido la investigación, para avanzar en ciencia es muy importante la libertad para elegir los temas de investigación. También hay que fortalecer el trabajo de investigación multi y transdisciplinario. En ciencia siempre se generan más preguntas, pero se deben tomar decisiones con la mejor información disponible. Entonces, es preciso separar la toma de decisiones y la ciencia, porque no siempre caminan juntas.

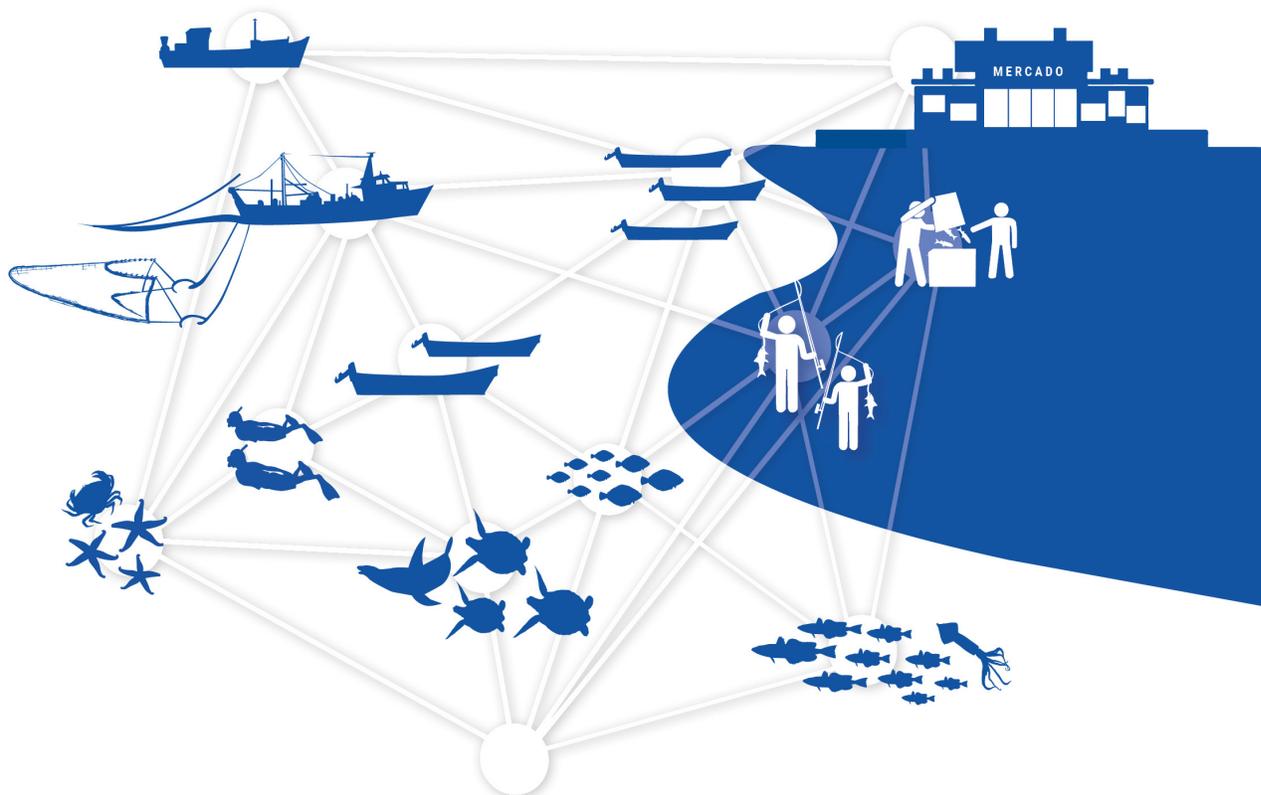
Para aplicar un manejo basado en el ecosistema también se debieran considerar otras actividades antropogénicas, como la agricultura, la minería, los vertimientos de agua, además de la variabilidad ambiental y escenarios del cambio climático, que podrían impactar la resiliencia de los ecosistemas. Además de una mirada de la zona costera y del ambiente marino, con la integración de los diferentes usuarios y diversos impactos que van más allá de los límites de los sitios de acuicultura. Debe modificarse el modo de ocupar los espacios, las especies hidrobiológicas y el uso

del ambiente. Se señala que la dicotomía entre lo social y lo ecológico no es aceptable, ya que todos somos parte del mismo ecosistema. En consecuencia, hay que aplicar un enfoque que permita asumir los costos de ocupar los recursos de la naturaleza, determinar las externalidades de la acuicultura y no diezmar las poblaciones de especies hidrobiológicas. A lo anterior se suma el construir una relación distinta entre el ambiente y la sociedad y considerar que la nueva constitución puede ser una oportunidad para abrir un espacio de cambio.

Por último, la institucionalidad cumple un rol importante en la articulación de los actores y componentes del sistema para lo cual se plantean distintas posiciones sobre el tipo de institucionalidad. Por lo pronto, se propone que en una primera etapa a lo menos se incorpore una norma secundaria para los cuerpos de agua en los mares interiores y en su elaboración debieran interactuar coordinadamente el Ministerio del Medio Ambiente, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, y la Comisión del Borde Costero; actualmente parecen unidades independientes.

Se ha mostrado que hay elementos para movernos hacia el manejo con enfoque ecosistémico en acuicultura, que existe un avance sustantivo en el conocimiento en los últimos decenios y que la ciencia debe ser considerada en la administración de la acuicultura y la pesca. Hay que determinar cuáles son las brechas ecológicas, sociales, productivas y normativas para avanzar en la toma de decisiones y lograr que la acuicultura y la pesca sean sostenibles en el tiempo.

Asimismo, se reconoce que se está interviniendo el ecosistema, a diferentes niveles, produciendo diversos efectos. Se necesita, entonces, información e investigación para conocer los impactos en este, establecer e implementar políticas públicas que permitan sostener la producción acuícola y reducir los impactos abordando los problemas ambientales y desarrollando la tecnología necesaria para hacer mitigaciones.





## ANEXO: RESÚMENES DE MÓDULOS

### Resumen Módulo 1:

**Dr. Carlos Montenegro**

En Chile, desde el año 2013, el marco legal de la pesca y la acuicultura establece el objetivo de conservación, lo que implica un uso sustentable de los recursos hidrobiológicos y el cuidado del ecosistema con la aplicación del enfoque ecosistémico; además de una administración transparente, responsable e inclusiva. De allí la importancia del enfoque ecosistémico (EE) que promueve el desarrollo sostenible, el bienestar humano y ecológico, mediante una adecuada gobernabilidad y gobernanza.

A fines de la primera década del año 2000 se inician en Chile, gracias a acciones conjuntas de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSPA) y del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), programas de investigación sobre el conocimiento científico que permiten avanzar hacia el manejo con enfoque ecosistémico. Asimismo, importantes centros de investigación, incluyendo equipos de investigación de las principales universidades chilenas, han hecho importantes contribuciones para avanzar hacia la investigación orientada a comprender la dinámica de los sistemas socioecológicos asociados a las actividades de pesca y acuicultura.

El EE, para que sea posible y entregue resultados útiles, exige un enorme esfuerzo colaborativo entre científicos, pescadores, ambientalistas y autoridades y, como toda política pública en los tiempos que corren, no se sostendrá simplemente en el principio sancionatorio de la autoridad, sino en la colaboración de todos los actores interesados. Por su parte IFOP, como responsable de asesorar al Estado de Chile, se encamina a modificar su estructura interna y a desarrollar una cultura que estimule la colaboración entre sus investigadores, facilitando la integración de experiencias y miradas diversas en torno a los recursos que comparten un ecosistema determinado.

En este contexto, la implementación del manejo con enfoque ecosistémico en pesquerías en Chile ha avanzado en varias líneas, por ejemplo, implementando la Ley del Descarte, la cuantificación de este y un programa de reducción de

**1 DICIEMBRE** **MÓDULO 1** **11:00 - 13:15 hrs.** **LIVE @SCHCMAR**

**Seminario internacional**  
**"MANEJO DE RECURSOS ACUÁTICOS CON ENFOQUE ECOSISTÉMICO: AVANCES, BRECHAS Y PERSPECTIVAS"**

Moderador: Dr. Carlos Montenegro (IFOP)  
 Inauguración: Marcelo Oliva (Presidente de la SCHCM) y Luis Parot (Director del IFOP)

**EXPONEN:**

 Una perspectiva de los desafíos del enfoque ecosistémico. <b>Luis Parot</b> Director IFOP	 Perspectivas del manejo de pesquerías y acuicultura con enfoque ecosistémico en Chile. <b>Mauro Urbina</b> SUBPESCA
 La investigación interdisciplinaria como elemento crucial del enfoque ecosistémico en la acuicultura. <b>Renato Quiñones</b> Director INCAR	 Manejo con enfoque ecosistémico en acuicultura: una visión global. <b>José Aguilar-Manjarrez</b> Oficial de Acuicultura FAD

  **GENERANDO CONOCIMIENTO Y SUSTENTABILIDAD**  
 INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO • CHILE

este. Es así como, desde el 2020 se instalaron cámaras a bordo de naves de la flota industrial y se espera hacer lo mismo en 2024 en parte de la flota artesanal. A través de IFOP, se elaboró también el Plan de Devolución al Mar de la Pesca Incidental (tiburones, quimeras, condrictios, aves, tortugas, otros), se declararon áreas marinas protegidas, para conservar o preservar áreas específicas y delimitadas, apoyando la diversificación productiva de la pesca artesanal, la promoción del consumo humano, los Espacios Costeros Marinos para Pueblos Originarios (ECMPO) y la creación del Instituto Nacional de Desarrollo Sustentable de la Pesca y la Acuicultura de Pequeña Escala (INDESPA).

En la práctica, se han desarrollado diversas acciones orientadas hacia la aplicación del manejo con enfoque ecosistémico, incorporando mecanismos de participación y transparencia, estableciendo normas que favorecen la diversificación productiva, ampliando el conocimiento científico en que se basan las medidas de administración y estableciendo normas que permitan fiscalizar su

cumplimiento. Sin embargo, se debe reforzar la incorporación de aspectos de la dimensión humana de los sistemas socioecológicos asociados a las actividades de pesca y acuicultura, como lo son las variables sociales y económicas. Respecto de la acuicultura en Chile, esta enfrenta muchas brechas y desafíos en los planos productivos, ambientales, económicos y sociales. Lo anterior requiere de la generación de conocimiento científico que posea una perspectiva multidimensional de la realidad, incorporando las ciencias formales, naturales y sociales, de una manera interdisciplinaria. La naturaleza de los desafíos que enfrenta la acuicultura deriva del hecho básico que es una actividad que forma parte de sistemas socioecológicos de alta complejidad. Como ha planteado la FAO, el enfoque ecosistémico a la acuicultura (EEA) es la estrategia que permite la integración óptima de la actividad acuícola en el ecosistema, favoreciendo el desarrollo sostenible y la resiliencia de los sistemas socioecológicos. Así, existe un vínculo indisoluble entre el EEA y la investigación interdisciplinaria, la cual es una forma de hacer investigación a cargo de un equipo de investigadores o individuos, que integra información, datos, técnicas, herramientas, perspectivas, conceptos y/o teorías de dos o más disciplinas o cuerpos de conocimiento especializado, para avanzar en la comprensión básica o para resolver problemas cuya solución está más allá del alcance de una única disciplina o área de investigación.

A nivel internacional, se ha reconocido que entre las brechas para el desarrollo de la investigación interdisciplinaria destacan: 1) estructura universitaria mayoritariamente basada en departamentos unidisciplinarios; 2) dificultades de inserción laboral de investigadores interdisciplinarios; 3) limitada formación interdisciplinaria a nivel de pregrado, posgrado y posdoctoral; 4) problemas de comunicación y epistemológicos entre diversas disciplinas; 5) requiere de un esfuerzo mayor por parte del investigador para interiorizarse de las perspectivas y conceptos fundamentales de otras disciplinas; 6) dificultad para obtener financiamiento en agencias financieras tradicionales, donde existe una cultura predominantemente unidisciplinaria; 7) menor disponibilidad de revistas científicas de alto impacto donde publicar resultados interdisciplinarios en comparación con las revistas unidisciplinarias; 8) dificultad para encontrar investigadores que puedan liderar esfuerzos interdisciplinarios; y 9)

necesidad de generar criterios claros y eficientes para la evaluación de la investigación interdisciplinaria por parte de los organismos del Estado. Estas brechas también se aplican plenamente a nuestra realidad nacional. De esta forma, para poder aplicar el EEA, es fundamental lograr que quienes toman las decisiones en los procesos de gobernanza, tengan una perspectiva interdisciplinaria de la acuicultura y sus desafíos. Esto requiere que las instituciones sectoriales diversifiquen sus equipos de trabajo y de análisis con profesionales que provengan de diversas áreas, de tal manera de lograr una aproximación integral de la realidad natural, social y económica.

Por otra parte, un examen crítico sobre el uso y la integración del EEA a nivel global y su posible evolución en la próxima década indican que no hay una comprensión uniforme de qué es el EEA, qué implica y para qué se puede utilizar, esto se debe principalmente a que existe una distancia entre quienes utilizan el EEA para conceptualizar el desarrollo del sector y los que adoptan el concepto. La falta de acuerdo sobre un significado común del EEA puede deberse a su nombre y a las diferentes perspectivas en las que se interpreta el término ecosistema. Se identifican como principales impedimentos para la implementación del EEA: la dificultad en definir los límites administrativos y del ecosistema; la falta de autonomía de los países involucrados en la adopción del EEA; y los cambios en la cultura organizacional.

Así también, las limitaciones más relevantes que enfrentan los gobiernos para la implementación del EEA son: la mala o limitada gobernanza y regulación; falta de integración y coordinación interinstitucional; falta o limitada capacidad técnica; restricciones financieras; y la ambigüedad de los beneficios percibidos por administradores y productores.

El énfasis en la planificación espacial que se ha desarrollado como parte de los esfuerzos de implementación del EEA y los vínculos estrechos entre el EEA e iniciativas como el “Crecimiento Azul”, constituyen oportunidades significativas para el futuro del enfoque, aunque su capacidad para abordar problemas de gobernanza —cada vez más complejos— puede ser limitado. Por lo tanto, se estima oportuno reconsiderar la razón de ser del EEA, teniendo en cuenta los desarrollos en curso dentro y fuera del sector de la acuicultura.

## Resumen Módulo 2a.

**Dra. María Ángela Barbieri**

En Chile la acuicultura presenta un crecimiento sostenido en el cultivo de especies salmónidas y mitilidos en la región sur-austral. El cultivo interviene el ecosistema incorporando materia orgánica que puede producir efectos en la calidad del agua, modificación del hábitat, enriquecimiento orgánico, eutroficación, entre otros. Para mantener y salvaguardar las funciones y los servicios de los ecosistemas, incluyendo la biodiversidad y su resiliencia, se está avanzando hacia una acuicultura sostenible con un manejo con enfoque ecosistémico, procurando el bienestar ecológico y humano, y la equidad entre las partes interesadas.

Actualmente, la gestión ambiental de la acuicultura en los ecosistemas de fiordos está basada en la determinación de riesgos. Los fiordos son áreas complejas, con alta variabilidad ambiental, que tienen diversas características hidrodinámicas y biogeoquímicas. En el último decenio, preferentemente en la Patagonia norte, se han estado desarrollando diversas líneas de investigación, como la modelación ambiental, la descripción de los procesos locales de mayor escala, considerando componentes físicos, químicos y biológicos en el ecosistema marino. Los modelos han permitido la representación numérica de los fiordos, con detalles de la compleja geometría topográfica. Esta investigación es complementaria a la observacional que genera series de tiempo en diversos sitios y puntos de muestreo.

Se releva la necesidad de avanzar hacia una mirada integral de los ecosistemas, con estudios de su dinámica y procesos ecológicos; actualmente, estos son escasos y parciales. Para transitar de manera concreta hacia el manejo con enfoque ecosistémico de la acuicultura, se debiera avanzar en investigación, innovación tecnológica, productiva e institucionalidad, de modo independiente, pero complementario. La idea es determinar cuánta materia y energía ingresa al ecosistema, y cuánta sale por acción de la acuicultura, para encontrar la manera de aprovechar la que queda en este, recuperar los nutrientes y transitar hacia cultivos integrados multitrofos para hacer uso de los nutrientes de diversos orígenes. Se podría integrar, por ejemplo, el cultivo de salmones, macroalgas e invertebrados.

**1 DICIEMBRE** **MÓDULO 2** **17:00 - 19:30 hrs.** **LIVE @SCHCMAR**

**Seminario internacional**  
**"MANEJO DE RECURSOS ACUÁTICOS CON ENFOQUE ECOSISTÉMICO: AVANCES, BRECHAS Y PERSPECTIVAS"**

Moderadora: Dra. María Ángela Barbieri (Prof. Titular PUCV)

**EXPONEN:**

 <b>Daris Soto</b> INCAR Avances para la implementación práctica de un enfoque ecosistémico en la acuicultura en Chile.	 <b>Alejandro Buschmann</b> ULAGOS Desarrollo sustentable de la acuicultura: tendencias actuales y desafíos.
 <b>Elías Pinilla</b> IFOP Modelación ambiental en los ecosistemas patagónicos: Herramientas para la gestión costera, con énfasis en la acuicultura.	 <b>Andrés Sepúlveda</b> UDEC Modelación hidrodinámica y acoplamiento biofísico en sistemas de fiordos.
 <b>Giovanni Danneri</b> Director CIEP Extracción de crustáceos y biodiversidad de fondos duros en fiordos de la Patagonia.	

Los nutrientes son energía y se requiere encontrar la forma de aprovecharlos, que no se pierdan, sino que produzcan más energía. En el futuro se deben hallar los balances y no perder el carbono en la respiración bacteriana, recuperar esos nutrientes y explorar la posibilidad de desarrollar cultivos integrados.

En el caso del cultivo de salmones off-shore y del cerrado en tierra, hay que evaluar los impactos en el ambiente. Los costos de la producción de estos van a ser superiores a los del método de cultivo actual y en ambos casos la cantidad de materia orgánica que se va a generar es la misma, con una mayor difusión en el medio en el cultivo off-shore. El cultivo cerrado es más eficiente en el uso del agua, pero en ambos tipos de cultivo los diferentes elementos van a quedar en alguna parte del ecosistema, y se presentan problemas de escala y escalamiento. Cabe señalar que los cultivos integrados, desde el punto vista ambiental, son más eficientes.

No se conoce el impacto de la acuicultura en las poblaciones de recursos pesqueros como la merluza austral, la sardina

y otras especies hidrobiológicas del ecosistema. Existe un escaso nivel de conocimiento sobre el impacto de las respuestas de las especies en los cambios en el ecosistema.

Respecto de la visión antropogénica en la gestión de los recursos hidrobiológica, se plantea que el enfoque se debe cambiar. Debe modificarse el modo de ocupar los espacios, las especies hidrobiológicas y el uso del ambiente. Se señala que la dicotomía entre lo social y lo ecológico no es aceptable, ya que todos somos parte del ecosistema. En consecuencia, se necesita aplicar un enfoque que permita asumir los costos de ocupar los recursos de la naturaleza, determinar las externalidades de la acuicultura y no diezmar las poblaciones de especies hidrobiológicas. Hay que construir una relación distinta entre el ambiente y la sociedad; en este ámbito, la nueva Constitución puede ser una oportunidad para abrir un espacio de cambio.

Uno de los desafíos fundamentales es recuperar de manera efectiva los ecosistemas impactados por la acuicultura. En el último tiempo se ha incrementado la investigación, se han formado nuevos equipos, institutos y centros de excelencia, pero para avanzar en ciencia es muy importante la libertad para elegir los temas de investigación. También hay que fortalecer el trabajo de investigación multi y transdisciplinario. En ciencia siempre se generan más preguntas, pero se deben tomar decisiones con la mejor información disponible. Entonces, hay que separar la toma de decisiones y la ciencia, porque no siempre caminan juntas.

Para aplicar un manejo basado en el ecosistema, se debería generar una institucionalidad que aborde los impactos en el ecosistema costero y oceanográfico. Lo importante es considerar que no es solo acuicultura y pesca, sino también otras actividades antropogénicas, como la agricultura, la minería, los vertimientos de agua, junto con integrar la variabilidad ambiental y el cambio climático. Además de una mirada de la zona costera y el ambiente marino, con la integración de los diferentes usuarios y diversos impactos que van más allá de los límites de los sitios de acuicultura. Al respecto, se plantean distintas posiciones sobre el tipo de institucionalidad. Por lo pronto, se propone que en una primera etapa a lo menos se incorpore una norma secundaria para los cuerpos de agua en los mares interiores y en su elaboración debieran interactuar coordinadamente el MMA, la SSPA y la Comisión del Borde Costero que, actualmente, parecen cajas independientes.

Se reconoce que se está interviniendo el ecosistema, a diferentes niveles, produciendo diversos efectos. Entonces, es primordial la generación de información e investigación para conocer los impactos, establecer e implementar políticas públicas que permitan sostener la producción acuícola, reducir los impactos abordando los problemas ambientales y desarrollar tecnologías para hacer mitigaciones. Se ha mostrado que hay elementos para continuar hacia el manejo con enfoque ecosistémico en acuicultura, que existe un progreso sustantivo en el conocimiento en los últimos decenios y que la ciencia debe ser considerada en la administración de la acuicultura y pesca. Finalmente, es preciso determinar cuáles son las brechas ecológicas, sociales, productivas y normativas, para avanzar en la toma de decisiones y lograr una acuicultura y pesca sostenible en el tiempo.

## Resumen Módulo 2 b:

**M. Sc. Mauricio Gálvez & Dra. Claudia Andrade**

Actualmente, existen ciertas brechas entre el desarrollo de la ciencia y las políticas públicas. Desde el punto de vista de la implementación de un enfoque ecosistémico en la acuicultura (EEA), es posible extrapolar las siguientes interrogantes: ¿Cuánta materia orgánica ingresa y abandona los ecosistemas? ¿Son los beneficios socioeconómicos superiores a las externalidades? ¿Están siendo distribuidos con equidad? En ese sentido, un EEA se implementa más eficientemente a nivel local a través del desarrollo de planes de manejo. Así, se reconocen tres ejes principales a analizar: 1) se requiere un alcance territorial acorde a los ecosistemas que aún no se ha implementado desde una perspectiva tanto normativa como investigativa; 2) la capacidad de carga de los ecosistemas es la que debe dictar los lineamientos para la producción por áreas y volúmenes; y 3) los planes de manejo basados en el EEA deben ser capaces de incentivar la acuicultura multitrófica integrada (IMTA), donde los cultivos alimentados y extractivos debiesen combinarse, siendo un aspecto todavía poco posible de llevarse a cabo en Chile.

En general, la concesión como área de gestión no permite lidiar con las problemáticas ambientales y sociales, ya que los efectos de la salmonicultura sobre el ambiente marino se han estudiado en el entorno de los centros de cultivo y, por tanto, quedan sin responder preguntas científicas relevantes tales como el destino de los nutrientes. En este contexto, los fiordos acumulan en el fondo la materia orgánica y los nutrientes, no así en sus bordes. Sin embargo, estos no desaparecen y podrían acumularse, representando desafíos y problemas a investigar. Por lo tanto, es necesario definir los límites de los cuerpos de agua, abordar la capacidad de carga de los ecosistemas, y resolver la problemática asociada a que el ecosistema acuático no tiene una capacidad infinita de procesar insumos.

La propuesta de un colaborativo de investigadores, en conjunto con WWF, denominada "Propuesta de indicadores ecosistémicos para el desempeño ambiental de la salmonicultura chilena en su fase de engorda", plantea tres perspectivas a tomar en consideración: la determinación de cuerpos de agua relevantes; el uso de indicadores a

nivel ecosistémico; y una aproximación de riesgo para estimar si la capacidad de carga de los ecosistemas está siendo sobrepasada. Aquí, los análisis de presión – tomando como caso de estudio la salmonicultura en las regiones de Los Lagos y Aysén–, en base al cálculo de índices para determinar cuerpos de agua relevantes, llevan a la conclusión de que es necesario establecer planes de manejo, más allá de la condición sanitaria, pero tienen una respuesta negativa al momento de cuestionarse si son posibles de llevar a cabo con la actual normativa chilena.

De igual forma en la mitilicultura, el enfoque ecosistémico se encuentra ausente, se incrementa cada vez más la captación de semillas, donde más del 60 % proviene únicamente del estuario de Reloncaví y del área de Hualaihue. Por lo tanto, es necesario un plan de manejo para las áreas de captación de semillas que debe ir más allá de los sitios individuales, además de evaluar el estado de los bancos, determinar los forzantes externos como variabilidad climática (VC) y cambio climático (CC), mejorar la eficiencia en su captación, y considerar la demanda y precio de estas.

Lo anterior conlleva a la interrogante: ¿es claro implementar áreas de manejo pesquero-acuícola para optimizar la captación de la semilla, minimizando impactos ambientales, incrementando la resiliencia y beneficios sociales con la actual normativa? Este aspecto aún es puesto en duda. Así, se concluye que la engorda y comercialización de mejillones también requiere con urgencia una gestión ecosistémica, ya que el crecimiento esperado es mucho menor que el observado, por lo cual es necesario analizar el uso compartido del alimento, a nivel de fitoplancton y seston, regulando sobre esta base la carga productiva por área.

Tomando en consideración las interrogantes antes expuestas, los resultados empíricos de la investigación científica y de los desafíos planteados, las áreas de manejo con EEA deben facilitar la implementación de la IMTA, incrementando la productividad y minimizando el impacto ambiental, pues es posible que existan subsidios entre la acuicultura de mitílidos y salmónidos, ya que los mejillones son capaces de reducir el nivel de nutrientes en una bahía, lo

cual sugiere un potencial para un plan de manejo integrado. Sin embargo, el principal desafío para implementar un plan de manejo con EEA, recae en cumplir los siguientes objetivos: optimizar la producción de mejillones y salmones (esto significa la nulidad en el uso de productos químicos en salmónidos) para implementar una IMTA; junto con conseguir un mejoramiento y crecimiento económico basado en la equidad, considerando también la dimensión territorial y social.

Desde la perspectiva de la IMTA, la mirada ecosistémica es un aspecto que se ha ido diluyendo en Chile, siguiendo una lógica opuesta en nuestro desarrollo. Así, se reconoce que lo más relevante de determinar en un sistema de cultivo es el balance de masa. En este sentido, por cosecha, usualmente no se remueve más del 20-25 % de N (nitrógeno), P (fósforo) y C (carbono). Un 75 % del ingreso de alimento persiste de alguna forma en el ambiente marino, y a pesar de que el fósforo llega al fondo, el nitrógeno como excreción pasa a la columna de agua como nitrógeno inorgánico, tomando en consideración también los efectos de polución biológica, escapes de peces, ingresos de antibióticos y otros compuestos, así como organismos patógenos.

En virtud de lo anterior, se plantea la clasificación de Weitzman y otros colaboradores para los efectos ambientales, los cuales se pueden definir como cercanos (dentro de los primeros 10 m) y lejanos al centro de cultivo (> 100 m). Los cercanos incluyen efectos bentónicos; calidad del agua y modificación del hábitat, mientras que los efectos lejanos incluyen la diseminación de patógenos y enfermedades; introducción de especies invasoras; alteración de las tramas tróficas e inclusión de desechos sólidos. Sin embargo, contrariamente a lo que plantea la clasificación anterior, los efectos de producción de nitrógeno inorgánico son más bien lejanos al centro de cultivo, si se incorpora la ley de conservación de la masa. Entonces, no todos los residuos de la producción de peces estarían constituidos por fecas y materia orgánica sólida, sino que también se incluiría la respiración y CO<sub>2</sub>, así como la excreción.

De esta forma, un balance de masa que considera una producción de 800.000 toneladas de salmónidos en Chile significaría ingresos al ecosistema donde se producen

peces con este nivel de biomasa y los respectivos niveles de carbono orgánico, amonio, fosfato, cargas totales de nitrógeno, etcétera. Es decir, esto correspondería a 22.400 toneladas a partir de 800.000 toneladas de salmónidos y 1.700 toneladas de amonio a partir de 5.000 toneladas de salmónidos. Estas 800.000 toneladas equivalen a una producción 10 veces mayor de lo que hubiera significado el vertimiento de salmones en Chiloé, lo cual tiene cierta relevancia.

Un ejemplo experimental son las algas del género *gracilaria*, cultivadas cerca de las balsas jaula con una producción de 400 toneladas de salmones, con respecto a sitios más alejados. En esos lugares estas presentan un decrecimiento significativo en la tasa de crecimiento, donde el aspecto más importante recae en que las algas cercanas crecen más y tienen más nitrógeno inorgánico en el tejido. Con tan solo la medición del nitrógeno disuelto no se podría afirmar que los salmónidos estarían incorporándolo, pero las algas lo capturan y representan un sensor continuo del nitrógeno que ingresa al sistema. Posterior al paso de 15 años, estos experimentos han sido repetidos, pero en un sitio adyacente a un centro comercial, donde se reiteraron los incrementos en la productividad del alga cercana a las balsas jaula, incluso a 1 km de distancia del centro de cultivo, con incremento de nitrógeno en el tejido.

Estos enriquecimientos de nitrógeno también pueden asociarse a procesos de eutroficación costera mediante el SIA (Análisis de Isótopos Estables) en época de primavera, cuando hay mayor crecimiento, y los valores isotópicos de nitrógeno son más elevados, revelando la relación con la presencia de cultivos de mitílidos y salmones. Para biorremediar esta situación se ha propuesto la IMTA, donde además de la remoción del 25 % de nutrientes por producción de salmones, se vincula la extracción por organismos bivalvos filtradores y sedimentívoros. No obstante, una problemática persistente es el dimensionamiento para medir si estos organismos extractivos están disminuyendo de manera significativa las cargas de nutrientes, por lo que se han debido considerar evidencias de experimentos realizados en países con altos niveles de producción.

De acuerdo con un estudio expuesto en este módulo, donde se detallan los tipos de impactos de la acuicultura a nivel

espacial, se recalca que existen evidencias de que estos impactos van más allá del sitio de acuicultura, es decir, sobrepasan el nivel local hasta escalas regionales. Por tanto, se concluye que los requerimientos fundamentales son modificar el sistema de regulación para incrementar el nivel de reconocimiento de la escala a la que operan los impactos ambientales; el desarrollo de un programa de monitoreo ambiental más allá del sitio de acceso libre y con datos validados; y mejorar las capacidades de investigación para producir modelos que permitan hacer manejo de estos sitios, incorporando posibles modificaciones asociadas al cambio climático u otras influencias ambientales futuras.

El Instituto de Fomento Pesquero presentó un marco conceptual de una investigación en el ámbito asociado a la modelación ambiental en los ecosistemas patagónicos. En términos generales, la acuicultura se encuentra interactuando en un medio con características especiales en la zona sur de Chile, debido esencialmente a sus corrientes, niveles de oxígeno y a la carga de nutrientes que ingresan al sistema. Esto genera efectos de campo cercano y de campo lejano más allá del centro de cultivo, generando instancias de investigación a diferentes escalas.

La escala regional (Patagonia norte) es implementada para estos estudios, y si bien la acuicultura es el eje central, gran parte de la investigación tiene que ver con el sistema natural en el entorno de la acuicultura. Además, ocurre una interacción en múltiples escalas, donde el océano modula estos procesos, por lo que la estructura batimétrica es importante en los fiordos. Para entender esto se requiere modelar numéricamente de forma acoplada a las redes de monitoreo originadas en diversos programas, tales como el Seguimiento Ambiental de la Acuicultura, Mareas Rojas y estudios oceanográficos. En este contexto, existen diferentes tipos de modelos: hidrodinámicos, atmosféricos, hidrológicos, y aquellos que pueden acoplar la biología y la química, tomando en cuenta la columna de agua y los sedimentos.

En cuanto a las investigaciones de IFOP, el transporte y la circulación es lo que más ha abordado, en base al transporte de partículas asociados a patógenos de la acuicultura. Sin embargo, se ha extendido la idea de que la circulación y patrones de estructura del movimiento del agua es relevante

para un sinfín de contextos dentro y fuera de la acuicultura. Luego, esa modelación es importante para varios aspectos de la acuicultura. De esta forma, tener los modelos dinámicos permite generar escenarios a futuro y acoplar química y biología para entender en mayor envergadura el comportamiento del sistema marino. El concepto de retención del agua que se ha aplicado, indica qué tan lenta es la circulación en un lugar, en términos ecológicos puede indicar la fragilidad de un sitio. Por ejemplo, en Aysén los fiordos tienen movimientos más lentos que en la región de Los Lagos.

La necesidad de integrar los procesos biogeoquímicos (por ejemplo, la interacción de nutrientes con el fitoplancton y el oxígeno disuelto en el ecosistema) se satisface desde un análisis espacial más amplio usando ROMS-Hidrodinámico. El modelo simple corresponde a NPZD hasta el más complejo que es PISCES, con un modelo intermedio denominado FENNEL. Esto permite comprender qué ocurre desde el océano hacia la zona interior de los fiordos. A la vez, existen modelos más sencillos como aquellos de oxígeno disuelto. El modelo que incorpora índices de hipoxia comparado con la climatología, concuerda bastante: logra ver lugares donde el oxígeno tiene concentraciones menores. Por ejemplo, el fiordo Puyuhuapi es casi permanentemente hipóxico. En contraste, en el fiordo Quintralco también se han encontrado valores severos de hipoxia (bajo oxígeno), de manera anómala en la zona más profunda, muy cercanos a 0. Este decaimiento en el oxígeno ha sido gradual desde el año 2016.

A una escala local o de campo más cercano, se implementan modelos biogeoquímicos basados en el enriquecimiento orgánico, que revelan cómo la acuicultura mediante la descarga de materia orgánica puede perturbar los sedimentos marinos. Asimismo, se investigan los procesos que intervienen para el aumento de carbono (alimentos y fecas), donde este enfoque de estudio permite relacionar los parámetros medidos en los monitoreos o índices bióticos como AMBI o ITI, con la tasa de depositación proveniente del modelo. La experiencia en el fiordo Compu para probar el modelo, mostró lugares muy energéticos y otros más lentos, con acumulación mayor hacia la cabeza del fiordo, así como una circulación y renovación más lenta, indicando una coincidencia con la realidad.

A grandes rasgos, la modelación de campo cercano es muy costosa, pues requiere de gran cantidad de insumos para incrementar la resolución. No obstante, este esquema es muy útil para realizar ciertos experimentos. De igual forma, fue posible estimar la zona de dispersión de la materia orgánica, y así, en el fiordo Compu se determinó la distancia dispersiva o área de influencia de la materia orgánica depositada. Las diferencias entre centros de cultivo han sido explicadas a partir de la profundidad, la cual resulta en una depositación en zonas cercanas y un grado mayor de fragilidad asociado. Estos modelos han sido validados con los informes de INFA de zonas aeróbicas y anaeróbicas.

Se presentan insumos, perspectivas y avances que pueden ser implementados en las políticas de manejo con enfoque ecosistémico. En esta perspectiva, uno de los trabajos clave es el que se originó con la crisis del virus ISA, respecto de las formas para poder entender la dispersión, aquí los modelos numéricos se aprecian como respuesta.

Se expone una modelación con mayor resolución en el seno de Aysén, donde la dispersión obtenida con viento era muy distinta, y a quien afectaba dependía netamente del tipo de viento y en que época del año se realizaba la medición. Los barrios o áreas de manejo debieran estar basados en este entendimiento de la hidrodinámica. Asimismo, destaca que otro avance reconocido en la modelación de sistemas acuáticos fue el trabajo de Pablo Cornejo, en el cual se acoplaron modelos regionales que se acercan a la costa con mayor detalle, implementando modelos del ámbito de la ingeniería (aeronáuticos) que no están al alcance de la oceanografía, marcando un enfoque interdisciplinario. Con los modelos denominados CFD, se pueden llegar a resolver incluso las balsas jaulas en el lugar, con el fin de identificar la circulación y el tiempo residencia con y sin jaulas, incluso fuera del fiordo.

Por otro lado, el trabajo desarrollado por IFOP a través de la plataforma CHONOS ([chonos.ifop.cl/](http://chonos.ifop.cl/)) facilita un acceso público a la información, y al tener a disposición estos modelos permite desarrollar, por ejemplo, estudios en energías renovables, así como identificar dónde y cuándo pueden ser mayores las velocidades de dispersión que pueden afectar los centros de cultivo.

¿Dónde están las brechas? El efecto del cambio climático es uno de los puntos débiles de los modelos, por lo que entender y representar correctamente la variación en el aporte de los ríos a través de descargas es una necesidad. Por otra parte, el aporte de glaciación también debe ser estudiado, especialmente en la cobertura de sedimentos. Siguiendo este lineamiento, es importante monitorear, desde una perspectiva biogeoquímica, el aporte de nutrientes de los ríos para modelar de mejor manera el modelo PISCES, así como los aportes glaciares y su relación con la cobertura de sedimentos, y la creación indicadores de vulnerabilidad. Finalmente, es necesario optimizar el entendimiento de la interacción física y biológica, para transformar el modelo Chonos-PartiMOSA (liberación de partículas para estudiar el tiempo de residencia) en un modelo basado en individuos, de tal manera que la partícula actúe como una larva de una cierta especie, para lo cual también ese debe conocer el ciclo de vida larval de una especie objetivo.

En síntesis, existen grandes avances en la modelación, pero aún persisten desafíos, como la poca utilización de la gran variedad de modelos. Por ello esta modelación debe estar disponible públicamente a la comunidad científica y a otros usuarios, como lo hace hoy CHONOS. Además, debe existir un incremento en el número de modeladores, para comparar, reforzar y, si es necesario, integrar los modelos que se desarrollen, donde probablemente la falencia más importante será incorporar el aporte de las balsas jaulas como fuentes puntuales de nutrientes al ambiente.

Se destaca la importancia de los ecosistemas de fiordos y canales de la zona austral de Chile, en el ámbito de albergue de biodiversidad, endemismo, hábitats nursery y gran productividad a nivel de la columna de agua. Ahora bien, existen varias amenazas para estos ecosistemas, particularmente a nivel del CC, y actividades antropogénicas. Con respecto a pesquerías, son once las especies más relevantes que pertenecen al sistema bentónico, esencialmente moluscos y crustáceos. Así, se ha propuesto la idea de llegar a entender que ocurre en el bento cuando se extraen dos de estas once especies en esta región, la centolla y la jaiba marmola, destacando que en el país aún existe una deficiencia en el número de expertos en biodiversidad bentónica, a excepción del trabajo llevado a cabo por Vreni Häussermann y Eduardo Quiroga.

Las amenazas de esta zona están representadas particularmente por el CC; la reducción de los aportes de agua dulce; la modificación de la estructura de la columna de agua; la acidificación y su efecto en los organismos bentónicos calcificadores en sus estadios tempranos; la acuicultura intensiva en términos de la materia orgánica liberada al fondo; los compuestos vertidos, e incluso el tránsito de embarcaciones y su influencia en grandes cetáceos. Asimismo, las pesquerías también constituyen una importante amenaza, desde la falta de monitoreo y de investigadores del área en la región, así como los efectos netos de la pesquería, ya sean directos (captura y descartes) e indirectos (sobre la estructura de las comunidades biológicas). También los pescadores utilizan otras especies como carnada en sus jaulas (por ejemplo, bivalvos como carnada en la pesquería de la centolla). Otra problemática asociada recae en que los artes de pesca abandonados que aumentan la pesca fantasma con efectos acumulativos, y existe una degradación del hábitat por el uso de estos aparejos, ya que se mantienen fijos. Finalmente, se da un impacto en el valor escénico del medioambiente.

En lo que respecta a los impactos sobre las especies objetivo y las comunidades bentónicas, se detallan los tipos de impactos bottom-up y top-down, ya que estas especies son predatoras, pero también son predadas. Además, se desencadenan impactos evolutivos, ya que se remueven los individuos más fuertes y se producen cambios en las tallas y tiempos de madurez sexual; una perturbación tanto en las poblaciones de presas como depredadores y, finalmente, efectos de tipo cascada en más de un nivel trófico. En este sentido, el enfoque ecosistémico pesquero (EEP) tiene un énfasis no solo en las poblaciones de recursos explotados, si no que a nivel de ecosistema, incorporando las interdependencias ecológicas entre las especies y su relación con el medioambiente y aspectos socioeconómicos.

El EEP es difícil de aplicar, ya que no se conocen todas las relaciones tróficas existentes. Este manejo debería sobrepasar las medidas tradicionales asociadas a las estimaciones de capturas máximas sostenibles, a través de las capturas y el esfuerzo pesquero. De esta forma, se torna evidente el llevar a cabo un esfuerzo mayor para considerar más elementos en base a las escasas medidas aplicadas a la actividad extractiva de ambas especies.

La información respecto de lo que ocurriría si se remueven las jaibas y centollas del ecosistema aún es escasa y poco comprendida, pero el trabajo de Boudreau da ciertas luces de que podría ocurrir, y el camino a tomar recae en abordar el enfoque de dicho trabajo para sus líneas de investigación. En este sentido, se destaca la existencia de indicadores reproductivos en los machos de jaiba que pueden ser utilizados para determinar cuán sana está una pesquería, tales como la cantidad de espermios viables en los vasos deferentes, así como la madurez gonadal-morfométrica. Se requiere que la autoridad considere estas herramientas para su manejo. De igual forma, se recomiendan medidas de administración para la jaiba marmola en la Región de Aysén; prohibir la captura de hembras ovígeras y de individuos bajo un tamaño de 120 mm (AC). También, las medidas de administración pesquera deben abordar estos indicadores reproductivos, considerando un seguimiento anual o cada dos años para evaluar el estado de la población.

En conclusión, las pesquerías artesanales son sistemas socioecológicos que deben incluir un comanejo (áreas de manejo, áreas marinas protegidas, etcétera) para su gestión, tomando en consideración la igualdad de género y la renovación generacional de la pesca artesanal. Además, se debe avanzar en la aplicación de enfoques ecosistémicos a las pesquerías de recursos bentónicos en la zona de fiordos y canales del sur de Chile; establecer programas de monitoreo del efecto más amplio que tienen las pesquerías sobre la resiliencia de las tramas tróficas bentónicas; desarrollar herramientas para un manejo ecosistémico realista, ya que describir todas las interacciones es difícil, y destinar mayores recursos y masas críticas de investigadores, considerando estos costos en la economía asociada a la extracción de especies bentónicas.

## Resumen Módulo 3:

**Dra. María Ángela Barbieri**

En cuanto a las herramientas de gestión para transitar hacia el enfoque ecosistémico en pesca y acuicultura, se ha avanzado en planificación espacial marina en la gestión operacional, en la modelación espacial de la aptitud del hábitat, en los impactos que tendría el cambio climático en la distribución y abundancia de diversas especies, también se ha conformado un servicio de información pesquero y ambiental para apoyar la actividad extractiva y de acuicultura; asimismo se ha elaborado un atlas sobre efectos del cambio climático (CC) en pesca artesanal y acuicultura de pequeña escala (APE).

En el panel se discute sobre la accesibilidad de los usuarios finales a esos servicios y se indica que las empresas generalmente tienen sus propias plataformas. Para el acceso de las comunidades costeras se puede hacer a través del visualizador de mapas de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Subpesca), que actualmente muestra la posición de las AMERB, ECMPO, AMP y las caletas, entre otras. Se propone que se incorporen diferentes capas de información (satelital, pesquera, acuícola, productiva, ambiental) y se integren a través de modelos locales. Para tal efecto, se debieran desarrollar modelos conceptuales, de aptitud y pronósticos; el empleo de modelos integrados debería tener un impacto positivo y podría ser utilizados en la toma de decisiones. Se reconoce que se han realizado diversos proyectos I+D que generan productos como los señalados, pero que en el traspaso de sus resultados a los usuarios se producen limitaciones: una brecha que se debe superar. Por otra parte, se muestra que este tipo de investigación ha sido exigua en recursos demersales, a pesar de que en su historia de vida gran parte de ellos tienen una fase pelágica.

Para la implementación de un servicio abierto, es necesario que se produzca una sinergia entre las instituciones que toman los datos, las que producen información, las que efectúan investigación y las que toman decisiones. Se debiera avanzar hacia plataformas integradas y trabajar de manera colaborativa y transdisciplinaria. El financiamiento debería provenir del sector productivo pesquero y acuicultor, por el uso de los servicios que brindan los ecosistemas.

**2** **DICIEMBRE** **MÓDULO 3** **11:00 - 13:15 hrs.** **LIVE @SCHCMAR**

**Seminario internacional**  
**"MANEJO DE RECURSOS ACUÁTICOS CON ENFOQUE ECOSISTÉMICO: AVANCES, BRECHAS Y PERSPECTIVAS"**

**EXPONEN:** Moderador: Dr. Gustavo San Martín (SUBPESCA)

 <b>Claudio Silva</b> Centro IOS	 <b>Stefan Gelcich</b> PLIC
 <b>Elvitorio Yáñez</b> Prof. Titular PUCV	 <b>Patricia Zarate</b> IFOP

Hacer operativo los modelos ecosistémicos en el manejo pesquero y acuicultor, incorporando el ambiente, los recursos y las operaciones, es un gran desafío actualmente en Chile. El manejo pesquero es de tipo monoespecífico; se establece una cuota de pesca que persigue llevar al recurso al rendimiento máximo sostenible, pero se sostiene que es más precautorio llevar las pesquerías hacia el rendimiento máximo económico, con menor captura y presión sobre el recurso, con el cual se puede lograr incluso mayor rentabilidad socioeconómica.

En la pesquería del pez espada se ha incorporado la componente biótica, abiótica y, recientemente, la socioeconómica; la presión del mercado fue un forzante para incluir esta última. En relación con la componente biótica se recopilan datos e información a bordo de las embarcaciones pesqueras y en los puertos de desembarque de la especie objetivo, fauna acompañante, especies asociadas y captura incidental (reptiles, aves y mamíferos). A partir de 2018 en la zona de nursery dejó de operar la flota palangrera; en consecuencia, no se dispone de información que permita establecer el estado de conservación de la tortuga y

otras especies. La pesquería de tiburones está asociada a la del pez espada, pero en la zona norte se efectúa una propiamente tal; la información disponible reporta que se capturan ejemplares juveniles y hembras grávidas. El nivel de muestreo a bordo es bajo, por lo tanto, se espera que el uso de cámaras de monitoreo electrónico a bordo permita recabar más información. La propuesta es avanzar en la aplicación de la inteligencia artificial en el análisis y modelación. Se espera que pronto esté constituido el Comité de Manejo de la pesquería y que se valore la importancia de una buena gobernanza.

El financiamiento es una gran limitante; se ha podido avanzar en investigación a través redes y colaboración, con la participación de estudiantes y tesis, para desarrollar investigación específica, recurriendo fondos externos como los provenientes de ONG. Así, los grandes desafíos para avanzar hacia un manejo con enfoque ecosistémico (EES) tienen tres componentes distintas: la primera son los modelos, como se analizó precedentemente; la segunda es como se estructura y constituye un proceso de gobernanza; y la tercera es la implementación de cómo se generan los incentivos para los cumplimientos de normas, comprender la legalidad y la ilegalidad. Además, se debe procurar la colaboración entre los diferentes actores y el entenderse unos a los otros. Estos componentes tienen diferentes dimensiones y deben ser resueltos para transitar hacia EES. Actualmente, se está avanzado en entender la legalidad y los factores que influyen en este marco, como también las complejidades y desafíos que deben ser resueltas. Para aplicar el manejo con EES se debe pasar de un proceso participativo a un proceso deliberativo, y en cuanto a la transdisciplina se deben incorporar los diferentes tipos de conocimientos (científico, local, cultural, burocrático).

En Chile los Comités Científico Técnico (CCT) y Comités de Manejo (CM) son órganos asesores y de consulta de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura que no están

mandatados a relacionarse entre sí. Se comenta que la tendencia mundial es avanzar hacia la disminución de comités hasta formar un solo tipo de comité. Al respecto, se señala que, hasta el año 2013, el Consejo Nacional de Pesca fijaba la cuota global de captura, el consejo tiene una alta participación de representantes del sector productivo industrial y artesanal, lo que genera una fuerte presión sobre el recurso. En este contexto, se creó una esfera de desconfianza; entonces, a partir de 2013 se establecen los CM y CCT; este último es el mandatado en determinar el rango de la cuota global de pesca. Para avanzar hacia el manejo con enfoque ecosistémico en pesca y acuicultura, hay que quebrar la cultura de la desconfianza entre los distintos actores del ecosistema y transitar hacia la colaboración entre los diferentes tipos de conocimientos. En todo caso, en algunos comités se ha avanzado, pero es importante que en ellos se integren los diferentes tipos de conocimiento, estimulando una participación deliberativa entre los múltiples actores.

En relación con la inclusión del enfoque ecosistémico en la nueva Constitución, se indica que no se ha generado una agenda desde el mundo político, sino del mundo científico-técnico. Al respecto, es importante indicar que el problema de fondo es la "justicia ambiental", la cual tiene tres componentes: la primera es la "justicia distributiva", por ejemplo, las cuotas de pesca, que es un servicio que brinda el ecosistema y está muy relacionado con la gobernanza; la segunda es la "justicia de representación" de los grupos de interés; y la tercera es la "justicia de procedimientos", que deben ser concebidos como justos y transparentes.

Se sugiere avanzar hacia un enfoque socioecológico, donde el EES es solo un componente. Al respecto, la institucionalidad para implementar efectivamente el manejo con enfoque ecosistémico en pesca y acuicultura, se propone conformar un grupo de expertos para levantar una propuesta de mediano y largo plazo.

## Resumen Módulo 4:

Dr. Eleuterio Yáñez

Se establece el marco de desarrollo del estudio como caso del Proyecto Internacional Lenfest y luego el marco conceptual, un modelamiento cualitativo y cuantitativo. El caso de estudio se considera la pesquería de anchoveta de la zona centro norte (Caldera-Coquimbo), que presenta concentraciones de huevos en bahías. Esta pesquería se desarrolla en forma industrial hasta el año 2000 y luego como artesanal hasta la fecha.

El cambio del objeto de estudio conduce al análisis de un sistema socioecológico que requiere del trabajo conjunto de distintas disciplinas (sociales, políticas, económicas y ambientales). Se comienza a trabajar con pocas variables, en este caso 26 del sistema socioecológico, considerando modelos cualitativos y cuantitativos.

Las lecciones son que se necesita un cambio de paradigma, porque el sistema es complejo; se requiere una mayor cantidad de datos; se puede considerar un modelo cualitativo, aun cuando se tengan datos cuantitativos; se requiere de la participación de los distintos actores del sistema socioecológico; y debe ser un trabajo colaborativo.

El enfoque ecosistémico busca balancear el bienestar humano y el bienestar del ecosistema (especie y especies con las cuales interactúan). ¿Cómo podemos lograr esto?, pensando en el ecosistema como la unidad que estamos explotando y, al mismo tiempo, considerando que somos parte de ella.

Hay que tomar en cuenta la variedad de especies, donde las especies de forraje son especiales por su aporte como controladoras, siguiendo el concepto ecológico de la cintura de la avispa. Estas especies canalizan la energía hacia los niveles superiores y son susceptibles a cambios del ambiente.

Se considera la pesquería de la sardina austral, que se desarrolla principalmente en el mar interior de la Región de Los Lagos, el estudio se basó en un complemento de enfoques: manejo pesquero mono-específico; enfoque ecosistémico para el manejo pesquero; enfoque de manejo

**2** **MÓDULO 4** **DICIEMBRE** **17:00 - 19:15 hrs.** **LIVE @SCHCMAR**

**Seminario internacional**  
**"MANEJO DE RECURSOS ACUÁTICOS CON ENFOQUE ECOSISTÉMICO: AVANCES, BRECHAS Y PERSPECTIVAS"**

Moderador: M.Sc. Mauricio Gálvez (Director Centro IOS)

**EXPONEN:**

 Modelamiento ecosistémico de la pesquería de anchoveta entre Atacama y Coquimbo. <b>Carlos Montenegro</b> IFOP	 Enfoque ecosistémico en la pesquería de sardina austral de aguas interiores de la X Región de los Lagos. <b>Sergio Meira</b> UDEC
 Herramientas de modelación aplicadas al entendimiento de la estructura espacial del jurel en el Pacífico suroriental. <b>Sebastián Vásquez</b> INPESCA	 Indicadores y modelos en el manejo de recursos pesqueros con enfoque ecosistémico del Norte del Ecosistema de la Corriente de Humboldt. <b>Jorge Tam</b> IMARPE, PERÚ

Sociedad Chilena de Ciencias del Mar | IFOP INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO • CHILE

pesquero basado en el ecosistema; y manejo basado en el ecosistema. Objetivo determinado luego del taller del plan de manejo: lograr que la pesquería de sardina austral de la región sea sustentable en las dimensiones biológicas, económicas, sociales y ecológicas.

Las pesquerías transzonales son variadas y los niveles de conexiones se dan entre las distintas aguas de los organismos marinos. En los noventa, la mortalidad del jurel tuvo su mayor valor, lo que llevó a trabajar en su recuperación. Para tal efecto, se analizó la extensión del área potencial de desove de jurel; la conectividad larval de una población transzonal y migratoria; la distribución de hábitat-dependiente de los adultos de jurel mediante el uso de información de lances de pesca; la dispersión larval, mediante lectura de otolitos. Cabe señalar que el jurel se distribuye en la costa y la transición costera, en aguas de mínimas de oxígeno, donde hay continuidad en la probabilidad de encontrar jurel.

Observaciones finales: establecer indicadores y modelos en el manejo de recursos pesqueros con enfoque ecosistémico del norte del ecosistema de la corriente de Humboldt.

**Indicadores:** variable que describe el estado de un fenómeno, con un significado que va más allá de lo directamente asociado ha dicho valor.

**Modelos:** los modelos más recomendados por FAO (WRF-ROMS, ROMS-PISCES, EwE, IBM, OSMOSE y DEB).

**Avances:** indicadores de estado y tendencias del ecosistema; identificación de tendencias, ciclos y cambios de régimen en todos los componentes; indicadores de cambios de régimen (desembarques 1950-2018); modelado participativo del impacto del cambio climático.

**Perspectivas:** colaboración a diferentes escalas (intra e interinstitucional); analizar la vulnerabilidad ecológica y la vulneración socioeconómica.

La FAO recomienda seguir etapas para la implementación del enfoque ecosistémico en la pesca.

El enfoque ecosistémico de la pesca (EEP) evita las limitaciones del manejo monoespecífico al incluir relaciones multiespecíficas, impactos ambientales y la dimensión humana, necesarias para entender la complejidad de estos sistemas socioecológico.

Después de establecer metas y objetivos, un paso importante en la implementación del EEP es el desarrollo de indicadores y puntos de referencia adecuados. Es necesario crear indicadores sobre procesos como: surgencia, ENOS, escenarios intraestacionales, hábitat, fertilidad, fitoplancton, zooplancton, necton, dinámica poblacional de recursos pesqueros, comportamiento de la flota y depredadores. Por el cambio climático será necesario incluir eventos extremos (marejadas, olas de calor marinas, eventos anóxicos/hipóxicos y floraciones de algas nocivas). La complejidad de las relaciones multiespecíficas requiere el uso de modelos de ecosistemas, dentro de los cuales WRF, ROMS-PISCES, CROCO, Ecopath con Ecosim, OSMOSE, para analizar el impacto de diferentes procesos (como vientos, mínima de oxígeno, ondas de Kelvin, ENOS, cambios de régimen y cambio climático) y actividades antropogénicas (como estrategias de pesca y de acuicultura). El cambio climático exacerbará estos procesos y actividades, por lo que se necesitará desarrollar modelos ecosistémicos participativos para diseñar simulaciones, forzamientos y escenarios, y evaluar futuros puntos de inflexión y medidas de adaptación óptimas. Una sólida colaboración intra e interinstitucional es un requisito clave para la implementación de un EEP transdisciplinario.

## Resumen Módulo 5:

Dr. (c) Carolina Lang

A medida que nos acercamos a la gestión ecosistémica, la modelización ecológica se vuelve esencial. La modelización de ecosistemas mediante Ecopath con Ecosim (EwE) es ampliamente utilizada, contribuyendo en las distintas etapas de la gestión pesquera basada en ecosistemas (EBFM), enfoque que integra variables ecológicas y ambientales. Varios ejemplos se pueden citar sobre el uso de esta herramienta que van desde evaluar y definir puntos de referencia en la gestión basándose en el análisis de EwE, cuyo ejemplo es desarrollado en Estados Unidos por iniciativa de la NOAA en asociación con la academia. En la Unión Europea (UE) también se ha utilizado para analizar las implicancias de normativas asociadas a desembarques y RMS, las biomásas han sido mejoradas mientras que la rentabilidad del sector disminuye exigiendo una pesca más selectiva. Otro ejemplo, también en la UE acuerda entre los estados miembros realizar seguimiento multisectorial sobre el estado de los ecosistemas, por tanto, todas las partes deben informar y gestionar las aguas marítimas de la UE bajo este enfoque. Pero no solo se cuenta con ejemplos en pesquerías, sino también en minerales, energías renovables, desmantelamiento de las plataformas petrolíferas y transporte marítimo. Mientras que los intersectoriales son un tema importante de la EBM. A nivel mundial, varias promesas de EAFM han dado lugar a un crecimiento gradual pero constante.

Como muchos otros países, Chile utiliza una estrategia de gestión y evaluación monoespecífica. El desconocimiento de la dinámica de los ecosistemas y del verdadero impacto (o efecto conmutativo) de las distintas actividades humanas conduce a decisiones de gestión poco acertadas. Los varios modelos ecosistémicos que existen ayudan a comprender las componentes y procesos, los que pueden utilizarse en paralelo con modelos monoespecíficos, como herramienta de apoyo a la toma de decisiones o planificación logística. En particular, el modelo Atlantis se utilizó para comprender las consecuencias de la pesca en la dorsal de Juan Fernández. En los últimos años ha crecido el interés por ampliar la explotación pesquera y modernizar la flota pesquera en esta región. El aumento de la explotación y las interacciones interespecíficas pueden tener un importante

**3** **MÓDULO 5** **DICIEMBRE** **11:00 - 13:30 hrs.** **LIVE @SCHCMAR**

**Seminario internacional**  
**"MANEJO DE RECURSOS ACUÁTICOS CON ENFOQUE ECOSISTÉMICO: AVANCES, BRECHAS Y PERSPECTIVAS"**

Moderador: Dr. Patricio Bernal (CSIRO-Chile)

**EXPONEN:**

 <b>Kendra Karr</b> EDR, USA	Advancing ecosystem based management in small-scale fisheries through a multi-species approach, case studies from Latin America.	 <b>Javier Porobic</b> CSIRO, Australia	Ecosystem models, a blurred future versus a precise failure? An example case for a Vulnerable Marine Ecosystem.
 <b>Willy Cristhensen</b> UBC, Canada	Making ecosystem based management operational: EwE's contribution?	 <b>David Chagaris</b> UP, USA	Ecosystem modeling to improve fisheries management in the Gulf of Mexico.

  **GENERANDO CONOCIMIENTO Y SUSTENTABILIDAD**  
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO • CHILE

efecto ecológico en las pesquerías. Uno de los hallazgos fue que Atlantis representa con exactitud las tendencias y variaciones observadas. Otro hallazgo fue que la pesca artesanal tiene una baja influencia en el medio ambiente. Además, el modelo predijo un aumento de los erizos de mar debido al declive de la langosta grande. Aunque este aumento aún no es lo suficientemente significativo como para afectar a otros grupos, el incremento de la presión puede inducir un cambio en el régimen del ecosistema.

A través de un arte de pesca se pueden capturar varias especies o stocks con distinta productividad aumentando el peligro de agotamiento, esto podría afectar las relaciones entre especies y ecosistemas. A diferencia de las pesquerías monoespecíficas, las multiespecíficas tienen mayores problemas de sostenibilidad debido al cambio climático. Por ello, la comunidad de Juan Fernández e islas Desventuradas está siendo proactiva y planificando acciones ante escenarios de cambio climático. La seguridad alimentaria, la nutrición, puestos de trabajo, ingresos, vida y cultura de las comunidades costeras se ven amenazados por esta

complejidad. Las soluciones de gestión de pesquerías multiespecíficas están ligadas al equilibrio de objetivos sociales, económicos y ecológicos. El trabajo inicial del plan de gestión pesquera multiespecífica adaptable al clima consiste en identificar todas las especies que deben ser controladas, especialmente los peces de aleta que son esenciales para los ingresos de la comunidad y resiliencia del ecosistema. Esta iniciativa contempla elaborar un plan de gestión pesquera basado en el ecosistema, las partes interesadas participan activamente en la utilización del Marco para la Evaluación Integrada de Poblaciones y Hábitats, denominado FISHE ([fishe.edf.org/](http://fishe.edf.org/)). Cada fase del proceso se basa en el conocimiento de los profesionales, habitantes, científicos, el gobierno y otras partes interesadas. Un clima cambiante y los objetivos de gestión pesquera basada en el ecosistema en la comunidad de Juan Fernández y Desventuradas pueden ayudar a otras comunidades costeras a aprender sobre la sostenibilidad y la gestión basada en el ecosistema.

Por mucho tiempo las evaluaciones de stocks han guiado el manejo de las pesquerías en el golfo de México. La integración de datos multiespecíficos, la mejora de las evaluaciones de las poblaciones y las decisiones de gestión pueden lograrse utilizando modelos de ecosistemas. Este enfoque puede proporcionar recomendaciones cualitativas y estratégicas, como cuándo aumentar la cautela o alterar los criterios de evaluación de las poblaciones, o identificar los principales factores de cambio de la población. También pueden ayudar a establecer puntos de referencia multiespecíficos o a evaluar los planes de captura sugeridos en condiciones ambientales cambiantes. En el caso estudio del golfo de México, gestores y expertos en evaluación de stocks identificaron y priorizaron los temas de importancia que pudieran ser abordados por modelación ecosistémica. Los modelos ecosistémicos se han utilizado para responder a preocupaciones específicas sobre la ecología y la gestión de especies. Uno de estos se utiliza para determinar trade-offs en la gestión de peces forrajeros y para establecer nuevos puntos de referencia basados en la ecología, y en tanto un segundo modelo se utiliza para evaluar los impactos de la marea roja en especies clave de los arrecifes.



Pesquería de langosta en el Archipiélago de Juan Fernández

## Sociedad Chilena de Ciencias del Mar

---

La Sociedad Chilena de Ciencias del Mar (SCHCM) es una Corporación de derecho privado creada en 1960 como Comité de las Ciencias del Mar. Su misión es el fomento y difusión de la investigación científica y tecnológica en Ciencias del Mar, el asesoramiento de instituciones públicas y privadas, nacionales y extranjeras, la publicación y divulgación de trabajos de la Sociedad, de sus miembros y de otras personas, y en general cualquier acción que tienda a la mejor comprensión de la importancia de las Ciencias del Mar para el desarrollo científico, económico, social y cultural de Chile.

La SCHCM celebra anualmente el “Congreso de Ciencias del Mar”, convocando a sus miembros y a la comunidad nacional e internacional. En este congreso se dan a conocer los avances científicos, pero sobre todo cultivar y mantener redes de colaboración a nivel nacional e internacional. Asimismo, la SCHCM promueve grupos de trabajo en diversos temas de interés, buscando representar a las ciencias del mar en diversas instancias locales, regionales y nacionales, en el mundo privado y en la administración pública.

## Instituto de Fomento Pesquero

---

El Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) es una corporación de derecho privado, sin fines de lucro, que fue constituida en el año 1964 por la Corporación de Fomento de la Producción. En su primera etapa cumplió acciones de fomento de la pesca y la acuicultura, y luego se especializó como una organización científica para asesorar permanentemente al Estado, con el fin de contribuir al desarrollo sostenible de la actividad pesquera y acuícola del país y la conservación de los ecosistemas marinos.

IFOP posee tres grandes áreas de especialización, la primera ubicada en Valparaíso orientada a la investigación pesquera, la segunda ubicada en Puerto Montt, asociada a la investigación acuícola y la tercera, en oceanografía y medio ambiente. Además, la institución tiene una cobertura nacional con 9 sedes desde Arica a Puerto Williams y 41 centros de muestreo a lo largo de la costa de Chile, lo que le permite tener contacto directo con los diversos usuarios y poder efectuar adecuadamente la recopilación de datos pesqueros, biológicos y económicos asociados a la actividad extractiva de las diversas flotas, como también realizar investigaciones asociadas a la acuicultura y el medio ambiente.

La misión de nuestro instituto se concreta gracias al trabajo constante y permanente de los diversos equipos humanos que lo componen y con la invaluable colaboración de los actores del sector pesquero y acuícola de nuestro país.





[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)