

## Chile se esfuerza para reducir uso de antibióticos

Página 8



Fotomontaje: Saïd Kalil.

Entrevista a Felipe  
Cabello

Página 14

Buscando una correcta  
zonificación acuícola

Página 20

Diversificación Acuícola:  
Cultivo de bacalo de  
profundidad

Página 34

I+D: Programa de  
vigilancia a resistencia  
bacteriana

Página 40

### Postales del mercado

Una mirada a la industria del salmón en Polonia

Página 30

# Expansión sustentable de la acuicultura

## y las interacciones dinámicas entre sus límites

Bernardo R. Broitman<sup>1\*</sup>, Benjamin S. Halpern<sup>2</sup>, Stefan Gelcich<sup>3</sup>, Marco A. Lardies<sup>4</sup>, Cristian A. Vargas<sup>5</sup>, Felipe Vásquez-Lavín<sup>6</sup>, Stephen Widdicombe<sup>7</sup>, Silvana N.R. Birchenough<sup>8</sup> y Nelson A. Lagos<sup>9</sup>

<sup>1</sup>. Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA). Facultad de Ciencias de Mar, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile.

<sup>2</sup>. Bren School of Environmental Science and Management. University of California, Santa Barbara, CA, 93106, U.S.A.

<sup>3</sup>. Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas. Pontificia Universidad Católica de Chile, Alameda 340, Santiago, Chile.

<sup>4</sup>. Facultad de Ingeniería y Ciencias and Facultad de Artes Liberales, Universidad Adolfo Ibáñez, Santiago, Chile.

<sup>5</sup>. Departamento de Sistemas Acuáticos, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Chile.

<sup>6</sup>. Universidad del Desarrollo y Universidad de Concepción, Chile.

<sup>7</sup>. Plymouth Marine Laboratory, Prospect Place, West Hoe, Plymouth, UK, PL1 3DH.

<sup>8</sup>. CEFAS Lowestoft Laboratory, Pakefield Road, Lowestoft, Suffolk, NR33 0HT, UK.

<sup>9</sup>. Centro de Investigación e Innovación para el Cambio Climático (CiiCC), Facultad de Ciencias, Universidad Santo Tomás, Santiago, Chile.

\* bernardo.broitman@ceaza.cl

### Resumen

Durante las últimas décadas, la acuicultura ha sido el sistema de producción de alimentos con un mayor crecimiento, contribuyendo hoy con más de la mitad de todos los peces, moluscos y algas cosechadas en el mundo. Junto con el aumento en la cantidad, esta producción acuícola va a jugar un papel fundamental en la alimentación de una población en explosivo crecimiento, entregando ingredientes nutricionales claves y de alta calidad. Esta fuente de seguridad alimentaria está amenazada por múltiples factores, tales como regulaciones débiles o el foco en la maximización de la producción, limitando su expansión sustentable. Este artículo presenta un nuevo marco para la política pública, para evaluar y buscar el crecimiento de la acuicultura considerando cuatro dimensiones del sistema socio-ecológico en el que se desarrolla la acuicultura: la productividad

biológica, limitaciones ambientales a la productividad, políticas que inhiban o promuevan distintos tipos de acuicultura y las preferencias sociales que definen los mercados para la producción. Utilizando ejemplos en un rango de escenarios, mostramos que el crecimiento sustentable requiere considerar estos cuatro límites, y sus interacciones, de forma simultánea. Este análisis sugiere que es necesario flexibilizar el foco de las actuales políticas y adaptarlas para que puedan considerar estos múltiples límites de forma simultánea. A partir de los límites actuales, se identifica la existencia de una política adaptativa como una herramienta necesaria para considerar las interacciones dinámicas entre los límites a la producción. Instalar esta capacidad adaptativa permitía resolver el problema de definir límites que necesariamente son cambiantes y, de este modo, visualizar distintas maneras de expandir la acuicultura de forma sustentable.

## Introducción

La acuicultura es el sistema de producción de alimentos de mayor crecimiento a nivel global (Ache 2013; FAO 2014). Esta producción entrega compuestos nutricionales claves a la creciente población mundial (FAO 2014), generando actualmente la mitad de todos los alimentos producidos en el agua, incluyendo peces (66,6 millones ton/año), algas (23,8 millones ton/año) y moluscos (5,1 millones ton/año), entre otros, una tendencia que debiese persistir durante las próximas décadas (WB 2013; FAO 2014). En el período 2010-2013, el 53% de esta producción provino de la maricultura; la acuicultura en las costas y estuarios-, una fracción que se ha expandido a una tasa del 8,3% anualmente, en comparación con el incremento de un 6,6% para la acuicultura en agua dulce (**Imagen 1**). Este enorme crecimiento proviene de la expansión territorial y del aumento en la eficiencia del uso de los recursos e innovaciones incrementales en las tecnologías de producción (Bostok y col., 2010; FAO 2014). El desarrollo de la producción, extensiva e intensiva, proviene mayoritariamente en países subdesarrollados o en vías de desarrollo, donde los marcos regulatorios son débiles o las políticas están centradas sólo en aumentar la producción. Este contexto ha creado diversos problemas ambientales, tales como la destrucción de hábitat natural o contaminación (Primavera 2006, Smith y col., 2010) (**Imagen 2**). En conjunto, estas externalidades negativas amenazan la sustentabilidad y la productividad de la maricultura en el futuro. Para cumplir las metas y expectativas puestas en la actividad, es necesario mejorar las estrategias de crecimiento actuales, las que están enfocadas sólo en producción y eficiencia. Más aún, se necesita un trabajo dirigido para definir –y expandir los límites de la producción acuícola sustentable.

## Método

Desarrollamos un modelo conceptual de producción acuícola en el mar, identificando los límites de la sustentabilidad y recogiendo los desafíos que enfrenta la maricultura en el futuro. Definimos la sustentabilidad mediante cuatro dimensiones del sistema socio-



Imagen 1. Foto: Marco Lardies.



Imagen 2. Foto: Marco Lardies.

ecológico en el que se desarrolla la maricultura: 1) la biología de las especies bajo cultivo, los límites y oportunidades para la producción de biomasa, 2) el ambiente biofísico que influye en la productividad biológica, 3) las políticas que facilitan o limitan las diferentes prácticas acuícolas, y 4) las preferencias y demandas sociales que impulsan los mercados para la producción (**Fig. 1a**). Existe un amplio consenso respecto a la urgente necesidad de modelos realistas y basados en información científica para apoyar la toma de decisiones y guiar el desarrollo de políticas que permitan ir más allá de objetivos acotados (p. ej. la conservación o el empleo (Bostok y col., 2010). De este modo, nuestro modelo conceptual permite identificar tanto trayectorias de crecimiento sustentables como sus límites, y representa un claro

desvío de aproximaciones previas a la sustentabilidad basadas únicamente en regulaciones, avances tecnológicos o aumentos de la eficiencia en los sistemas de producción (Bostok y col., 2010, Troel y col., 2015).

## Resultados y discusión

La expansión sustentable de la maricultura requiere atender cada una de las cuatro dimensiones de forma individual (Fig. 1c-e), y también sus potenciales interacciones (Fig. 1b, g). En algunos casos, solo una de estas dimensiones determina el potencial de producción. Por ejemplo, mediante una política que limita los permisos de cultivo (Fig. 1c), fallas en la provisión natural de semillas en una actividad que depende de la captación de *stock* silvestre (Fig. 1d), o ineficiencias en el mercado de un producto (Fig. 1e). En el caso de que cambios en un límite interactúen

con uno varios límites, la producción sustentable se verá aún más afectada. Así, en los casos en que las actividades antrópicas generan varios estresores ambientales simultáneos, es posible que la producción inicialmente aumente, pero la acumulación de múltiples estresores finalmente va a limitar la productividad biológica (Fig. 1b). Las interacciones también pueden ocurrir cuando cambios en algún aspecto del sistema socio-ecológico provocan o requieren que otros límites se contraigan (al imponer limitaciones) o que se expandan (con innovaciones, Fig. 1g). La Figura 1 muestra un área contenida entre los cuatro límites externos y un umbral de sustentabilidad interno. Este espacio puede ser considerado como la producción total sustentable. La contracción de uno o varios de estos límites reducirá esta área y, consecuentemente, la producción, asumiendo que los otros límites no se



**Fig. 1.** La ilustración (a) describe las cuatro dimensiones del sistema socio-ecológico que apoyan a la acuicultura y finalmente define los límites de la producción sustentable. La biología es el rasgo común de las especies cultivadas, ayudando a ilustrar los límites y oportunidades para la producción de biomasa. 2) El medio ambiente es la variabilidad biofísica que influye en la biología y en los límites globales de la producción, 3) La política es el marco regulador que permite o limita la práctica de la acuicultura, y 4) Los mercados son las preferencias y demandas de la sociedad, que impulsan la producción de productos del mar cultivados. El umbral de sustentabilidad, definido por la línea punteada dentro de los cuatro límites, es una parte del espacio productivo donde la producción acuícola caería por debajo de los niveles requeridos para sostener la industria. Los cinco diagramas de (b) a (f) proporcionan ejemplos de cómo el movimiento de límites múltiples o simples, ya sea contrayendo o expandiendo la producción acuícola, puede interactuar con otros límites, empujándolos más allá del umbral de sustentabilidad.

pueden adaptar o expandir. Si uno o varios límites se contraen y cruzan el umbral de sustentabilidad, al centro de la figura, el cultivo de una o varias especies deja de ser sustentable como una actividad productiva. Ejemplos de esta interacción son la falta de incentivos de mercado y el ambiente regulatorio restrictivo que limita la producción acuícola, tanto en EE.UU como en Reino Unido, límites que mantienen la producción sustentable muy por debajo de su potencial (Ache 2013). Del mismo modo, la expansión de un límite puede no llevar a un aumento en la producción si los otros límites se contraen en respuesta. Un caso reciente es la producción de salmón en Chile, donde las oportunidades de mercado y los incentivos regulatorios promovieron un crecimiento explosivo de la actividad. El crecimiento de la producción impactó la calidad del agua y sobrepasó la capacidad de los controles sanitarios, generando las condiciones para una epidemia viral que finalmente deprimió la producción y golpeó fuertemente al sistema socio-ecológico en torno a

esta (Fig. 1f, 6). De este modo, la única opción para considerar aumentos de producción de alimentos cultivados en el mar de forma sustentable es expandir o mantener, de forma simultánea, los cuatro límites del sistema.

Las interacciones dinámicas entre límites sugiere que los cambios pueden tener consecuencias insospechadas si no se presta atención a las respuestas de forma integrada. Un avance tecnológico que permita aumentar la producción de biomasa de una especie, y, por lo tanto, expandir su límite biológico (p. ej. mediante el uso de productos que permitan controlar parásitos o enfermedades), al mismo tiempo puede tener efectos perniciosos en las preferencias de la sociedad, contrayendo la demanda en mercados que perciban estos productos como contaminados, a lo que se puede sumar la imposición de regulaciones restrictivas (Tveterås 2020). De una forma similar, la producción de biomasa demanda alimentos para las especies bajo cultivo, los que son

fabricados con especies pelágicas pequeñas y de bajo valor de mercado o, cada vez más, con *commodities* agrícolas como la soja; por lo que la posibilidad de conflictos sociales y/o ambientales es inminente (Cao y col., 2015; Troell y col., 2015).

Si cualquiera de los límites se contrae mucho y cruza el umbral de sustentabilidad (centro de la Fig. 1a), entonces la posición de los otros límites deja de ser relevante. Tal como ocurre si desaparece un mercado o una política pública prohíbe los cultivos, lo que podría existir como una actividad acuícola productiva cruza el umbral de la sustentabilidad y desaparece como actividad productiva. Antes de implementar cambios en las prácticas o en las políticas que regulan la actividad acuícola, es necesario considerar los impactos, directos o indirectos, de estas acciones incorporando los límites a la sustentabilidad propuesto aquí.

Existen pocas situaciones donde el





# ALPHA JECT LiVac<sup>®</sup> SRS

Primera vacuna viva atenuada que ayuda a controlar el síndrome de la Septicemia Rickettsial del Salmón (SRS) en el salmón del Atlántico, trucha arco iris y salmón Coho.



[www.pharmaq.com](http://www.pharmaq.com)



desarrollo y expansión de la maricultura haya atendido todos los límites aquí propuestos en la expansión de la producción sustentable. Un potencial ejemplo es Canadá, donde la expansión es regida por planes estratégicos de cinco años, ejecutados desde 1999, los que son diseñados y actualizados de forma periódica por el Consejo Canadiense de Ministros de Pesquerías y Acuicultura (NASAPI 2010). Estos planes se basan en la gobernanza, la validación social y los principios de mercado, y son establecidos después de amplias consultas con personeros gubernamentales, actores de la industria, las naciones originales y otros grupos relevantes. Estos planes surgieron en respuesta al explosivo crecimiento observado entre 1990 y el 2002, donde la producción acuícola se cuadruplicó, de 40 mil a 170 mil t, y actualmente fluctúa alrededor de las 150 mil t (133.600 t el 2014), generando miles de empleos y más de un \$1 billón de dólares en PIB. La acuicultura en la mayor exportadora de *commodities* alimenticios de ese país (FAO 2012) y pese a este exitoso desarrollo, el gigantesco potencial biofísico de Canadá está subutilizado -produce el 0.3% de la producción acuícola global- por lo que existe un amplio espacio para su expansión sustentable.

El marco conceptual aquí propuesto, requiere considerar de forma explícita la capacidad adaptativa del sistema socio-ecológico, una componente fundamental del desarrollo sustentable frente a la

presencia de forzantes locales y globales (Gelcich y col., 2006). La capacidad adaptativa es una característica latente que refleja la capacidad del sistema para anticipar y responder a los cambios y, junto con esto, minimizar, manejar y recuperarse de las consecuencias de estos cambios (Smith y Wandel 2006). Diferentes desarrollos van a requerir de mejoras de diversos aspectos de la capacidad y medidas adaptativas, tales como la reubicación de actividades productivas, las cuales pueden generar consecuencias no anticipadas o no deseadas al afectar a la sociedad o el ambiente natural. Sin embargo, estos mismos elementos del sistema poseen una enorme capacidad adaptativa y pueden ser capaces de convertir restricciones a los límites en soluciones exitosas: los sistemas donde la innovación tecnológica, política o social participen de forma simultánea en la expansión de los límites a la producción sustentable, también van a promover la capacidad adaptativa. Nuestro marco conceptual está diseñado para destacar la necesidad de desarrollar esta capacidad adaptativa, la que consiste en expandir los límites externos sin cruzar el umbral de sustentabilidad interno. Este razonamiento es similar al “espacio de resiliencia” del Grupo de Trabajo II en el 5<sup>to</sup> Informe IPCC, donde estresores biofísicos se pueden combinar con estresores sociales para estrangular el espacio para las alternativas de desarrollo resilientes al cambio climático (Fiel y col., 2014). Nuestra propuesta es investigar

cómo indicadores clave de la capacidad adaptativa cambian adentro de la industria, con base en las interacciones entre los límites identificados. De este modo, las políticas públicas pueden ser diseñadas para aumentar la capacidad adaptativa de la industria dentro de límites de sustentabilidad dinámicos y bien definidos.

El crecimiento de la producción de alimentos marinos cultivados requiere de políticas adaptativas que reconozcan y atiendan las interacciones dinámicas entre los factores que limitan esta producción. Es probable que este crecimiento ocurra mediante aumentos en la producción en los planteles actuales, la expansión hacia nuevas localidades y el desarrollo de nuevas especies para cultivo (**Imagen 3**). Todas estas opciones producirán cambios ambientales, sociales y de mercado, los que requerirán de innovaciones institucionales y científicas. Políticas públicas que no se adapten a las nuevas realidades y contextos, no evitarán que los sistemas traspasen los límites de la sustentabilidad en al menos uno de los cuatro límites aquí propuestos. La acuicultura tiene el potencial para alimentar al planeta en el futuro (FAO 2014) y es urgente planificar esta expansión dentro de un conjunto de límites que pueden interactuar de forma dinámica, contribuyendo a la evolución de la maricultura y encaminando su inminente expansión por un camino de sustentabilidad •

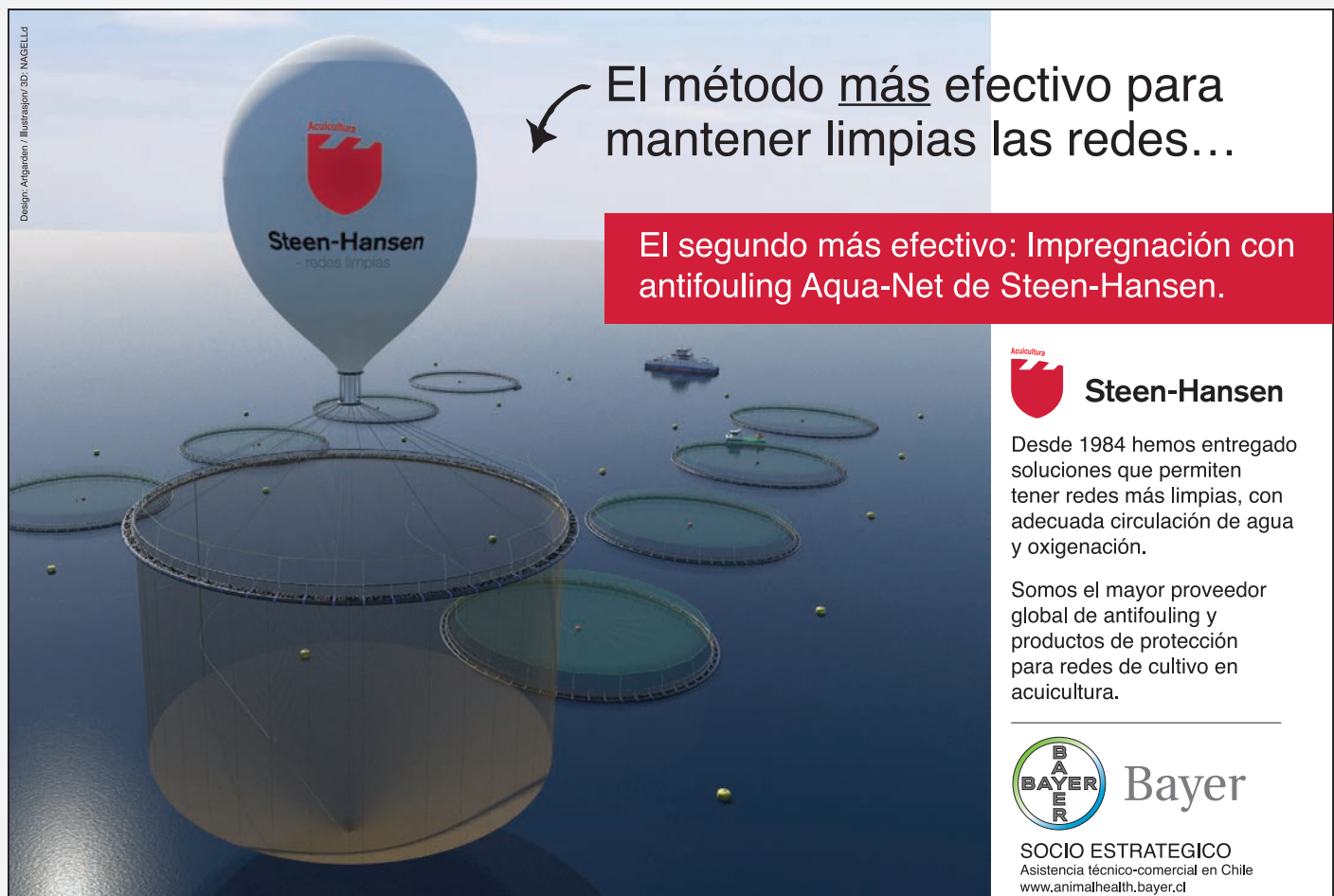
Imagen 3. Foto: John Largier.



**Agradecimientos:** Este trabajo fue apoyado en su totalidad por el Núcleo Milenio Centro para el estudio de Forzantes Múltiples en Sistemas Socio-Ecológicos Marinos (MUSELS), financiado por Minecon NC120086.

## Referencias

- Asche, F. 2013. Green Growth in Fisheries and Aquaculture. OECD Synthesis Report on Green Growth <http://www.oecd.org/tad/sustainable-agriculture/48258799.pdf>.
- Bostok, J. et al. 2010. Aquaculture: global status and trends, Phil. Trans. R. Soc. B., 365: 2897-2912.
- Cao L. y col. 2015. China's aquaculture and the world's fisheries, Science, 347: 133-135.
- Food and Agriculture Organization. 2012. Fishery and Aquaculture Statistics 2012. Rome 105 pp.
- Gelcich, S., y col. 2006. Co-management policy can reduce resilience in traditionally managed marine ecosystems, Ecosystems, 9: 961-966.
- Food and Agriculture Organization 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture 2014. Rome 223 pp.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B. y col. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.
- NASAPI (National Aquaculture Strategic Action Plan Initiative). 2010. Fisheries and Oceans Canada, Ottawa, Ontario K1A 0E6 <http://www.dfo-mpo.gc.ca/aquaculture/lib-bib/nasapi-inpasa/index-eng.htm>.
- Primavera, J.H. 2006. Overcoming the impacts of aquaculture in the coastal zone, Oc. Coast. Manag, 49: 531-545.
- Smit, B. & J. Wandel. 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability, Glob. Environ. Change, 16: 282-292.
- Smith, M. D. y col. 2010. Sustainability and global seafood. Science 327:784-786.
- Troell et al., 2015 Does aquaculture add resilience to the global food system?, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 111: 13257-13263.
- Tveterås, S. 2002. Norwegian salmon aquaculture and sustainability: the relationship between environmental quality and industry growth. Mar. Res. Econ. 17: 121-132.
- WB (World Bank). 2013. Fish to 2030: prospects for fisheries and aquaculture. Agriculture and environmental services discussion paper; no. 3. Washington DC; World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/2013/12/18882045/fish-2030-prospects-fisheries-aquaculture>.



Design: Argarden / Ilustración: 3D: MAGELL

El método más efectivo para mantener limpias las redes...

El segundo más efectivo: Impregnación con antifouling Aqua-Net de Steen-Hansen.

**Steen-Hansen**

Desde 1984 hemos entregado soluciones que permiten tener redes más limpias, con adecuada circulación de agua y oxigenación.

Somos el mayor proveedor global de antifouling y productos de protección para redes de cultivo en acuicultura.

**Bayer**

SOCIO ESTRATEGICO  
Asistencia técnico-comercial en Chile  
[www.animalhealth.bayer.cl](http://www.animalhealth.bayer.cl)