

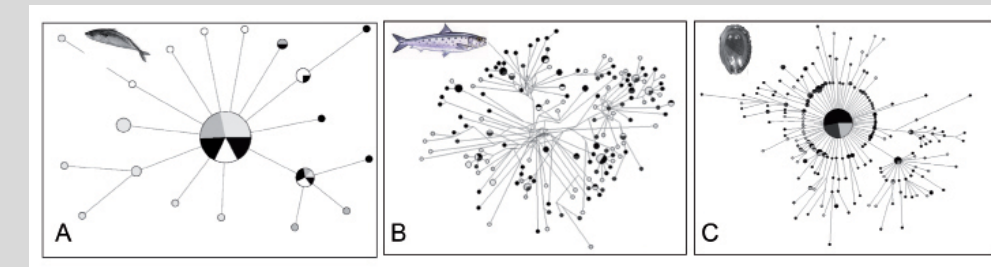
## Genética en pesquerías: Diversidad y estructuración genético-poblacional en especies marinas de interés comercial.

<sup>1</sup>Leyla Cárdenas, <sup>1</sup>Andrea Silva, <sup>2</sup>Elie Poulin, <sup>3</sup>Juan Carlos Castilla & <sup>3</sup>Patricio Ojeda.  
<sup>1</sup>Universidad Austral de Chile, <sup>2</sup>Universidad de Chile,  
<sup>3</sup>Pontificia Universidad Católica de Chile  
 leylacardenas1@gmail.com

Si bien la sustentabilidad a largo plazo de la explotación de una pesquería depende de muchos factores, la identificación y caracterización de stock, la determinación de las dinámicas de dispersión y de los niveles de conectividad entre poblaciones explotadas son consideradas prioritarias. En este ámbito, datos genéticos moleculares han tenido una gran aplicación. La información genética analizada esta basada en la variabilidad en la secuencia de ADN determinada por marcadores genéticos moleculares y en modelos genéticos poblaciones que determinan diferenciación o flujo genético entre poblaciones. En este trabajo se presenta una revisión del estado actual de conocimiento de la diversidad genética y estructura poblacional de tres especies marinas que son principales objetivos de la pesquería en Chile: El jurel (*Trachurus murphyi*); la sardina española (*Sardinops sagax*) y el loco (*Concholepas concholepas*). Se han realizado trabajos en dos tipos de marcadores genéticos moleculares: Dos genes del genoma mitocondrial y marcadores nucleares altamente polimórficos llamados microsátelites. En cuanto a diversidad genética observada en secuencias de genes mitocondriales, la especie con niveles de diversidad genética más altos fue la sardina española ( $H_e: 0.91$  a  $0.93$ ), mientras que el jurel presenta los valores más bajos (índice  $H_e=0.43$  a  $0.95$ ). Para todas las especies, las poblaciones analizadas muestran ausencia de patrones espaciales de diferenciación genética, lo que supone la existencia de flujo genético entre ellas. Para jurel y loco, trabajos desarrollados con marcadores genéticos altamente variables, los microsátelites, tampoco detectan diferenciación genética espacial entre las poblaciones ana-

lizadas. Varios factores pueden ser responsables de estos patrones como por ejemplo: cambios demográficos, conductas larvales, procesos de dispersión, etc. El análisis de la información revisada, revela que en nuestras costas el conocimiento de la diversidad y estructura genética de especies de interés pesquero es aún incipiente. Sin embargo, la acumulación de información genética nos permitiría poder delinear aspectos microevolutivos como cuellos de botella, efectos fundadores, selección natural y adaptación local en especies de interés pesquero. **Algunas estrategias metodológicas que podrían mejorar la integración de la genética en pesquería son:**  
**1)** Incorporar un mayor número y tipo de marcadores moleculares. El avance de la tecnología permite hoy en día, explorar múltiples loci e incluso genomas completos en una nueva área denominada genómica poblacional que promete mejorar la precisión de las inferencias genéticas.  
**2)** Incluir nuevas técnicas estadísticas de asignación poblacional y análisis de parentesco. Estos métodos tienen el potencial de estudiar dispersión a una escala contemporánea, aunque su debilidad se basa en que su poder dependerá del nivel de diferenciación genética entre las poblaciones, pero esto último podría ser mejorado si se utiliza un mayor número de marcadores.  
**3)** Incorporar modelos espaciales explícitos o de paisaje genético. Estos modelos integran genética con demografía, oceanografía, ecología y cualquier tipo de información espacial que permita descifrar barreras a la dispersión, delimitar metapoblaciones pudiendo entregar señales más precisas de conectividad entre las poblaciones marinas.

Diversidad genética de a) jurel, b) sardina y c) loco. Redes de haplotipos basados en ADN mitocondrial.



## Pérdidas de renta por mala gestión en pesca.

Max Agüero (Ph.D.) / Casilla 27016, Santiago / centro@icsed.org  
 ICSED-CENIDES

El desempeño social, económico y biológico de la pesca en el mundo, muestra actualmente una situación crítica. Desde el punto de vista biológico, el 79% de las poblaciones tradicionales están ya plenamente explotadas, sobreexplotadas o agotadas y sólo son esperables aumentos no significativos en el rendimiento del 21% restante, la mayoría de las cuales son especies de valor económico menor (FAO 2009). Desde un punto de vista social y económico, la renta o beneficios económicos perdidos por malas políticas de gestión, se estima en alrededor de 50 mil millones dólares EE.UU. al año (Banco Mundial y la FAO 2009). Así, considerando sólo las últimas tres décadas, esta pérdida de beneficios económicos potenciales asciende a aproximadamente dos billones de dólares EE.UU. Una parte significativa de esta pérdida, podría convertirse en beneficios económicos y sociales si se mejoran las políticas de gestión pesquera. Estudios recientes realizados por el Programa PROFISH del Banco Mundial en colaboración con la FAO, muestran que entre las principales razones para este bajo rendimiento de la pesca mundial está la sobreexplotación de las poblaciones biológicas debido a un exceso de capacidad pesquera que caracteriza a la mayoría de las pesquerías en la actualidad; ésta a su vez, es la consecuencia de políticas de gestión inadecuadas. América Latina no escapa a esta situación y muestra condiciones y tendencias similares. La reducción del esfuerzo pesquero puede resultar en un rápido incremento de la productividad, rentabilidad y beneficios económicos netos. A su vez, la recuperación de las poblaciones se traduciría en una mejora sostenible de los rendimientos y en una reducción en los costos de la pesca. Ambos procesos conducirían al rescate de la pérdida de renta económica y a pesquerías más sostenibles. Sin embargo, una gestión pesquera apropiada y las reformas que ello requiere van más allá del ámbito meramente pesquero. Se hace necesario, no sólo una fuerte voluntad política, sino también, la construcción de un consenso sobre los objetivos y visiones de esta, información científica y técnica oportuna y veraz, recursos humanos debidamente capacitados, instrumentos de gestión apropiados, el establecimiento de mecanismos efectivos para el diálogo junto a equidad distributiva y continuidad institucional entre otros factores.

La labor científica y técnica señalada más arriba para una gestión eficaz, debe apuntar además, a la evaluación de los costos sociales y económicos de la degradación y las consecuencias ambientales, económicas y sociales de los escenarios de gestión alternativos para la recuperación de las poblaciones y el logro de rendimientos máximos sostenibles, tanto desde el punto de vista biológico y social como económico y por tanto, ecosistémico. Las condiciones necesarias y las implicaciones de estos requisitos son el tema central de esta presentación. **Dificultades y proyecciones**  
 Los aspectos teóricos, conceptuales e instrumentales para la investigación de carácter bio-económico ya están ampliamente desarrollados. Existe una amplia literatura al respecto y diversidad de estudios de casos, no obstante que en esta materia, cada caso es caso-específico. Las principales dificultades que enfrenta la investigación y estudios de carácter bio-económico para la gestión pesquera en América Latina, es no sólo la escasez de datos, parámetros e información relevante accesible, sino además, la reticencia de los agentes productivos de la pesca a proveerla (e.g. armadores industriales y artesanales, empresas procesadoras y comercializadoras e incluso, funcionarios de los organismos encargados de la ordenación pesquera). Sin estimados realistas de las magnitudes de los beneficios y costos que políticas alternativas de gestión generan a la sociedad, no es posible establecer medidas de ordenación social y económicamente efectivas. La experiencia y crítica situación de las pesquerías a nivel mundial y regional en las últimas décadas, muestra claramente las falencias de medidas de gestión basada sólo en criterios biológicos o biotecnológicos en el mejor de los casos. No considerar los aspectos económicos, sociales y culturales que determinan las conductas de los agentes productivos de la pesca en el diseño de políticas de gestión, es un error ya demostrado. Las nefastas consecuencias las soportan finalmente los propios pescadores que ven disminuir sus capturas por unidad de esfuerzo y los recursos hidrobiológicos cuyos stocks son cada vez más reducidos y vulnerables. El diseño de políticas de gestión pesquera en la mayoría de los países de la región, amerita urgentemente un cambio de enfoque y de instrumentos de gestión si se desea evitar y revertir la peligrosa tendencia observada en las últimas décadas.

## Variabilidad climática y zooplancton en el Pacífico Sur Oriental: conocimiento básico y predicciones.

Rubén Escribano, Universidad de Concepción  
 rescribano@udec.cl

El zooplancton juega un rol crucial en el ecosistema marino, canalizando el carbono del fitoplancton a través de la trama trófica pelágica y al mismo tiempo constituyendo un gran reservorio de carbono del océano, lo que aún no se ha dimensionado. Dado que el zooplancton está principalmente compuesto por organismos de vida corta (< 6 meses), sus poblaciones y comunidades son extremadamente sensibles a los cambios ambientales, y así pueden rápidamente reflejar y ser indicadores del impacto del cambio climático sobre el ecosistema marino completo. En el Pacífico Sur Oriental (PSO), el zooplancton puede considerarse un grupo de organismos de extremo valor para evaluar el impacto ambiental sobre la estructura y funcionamiento del sistema marino, sujeto a la variabilidad climática. Por ejemplo, las series de tiempo del zooplancton han demostrado como las variaciones decadales y multidecadales del ambiente, se reflejan en la biomasa total del zooplancton. En escalas de tiempo menores, el acoplamiento entre las variaciones interanuales (escala de ENOS), estacionales y de la surgencia con la dinámica de poblaciones, así como las respuestas comunitarias, pueden también revelar los

mecanismos a través de los cuales el zooplancton se conecta a la variabilidad climática. En este aspecto, las últimas tres décadas de estudios del zooplancton en el PSO pueden proveernos un mejor entendimiento sobre estos mecanismos, y especular sobre potenciales respuestas a cambios futuros. Es claro que la surgencia es el proceso clave en el PSO que controla la productividad y la estructura de niveles tróficos inferiores, no sólo en la zona costera, sino también permitiendo el transporte lateral de Carbono recién producido hacia vastas regiones oceánicas. Por lo tanto, el futuro del zooplancton en el PSO, en término de biomasa, producción y diversidad, es fuertemente dependiente de cómo la intensidad de la surgencia responderá al cambio climático. Esta particularidad de los sistemas de surgencia costera, tal como aquel del PSO, sugiere que las observaciones y modelos bioclimáticos derivados para otras regiones que predicen respuestas del zooplancton para las siguientes décadas y siglos, pueden no ser adecuadas y aplicables en el PSO, y por lo tanto herramientas de modelación y aproximaciones diferentes son necesarias de desarrollar para predicciones de mayor confianza.

Bioingeniería aplicada al diseño de sistemas de recirculación de agua para el cultivo de abalones en centros emplazados en tierra.

Chile: Hacia una acuicultura oceánica.

Análisis de la pesquería de jurel a través de modelos globales de producción.

Modelación biofísica: Una aproximación necesaria para entender la compleja historia de vida de recursos marinos.

Avances en el conocimiento oceanográfico de los fiordos chilenos.

Genética en pesquerías: Diversidad y estructuración genético poblacional en especies marinas de interés comercial.

Pérdidas de renta por mala gestión en pesca.

Variabilidad climática y zooplancton en el Pacífico Sur Oriental: Conocimiento básico y predicciones.

Conferencia internacional: ambiente y recursos en el Pacífico Sur.



www.redcruzdelur.cl



## Conferencia internacional: Ambiente y recursos en el Pacífico Sur. (22-26 de noviembre 2010, Viña del Mar, Chile)

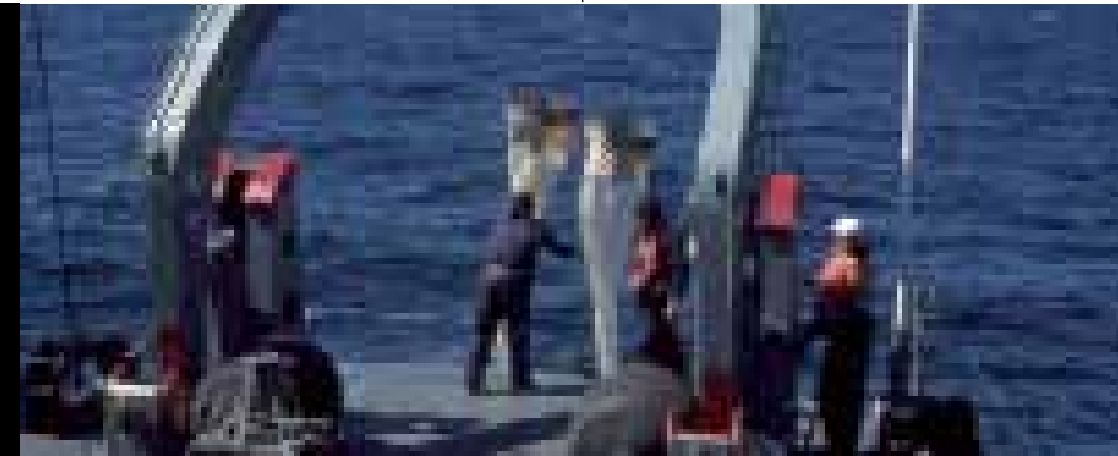
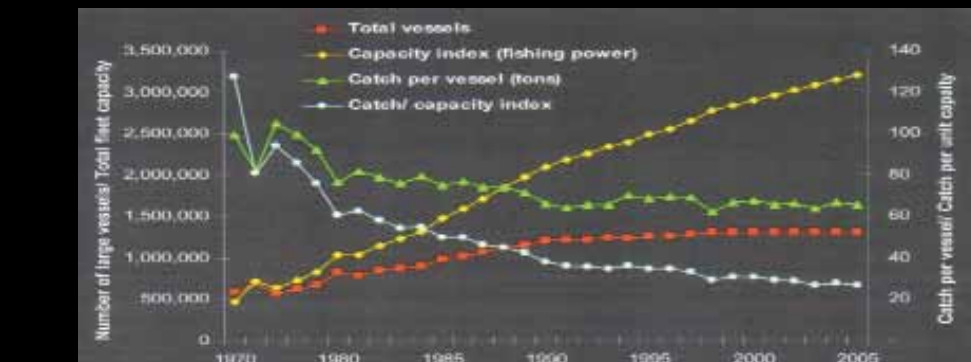
Dr. Eleuterio Yáñez R., Profesor Titular PUCV

La Escuela de Ciencias del Mar (ECM), de la Facultad de Recursos Naturales (FRN) de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV), cumplió en el Bicentenario de la nación, 55 años contribuyendo en la formación de pre y postgrado en el desarrollo de la investigación en el campo de la oceanografía del sector pesquero y de la acuicultura. En el campo de la extensión, organiza periódicamente conferencias, seminarios, congresos y jornadas, cuyos principales resultados son normalmente publicados en libros y manuales; además de editar anualmente tres volúmenes de la revista ISI "Latin American Journal of Aquatic Research".

El Pacífico Sur, es la más grande extensión oceánica del planeta y al mismo tiempo la menos conocida, de donde la necesidad de ampliar el conocimiento sobre este vasto territorio y la preocupación por evaluar y manejar sus recursos en vista de desarrollar explotaciones sustentables. Es así como en el Bicentenario del país, la Escuela de

Ciencias del Mar, organizó entre el 22 y 26 de noviembre de 2010 en Viña del Mar, la "Conferencia Internacional: Ambiente y Recursos en el Pacífico Sur", dentro de la cual se desarrolló el III "Congreso Internacional de Acuicultura" co-organizado con la Sociedad Chilena de Acuicultura. En este macroevento, se dictaron 22 conferencias centrales y se presentaron oralmente 120 trabajos específicos y otros 60 en forma de paneles. También se desarrollaron tres grupos de trabajo: "Certificación de Pesquerías"; "Programa de Investigación en el Pacífico Sur"; e "Ingeniería en Acuicultura". En total asistieron 203 investigadores de Canadá, Estados Unidos, México, Costa Rica, Colombia, Perú, Chile, Argentina, Brasil, Cuba, Alemania, Noruega, Francia, España, Sudáfrica, Rusia, China y Australia. Los principales resultados serán publicados en un volumen especial de la Revista ISI "Latin American Journal of Aquatic Research". Para mayor información ver [www.southpacificconference.pucv.cl](http://www.southpacificconference.pucv.cl)

Situación global de las flotas, índice capturas, CPUE, índice Capturas/capacidad Fuente: The Sunken Billions, Banco Mundial, 2009.



Boletín  
 Red Universitaria Cruz del Sur  
 CAPITULO  
**Ciencias del Mar**  
 04  
 JULIO 2011  
 AÑO 21, N° 4  
 ARAUCO  
 Sembremos Futuro

En el marco de las iniciativas de divulgación de resultados de investigación que la Red Universitaria Cruz del Sur (RUCS) está desarrollando, me es grato presentar el Boletín Número Cuatro del Capítulo Ciencias del Mar de nuestra Red. Esta publicación, resume algunos trabajos presentados en la Conferencia Internacional: Ambiente y Recursos en el Pacífico Sur, organizada por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso entre el 22 y 26 de Noviembre 2010 y realizada en Viña del Mar, Chile.

Este Boletín, viene a entregar información de una zona de real importancia para Chile, como lo es, el Pacífico Sur. Esta es la más grande extensión oceánica del planeta y al mismo tiempo la menos conocida. No obstante, dos organizaciones se han establecido para coordinar acciones en sus respectivas regiones, la Comisión del Pacífico Sur por el lado occidental y la Comisión Permanente del Pacífico Sur por el lado oriental. En tanto que actualmente los países de ambas regiones se organizan para establecer la Organización Regional de Pesca del Pacífico Sur.

Es indudable la necesidad de ampliar el conocimiento ambiental de este vasto territorio y la preocupación por evaluar y manejar los recursos que están y pueden ser objeto de explotaciones sustentables. Obviamente que las comunicaciones del quehacer favorecerán el intercambio cultural, tecnológico y científico; toda vez que los países del entorno suscribirán un acuerdo que los une frente al Pacífico Sur y que escapa al orden jurídico establecido en torno a las 200 millas marinas.

Este es un gran reto y es el Océano Pacífico Sur el que desafía a la imaginación para conocerlo. La Conferencia Internacional fue entonces una invitación al encuentro y re-encuentro de vivencias y opiniones que sin lugar a dudas facilitarán el logro de expectativas que las sociedades esperan para hoy y el futuro de sus generaciones. De esta forma, en la Conferencia se abordaron principalmente temas asociados al entendimiento del ambiente oceánico y de los ecosistemas que actualmente son y potencialmente pueden ser sometidos a explotaciones comerciales, así como al manejo de los recursos asociados. Entre los trabajos presentados se encuentran temas relacionados con la Atmósfera, la Oceanografía, la Acuicultura, las Pesquerías y los Recursos No Renovables del Pacífico Sur. Es de esperar que este evento favorezca un trabajo más permanente, que favorezca a sociedades que a la distancia parecen un tanto distintas, pero que juntas deben afrontar el desafío de ser puente de actividades relevantes para la humanidad. Finalmente, cabe señalar que las presentaciones serán publicadas en la revista regional LAJAR, publicación de la Escuela de Ciencias del Mar de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, de amplio reconocimiento internacional ([www.lajar.cl](http://www.lajar.cl)).



Una vez más esperamos que la divulgación de esta información y, particularmente de las recomendaciones aquí señaladas, sean de utilidad para quienes están involucrados en el proceso de toma de decisión asociada a los recursos y ambiente de nuestro Pacífico Sur.

Finalmente, en nombre de la Red Universitaria Cruz del Sur, expreso una vez más nuestro agradecimiento a ARAUCO por el apoyo fundamental en la edición y publicación de este Boletín.

**Claudio Elórteguí,**  
Rector Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

## Bioingeniería aplicada al diseño de sistemas de recirculación de agua para el cultivo de abalones en centros emplazados en tierra.

<sup>1,2</sup>Germán Merino & <sup>1</sup>Joel Barraza.  
<sup>1</sup>Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile  
<sup>2</sup>Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas  
[gmerino@ucn.cl](mailto:gmerino@ucn.cl), [jbarraza@ucn.cl](mailto:jbarraza@ucn.cl)

El cultivo de abalones, es una de las industrias en el área de acuicultura de mayor crecimiento en Chile en la última década. En este artículo, se examinarán algunos de los avances en la determinación de parámetros de bioingeniería (variables biológicas de la especie que son requeridas para la ingeniería de diseño de sistemas de acuicultura) obtenidos en las instalaciones de cultivos experimentales y piloto comerciales de abalones, utilizando tecnología de recirculación de aguas en la Universidad Católica del Norte (UCN).

El éxito de implementar nuevas tecnologías, especialmente con reutilización y/o recirculación de aguas, requiere determinar los parámetros de bioingeniería de una determinada especie, y en el caso de los abalones introducidos en Chile, la información existente es limitada. El grupo de investigadores del Área de Ingeniería Aplicada a la Acuicultura, han realizado varias experiencias financiadas por FONDEF y con la colaboración de empresas de la industria de abalones con el objetivo de determinar los parámetros de bioingeniería relevantes para el dimensionamiento de instalaciones de cultivo, aplicando tecnología de recirculación de agua. Los sistemas acuícolas recirculantes (SAR) diseñados y operados por este mismo grupo de investigadores, tienen volúmenes entre 5 y 80 m<sup>3</sup> y en ellos han sido cultivados abalones rojos (*Haliotis rufescens*) y verde (*H. discus hannai*) con aportes de agua al SAR de entre 1 y 10% del volumen total del sistema por día. Las experiencias han utilizado macroalgas como alimento, así como también dietas formuladas. Los resultados preliminares han sido muy prometedores, obteniéndose para ambos abalones, mejores tasas de crecimiento que aquellos cultivados en sistemas tradicionales a flujo abierto.

Los parámetros de bioingeniería estudiados bajo condiciones de cultivo, consideran las tasas de consumo de oxígeno, tasas de excreción de amoníaco, distribución de velocidades de sedimenta-

ción y de tamaños de sólidos suspendidos, entre otros. Uno de los más recientes aspectos bajo investigación está relacionado con la biomineralización de la concha de los abalones, puesto que se ha observado que la concha se torna más brillante y más quebradiza al incrementarse la tasa de recirculación del sistema de cultivo. Otros motivos para recircular el agua de cultivo tienen por objeto minimizar los requerimientos de energía y en otra instancia para aislar el sistema de cultivo de condiciones ambientales naturales adversas.

**Las principales sugerencias y lecciones a nivel país de esta investigación son:** a) Muchos de los emprendimientos acuícolas se realizan en base a los resultados de la investigación en biología aplicada la que sólo permite establecer que una determinada especie puede ser cultivada; b) Sin embargo es la investigación en ingeniería aplicada a la acuicultura la que permite generar instalaciones rentables y sustentables en la generación de empleos y seguridad en la inversión; c) En el contexto de la ingeniería aplicada a la acuicultura, la producción de abalones en condiciones intensivas de cultivo (muchos animales por estanque), causarán cambios en la calidad del agua en sus propiedades físicas, químicas y biológicas; d) La determinación de los parámetros de bioingeniería permite mejorar y optimizar los diseños, dimensionamiento y operación de centros de cultivo de abalones; e) La diversificación de la acuicultura, su competitividad y rentabilidad depende de la confiabilidad y seguridad de las tecnologías de cultivo empleadas; f) La tecnología de recirculación de agua permite cultivar especies en condiciones ambientales más cercanas a su óptimo, lo que se traduce en mejores tasas de crecimiento y supervivencia; g) Por último, la tecnología de recirculación en el cultivo de abalones puede, dependiendo de la localización, disminuir los requerimientos eléctricos del centro de cultivo, sus requerimientos de agua y el caudal de agua efluente al medio ambiente.

Figura demostrativa de instalaciones de tecnología de recirculación de agua en la UCN.



## Chile: Hacia una acuicultura oceánica.

<sup>1</sup>Felipe Hurtado, <sup>2</sup>Gonzalo Suazo, <sup>1</sup>Eric Gaete, <sup>3</sup>Alfredo Klempau, <sup>3</sup>Rolando Hernández, <sup>4</sup>Alberto Ausburger & <sup>1</sup>Macarena Iriarte.  
<sup>1</sup>Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, <sup>2</sup>Ecosea Farming S.A  
<sup>3</sup>Universidad de Concepción & <sup>4</sup>Fundación Chile  
[felipe.hurtado@ucv.cl](mailto:felipe.hurtado@ucv.cl)

La acuicultura “offshore” u oceánica, puede definirse como el cultivo de organismos marinos bajo condiciones controladas en ambientes oceánicos expuestos; es decir, lejos de la costa y abiertos a los elementos naturales del océano (Borgatti & Buck, 2004). En áreas con estas características, tanto el volumen de intercambio de agua como el factor de dilución pueden ser muy altos, minimizando así el impacto ambiental de la actividad y propendiendo a una industria sustentable y ecológicamente amigable.

Al respecto, si bien el cultivo “offshore” de peces, moluscos y algas ha probado ser factible, ambiental y económicamente, el cultivo de peces es el más difundido y se ha desarrollado en países como España, Italia, Australia, Canadá, Noruega y otros pero a un nivel incipiente. Así, algunos proyectos demostrativos de acuicultura oceánica se han realizado en Puerto Rico y Bahamas, donde se cultivaron especies como cobia (*Rachycentron canadum*) y pargo (*Lutjanus analis*), y llevándose a cabo el cultivo comercial de especies como el bacalao (*Gadus morhua*) y el atún (*Thunnus thynnus*).

En este contexto, Chile no ha quedado al margen en la investigación de este tipo de acuicultura. Es así como el Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología (PBCT), ha financiado la creación del “Consortio Tecnológico de Acuicultura en Zonas Expuestas en Chile”, el cual a través de la empresa Ecosea Farming S.A. ha generado prototipos de sistemas balsas-jaulas sumergibles, con mallas de aleación de cobre para minimizar la exposición de las estructuras de cultivo a la energía del mar e impedir la formación de incrustantes (“fouling”) sobre éstas. Para ello, el proyecto ha evaluado sus prototipos en el sur de Chile, en zonas altamente expuestas como el área del Corcovado en la Región de Los Lagos, donde existen concesiones pero no operando por malas condiciones de oleaje y corrientes.

A la luz de los resultados obtenidos a la fecha, el uso de mallas de aleación de cobre en reemplazo de las tradicionales mallas de fibras sintéticas ha

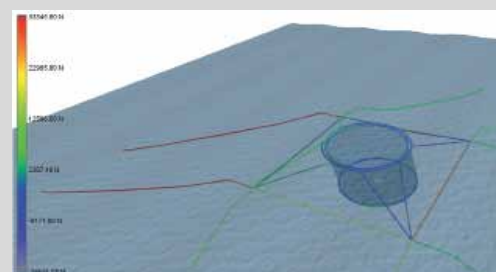
reducido fuertemente el “biofouling”, mejorando la estabilidad del volumen de confinamiento, entregando una mayor resistencia estructural y permitiendo la eliminación de escapes de peces por ataque de lobos marinos. Dichas características de la malla, en conjunto con una buena ingeniería de balsa sumergible y sistema de fondeo, han mostrado que es factible operar en zonas oceánicas de alta energía, en términos de una alta seguridad en la operación.

**Los principales resultados y lecciones a la fecha son:**

a) El desarrollo de capacidades humanas y tecnológicas para generar sistemas de cultivo en zonas altamente expuestas, con el uso de mallas de aleación de cobre.  
b) Potenciar y expandir la acuicultura oceánica en nuestro país, implica conocer las condiciones oceanográficas de las zonas de cultivo, a fin de llevar a cabo una adecuada selección del diseño y dimensionamiento de las unidades de cultivo.  
c) El análisis legislativo efectuado, permite afirmar que actualmente no existe impedimento para realizar la acuicultura “offshore”. Los cortapisos que actualmente encontramos en el ejercicio de la actividad, vienen dados por las autoridades a quienes compete autorizar la explotación de los recursos y no a una prohibición legal de realizarla. Por lo tanto, nada obsta a que en virtud de un cambio en la voluntad del ente administrativo se permita desarrollar la actividad, no siendo necesaria una modificación sustancial de la ley. La modificación de la ley y reglamentos aplicables sobre la materia, se hace necesaria principalmente para evitar riesgos sanitarios y ambientales que el ejercicio de cualquier actividad generaría en la mar, propiciando un nuevo ordenamiento marítimo y determinando compatibilidades o incompatibilidades, para permitir el desarrollo sustentable de la acuicultura oceánica.

d) Finalmente, se deben desarrollar tecnologías en sistemas de alimentación automática y logística, principalmente para balsas jaulas del tipo sumergibles.

Simulación de una jaula prototipo



Construcción de una jaula



## Análisis de la pesquería de jurel a través de modelos globales de producción.

Eleuterio Yáñez & Francisco Plaza  
Escuela de Ciencias del Mar, Facultad de Recursos Naturales  
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso  
[eyanez@ucv.cl](mailto:eyanez@ucv.cl)

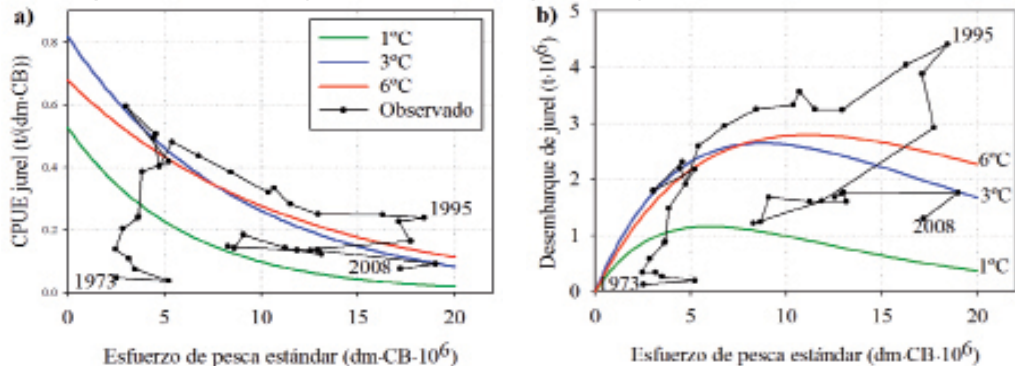
Se analiza la pesquería de jurel (1973-2010) considerando una unidad de stock frente a las costas de Chile, la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) como índice de abundancia y el recurso dependiente de efectos antropogénicos y ambientales. Para tal efecto, se emplea el sistema CLIMPROD que analiza relaciones entre CPUE, esfuerzo de pesca estándar ( $J_e$ ) y variaciones del ambiente (V). Las capturas de jurel aumentan hasta 4,4 millones de t en 1995 y luego disminuyen a 1,2 millones de t en 1999, al mismo tiempo que disminuye el  $J_e$ . Luego se observa un importante aumento de  $J_e$  y una estabilización de las capturas en 1,65 millones de t; en tanto que en los últimos tres años del período, la captura disminuye a 674 mil t, junto con una disminución del  $J_e$ . Por otra parte, para apreciar de mejor forma las fluctuaciones de baja frecuencia se analiza la anomalía acumulada de la TSM (ATSM) en la estación costera de Talcahuano. Esta muestra una tendencia al aumento hasta 1989, incluido El Niño de 1982-83, y luego una tendencia a la disminución. Cabe señalar la relación directa entre CPUE y ATSM en el período 1973-2008 ( $R^2=0,61$ ).

En este período, el modelo generalizado de producción (CPUE =  $(a - bJ_e)/m - 1$  indica una relación validada de 32% ( $m=1,88$ ). No obstante, una buena relación se logra ( $R^2=0,89$ ) con el siguiente modelo validado CPUE =  $(aV^{1+b} + cV^{2+b}) e^{(h-V)}$ , donde V afecta la abundancia y la capturabilidad (Fig. 1a). Durante períodos más bien cálidos la producción se maximiza

entre 2,5 y 3 millones de t, sobrepasadas en 1988-1997 y sobre todo en 1994-1996 (Fig. 1b). Luego las capturas disminuyen notablemente, al igual que el  $J_e$ , estableciéndose condiciones más bien frías, asociadas a un modelo que indica una producción máxima cercana a 1 millón de t. Las capturas en el 2009 fueron de 1.168.712 t y en el 2010 de 674.371 t, mientras las capturas pronosticadas fueron de 513.593 t y 347.348 t respectivamente; es decir, prácticamente la mitad, lo cual también indica una importante sobre pesca del recurso.

La experiencia, muestra el intenso trabajo del Servicio Nacional de Pesca y del Instituto de Fomento Pesquero en la recolección de los datos empleados en el presente estudio. El trabajo debiera perfeccionarse tomando en cuenta los tiempos de operación de los barcos que operan sobre jurel. De esta manera, se podría elegir una mejor unidad de esfuerzo y realizar una estandarización del esfuerzo de pesca más acuciosa. No obstante, el presente estudio resultó complementario a la aplicación de modelos estructurados a la edad, normalmente empleados en evaluación de stock, y en la adopción de las estrictas medidas de manejo adoptadas. Además, éste puede permitir el desarrollo de modelos de producción biológicos-ambientales-económicos y de esta manera favorecer el manejo de la pesquería, actualmente bastante desfavorecida y comprometida internacionalmente en la ORP del Pacífico Sur.

Figura 1. Modelo de producción: a) CPUE y b) Capturas, en función del esfuerzo de pesca estándar y tres valores de ATMS (1°C=frio, 3°C = tibia y 6°C=cálido).



## Modelación biofísica: Una aproximación necesaria para entender la compleja historia de vida de recursos marinos.

<sup>1,2</sup>Carolina Parada, <sup>1</sup>Sergio Núñez & <sup>1</sup>Aquiles Sepúlveda  
<sup>1</sup>Instituto de Investigación Pesquera  
<sup>2</sup>Departamento de Geofísica, Universidad de Concepción  
[cparada@inpesca.cl](mailto:cparada@inpesca.cl)

La modelación biofísica (MB) basada en el acoplamiento de modelos hidrodinámicos (MH) regionales con modelos biológicos ha experimentado un creciente desarrollo. Su espectro de aplicación es amplio, involucrando áreas como conservación, ecología, oceanografía pesquera, abordando temáticas que van desde la variabilidad del reclutamiento y la determinación de la estructura de los stocks, hasta el estudio de estrategias de manejo y de cambio climático.

El mejoramiento sistemático de los MH, se ha traducido en la aplicación de modelos biofísicos relacionados con la dinámica de recursos marinos pelágicos y bentónicos en el Pacífico Sur. A través de un proyecto de inserción de capital humano avanzado al área productiva (CONICYT 2009-2012) adjudicado al Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA), se ha conformado un grupo multidisciplinario de MB compuesto por investigadores de INPESCA, del Departamento de Geofísica (Universidad de Concepción) y del Georgia Institute of Technology (EEUU). Esto ha permitido implementar un sistema de modelación acoplado para entender la dinámica espacial y temporal de la historia de vida del jurel, poniendo a prueba el modelo conceptual actual del recurso en el Pacífico Sur Oriental. Los experimentos de modelación han estado orientados a evaluar el transporte-advención-retención y la conectividad entre zonas de desove (ZD) y crianza (ZC). Si bien se ha evidenciado estadísticamente conectividad entre estas zonas, muchas de las partículas liberadas son atrapadas por la dinámica de remolinos de mesoescala. El transporte exitoso a la ZC ocurre debido a la advención de partículas a través de meandros en dirección noreste. Los meandros operan como una especie de “cadena transportadora” que mueve

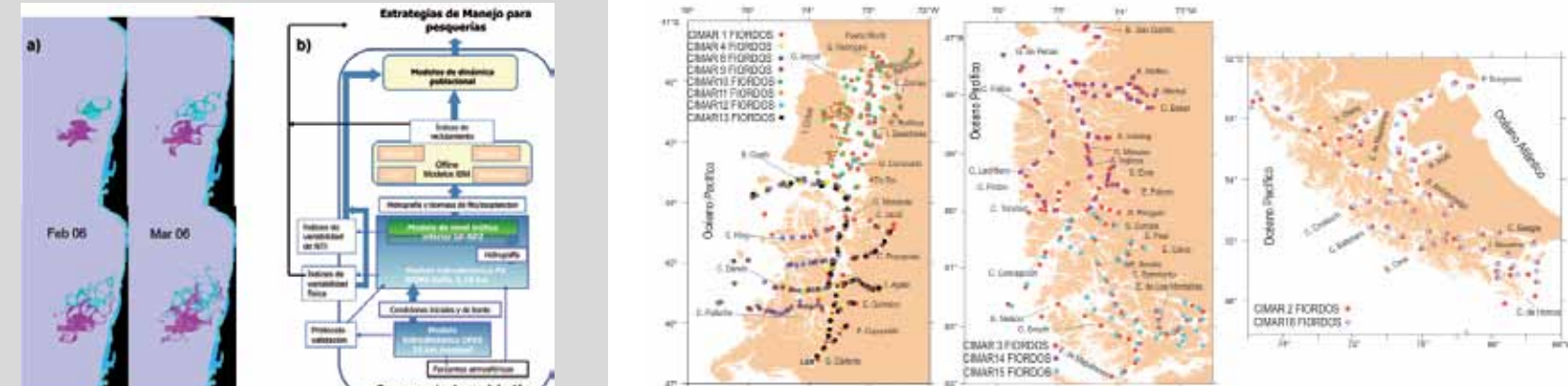
huevos y larvas de jurel a la ZC situada en la región costera del norte de Chile.

También se ha utilizado información de terreno colectada en el área y período de desove del jurel en el sector oceánico frente a Chile central, en una secuencia de estudios de la condición biológica de jurel en alta mar (proyectos del Fondo de Investigación Pesquera) desde 1999 hasta 2008, cuya información ha sido vital para el funcionamiento de los modelos biofísicos. Los resultados obtenidos desde la MB han mostrado consistencia con los provenientes de modelos tradicionales de evaluación de stock. El beneficio de incorporar la variabilidad ambiental y las interacciones interespecificas en este enfoque de modelación, ha permitido entender los mecanismos involucrados en el éxito del reclutamiento y los mecanismos existentes entre diferentes procesos de la historia de vida del jurel.

**En este contexto, las lecciones y sugerencias relevantes para el país son:**

- a) Implementar enfoques complementarios a la evaluación de stock y que considere el ambiente del recurso.
- b) Mantener programas de monitoreo ininterrumpidos que posibiliten la generación de modelos biofísicos realistas.
- c) Establecer la necesidad de incorporar los resultados de la MB en las decisiones hacia la administración pesquera, lo que constituye el camino hacia la evaluación ecosistémica.
- d) El fortalecimiento de equipos multidisciplinarios cuantitativos para el estudio y manejo de recursos pesqueros, y el establecimiento de recursos orientados a la capacitación de profesionales para el desarrollo de modelos biofísicos de recursos pesqueros.

Figura 1. Modelación biofísica mostrando a) transporte larval y conectividad de estados tempranos de jurel, y b) indicadores biofísicos extraídos de las simulaciones y su potencial uso en el marco del manejo pesquero.



## Avances en el conocimiento oceanográfico de los fiordos chilenos.

Nelson Silva, Escuela de Ciencias del Mar, Facultad de Recursos Naturales, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso  
Casilla 1020, Valparaíso, Chile  
[nsilva@ucv.cl](mailto:nsilva@ucv.cl)

La región austral de Chile (41.5° S a 55.9° S), corresponde a una de las más grandes extensiones de sistemas estuarinos de la tierra. Aunque en línea recta tiene una extensión levemente superior a 1.000 km, esta aumenta a 84.000 km si se consideran todos los contornos de las islas y penínsulas de ella. Esta región patagónica, incluye alrededor de 3.300 islas y cubre un área de casi 240.000 km<sup>2</sup>. Pese a la gran extensión de esta región, hacia el año 1993 la información de ellas era escasa, con menos de 20 trabajos científicos, generados principalmente por expediciones oceanográficas extranjeras, siendo la expedición canadiense Hudson 70, la principal. Desde 1980 en adelante, esta región comenzó a tener un uso intensivo debido a la instalación de cultivos marinos, desarrollo de las pesquerías, turismo e instalación de asentamientos humanos. Por lo tanto, la generación de estudios multidisciplinares para generar el conocimiento de línea base, como también el de los procesos oceanográficos que ocurrían en ella, comenzaron a ser requeridos en forma urgente.

En 1994, el Comité Oceanográfico Nacional (CONA), desarrolló un programa mayor de investigación oceanográfica en esta región patagónica. Este programa se le denominó, Cruceiros de Investigación Marina en áreas Remotas (CIMAR) y a la fecha se han realizado 15 cruceiros entre Puerto Montt y Cabo de Hornos. Posteriormente, se iniciaron dos programas mayores de investigación oceanográfica de la zona: COPAS Sur Austral y el Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP), ambos programas con el objetivo principal de promover la investigación científica y tecnológica de los ecosistemas patagónicos. Ellos han trabajado

principalmente en los fiordos Reloncaví, Aysén, Baker y Estrecho de Magallanes. A la fecha, nuestro conocimiento y producción científica de esta zona de canales y fiordos patagónicos, ha aumentado en al menos un par de órdenes de magnitud. Hemos mejorado el conocimiento en: La circulación general estuarina, sus corrientes y masas de agua involucradas; la distribución espacial de las características bióticas y abióticas; el censo de la biota marina local (Plancton, necton, bentos y mamíferos); los procesos productivos planctónicos; los subsidios de nutrientes y materia orgánica provenientes desde la zona continental adyacente y/o desde el océano; la composición química de los sedimentos y sus procesos diagenéticos, entre otros. Si bien se ha avanzado bastante, hay aspectos que aún no han podido ser enfrentados de una manera adecuada. Los estudios de procesos biológicos se remiten a experimentos de corta duración, realizados en algunos cruceiros oceanográficos en el estuario Reloncaví, fiordo Aysén, fiordo Baker, golfo Almirante Montt, seno O’Hare y estrecho Magallanes. Las series de tiempos de mediciones oceanográficas con frecuencia mensual, semanal o mejor aún, diaria, son escasas y localizadas, estando centradas principalmente los fiordos Reloncaví, Aysén y Baker. A la fecha no es posible generar una climatología de las variables ambientales de esta zona patagónica y el censo de organismos es deficitario para la mayoría de las especies que la habitan. Los estudios bioquímicos de los sedimentos, al igual que los paleoceanográficos, son más bien puntuales, no teniendo una visión general del área. Estos son algunos de los temas necesarios de abordar en el futuro próximo.