

LA REVOLUCIÓN AZUL

ACUICULTURA EN CHILE Y PERÚ

Edgardo Cerda
Patricio Meller

Editores

PROGRAMA
CIEPLAN|UTALCA



eBook

COLECCIÓN ACADÉMICA
Serie de Textos Editorial Universidad de Talca

Segunda edición 2020 (eBook)

Registro de Propiedad Intelectual © N° 2020-A-6987

ISBN: 978-956-329-137-7

EDITORIAL UNIVERSIDAD DE TALCA

Talca - Chile, septiembre de 2020

Directora Editorial Universidad de Talca
Marcela Albornoz Dachelet

Diseño Editorial
Carlos Osores

Corrección de textos
María Acevedo

Todos los Derechos de fotografías y textos son reservados.
Su reproducción parcial o total podrá ser realizada solo
con la autorización de la Editorial de la Universidad de Talca.

LA REVOLUCIÓN AZUL: ACUICULTURA EN CHILE Y PERÚ

Edgardo Cerda
Patricio Meller

Editores

PROGRAMA
CIEPLAN|UTALCA



LA REVOLUCIÓN AZUL: ACUICULTURA EN CHILE Y PERÚ

Edgardo Cerda
Patricio Meller

Editores

PROGRAMA
CIEPLAN|UTALCA



ÍNDICE

Prólogo	7
La importancia presente y futura de la acuicultura Patricio Meller y Edgardo Cerda	11
Acuicultura en Chile	21
Productividad y competitividad de la industria del salmón en Chile Edgardo Cerda	22
Historia y desafíos de la industria del salmón Víctor Hugo Puchi	42
La revolución del salmón en Chile Arturo Clément	50
Productividad y competitividad en acuicultura Cristina Navarro	63
Acuicultura en Perú	68
Diagnóstico de la acuicultura en el Perú Fernando Kleeberg	69
Desarrollo sostenible y competitivo de la acuicultura peruana Christian Berger	81
Desafíos para el desarrollo de la acuicultura	89
Desafíos para el futuro de la salmonicultura en Chile Felipe Sandoval y Luis Pichott	90

Diversificación acuícola: ¿un aporte al proceso de desarrollo sectorial?	102
Carlos Wurmman	
Desarrollo acuícola en Chile: una historia de permanentes desafíos e innovaciones	112
Eduardo Mas	
Aportes a la discusión: productividad, impacto ambiental y beneficios sociales	121
Doris Soto	
Referencias bibliográficas	127

PRÓLOGO

En los últimos sesenta años el crecimiento del consumo mundial de pescados y mariscos ha duplicado al crecimiento poblacional, transformándose en la principal fuente de proteína animal. Hace treinta y cinco años, solo 14% de la producción mundial de pescado comestible provenía de la acuicultura; pero en el período reciente, este porcentaje supera el 50% y continúa aumentando notoriamente. El explosivo desarrollo de la acuicultura ha sido denominado “revolución azul”, símil a la “revolución verde” asociada a la agricultura.

La producción acuícola está altamente concentrada en Asia: China produce más del 60% de la acuicultura del mundo, y el continente asiático, en torno al 90%. Sin embargo, su producción es principalmente para satisfacer sus mercados internos. El comercio internacional acuícola es dominado por otros países y regiones. En esto, naciones como Noruega y Chile tienen un espacio protagónico.

En Chile, acuicultura es casi sinónimo de salmonicultura: el salmón representa el 94% de las exportaciones de este sector, con montos exportados que superan los US\$5.100 millones en 2018 y 2019, situándose como el segundo exportador de salmones en el mundo. Perú, por su parte, presenta un sector acuícola incipiente, pero con altas estimaciones de crecimiento.

Dadas la importancia creciente de la acuicultura para el consumo mundial de proteínas y la gran extensión de borde marítimo que poseen los países latinoamericanos, hemos organizado durante 2019 dos conferencias internacionales —una en Chile (Santiago) y una en Perú (Lima)— para reunir a actores públicos y privados y dialogar en torno a los temas que hoy ocupan al sector acuícola, tales como el rol de la tecnología, sustentabilidad e innovación para generar aumentos de productividad, nuevas demandas y nuevos consumidores, entre otros.

Este libro, que ha sido posible gracias a la colaboración conjunta de CAF-Banco de Desarrollo de América Latina, del Programa CIEPLAN/UTALCA y de la Corporación de Estudios para Latinoamérica (CIEPLAN), reúne las exposiciones presentadas en

temáticas ordenadas en torno a tres ejes. El primer eje corresponde a la **acuicultura nacional**, a cargo de Edgardo Cerda (“Productividad y competitividad de la industria del salmón en Chile”); Víctor Hugo Puchi, expresidente de AquaChile (“Historia y desafíos de la industria del salmón”); Arturo Clément, presidente de SalmonChile (“La revolución del salmón en Chile”); y Cristina Navarro, gerenta general de Bioled Spa (“Productividad y competitividad en acuicultura”).

El segundo eje lo constituye la **acuicultura peruana**, sobre la base de las presentaciones que se efectuaron en la Conferencia Internacional de Lima organizada por el Centro de Estudios Mineros y Sostenibilidad (CEMS) de la Universidad del Pacífico, con ponencias de Fernando Kleeberg, jefe del Departamento de Tecnología Pesquera y profesor en la Universidad de Lima (“Diagnóstico de la acuicultura en el Perú”); Christian Berger, profesor de la Universidad Científica del Sur, Lima (“Desafíos para el desarrollo sostenible y competitivo de la acuicultura peruana”); y Jorge Zuzunaga, director general de Acuicultura del Ministerio de la Producción, Perú (“Desafíos para el desarrollo de la acuicultura en el Perú”).

El tercer eje corresponde a **Desafíos para el desarrollo de la acuicultura**, con exposiciones de Felipe Sandoval, expresidente de SalmonChile y exsubsecretario de Pesca, y Luis Pichott, técnico marino y secretario ministerial (“Desafíos para el futuro de la salmonicultura”); Carlos Wurmann, ingeniero industrial y máster en Economía (“Diversificación acuícola: ¿un aporte al proceso de desarrollo sectorial?”); Eduardo Mas, presidente del Club de Innovación Acuícola (“Desarrollo acuícola en Chile: una historia de permanentes desafíos e innovaciones”); y Doris Soto, doctora en Ecología de la Universidad de California (“Aportes a la discusión: productividad, impacto ambiental y beneficios sociales”).

Hay un capítulo inicial elaborado por Patricio Meller y Edgardo Cerda dedicado a explicar y motivar “la importancia presente y futura de la acuicultura”. Se examinan cuatro aspectos relevantes de la acuicultura: (1) Dado el estancamiento de la producción de pesca vía captura de las especies silvestres, la acuicultura complementa y más que suplementa la tasa de crecimiento del sector pesquero; (2) la acuicultura va a constituir una fuente importante en la generación de las proteínas futuras; (3) la acuicultura exhibe mejores indicadores de eficiencia para la generación de proteínas en relación con las otras especies animales (aves, porcino, vacuno); y (4) dadas las ventajas geográficas naturales de América Latina, el desarrollo acuícola constituye un sector con gran potencial para inducir un crecimiento descentralizado en la región.

Revisemos a continuación algunas de las aseveraciones más interesantes del conjunto de estudios.

Respecto de Chile se aprecia: (1) El desarrollo del sector está caracterizado por un rápido crecimiento inicial, que ocasionó una fuerte crisis sanitaria y ambiental (crisis del virus ISA), que generó importantes cambios en el régimen productivo y regulatorio del sector, permitiendo la recuperación de su competitividad internacional (E. Cerda). (2) La comparación entre Chile y Noruega muestra que (a) una fuente importante de la competitividad del salmón chileno se deriva del mayor nivel de valor agregado de sus exportaciones comparado con Noruega (V. H. Puchi). Sin embargo, a igual producto, los precios noruegos son mayores que los chilenos en iguales mercados (A. Clément y E. Cerda). (b) Noruega es un modelo a seguir para reducir el consumo de antibióticos a través de la innovación y el desarrollo del sector de proveedores de la industria. Actualmente, el uso de antibióticos en Chile es más de 600 veces mayor que el nivel noruego (E. Cerda).

En lo referente a Perú se observa: (a) Perú es el país donde se estima que más crecerá la producción acuícola; esto es, más del 120% desde 2018 al 2030 (F. Kleeberg). (b) Entre las especies con mayor producción destaca de manera relevante la trucha, cultivo que ha experimentado un importante crecimiento (F. Kleeberg). (c) Perú es uno de los países de América Latina con mayor consumo de pescados y mariscos, por lo que la acuicultura no solo es una opción para la exportación, sino que también para el consumo local (C. Berger).

Considerando los desafíos y la problemática futura, ambos países enfrentan:

- 1) La necesidad de revisar las vocaciones productivas de los distintos territorios y comunidades desde la perspectiva de la sustentabilidad y de la equidad social, pensando también en las generaciones futuras y en que los beneficios sean para todos (F. Sandoval y L. Pichott; D. Soto). El gran objetivo de la acuicultura es que sea sustentable en el futuro, que genere mayor capital social y que sea percibida como beneficiosa por toda la sociedad (A. Clément). A este respecto cabe señalar que la relación con las comunidades indígenas no necesariamente es antagónica. Un ejemplo de esto es Canadá, donde existen asociaciones y acuerdos colaborativos entre Naciones Originarias y empresas salmoneras (E. Cerda).
- 2) Entre 2030 y 2040, la demanda acuícola total se va a duplicar a nivel mundial, ¿podrán Chile y Perú capturar un alto porcentaje de esa expansión de la demanda mundial? (A. Clément). Para esto hay que tener presente que la industria acuícola para ser competitiva requiere alcanzar un alto nivel tecnológico: digitalización, remotización y automatización. Este es un desafío para América Latina, donde es muy difícil encontrar el recurso humano calificado para hacer esto (C. Navarro). La investigación interdisciplinaria es clave, porque cada vez es más necesario conectar los aspectos

biológicos, ambientales y productivos con aquellos sociales, económicos y de gobernanza. No obstante, seguimos trabajando en pequeños compartimentos, cada uno en su especialidad y sin comunicarse entre sí (D. Soto).

De la manera como se enfrenten estos desafíos dependerá cómo se desarrollará la acuicultura del futuro.

Edgardo Cerda
Investigador Joven CIEPLAN

Patricio Meller
Director de Proyectos CIEPLAN

Editores

LA IMPORTANCIA PRESENTE Y FUTURA DE LA ACUICULTURA

Patricio Meller¹ y Edgardo Cerda²

Existen diversos motivos por los cuales el desarrollo futuro de la industria acuícola es relevante para América Latina, desde perspectivas que abarcan el desarrollo económico y la sustentabilidad ambiental, hasta el promisorio potencial que tiene este sector.

Numerosas estimaciones indican que el consumo futuro de proteína animal aumentará considerablemente durante las próximas décadas, impulsado por significativos cambios económicos y sociodemográficos. Entre estos destacan el crecimiento poblacional, el aumento en el nivel de ingresos medios y los mayores niveles de urbanización, en especial en países en desarrollo; y para el caso particular de pescados y mariscos, por la mayor propensión al consumo de alimentos saludables, en que estos presentan una posición privilegiada (Hall, Delaporte, Phillips, Beveridge, & O’Keefe, 2011). En breve, las estimaciones del consumo futuro de proteína animal proyectan un incremento del 52% de aquí a 2050 (Global Aquaculture Alliance):



El consumo futuro de proteína animal aumentará considerablemente durante las próximas décadas. Las estimaciones proyectan un incremento del 52% de aquí a 2050

¹ PhD en Economía, Universidad de California-Berkeley, Director de Proyectos de CIEPLAN, Profesor Titular de la Universidad de Chile, Miembro de la Junta Directiva de la Universidad de Talca.

² Ingeniero Comercial en Economía de la Universidad de Chile; Investigador joven de CIEPLAN



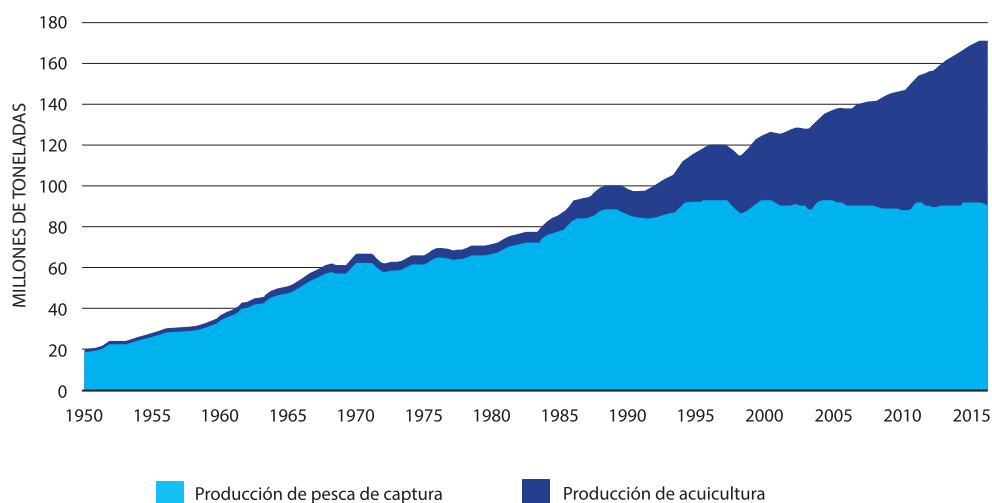
Fuente: Global Aquaculture Alliance.

Este aumento en el consumo de proteína animal contrasta con las fuertes limitaciones que presenta la producción a base de animales terrestres, ya sea por la menor disponibilidad de espacio para la ganadería, la ineficiente conversión alimenticia de estos, los significativos efectos negativos sobre el medioambiente o los conflictos éticos asociados a su producción, lo que representa un desafío en términos de la brecha entre la demanda esperada de proteína animal³ y la capacidad acotada de satisfacerla (Westhoek, y otros, 2011). En este contexto, la acuicultura se ha planteado como una solución, dado que aprovecha territorios sin explotar y con menor uso alternativo; es considerablemente más eficiente en cuanto a conversión alimenticia y tiene menores impactos sobre el medioambiente. Sin embargo, no escapa de los significativos conflictos éticos asociados a la producción animal.

Estos factores, entre otros, se han visto reflejados en que, desde 1961, el crecimiento del consumo mundial de pescados y mariscos ha duplicado al del crecimiento poblacional y ha sido mayor que el de todas las otras fuentes de proteína animal (FAO, 2018), siendo la acuicultura la que explica en mayor medida este aumento. En el siguiente gráfico es posible apreciar que el nivel de la pesca silvestre (pesca de captura) prácticamente se ha estancado a partir de 1988. Luego, la producción (cultivo) de peces ha venido a complementar e incluso suplementar de manera importante la producción pesquera convencional.

³ Los alimentos de origen animal presentan una mayor concentración de proteínas respecto de los de origen vegetal (Boyd, 2018), pero su producción es considerablemente menos eficiente y con un mayor impacto ambiental.

GRÁFICO 1
Producción mundial de la pesca de captura y la acuicultura



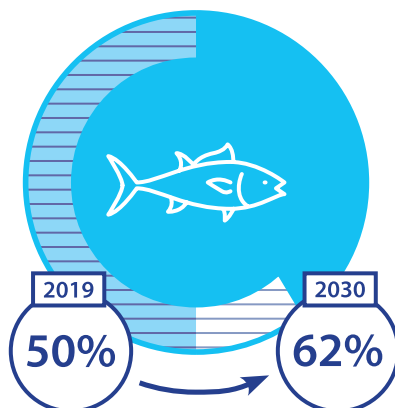
Nota: Excluidos los mamíferos acuáticos, cocodrilos, lagartos y caimanes, las algas y otras plantas acuáticas.

Fuente: FAO (2018).

En efecto, en 1986, solo 14% de la producción mundial de pescado comestible provenía de la acuicultura; pero treinta años después, este porcentaje ya es 53%, y sigue aumentando⁴. Es por este motivo, entre otros, que el desarrollo acuícola desempeña un rol clave en la Agenda 2030 para el logro de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (FAO, 2018), en términos de lograr la seguridad alimentaria a escala global, toda vez que los alimentos pesqueros son fuente esencial y sostenible de proteína animal para partes importantes de la población mundial.

⁴ Las proyecciones a comienzos del siglo XXI estimaban que en 2030 la acuicultura iba a representar un 50% de la producción pesquera mundial (Tidwell & Allen, 2001), pero este porcentaje se ha alcanzado ya en 2019.

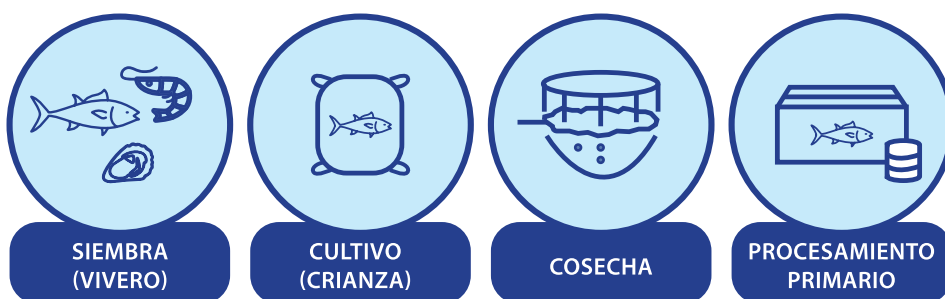
PECES PRODUCIDOS POR LA **ACUICULTURA** (PORCENTAJE DEL TOTAL DE PECES)



Fuente: Global Aquaculture Alliance.

Por otra parte, la acuicultura a escala intensiva es una industria relativamente nueva en el mundo, pero de rápido crecimiento. En 2003, *The Economist* destacaba que “en tierra, los humanos hemos sido comprometidos agricultores, pero en el mar seguimos siendo mayoritariamente cazadores-recolectores”. El desarrollo de la acuicultura intensiva se planteaba, así, como un símil de la invención de la agricultura, en lo que fue denominado una “revolución azul” (*The Economist*, 2003). Este auge se encuentra asociado principalmente al desarrollo de nuevas tecnologías, que han permitido importantes aumentos de productividad en su producción, la domesticación y comercialización de nuevas especies y en nuevas zonas geográficas.

4 ETAPAS DE LA ACUICULTURA **CADENA DE PRODUCCIÓN**



Según FAO (2018), la producción mundial de productos marinos fue 171 millones de toneladas en 2016, de las cuales el 88% se destina a consumo humano. El consumo de pescado per cápita (nivel mundial) fue 20,3 kg —un aumento de 125% respecto de los 9 kg per cápita de 1961—. La acuicultura representa más del 50% de la producción total de pescado y su producción total se encuentra valorada en US\$165 billones⁵. En la acuicultura la producción de las principales especies, salmones y camarones, es realizada en cultivos a gran escala. Parte importante de la expansión acuícola reciente corresponde a empresas pymes y producción artesanal; en 2000, este sector empleaba 6,1 millones de personas y actualmente (2014) emplea 18,7 millones.



El consumo de pescado per cápita (nivel mundial) fue 20,3 kg —un aumento de 125% respecto de los 9 kg per cápita de 1961—.

No obstante lo anterior, el desarrollo acuícola es relativamente reciente, aún incipiente, y se encuentra concentrado en un número reducido de países. En particular, China es desde hace varias décadas el mayor productor acuícola del mundo, acumulando el 61,6% de la producción total, mientras que 27,9% se realiza en otros países asiáticos. Es decir, solo un 10,5% de la acuicultura mundial se lleva a cabo fuera de este continente. A pesar de la concentración de la producción en Asia, el comercio internacional se encuentra más diversificado en términos de países de origen. China sigue siendo el mayor exportador, pero con solo 14,1% de las exportaciones pesqueras globales. Esta diferencia se debe a que su producción está principalmente orientada a satisfacer su enorme mercado doméstico y a que es, en gran medida, una producción de baja escala y productividad (FAO, 2018).

Las costas, océanos y espacios acuíferos de América Latina y del mundo son, por lo tanto, espacios potencialmente productivos aún sin aprovechar. Esto es una oportunidad significativa para el desarrollo económico de los países en desarrollo y de la región, en que algunos ya han avanzado considerablemente.

⁵ Billones estadounidenses (10 elevado a 9)



Lago Llanquihue







Las costas, océanos y espacios acuíferos de América Latina son espacios potencialmente productivos aún sin aprovechar. Esta es una oportunidad significativa para el desarrollo económico de los países de la región

Por último, aunque parezca paradójico, la acuicultura puede ser relevante en términos de sustentabilidad ambiental. A pesar de algunos mitos negativos existentes que veremos más adelante, cuando se compara con otras fuentes de producción de proteína animal, se encuentra que aquella tiene impactos medioambientales considerablemente menores según diversas métricas, lo que se halla respaldado por variados estudios de análisis de ciclo de vida. Si se considera que la demanda por proteína animal seguirá creciendo a tasas elevadas, este sector puede proveerla de manera más eficiente que las tradicionales, aunque esto es ampliamente condicional a las especies producidas y a las tecnologías y prácticas sanitarias y ambientales implementadas.

Hay diferentes indicadores de eficiencia vinculados a la generación de proteínas por parte de diversas especies de animales. Por ejemplo: (i) el coeficiente de conversión alimenticia (CCA), esto es, el peso del alimento en kg necesario para obtener 1 kg de la especie acuícola; (ii) el coeficiente de eficiencia alimenticia (CEA), que es el peso en kg de la especie acuícola resultante de 1 kg de alimentación; este indicador es el inverso del coeficiente CCA; (iii) la recuperación de proteína por parte del pez (acuícola) completo, medido en porcentaje; (iv) el coeficiente de eficiencia de conversión proteica (de la alimentación del animal) a carne alimenticia EPA, que es el porcentaje del total de las proteínas que ha ingerido el animal (en su alimentación) y que está contenido en la carne comestible.

LA PRODUCCIÓN ACUÍCOLA ES ALTAMENTE EFICIENTE EN RECURSOS

				
Retención de proteínas	31%	21%	18%	15%
Retención de energía	23%	10%	14%	27%
Relación de conversión de alimentación	1.1	2.2	3.0	4-10
Carne comestible / 100 kg alimentados	61kg	21Kg	17Kg	4-10Kg

Fuente: Nofima. Global Aquaculture Alliance.

Asimismo, hay una importante varianza en la medición de estos coeficientes. Esto, en parte, corresponde a diferencias en las mediciones de distintos investigadores y, por otra parte, a las fluctuaciones que existen entre las distintas especies de un mismo tipo de animal. Por ej., en el cálculo de la recuperación de proteínas para el pez completo se observa un porcentaje de 26% para la tilapia y un 43% para el salmón (Boyd, 2018).

Los valores comparativos de estos indicadores son los siguientes, según Global Aquaculture Alliance y Boyd (2018):

- Para la retención de proteína del animal completo se tiene: Peces: 31% — Aves: 21%— Porcino: 18% — Vacuno: 15%
- CCA (peso en kg de alimentos para producir 1 kg del animal): Peces: 1,1 kg — Aves: 2,2 kg — Porcino: 3,0 kg — Vacuno: 4 kg a 10 kg
- Eficiencia de conversión de la alimentación proteica a carne comestible: Peces: 20% a 60% — Aves: 21% — Porcino: 10% a 17% — Vacuno: 4% a 10%



En resumen, las especies acuícolas exhiben indicadores más eficientes en la generación de proteínas que las aves, porcinos y vacunos

De acuerdo a Fredriksson (2019), es un mito que la dieta de los peces de la acuicultura consiste fundamentalmente de peces silvestres pequeños y que la tasa de consumo de los peces acuícolas supera la tasa natural (de consumo) de los peces silvestres. Esto es erróneo, ya que ignora el gran incremento tecnológico que ha habido en la alimentación de los peces acuícolas. En 1990, para producir 1 kg de salmón (noruego) se requería harina de pescado y aceite de pescado generados por 4,4 kg de peces silvestres; ahora se precisa solo 0,7 kg y el resto de la alimentación proviene de las plantas y algas. La

acuicultura intensiva actual maximiza la eficiencia en relación con la pesca silvestre, por cuanto “el pez acuícola crece más rápido que el silvestre y consume menos productos marinos”.

Es un hecho que la acuicultura contamina el océano y los lagos en que se produce, ocurriendo con mayor intensidad cuando hay jaulas acuícolas con producción intensiva de peces. El impacto ecológico es más negativo cuando hay poca profundidad del agua y cuando hay un flujo circulatorio reducido, lo que sucede especialmente en lagos y bordes costeros marítimos relativamente encerrados. Para reducir el impacto ecológico de la acuicultura se requieren medidas microempresariales de planificación del *management* ambiental enfocado en minimizar los efectos negativos. Pero, además, se necesita una regulación macrosectorial preocupada de la densidad de producción acuícola, de la distancia entre los centros de cultivo y del descanso sanitario entre períodos de producción.

A principios del siglo XXI se observaba lo siguiente (Meller, 2016): (a) La cantidad de salmones cultivados en 1 km² era en Chile 20 t/km², mientras que en Noruega era 12 t/km². (b) La cantidad de salmones cultivados en 1 km/costa era 1.300 t/km, mientras que en Noruega era 400 t/km y en Canadá era 200 t/km. En otras palabras, se aprecia que la producción acuícola chilena tenía una densidad relativamente mucho mayor que en Noruega, con consecuencias ambientales negativas esperadas mucho mayores.

Con posterioridad al impacto del virus ISA, SERNAPESCA instituyó una regulación ambiental más estricta, estableciendo distancias mínimas entre centros de cultivos, descansos sanitarios del proceso productivo, vigilancia regular de indicadores sanitarios y ambientales, entre otros. Como resultado, los indicadores de eficiencia productiva, de competitividad y de calidad sanitaria y ambiental han mejorado considerablemente. Esto muestra que es posible (pero no está garantizado) una producción más amigable con el espacio natural en que se desarrolla.

Sintetizando, podríamos señalar cuatro aspectos relevantes de la acuicultura: (a) Dado el estancamiento de la producción de pesca vía captura de las especies silvestres, la acuicultura complementa y más que suplementa la tasa de crecimiento del sector pesquero. (b) La acuicultura va a constituir una fuente importante en la generación de las proteínas futuras. (c) La acuicultura exhibe mejores indicadores de eficiencia para la generación de proteínas en relación con las otras especies animales (aves, porcino, vacuno). (d) Dadas las ventajas geográficas naturales de América Latina, el desarrollo de la acuicultura constituye un sector con gran potencial para inducir un crecimiento descentralizado en la región.



Aspectos relevantes de la acuicultura: (a) Dado el estancamiento de la producción de pesca vía captura de las especies silvestres, la acuicultura complementa y más que suplementa la tasa de crecimiento del sector pesquero. (b) La acuicultura va a constituir una fuente importante en la generación de las proteínas futuras

En otras palabras, los elementos anteriores combinados se traducen en que el potencial de crecimiento futuro de la acuicultura es enorme, lo que representa una oportunidad para potenciar el desarrollo de economías emergentes. Sin embargo, este potencial también presenta grandes desafíos.

En este libro se exploran las oportunidades, desafíos y caminos a seguir para el desarrollo competitivo de la acuicultura en la región. En particular, se analizan los casos de Chile y Perú en el logro de este objetivo. ¿Qué potencial tiene cada una de estas economías para desarrollar un sector acuícola competitivo a nivel local e internacional? ¿Qué desafíos enfrentan y han enfrentado en el proceso? ¿Qué lecciones se pueden obtener de sus experiencias?

Un elemento que se verá reflejado en los distintos capítulos es que la acuicultura, así como la producción en otros sectores, no ocurre en el vacío. Su desarrollo tiene un carácter sistémico en constante evolución, al depender de una amplia variedad de factores, que no son solo puramente económicos, sino también ambientales, sociales, tecnológicos e institucionales. Estos son específicos a cada economía y territorio, cambiantes en el tiempo, y relacionados de manera compleja y, muchas veces, impredecible.

Si bien Chile y Perú presentan características y grados de desarrollo distintos respecto de la acuicultura, y aunque no es el objetivo de este libro hacer una comparación entre ambos casos, resulta evidente que comparten desafíos y características comunes. En particular, algunos elementos que aparecen destacados para que la acuicultura se transforme en una industria dinámica y creciente son el rol significativo que juega la innovación tecnológica, tanto la adopción de prácticas y tecnologías en la frontera tecnológica, como su adaptación a las realidades locales; la sustentabilidad sanitaria y ambiental y su estrecha relación con la productividad; la relación que la industria establece con las comunidades locales y con la sociedad en general, lo que puede ser resumido en su inclusividad social y la obtención de licencias sociales para operar; y el rol del Estado y las instituciones para establecer y supervisar las reglas del juego en que opera el sector, así como regular el uso de buenas prácticas, entre otros.

En definitiva, el desarrollo de la acuicultura depende en gran medida de la observancia de estas dimensiones de manera simultánea. Cada una abarca un abanico de temas en sí mismos, por lo que no es una tarea trivial. Este libro no busca ser exhaustivo, sino centrarse en aquellos elementos que son —a nuestro juicio— más relevantes, aportando en el diagnóstico de los problemas que experimenta la industria, en la obtención de aprendizajes para este y otros sectores, y en la identificación y recomendación de caminos para el logro del desarrollo de un sector acuícola competitivo, sustentable e inclusivo.

Para esto hemos aprovechado los estudios realizados en el marco del proyecto de investigación CIEPLAN-UTalca y CAF y, además, la experiencia de diversos actores directamente involucrados en la industria acuícola, que acumulan conocimientos desde el interior de sus respectivas áreas, a los que al mundo académico muchas veces le es difícil acceder.

ACUICULTURA EN CHILE

PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DE LA INDUSTRIA DEL SALMÓN EN CHILE

Edgardo Cerda⁶

Los sectores productivos basados en el uso de recursos naturales representan importantes oportunidades para el crecimiento y desarrollo económico de sus países, pero también desafíos y problemas particulares que los diferencian de otros sectores. En este estudio se exploran los factores que afectan la productividad y la competitividad de la salmonicultura en Chile. Se estudian las dinámicas de la productividad, la descomoditización y el uso y disponibilidad de los recursos naturales como factores claves que han impactado y que seguirán afectando la competitividad del sector acuícola, destacando los desafíos y oportunidades que presenta la industria para lograr un desarrollo sostenido y sustentable.

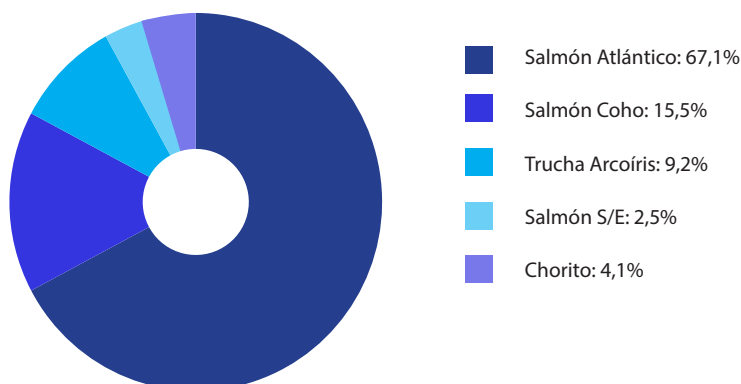
La industria del salmón en Chile

En Chile, acuicultura es casi sinónimo de salmonicultura. La producción de salmónidos representa el 94% de las exportaciones del sector acuícola, concentrado en tres especies: salmón Atlántico (67,1%), salmón Pacífico o coho (15,6%) y trucha arcoíris (9,2%). Durante la última década ha surgido también de manera importante la producción de otras especies, como lo son algas y moluscos. El chorito o mejillón chileno tiene una participación importante en términos de producción (27,8%), pero muy baja en términos de valor exportado (4,1%). A diferencia de este, la producción de salmón está casi exclusivamente orientada a su exportación.

⁶ Se agradecen los comentarios y aportes de Patricio Meller, Pablo Parodi, Consuelo Hernández, Víctor Hugo Puchi, Felipe Sandoval, Arturo Clément, Jorge Katz, Carlos Wurmman, José Miguel Benavente y Doris Soto, y la colaboración de SERNAPECSA para la obtención de datos.

GRÁFICO 1.

Participación en exportaciones acuícolas de Chile, por especie, 2017



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de Departamento de Análisis Sectorial SUBPESCA, 2018

La extensa costa de Chile y la abundancia de fiordos con temperaturas y condiciones hidrográficas adecuadas en la zona sur del país representan importantes ventajas comparativas naturales para la salmonicultura en Chile (Marine Harvest, 2018). Pero la industria no nació a partir de la libre acción del mercado, sino que fue resultado del significativo y acertado esfuerzo de desarrollo y transferencia de conocimientos y capacidades tecnológicas realizado por el Estado, en conjunto con diversas instituciones semipúblicas y alianzas público-privadas, y la continua cooperación internacional desde la década del 70 y, en particular, del 80 (Hosono, Iizuka, & Katz, 2016). Estas iniciativas permitieron la posterior entrada de actores privados de origen nacional y extranjero, los que, aprovechando el *stock* de conocimiento acumulado y aportando nuevas tecnologías, dieron un fuerte estímulo al crecimiento del sector.



El sector se ha caracterizado históricamente por un crecimiento acelerado y desregulado, con consecuencias negativas sobre su productividad y competitividad en el largo plazo

Chile se convirtió rápidamente en uno de los protagonistas del auge de la producción de salmón en el mundo. Los primeros años se caracterizaron por un rápido cierre en la brecha productiva con respecto a Noruega (líder mundial). A pesar de que Chile alcanzó una producción anual de 1.000 toneladas doce años después que Noruega, el umbral de 100.000 toneladas se logró cinco años después, y de 500.000, solo tres. Posterior a

este acelerado *catch-up*, sin embargo, la brecha ha vuelto a crecer por motivos que se explorarán más adelante.

TABLA 1. Año en que se alcanza nivel de producción de salmón por país⁷, 1973-2012

Toneladas	Noruega	Chile	Reino Unido	Canadá	Islas Feroe	Brecha Chile-Noruega (años)
1.000	1973	1985	1979	1984	1985	12
100.000	1989	1994	1997	2001	-	5
250.000	1995	1998	-	-	-	3
500.000	2001	2004	-	-	-	3
750.000	2007	2012				5
1.000.000	2011	-	-	-	-	+7

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos FAO.

El crecimiento anual de la producción de salmón se ha ido reduciendo considerablemente a lo largo de las décadas en los países productores de salmón más relevantes, pero Chile aún mantiene una tasa superior a sus competidores directos. Sin embargo, este crecimiento ha sido ampliamente más volátil que en otros países, asociado a recurrentes problemas sanitarios y ambientales que han impactado sobre el sector. Algunos de los casos más emblemáticos son el florecimiento de algas nocivas (FAN) en 1988 y 2016 y la crisis del virus ISA entre 2007 y 2010.

Competitividad de la salmonicultura chilena

Durante las últimas décadas, la producción y las exportaciones de salmón se expandieron de manera significativa en Chile. Entre 1998 y 2018, las exportaciones del salmón pasaron de 1.198 millones de dólares FOB anuales a US\$5.157⁸ (dólares constantes de

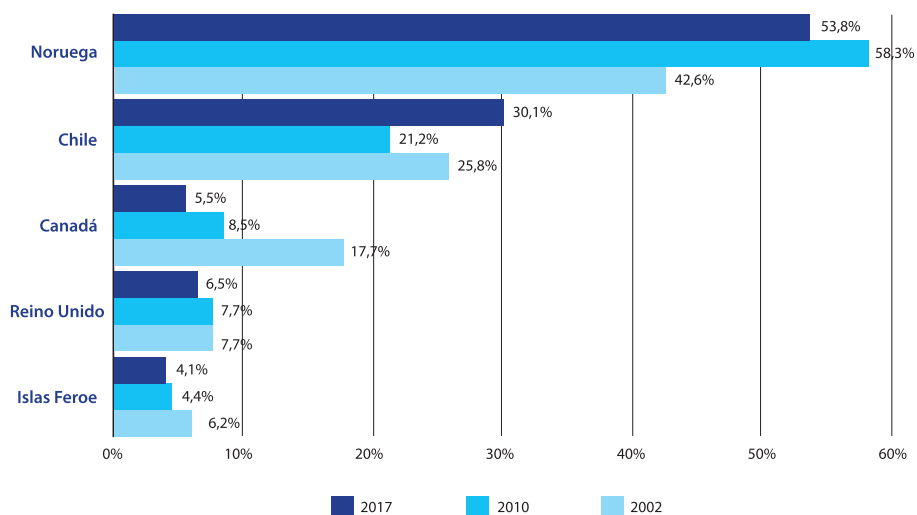
⁷ Se consideran las especies salmón Atlántico, salmón coho, salmón chinook y trucha arcoiris.

⁸ Ajustados por el Índice de Precios al Productor para todos los *commodities* (PPIACO, por su sigla en inglés) de Estados Unidos.

2018). Es decir, se más que cuadruplicaron en un período de veinte años. Esto llevó a un aumento importante en la participación de Chile en las exportaciones mundiales de salmón, llegando a 30,1% en 2017 y situándose como el segundo mayor productor del mundo, después de Noruega (con 53,8% de las exportaciones globales de salmón).

GRÁFICO 2.

Participación en valor de exportaciones de salmón, países seleccionados, 2002-2017



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de UN Comtrade.

Sin embargo, la evolución del sector no ha sido estable. Entre 1990 y 2006, Chile crecía más rápido que Noruega, acortando su brecha de manera acelerada. En 1990, la distancia relativa en términos de producción era de un 80,9%, mientras que en 2006 era de solo 6,5%. En esta época el sector crecía rápidamente y se esperaba que pronto se superara al líder mundial, pero la crisis del virus ISA, ocurrida entre 2007 y 2010, tuvo un impacto significativo sobre el sector. Entre 2006 y 2010 la producción nacional se redujo casi un 30%, deteriorando su presencia internacional.

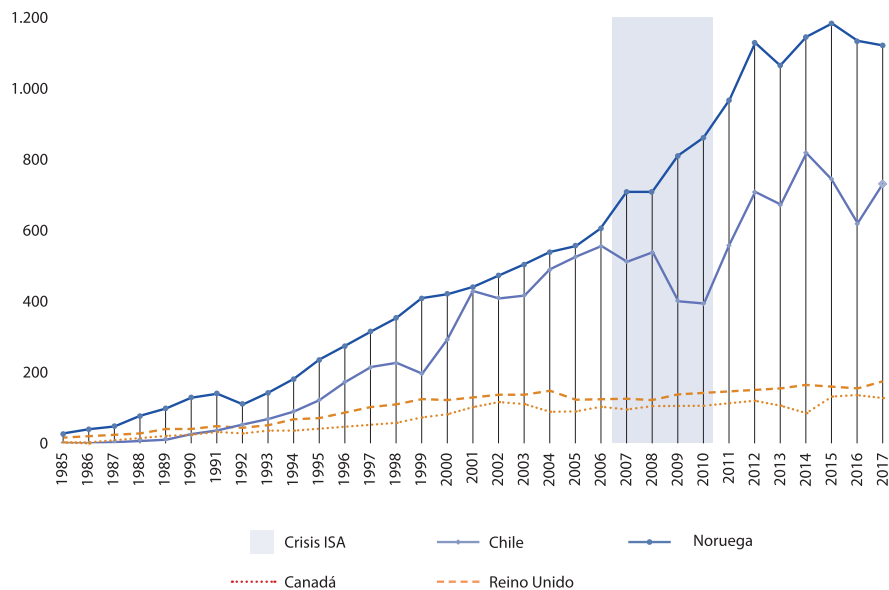


La crisis del virus ISA llevó a importantes cambios en el régimen productivo y regulatorio del sector, permitiendo la recuperación de su competitividad internacional

Esta crisis también llevó a importantes cambios a nivel empresarial, institucional y regulatorio que tuvieron fuertes impactos sobre la industria. Esto se tradujo en un cambio en el régimen productivo del sector, pasando desde uno liderado por la actividad desregulada del mercado a uno determinado por la regulación y el accionar del Estado (Cáceres, Katz, & Dini, 2018). Ello ha permitido la recuperación de la competitividad del sector, generando un desarrollo económico y productivo considerablemente distinto al de la etapa previa.

GRÁFICO 3.

Producción de salmón (miles de toneladas), países seleccionados, 1985-2017



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos FAO.

El desarrollo de la industria ha sido el resultado de diversos factores, esfuerzos e innovaciones que combinados determinan su competitividad, reflejada en su participación internacional. Han sido particularmente relevantes la evolución de la productividad del sector, los esfuerzos de descomoditización y la gobernanza y uso de los recursos naturales. A continuación, se exploran estos factores claves para el futuro del sector en mayor detalle.

Productividad de la industria del salmón

Un factor particularmente relevante en el desarrollo del sector ha sido la evolución de su productividad, asociada a las prácticas y tecnologías productivas utilizadas, a la

relación y el cuidado del entorno natural y a los cambios regulatorios e institucionales del sector.

¿Qué importancia ha tenido la productividad en los aumentos de la producción? Previo a la crisis del virus ISA, el incremento en las cosechas fue exclusivamente gracias al aumento en la intensidad de siembra, a costa de un menor rendimiento. Entre 2002 y 2007, la siembra anual se duplicó, mientras que su productividad se redujo a un tercio. Posterior a la crisis del virus ISA, sin embargo, esta tendencia se revirtió. Gracias a esto, en 2017 la cosecha anual fue 43% superior a la obtenida diez años atrás, a pesar de tener un nivel de siembra 29% inferior.

Es interesante notar que, entre 2002 y 2017, el nivel de siembra noruego ha crecido a una tasa promedio mayor que la de Chile: 5,9% en Noruega versus 2,2% en Chile; pero este aumento ha sido con una productividad estable en el país nórdico. Si las siembras chilenas hubieran crecido a la misma tasa promedio de Noruega, manteniendo un nivel de productividad estable entre 2002 y 2012, se habrían cosechado más de 700.000 toneladas adicionales de salmón, equivalentes a más de US\$3.500 millones en un período de diez años.

TABLA 2. Descomposición crecimiento promedio de cosechas totales, Chile, 2002-2017

País	Período	Cosecha (toneladas)	Cosecha (%)	Siembra (%)	Rendimiento (%)	Efecto cruzado (%)
Chile	2002-2007	117.214	4,5%	14,3%	-8,6%	-1,2%
	2007-2011	49.208	2,0%	-12,4%	16,4%	-2,0%
	2011-2017	206.015	4,7%	3,2%	1,5%	0,0%
	2002-2017	372.437	3,9%	2,2%	1,6%	0,0%
Noruega	2002-2010	448.556	7,8%	7,4%	0,4%	0,0%
	2010-2017	309.132	3,9%	4,1%	-0,2%	0,0%
	2002-2017	757.688	6,0%	5,9%	0,1%	0,0%

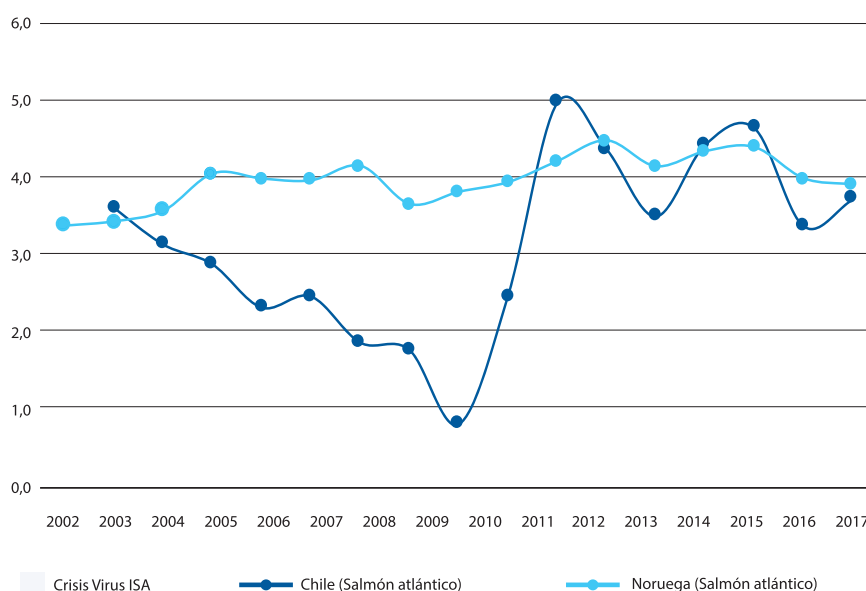
Fuente: Cálculos propios sobre la base de datos de SERNAPESCA (Chile) y FISKERIDIR (Noruega), 2002-2017.

A pesar de que el virus ISA afecta únicamente al salmón Atlántico, las tres especies sufrieron caídas en su rendimiento durante la década del 2000, y se recuperaron posteriormente. Esto nos dice que los cambios en el nivel de productividad no se debieron solo a la ocurrencia y posterior solución de la crisis del virus ISA, sino que a los problemas asociados a las condiciones sanitarias y ambientales de la industria en general.

Al comparar con el caso noruego, a comienzos de 2000 la productividad del smolt se encontraba en niveles similares en ambos países, pero su posterior deterioro genera una brecha significativa. Debido a esto, la diferencia de productividad entre Chile y Noruega, en el período 2002-2007, fue de 42,5%. Después de la crisis del virus ISA, la productividad chilena alcanza nuevamente los niveles noruegos, reduciéndose la brecha a 6,6% en 2010-2017.

GRÁFICO 4.

Rendimiento del salmón Atlántico (kilogramos/unidad), Chile y Noruega, 2001-2017



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de SERNAPESCA (Chile) y FISKERIDIR (Noruega).

El importante aumento en la concentración y en la intensidad de cultivo en espacios geográficos limitados, asociado a un crecimiento desregulado y sin una adecuada planificación territorial, se encuentra detrás del deterioro en las condiciones ambientales y sanitarias (Bustos-Gallardo, 2013), las que impactaron negativamente

en la productividad. Una inspección más rigurosa de los datos confirma esta relación negativa y significativa⁹.



Durante la década del 2000 hubo una importante caída en la productividad de las siembras, asociada a niveles de siembra sobre la capacidad de carga del espacio marítimo y a una alta concentración de los centros de cultivo

Esto guarda directa relación con el concepto ecológico de capacidad de carga: el límite de población que un ambiente dado puede tolerar de manera sustentable. Una producción que excede la capacidad de carga afecta negativamente la sustentabilidad del espacio marítimo y las condiciones de producción (Soto, 2019).

Dado que el agua fluye entre centros, las condiciones sanitarias de una locación afectan a las de otras cercanas. Esto implica que los servicios ecológicos que permiten el desarrollo y bienestar del salmón tienen las características de un bien común. Como tal, la teoría económica nos señala que estas son proclives a la “tragedia de los comunes”: el uso y explotación de un recurso en niveles subóptimos (Hardin, 1968). Esto es, que las decisiones del nivel de producción se tomaron sin considerar debidamente el impacto que tiene sobre los centros aledaños, lo que implica un nivel de producción superior a su capacidad de carga.

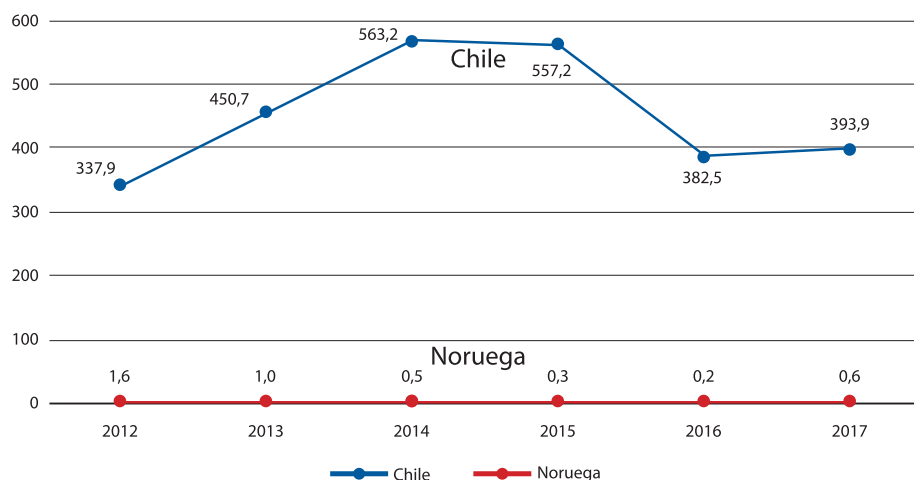
Esto revela el importante rol que tiene la regulación y fiscalización de parte del Estado para asegurar la productividad y sustentabilidad del sector. Sin embargo, determinar la capacidad de carga y la regulación adecuada no es una tarea trivial: depende de condiciones naturales de difícil medición, cambiantes, local-específicas y relacionadas de manera compleja entre sí y con las tecnologías productivas utilizadas. Lograr una regulación adecuada y eficaz requiere un proceso de aprendizaje, recursos y diálogo y colaboración público-privada.

Uso de antibióticos

A pesar de la recuperación posterior a la crisis del virus ISA y de alcanzar niveles de productividad similares a Noruega, el uso de antibióticos cuenta una historia distinta: en Chile, el consumo de antibióticos es más de 600 veces mayor que el nivel noruego (OCEANA, 2017).

⁹ Ver documento para un análisis econométrico más detallado.

Gráfico 5.
Uso de antibióticos, Chile y Noruega, 2012-2017



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de SERNAPESCA (Chile) y FISKERIDIR (Noruega), 2012-2017.

El uso excesivo genera una imagen negativa en la población y en los consumidores, afectando la demanda y las posibilidades de crecimiento a través de regulaciones más estrictas. A su vez, existe el riesgo de generar resistencia a los antibióticos en bacterias que afectan al salmón o en especies silvestres.



Noruega es un modelo ejemplar para reducir el consumo de antibióticos a través de la innovación y el desarrollo del sector de proveedores de la industria. Actualmente, el uso de antibióticos en Chile es más de 600 veces mayor que el nivel noruego

¿Cómo reducir el uso de antibióticos? Noruega es un modelo ejemplar. La producción de salmón noruega no fue siempre libre de antibióticos: durante la década del 80 hasta comienzos de los 90, utilizaban casi 60 veces más antibióticos por tonelada producida que en Chile en la actualidad (Grave & Brun, 2016). Treinta años después, su uso se redujo a casi cero. La innovación jugó un rol fundamental en esta impresionante evolución. El desarrollo de vacunas efectivas contra las enfermedades presentes redujo considerablemente su incidencia y, así, el uso total de antibióticos (Asche & Bjørndal, 2011). Este es un caso interesante de innovación a partir del sector de proveedores de la acuicultura que permitió importantes ganancias de productividad.

En Chile, más del 90% del uso de antibióticos es en la fase de mar y se encuentra asociado al diagnóstico de una única enfermedad: la piscirickettsiosis o SRS. Esta enfermedad se da solo en Chile, lo que explica las importantes diferencias entre ambos países. La SRS corresponde a una bacteria intracelular, y hasta el día de hoy no existen vacunas efectivas y económicas que permitan tratar este tipo de patógenos. Esto es un importante desafío y oportunidad para la industria del salmón.

Tecnología productiva e innovación

Históricamente, el sector se ha caracterizado por su capacidad de absorción y adaptación tecnológica (Maggi, 2006). Los diversos casos de innovación realizados en Chile, a nivel de empresas individuales y a nivel colectivo, han jugado un rol clave en las mejoras de productividad del sector (Iizuka & Zanlungo, 2018). Un ejemplo de esto, entre muchos, es la considerable reducción en la cantidad de alimento necesario para producir 1 kg de salmón (medido a través de la tasa de conversión alimenticia) y la tasa de dependencia de harina y aceite de pescado (AQUA, 2018).

Sin embargo, no solo importa si se innova o no, sino cuánto y de qué tipo es la innovación. Habitualmente, se asume que las empresas son capaces de innovar y solo hace falta financiamiento. Sin embargo, la evidencia muestra que la innovación es un problema de naturaleza compleja, incierta y colectiva, y que requiere esfuerzos destinados a aprender a innovar.



Desde etapas muy tempranas, la industria se ha caracterizado por su capacidad de absorción y adaptación tecnológica. Un desafío pendiente es la generación de innovación local. Para esto se requiere aumentos importantes del gasto en I+D

El gasto en I+D es habitualmente utilizado como *proxy* del esfuerzo en innovación realizado por los sectores económicos. En términos generales, es claro que Chile presenta un déficit de innovación a nivel general de la economía. Chile destina aproximadamente un 0,4% de su PIB a I+D, lo que contrasta con el caso noruego (2,0%) y con el promedio OCDE (2,3%). Igual tendencia se repite en términos del número de investigadores en I+D por cada 1.000 trabajadores: mientras en Chile es solo 1, en Noruega es 11,5 y 7,7 para el promedio OCDE.

El gasto en I+D en el clúster del salmón se estimó en un promedio anual de US\$4,8 MM para el período 1990-2006, y entre US\$11 MM y US\$16 MM para el período 2012-2016.

Esto es un aumento importante en términos de monto, pero una reducción en términos del porcentaje de las exportaciones totales de la industria: de 0,7% a 0,3%-0,4%. Esto pone a la acuicultura en línea con el porcentaje de Chile en 2017 y, por lo tanto, en un monto aún considerablemente bajo.

TABLA 3. Gasto en I+D estimado en el clúster del salmón, 1990-2016

Período	Gasto promedio I+D	% Exportaciones
1990-2006	4,8	0,7%
2012-2016	11-16	0,3%-0,4%

Fuente: Estimaciones sobre la base de Bravo, Silva, & Lagos (2007), Multiexport Foods S.A. (2018) y Clément (2019).

Un desafío importante de la industria del salmón local es, en definitiva, lograr convertir la capacidad de innovación en una fuente central de su competitividad. Algunas preguntas que quedan por responder, entonces, son por qué se invierte tan poco en I+D en Chile y cómo potenciar la innovación dentro del clúster del salmón.

Valor agregado y descomoditización del salmón

En economía, habitualmente se asume la existencia de bienes homogéneos con demandas bien definidas. El caso extremo de esto es lo que se denomina un *commodity*, es decir, un bien homogéneo, con un número acotado de atributos, lo que permite su perfecta sustituibilidad. Esto se traduce en condiciones de precios desfavorables.

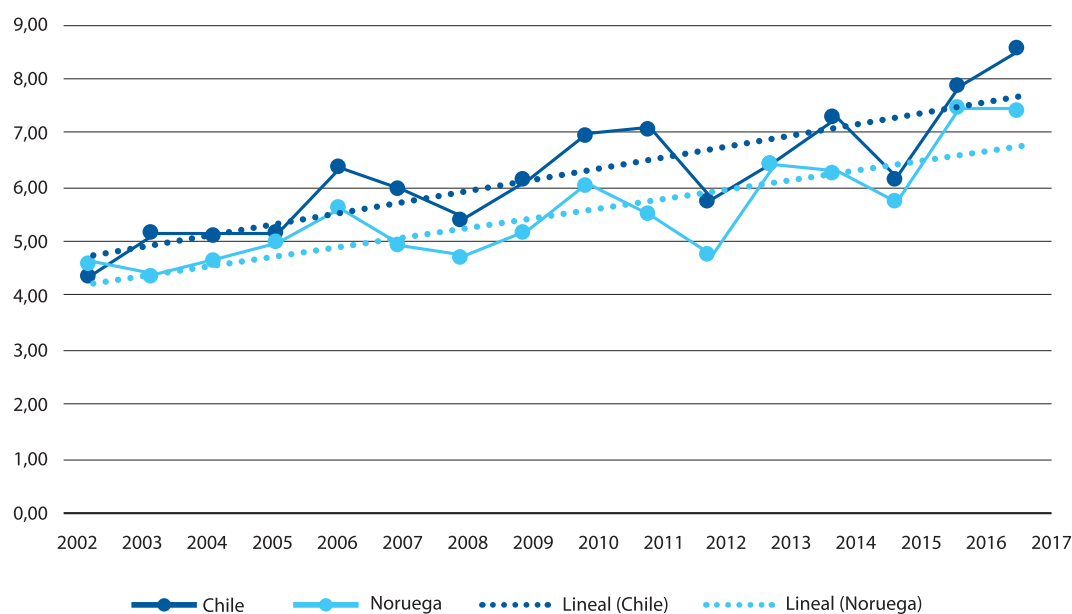
Se puede denominar descomoditización al proceso en que bienes anteriormente homogéneos y sustituibles se vuelven diferenciables, permitiendo alcanzar mayores precios relativos. Esto es particularmente relevante para el caso de los recursos naturales. Algunos esfuerzos de descomoditización son un mayor nivel y calidad de procesamiento, una imagen país favorable o la producción y comercialización de productos especializados y de nicho. Una fuente importante de la competitividad, entonces, corresponde a los esfuerzos de descomoditización del sector.

En el sector salmonero chileno, esto se ve reflejado en precios promedio mayores de la canasta exportadora de productos del salmón, en comparación con sus pares noruegos. Esto se deriva, en parte, del mayor valor agregado de sus exportaciones, al poseer un

mayor nivel de procesamiento; en contraste con el caso noruego, en que las exportaciones se encuentran altamente concentradas en las exportaciones de salmón fresco entero, es decir, con un bajo nivel de procesamiento. El precio promedio entre 2012 y 2017 de los productos exportados chilenos sin procesar fue US\$7,2 por kg, mientras que el de los procesados, US\$5,9. Dado el nivel de exportación, esto se tradujo en un diferencial de US\$3.500 MM entre 2012 y 2017 por el mayor nivel de procesamiento.

GRÁFICO 6.

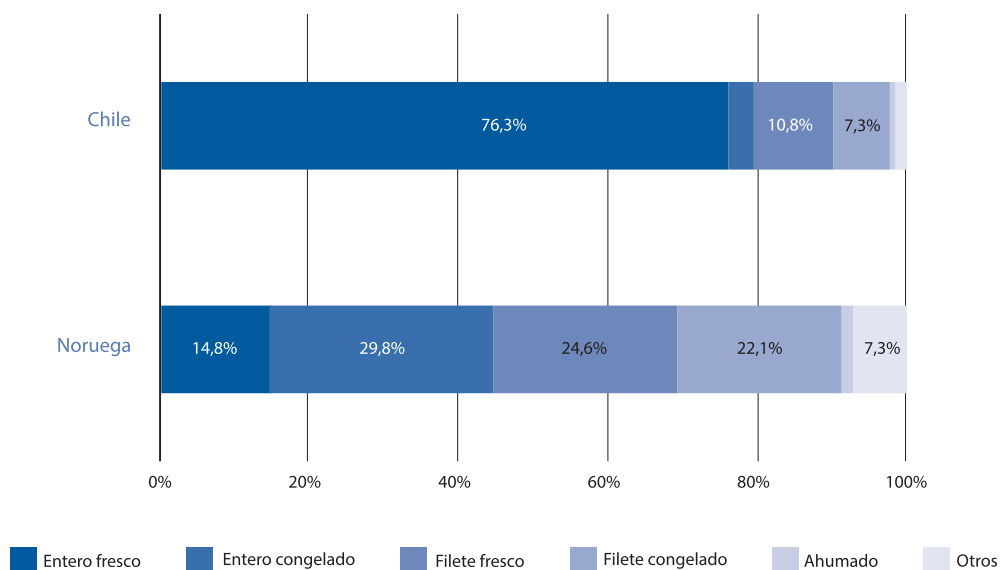
Precio promedio salmón exportado (US\$ constantes 2017), Chile y Noruega, 2002-2017¹⁰



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos UN Comtrade.

¹⁰ Dólares constantes de 2017, ajustados por Producers Price Index for All Commodities. Fuente: Bureau of Labor Statistics, US.

GRÁFICO 7.
Exportación de salmón por grupos de producto¹¹, 2002-2017



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de UN Comtrade.

A pesar de lo anterior, también se encuentra que, al analizar por el mismo tipo de producto en los principales mercados en que ambos países compiten, el precio del salmón noruego es mayor que el chileno. Las diferencias van desde 5% a más de 40% por kilogramo exportado. Esto puede reflejar una diferencia en la percepción de calidad del salmón chileno con respecto al noruego, asociada a diferencias en estrategias de *marketing* y marca país.

Si los productos chilenos hubiesen tenido el mismo precio que el noruego en estos mismos productos entre 2012 y 2017, se habrían generado ingresos adicionales por US\$2.237 millones. Esto equivale a un ingreso promedio no recibido de aproximadamente US\$373 millones cada año, solo en los principales productos de los mercados de Estados Unidos y Japón.

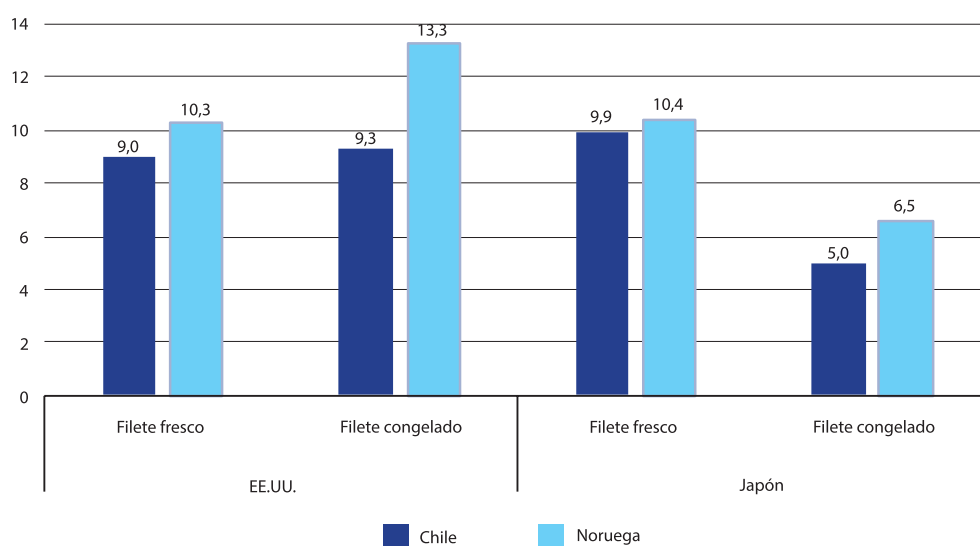
¹¹ Se considera "sin procesar" la categoría de exportación salmón entero fresco.



Una fuente importante de la competitividad del sector se deriva del mayor nivel de valor agregado de sus exportaciones comparado con Noruega. Sin embargo, a igual producto, los precios noruegos son mayores que los chilenos en iguales mercados. Esto se asocia a estrategias de marketing exitosas y a una positiva imagen país

GRÁFICO 8.

Precio por kg de salmón en Estados Unidos y Japón, de Chile y Noruega, 2012-2017



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos UN Comtrade suministrados por TRADE MAP.

Un ejemplo a destacar de descomoditización es el caso del llamado salmón Verlasso. La empresa AquaChile, en una iniciativa conjunta con la empresa de alimentos de pescado DuPont, creó la marca propia Verlasso, como una innovación de producto y de proceso que busca diferenciarse con respecto al resto del salmón chileno, al tener un estándar de calidad mayor en términos de sustentabilidad y, principalmente, al ser capaz de transmitir dichas innovaciones a los consumidores finales (es reconocido como el primer salmón criado en centros de cultivo que se encuentra en la categoría “buena alternativa”, por el Seafood Watch, de Monterey Bay Aquarium, por su menor impacto ambiental). Como resultado, el salmón Verlasso tiene un precio de venta en Estados Unidos que supera hasta en 50% a otros productos de salmón chileno similares (16,99/lb vs. 8,97/lb) (CentralMarket, 2019).



La descomoditización tiene un impacto significativo sobre los precios finales de venta. El salmón Verlasso alcanza precios hasta 50% superior a otros productos chilenos, pero su escala de producción es aún muy baja

El caso del salmón Verlasso muestra que iniciativas que buscan descomoditizar tienen un impacto significativo sobre los precios de venta y, por lo tanto, sobre la competitividad del sector. Sin embargo, aunque no se tiene acceso a estadísticas oficiales, fuentes del sector indican que el nivel de producción se encuentra en torno a 4.000 y 5.000 toneladas anuales, lo que significa que su importancia en la producción total es aún muy baja (menos de 1% del volumen de salmón exportado).

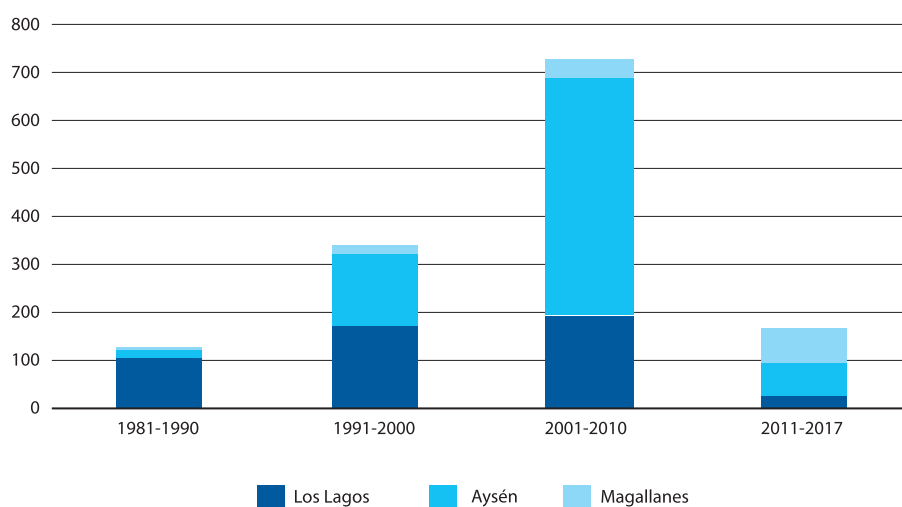
Uso y disponibilidad de factores productivos: el caso del recurso natural mar

El acceso a los recursos naturales utilizados en el proceso de producción es clave para la competitividad. Esto depende de características ambientales, sociales, regulatorias y tecnológicas, por lo que la competitividad no es solo función de la eficiencia productiva y de los precios alcanzados, sino que también de la sustentabilidad ambiental, inclusividad social y de la regulación. En el pasado, la disponibilidad de condiciones naturales y espacios marítimos ha sido una fuente importante del crecimiento del sector, pero ¿se puede pensar como una fuente de competitividad para su futuro?

La acuicultura en Chile se ha caracterizado por un crecimiento desregulado en la cantidad de concesiones marítimas utilizadas a lo largo de su historia. Esto fue más marcado en el período previo al ISA: entre 2001 y 2010 se otorgaron más concesiones que en los últimos veinte años combinados, aumentando la concentración y desplazando la frontera geográfica hacia zonas cada vez más aisladas. La disponibilidad prácticamente ilimitada del recurso natural se puede considerar una fuente de su competitividad, pero esta sería una ventaja solo de corto plazo.

GRÁFICO 9.

Concesiones de acuicultura de salmónidos otorgadas por región y período, 1981-2017



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de SUBPESCA y SS.FF.AA., 1982-2016.

El otorgamiento de concesiones marítimas sin consideración de su grado de concentración en espacios geográficos limitados se tradujo en una reducción importante en las distancias entre centros de cultivo (Estay & Chávez, 2015). Sumado a una inexistente regulación en la intensidad de uso de los centros previo al ISA, generó importantes deterioros en las condiciones sanitarias y aumentos en la transmisión horizontal de patógenos. Como se vio anteriormente, esto repercutió de manera negativa en la productividad y en la sustentabilidad ambiental del sector.

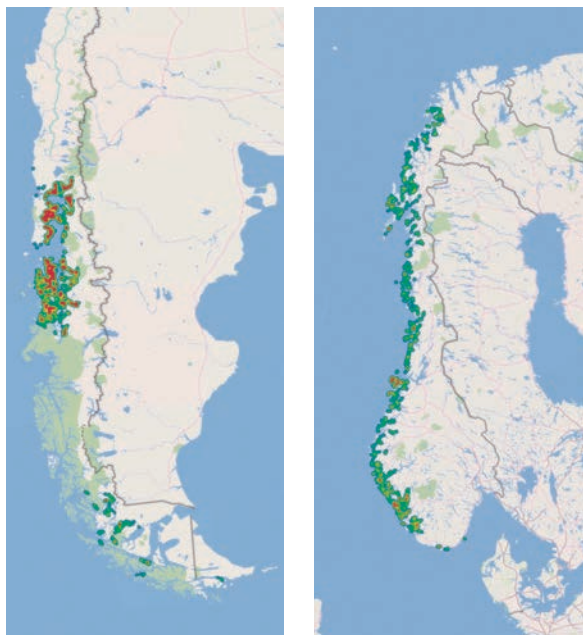


Cuando se compara con Noruega, se observa que la producción en Chile se encuentra altamente concentrada geográficamente, acrecentando los problemas sanitarios y ambientales

Cuando se compara con Noruega, se observa una diferencia significativa entre ambos países: la producción en Chile se encuentra altamente concentrada en dos zonas geográficas, en las regiones de Los Lagos y de Aysén, mientras que en el caso noruego la producción se halla distribuida a lo largo de toda su costa (aunque también más concentrada en la zona sur). Esto nos revela que el problema, más allá del número de concesiones, está en su grado de concentración y en su intensidad de uso.

ILUSTRACIÓN 1.

Concentración de concesiones acuícolas de salmón, Chile y Noruega, 2015



Fuente: Elaboración propia con datos de SERNAPESCA (Chile) y FISKERIDIR (Noruega).

La crisis del virus ISA repercutió en cambios regulatorios importantes, limitando parcialmente el otorgamiento de nuevas concesiones y el nivel de producción de cada centro, a la vez que múltiples políticas ambientales y sociales y el rechazo a la salmonicultura por parte de la comunidad han limitado aún más los posibles espacios de expansión de la industria. Los intentos de relocalización de concesiones han resultado, en general, infructuosos, por lo que se mantienen los problemas asociados a la antigua distribución de uso del espacio marítimo.

Esto se traduce en dos problemas para la competitividad futura del sector: la actual situación de concesiones marítimas resulta una traba tanto para el cuidado del medioambiente como para la productividad del sector; y segundo, que las posibilidades de expansión y uso del recurso marítimo son cada vez más limitadas.

Una alternativa interesante para prescindir de las restricciones impuestas por el recurso marítimo costero es la innovación tecnológica. Algunos ejemplos de esto son la acuicultura oceánica, acuicultura en tierra y la acuicultura multitrófica, innovaciones que ya se están investigando y comenzando a probar en otras partes del mundo. En Estados Unidos, por ejemplo, la empresa Atlantic Sapphire planifica producir 220.000

toneladas de salmón con proceso completo en tierra de aquí a 2030 (Atlantic Sapphire, 2019). ¿Cuál es el estado de avance de estos desarrollos tecnológicos en Chile? Aunque no se cuenta con datos oficiales, lo observado parece indicar que son más bien casos aislados de intentos de innovación, sin el apoyo suficiente para escalar hacia un nuevo ciclo tecnológico.

La importancia de la licencia social para operar y la relación con la comunidad

Las dificultades para acceder al recurso marítimo se ven acrecentadas por el creciente rechazo por parte de la comunidad a la operación y expansión de la salmonicultura en el territorio. Las comunidades han bloqueado la operación de las empresas en determinados lugares, afectando las posibilidades de producción y el nivel de incertidumbre que enfrentan. En el mediano a largo plazo, una mala relación con la comunidad, y con la sociedad en general, se puede traducir en cambios regulatorios y legales que impidan de manera más considerable la acción del sector. Algunos ejemplos de esto son los intentos infructuosos de relocalización, las constantes tentativas de frenar la expansión del sector por parte de distintos grupos políticos y sociales o la dificultad para realizar los cambios legales que permitan el desarrollo de la acuicultura oceánica. Por lo mismo, una alternativa al dilema de cómo crecer es recuperar y mantener la confianza y la licencia social para operar.

Una última arista relevante corresponde a la relación con las comunidades indígenas, dado el vínculo especial que muchas de estas tienen con el territorio. La denominada Ley Lafkenche, en particular, puede tener un impacto significativo sobre la actividad de la industria. Las solicitudes actuales de Espacios Costeros Marítimos de Pueblos Originarios (ECMPO) se traslapan con, aproximadamente, el 70% de la zona total de producción acuícola en Chile; y, actualmente, 41 concesiones acuícolas en estado de renovación se encuentran suspendidas desde 2014 por la preferencia que se da a la solicitud de los ECMPO. El potencial de conflicto con comunidades indígenas puede dañar aún más la imagen y aprobación del sector.



La relación con las comunidades indígenas no necesariamente es antagónica. Un ejemplo de esto es Canadá, donde existen asociaciones y acuerdos colaborativos entre Naciones Originarias y empresas salmoneras

Un caso interesante es el de la industria salmonera en Canadá, la que se ha preocupado durante las últimas décadas de reforzar el involucramiento de las comunidades locales, en especial en términos de su relación con las Naciones Originarias (pueblos indígenas

de Canadá), al punto que más de 40 comunidades indígenas participan activamente en empresas acuícolas. En British Columbia (provincia con el mayor nivel de producción de salmón en Canadá), aproximadamente el 80% del salmón es producido en asociación o bajo acuerdos colaborativos con Naciones Originarias locales (Noakes, 2018). ¿Cuánto ha avanzado la industria nacional en este sentido?

Conclusiones

Los sectores productivos de recursos naturales presentan importantes oportunidades para el crecimiento y desarrollo económico para las economías latinoamericanas, a la vez que enfrentan problemas que los diferencian de otros sectores. La competitividad de aquellos depende del desempeño en distintas dimensiones productivas, así como de la sustentabilidad ambiental y la inclusividad social de su quehacer, para asegurarla en el corto, mediano y largo plazo. En el documento se explora el rol de la productividad, la descomoditización y el uso y gestión de los recursos naturales, revelando que estos han sido claves en la competitividad del sector y que cada uno presenta desafíos y oportunidades para el futuro de la industria.

El crecimiento acelerado durante las décadas iniciales de la industria se basó de manera importante en la posibilidad de expandir la frontera geográfica de la industria y en la intensidad en el nivel de producción. Sin embargo, los casos del virus ISA, el FAN, así como otros problemas sanitarios y ambientales, sumados a una historia de malas relaciones comunitarias de la industria, se han traducido en un espacio marítimo crecientemente limitado para el sector. Esto impone un desafío nuevo para la industria: cómo continuar creciendo para satisfacer la demanda internacional, ahora que las nuevas locaciones y su alta intensidad de uso son un lujo del pasado.

Como se argumentó a lo largo del desarrollo, las ganancias de productividad y de valor agregado, a través de la innovación tecnológica y productiva y de la descomoditización, son alternativas para continuar siendo una industria competitiva en el largo plazo. De igual manera, una adecuada gobernanza de los recursos naturales, que permita un acceso sostenible y sustentable en el tiempo, es fundamental. Esto requiere mecanismos que aseguren una producción consistente con la capacidad de carga del medio natural y relaciones fructíferas y positivas con la comunidad, de tal manera de recuperar y mantener la licencia social para operar. Durante la última década, los cambios regulatorios e institucionales han permitido recuperar, en parte, la competitividad de la industria, pero mantenerla y potenciarla hacia el futuro requiere procesos importantes de innovación. Esto implica mayor inversión y esfuerzos en I+D, que en la actualidad resultan preocupantemente bajos.

El desarrollo del sector se encuentra en un proceso continuo de evolución, tanto tecnológica como institucional. Durante la última década se han incorporado nuevas tecnologías productivas, nuevas regulaciones, nuevos actores relevantes y se asoman nuevas fuentes de competencia que pueden tener un efecto disruptor en la acuicultura y salmonicultura mundial. No queda claro cómo va a reaccionar la salmonicultura nacional ante los nuevos desafíos. Para esto, falta información e investigación sobre las dinámicas de innovación del sector, sobre el impacto de los distintos cambios regulatorios impuestos y que se plantean para el futuro, del potencial de desarrollo proveniente de los proveedores de la acuicultura, de los cambios que generarán las tendencias de concentración empresarial e incorporación de nuevos actores internacionales, del impacto ambiental y sobre las comunidades locales que genera la industria y el rol que tienen y tendrán las tecnologías del futuro sobre la salmonicultura nacional.

HISTORIA Y DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA DEL SALMÓN

Víctor Hugo Puchi¹²

Inicios de la industria

En los años 70, cuando se formó la industria, fue el Gobierno japonés, a través de su agencia de promoción de innovación JICA, que todavía existe; junto con el SAG, que en esa época era el Departamento de Pesca y Caza, los que hicieron los primeros ensayos en la región buscando su desarrollo a futuro. Su diagnóstico era que la pesca silvestre y, en general, las proteínas de origen marino se estaban agotando, por lo que era necesario buscar formas distintas de proveerse de ellas, porque son de excelente calidad y muy necesarias para la salud de las personas. Ese fue el concepto que trajeron los japoneses en los 70.

De manera muy visionaria, entonces, se instalaron en la región a realizar ensayos de cómo hacerlo, exportando el conocimiento que ellos tenían. Básicamente, era un sistema de *ranching*, en el cual se cultivaban alevines chicos, se liberaban y, posteriormente, se capturaban cuando retornaban dos años después. Con un 3%-4% de retorno, el negocio era rentable y simple.

Prontamente descubrieron que eso era inviable, porque el resguardo de los derechos de propiedad en Japón no es el mismo que se da en Chile. Pretender que un bien libre llegue a ser rescatado por el que lo produjo resultaba imposible. Por ende, de ahí en adelante, después de los primeros dos años de ensayos, siguieron el modelo europeo de producción en jaulas en cautiverio, con lo cual partió la industria, en torno a 1985.

Cabe hacer notar que todo el *know-how* inicial que se aprendió en Japón con múltiples visitas de funcionarios del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA) de la época, para aprender a cultivar salmón, se exportó al sector privado de la industria en la

¹² Ingeniero comercial, Pontificia Universidad Católica de Chile; MBA Universidad de Chicago. Socio fundador y expresidente de AquaChile, la mayor salmonera chilena y una de las más importantes a nivel mundial.

Décima Región. Normalmente es al revés, por lo que fue una positiva experiencia desde el punto de vista social y de aporte del sector público al sector privado.

Casi todos los pioneros partieron en esa época desde cero, mirando a los países que habían comenzado antes: Noruega, Escocia y Canadá. Había que salir a aprender de ellos, ir a cada seminario que se organizara, lo que permitió no solo adquirir conocimiento, sino también constatar que había una comunidad bastante abierta. Parte del aprendizaje que se logró hacer fue gracias a la creación de lazos de amistad comercial y técnica con todos esos países. Se seguía la receta y el diagnóstico japonés, que decía que el salmón era el animal más eficiente en convertir proteínas para el consumo humano y que, por lo tanto, esta industria incipiente estaba montada en un muy buen caballo.



Los salmoneiros pioneros partieron desde cero, aprendiendo de los países que habían comenzado antes: Noruega, Escocia y Canadá. Parte importante del aprendizaje que se logró hacer fue gracias a la creación de lazos de amistad comercial y técnica con todos esos países

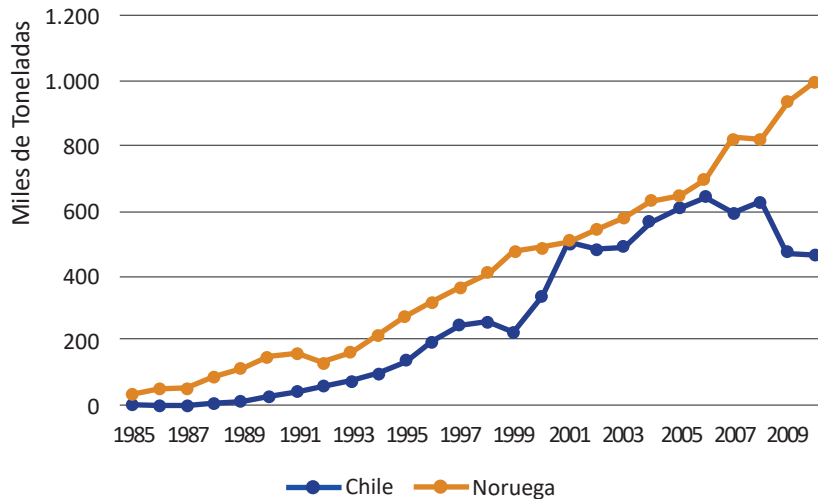
Adicionalmente, en los fiordos de la zona se daban las condiciones naturales y las temperaturas adecuadas para el cultivo del salmón y había un ambiente apropiado de bienes públicos provistos por el país. Esto dio el impulso para emprender, salir adelante y hacerlo bien. Esta situación estuvo enmarcada, también, dentro de la decisión del Gobierno de la época, después de la crisis, de que Chile debía buscar su crecimiento sobre la base de las exportaciones en aquellos rubros donde el país contaba con ventajas competitivas, por lo que había un panorama muy ventajoso para emprender y crecer.

Crecimiento sostenido

Durante los primeros diez o quince años la industria del salmón creció sostenidamente, mejorando los costos y llegando a alcanzar a Noruega. Pero lo hizo acompañada de otros sectores productivos, como la fruticultura, que también emergió a la luz de esta visión de llegar al resto del mundo con productos saludables, donde Chile tenía ventajas; y eso hacía que el Estado también estuviera impulsando esta política de abarcar los mercados internacionales y crecer en exportaciones, fuera de los productos tradicionales, que siempre han sido dominados por la gran minería del cobre.

GRÁFICO 1.

EVOLUCIÓN DE PRODUCCIÓN DE SALMONES EN CHILE-NORUEGA, 1985-2009



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SalmonChile.

Al cabo de muy poco tiempo, recordando que esta es una industria nueva que comenzó a producir a mediados de los 80, se logró llegar a 43 países con un alimento sofisticado; en formatos fresco, congelado y empacado; con un altísimo valor agregado, aportado en gran parte por las mujeres de las plantas de proceso en el sur de Chile. La incorporación de las mujeres es otro factor importantísimo: es de las pocas industrias con un significativo componente femenino, provisto y asegurado en lugares remotos, donde no había alternativas laborales. Los habitantes de Aysén y Chiloé solían salir a buscar trabajo esquilando ovejas en Argentina durante el verano para poder subsistir en invierno. Eso terminó. La gente en Chiloé y en Aysén logró tener ingresos permanentes y dignos.

Esto se suma al hecho de que todo lo que pasa en la industria del salmón ocurre en regiones. El gerente general de cada una de las empresas está allá, así como los trabajadores y los técnicos. La presencia en Santiago se da básicamente cuando se tiene que negociar con los bancos y las autoridades o conversar con algún parlamentario para impulsar los distintos proyectos. Esa es la gestión que se lleva a cabo en Santiago, el resto ocurre en las regiones. En Chile, siempre se ha buscado descentralizar la economía, y la salmonicultura lo hizo exitosamente.

Al comienzo, el desafío era cómo darles valor agregado a nuestros recursos naturales. Aquí hay que recordar que en los inicios, en los años 70, la harina y el aceite de pescado se vendían a US\$700 la tonelada; pero lo que hizo la industria, al incorporarlos a la

producción de salmón, es que multiplicó por 12 veces el valor del componente de dichos alimentos.

Al mismo tiempo, y esto tiene que ver con el impacto social, al principio hubo una crítica o una aprensión de que la industria agotara o forzara la pesca, pero lo que ocurrió fue lo contrario: en veinte años se redujo el uso de harina y aceite de pescado, y hoy el sector es fuente de compra y abastecimiento de proteínas vegetales cultivadas principalmente en la Novena Región, ejemplo también de una buena capacidad de poder multiplicar y salpicar positivamente a otras áreas de la economía. Con todos los inconvenientes que han surgido en el camino, esta industria ha sido un ejemplo de haber logrado hacerlo bien.

Regulación

Sin embargo, como resultó ser obvio posteriormente, el país no estaba preparado para administrar el tamaño que adquirió la industria previo al ISA: no existía una regulación adecuada. Basta señalar que el ISA brotó en Chile en centros de una empresa noruega, y fue así, porque las autoridades de la época se negaron a poner restricciones más exigentes a la importación de ovas, ya que Chile tenía pactos comerciales suscritos con los Estados pares que lo impedían. La postura de los salmoneros era que, aunque esto era cierto, se debía considerar que todos los países que producen salmón impiden la entrada de ovas por razones sanitarias, por lo que había que buscar la forma de hacerlo; no obstante, la respuesta política de los gobiernos de la época fue que no estaban disponibles para esto. Como consecuencia de ello, el virus llegó y afectó a toda la industria.



El país no estaba preparado para administrar el tamaño que adquirió la industria previo al ISA: no existía una regulación adecuada. El virus ISA llegó a Chile desde Noruega, porque las autoridades se negaron a poner restricciones más exigentes a la importación de ovas, ya que Chile tenía pactos comerciales suscritos con los países pares que lo impedían

Cabe consignar también que el brote del virus en 2007 coincidió con la erupción del volcán Chaitén, por lo que hubo que autorizar el movimiento de las biomásas para evitar un daño mayor. Este hecho provocó la muerte del 70% de la biomasa cultivada al cabo de un año desde que llegó el virus.

La capacidad de reacción y la preparación regulatoria que tenía la industria eran paupérrimas. En otros países, cuando hay brote de enfermedades, se ordena lo que

se denomina *stamping out*, esto es, se mata toda la población enferma. Pero como el Gobierno no tenía el recurso legal para hacerlo, cada vez se fueron viendo afectados más centros productivos.

Años después ocurrió el *bloom* de algas, que corresponde a un fenómeno de la naturaleza. La temperatura subió más de lo normal en un comparable histórico y, además, favorecido por una estabilidad climática no vista en nuestra región. Cuando el clima no cambia, se empiezan a producir estos florecimientos de algas que provocan una mortalidad fuertísima. Nuevamente, el Gobierno —o la regulación del momento— no estaba preparado para enfrentar un nivel tan grande de mortalidad. Las plantas de procesamiento, barcos, transportes, botaderos, todo colapsó. Fue la tormenta perfecta. Frente a una situación como esta, Chile cuenta con un convenio internacional que da una salida y es el vertimiento en alta mar en lugares determinados y vigilados por la autoridad; esta es la válvula de escape que se usa y está regulada en otros países. No obstante, hubo indecisión e incapacidad de la autoridad para autorizarlo y el salmón que estaba muerto, pero fresco, se transformó en podrido a la espera de una decisión política.

Hay que sumar a todo lo anterior la temprana acusación de *dumping* por parte de Estados Unidos y de Europa. Se logró salir adelante y se han sorteado muchas dificultades, pero se necesita algo de viento a favor de parte de la gobernabilidad y de las autoridades.

Competitividad

Una industria tan importante como ha llegado a ser la del salmón, distinguida en el rubro de los alimentos dentro de los primeros lugares en el mundo, para ser más competitiva, en un sentido muy amplio del término, tiene la tarea de llegar a ser una industria querida por el país, con los límites que deba tener: si es que la producción tiene que reducirse, que se reduzca; si es que la distancia entre centros de cultivo tiene que cambiar, que se cambie.

No obstante, cada vez que se ha intentado ir al Congreso con la propuesta de que de las 1.300 concesiones que hay, 700 son suficientes, y que se podrían distanciar y agrandar para que sean más productivas, la actitud de los gobiernos ha sido de desconocimiento e indiferencia.

La visión populista de la política, que buscó obtener beneficios de una crisis para ganar apoyo y voto, ha sido una tremenda barrera para el progreso de la industria. Progreso que no tiene que ver solamente con producir más, sino con mantener el prestigio que ha llegado a tener el salmón en el resto del mundo.



La visión populista de la política, que buscó obtener beneficios de una crisis para ganar apoyo, ha sido una gran barrera para el progreso de la industria. No solo en términos de producción, sino que en mantener el prestigio del salmón en el resto del mundo

Cuando el sector falla, cuando la producción cae un 50%, ya no se tiene la misma confiabilidad en los mercados. Cuando hay una huelga en los puertos y se deja de vender una semana, nuestros productos son sacados de los supermercados, con las consiguientes pérdidas para el sector y para la economía en general. Entonces, entre las cosas que se deben mejorar —y seguramente esto es aplicable a otros rubros del país— está el tomar conciencia de lo importante que es la confianza. Chile es un país pequeño y respetable, pero es prescindible, y si no se gana la confianza del mercado mundial, tanto en la capacidad de entregar lo prometido como en la calidad de lo que se entrega, la reputación del producto nacional baja, afectando negativamente en el largo plazo.

En definitiva, para ser competitivos se requiere tener una regulación adecuada, que permita una respuesta rápida ante las distintas eventualidades, y que sea además dinámica. En tres o cuatro años más, el cambio climático puede obligar a administrar el sector de otra forma, pero será muy difícil si hay que esperar en un Congreso cinco años para tomar una decisión.

Factor comunicacional

Lo anterior se relaciona con un tema no mencionado y que tiene que ver con el ámbito comunicacional. Cómo los rubros destacados, que son pilares del crecimiento del país, logran hacer un trabajo eficiente y transmitir las cosas buenas que se construyen, a fin de perseverar para que sigan funcionando bien.

Cuando se tiene una industria de esta magnitud, con exportaciones anuales de más de US\$5.000 millones, dando trabajo en lugares donde no hay otras alternativas y generando prestigio para Chile en el mundo, el mensaje y la petición es que hay que cuidarla. Desde el punto de vista de la producción, el deber es renunciar a un crecimiento insostenible y retomar proyectos cuando se tengan reglas del juego que permitan contener los riesgos.

A diferencia del cobre, que es un *commodity* puro, en que la productividad es lo más importante, en el sector salmonero se pueden aumentar las ventas vía precio, teniendo

un producto con un mayor valor agregado, que sea percibido como de alta calidad, en vez de forzar un volumen que ponga al sector en la incertidumbre frente a los mercados.



A diferencia del cobre, en el sector salmonero se pueden aumentar las ventas vía precio, teniendo un producto con un mayor valor agregado, que sea percibido como de alta calidad, en vez de forzar un volumen que ponga al sector en la incertidumbre frente a los mercados

Quizás se ha fallado comunicacionalmente al presentar las vicisitudes de la industria salmonera. Hoy, las comunicaciones son muy importantes, y la opinión del público en general y la visión del mundo político están muy influenciadas por las buenas y malas comunicaciones. La mejor receta para seguir creciendo y consolidar el sector es invertir en mejorar el área comunicacional y de imagen, sobre todo cuando se trabaja con alimentos. Esto no es lo mismo que el cobre, pues si se pierde la reputación del alimento, no habrá compradores o se tendrá que vender a un mínimo precio.

Consideraciones finales

Cuando se descartó el *ranching* como sistema de cultivo, se dijo que en Japón funciona, pero en Chile no y es por el *enforcement* de las reglas del juego en derechos de propiedad. Lo mismo ocurrió cuando hubo intentos por parte de la Fundación Chile de promover el cultivo de la merluza. Es imposible que el sector privado cultive merluza si es idéntica a la que está libre en el mar y cuyos dueños son los pescadores artesanales, y en consecuencia, no se empujó el cultivo de la merluza por esta restricción legal y cultural. Este año 2020, en el Congreso de Chile se acaba de aprobar la iniciativa de abrir legalmente la pesca del salmón.

Existe evidencia histórica de que eso sería un desastre, es equivalente a transformar un bien privado en uno público. El argumento político que se da en ese caso es que, ante la ruptura de jaulas y escape de salmones, los pescadores artesanales solucionarían el problema ambiental generado al permitir la pesca, pero esto aumentaría considerablemente la frecuencia de ruptura de jaulas.

Cuando se ve que persevera este tipo de iniciativas es porque son mensajes de carácter populista, que buscan el voto fácil para una eventual reelección, pero detrás de eso no hay ninguna vocación de hacerle un bien al país, ni menos al sector salmonero. Por el contrario, es exponer a una industria que ha tenido un gran efecto social positivo a un tremendo riesgo.

Frente al deterioro de la imagen pública de muchos niveles de liderazgo, incluidos los parlamentarios, que debieran invertir su tiempo en construir y no en destruir, surge la necesidad de cambiar el diálogo, tener la franqueza para decir las cosas y proteger lo que la industria ha construido, cuya evidencia empírica data de mucho tiempo.

Si bien es cierto que hay un impacto producido por el sector y no se puede eludir, como es el caso de la basura y del plástico en las playas, aspecto que motiva preocupación y constantes esfuerzos por evitarlo; con la misma fuerza se puede decir que lo que están haciendo algunos puede generar un daño enorme para el país y para la industria.

Este año 2020, ha habido un *bloom* de algas de magnitud considerable en Noruega. Si se observa la prensa y la posición de las autoridades, seguramente —esta es una hipótesis— aparecerá un país que brinda apoyo incondicional para solucionar una situación de emergencia. En cambio, para el sector salmonero chileno se constituyó una comisión investigadora que duró seis meses, las conclusiones no las escuchó ni defendió nadie, pero de todas formas la industria quedó como culpable y sin solución aparente, porque tampoco está decidido si en una próxima crisis parecida que ocurra, la autoridad y el país ordenarán el vertimiento oportunamente sin esperar la licencia social. Hay cosas que tiene que realizar la autoridad por el bien del país y no las puede consultar en las calles, máxime si se trata de dar soluciones frente a las emergencias.

Hay que revisar lo que Noruega está haciendo para identificar lo que necesita hacer la industria nacional para obtener el apoyo del país y del Gobierno y así mejorar en lo que a cada uno corresponde, siempre teniendo como norte los requerimientos y el bien de la sociedad.

LA REVOLUCIÓN DEL SALMÓN EN CHILE

Arturo Clément¹³

Salmonicultura, la mayor revolución industrial de Chile

A nuestro juicio, la salmonicultura ha sido la mayor revolución industrial en Chile de los últimos cincuenta años: *The Economist* la llamó *blue revolution*. Es una nueva industria que logró hacer un cambio y pasó a tener una gran importancia en el mundo industrial. Sin embargo, el camino no ha sido fácil.

Un grupo de emprendedores se atrevió con este negocio y lo desarrolló hasta conseguir lo que es hoy. Actualmente, existe un entorno de más de 3.000 empresas proveedoras. En el mundo de la salmonicultura se pueden encontrar pymes altamente innovadoras, con gente joven que tiene anhelos y ganas de emprender, y que cuentan con un alto nivel de capital humano. Ha sido un camino de éxitos y fracasos; sin embargo, en los últimos tres años se ha generado una estabilidad y se ha recuperado la rentabilidad de la industria, condición que es vital.

A pesar de que la salmonicultura se percibe como un importante aporte económico al país, esta no es querida. Sin eximir su responsabilidad al respecto, el gran objetivo de la industria es que a futuro sea sustentable, que genere mayor capital social y que sea percibida como beneficiosa por toda la sociedad.



El gran objetivo de la salmonicultura es que a futuro sea sustentable, que genere mayor capital social y que sea percibida como beneficiosa por toda la sociedad

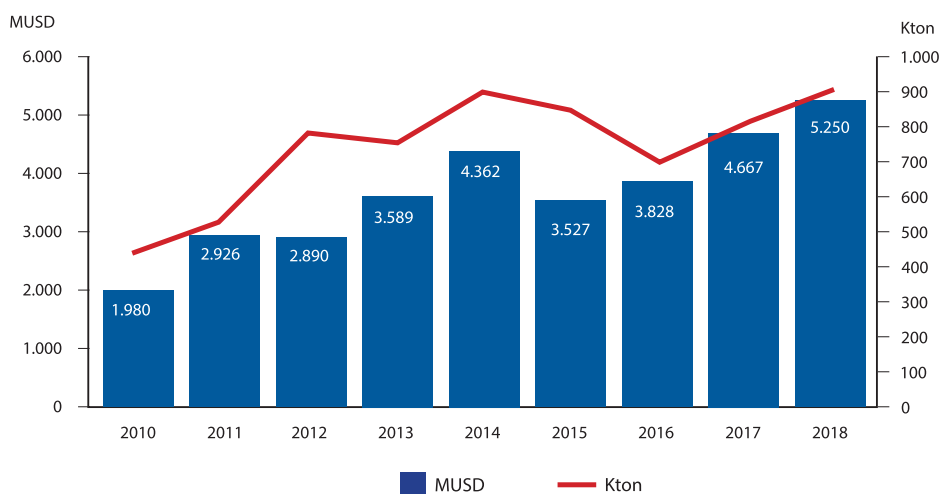
¹³ Ingeniero civil de la Universidad de Chile. Fundador y CEO de Multiexport Foods, fundador de SalmonEx y Data Salmon (plataforma *online* de precios de salmón y reportes de mercados). Se ha desempeñado como director de Ventisqueros S. A. y presidente de BluGlacier, de EE. UU. Actualmente es presidente de SalmonChile.

El hecho de operar en un bien nacional de uso público permite que las ONG y cualquiera sean críticos con esta industria; es como si se estuviera produciendo en el patio de la casa de todos los chilenos. Si a eso se suma que la Patagonia es un paraje natural maravilloso y que atrae a ricos y famosos, que tienen una gran capacidad comunicacional, el sector se halla, indudablemente, en una desventaja comunicacional enorme. Se advierte también, en general, que la opinión pública está llena de mitos y falsedades con respecto al quehacer de la salmonicultura, lo cual refleja una responsabilidad que debe ser cubierta por el sector.

Crecimiento de la industria

Durante los últimos años el crecimiento ha sido sostenido, pero no con la velocidad que se experimentaba en el pasado. El crecimiento promedio de las exportaciones de los últimos diez años ha sido 5%, con Estados Unidos, Japón, Rusia, Brasil y Chile como los principales mercados. Los mercados emergentes más importantes son China, en el quinto puesto, y Chile en el tercero, que en 2018 creció un 60%. En resumen, el problema no está en la demanda.

GRÁFICO 1.
Exportaciones anuales de salmón, Chile



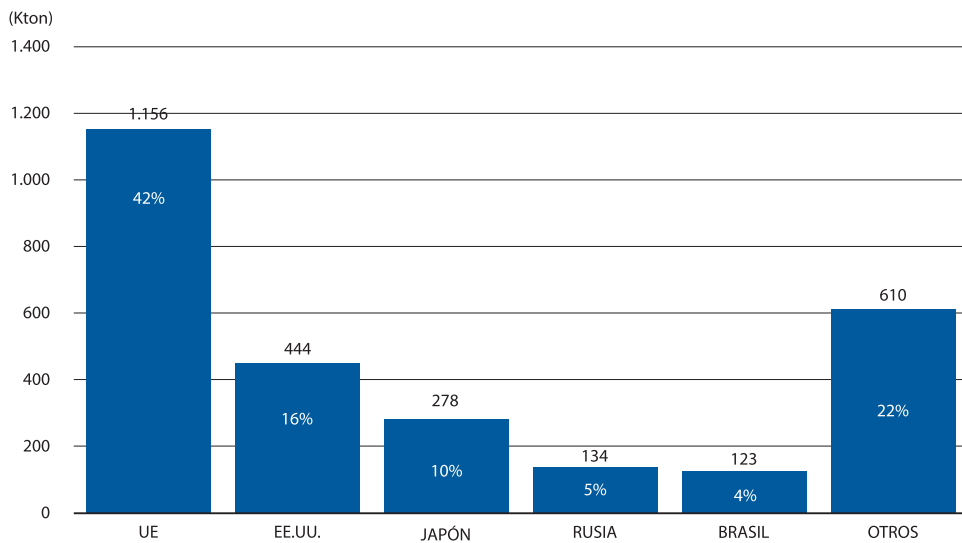
Fuente: DataSalmon.

Chile y Noruega acumulan cerca del 80% de la producción mundial de salmón, que es un nivel que pocas industrias en el mundo pueden presentar.

El mayor mercado del salmón es Europa, dominado por Noruega, país que copa prácticamente el 90% de dicho mercado. Chile tiene muy poca participación en Europa, por la importante diferencia en los costos de distribución. Para Noruega, llegar desde Oslo a cualquier parte de Europa es totalmente distinto a los US\$2,50 que cuesta a Chile llevar producto fresco.

Chile, en cambio, domina el mercado americano y japonés, aunque compite con Noruega; y en Rusia es mayoritario, porque hoy por razones políticas Noruega está bloqueada, y esa es una situación coyuntural que podría eventualmente cambiar. Chile domina también el mercado brasileño, por las mismas razones que Noruega domina Europa, y compite en muchos otros países.

GRÁFICO 2.
Principales mercados del salmón



Fuente: DataSalmon.

Desde el punto de vista de la demanda, en los últimos años el crecimiento promedio se ha encontrado en torno a 6%. Si se hace un ejercicio de crecimiento, se obtiene que entre 2030 y 2040, la demanda total se va a duplicar. ¿Cómo puede Chile aprovechar este incremento futuro de la demanda? Parte de esta expansión de la demanda será abastecida con proyectos *land-based* en otros lados; existen aquí las posibilidades competitivas para hacerlo localmente. ¿Se podría en los próximos quince años duplicar las exportaciones chilenas de salmón? Estas son interrogantes que los políticos y las autoridades debieran comenzar a debatir.



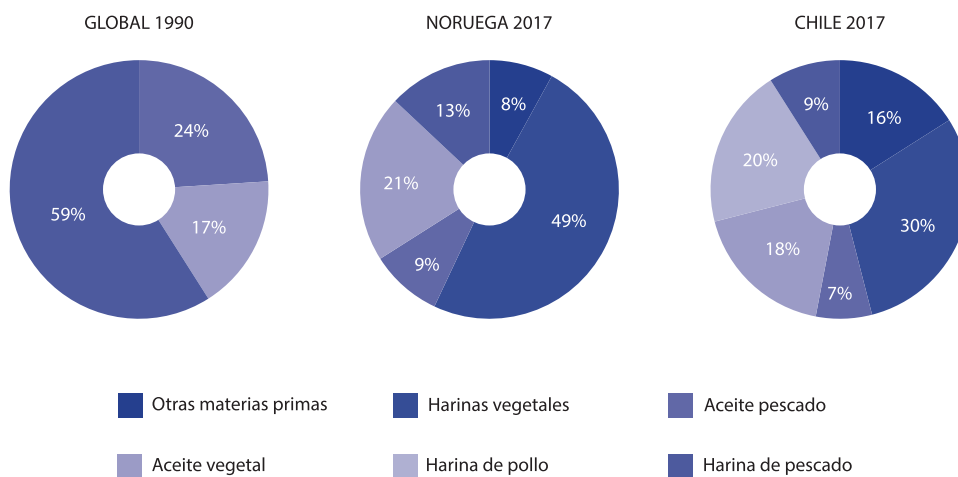
Entre 2030 y 2040, la demanda total de salmón se va a duplicar a nivel mundial, ¿se podría en los próximos quince años duplicar las exportaciones chilenas de salmón?

Sustentabilidad

Es común decir que el salmón no es sustentable. La primera crítica surgió porque, si bien se reemplazaba el consumo de pescado salvaje por salmón de cultivo, se incorporaban altos niveles de harina y aceite de pescado en las dietas: en los años 90 era 80%, pero ahora es menor a 15%; y Chile tiene capacidades de reemplazo más altas que Noruega.

Con los desarrollos de productos que generan omega-3, ya se puede ir prescindiendo del uso de harina de pescado en Chile. El salmón Verlasso, por ejemplo, prácticamente no lo utiliza, y no es el único caso. La industria ha suplido todo eso con productos sustentables, como lo son compuestos de soja, gluten de maíz, harinas de pluma y harinas de vísceras de otras proteínas animales.

GRÁFICO 3.
Materia prima en alimento del salmón



Fuente: Handbook Marine Harvest (2018).

Junto con lo anterior, se ha generado un valor agregado adicional para el sector agricultor en Chile, pues hoy se plantan 50.000 hectáreas de raps que van directamente a la producción de pescado. Esto ha generado una nueva industria, cuyo potencial llega a 200.000 hectáreas, donde se puede incorporar trigo, lupino y otras fuentes vegetales de alto contenido proteico, operación que ya se está desarrollando en asociación con el Ministerio de Agricultura.

Actualmente, la industria es productora neta de pescado, y si bien aún se requieren entre 0,5 y 0,7 kilos de pescado para producir 1 kilo de salmón, en dos años más no se va a requerir nada. Se continúa agregando harina y aceite de pescado no por razones nutricionales, sino para mantener el contenido de omega-3 en la carne. Pero dado que hay en el mundo cerca de seis o siete proyectos que están produciendo omega-3, se podrá agregar en la dieta y, por ende, prescindir absolutamente de aquellos.

Existían muchas críticas también, especialmente de las organizaciones asociadas a la harina y aceite de pescado, de que si se dejara de usarlos, este cambio iba a generar un problema en la salud de los peces. Todo lo contrario, hoy se está en la mejor condición sanitaria posible. Ha habido un proceso de investigación y desarrollo que ha permitido este reemplazo mejorando la productividad de la industria.



Hoy estamos en la mejor condición sanitaria de la industria. Ha habido un proceso de investigación y desarrollo que ha permitido mejorar su productividad

El salmón es altamente eficiente, tiene la tasa de conversión alimenticia más alta: se producen 1,2 kilos de carne por 1 kilo de alimento, mientras que la carne de vacuno ocupa 6 kilos. En cuanto al rendimiento de carne comestible: 68% del salmón es carne, mientras que para carnes rojas es 41%. Un centro de cultivo de salmón ocupa un espacio de aproximadamente 2 a 3 hectáreas, donde se producen en torno a 3.000 toneladas de pescado; en tanto que para producir la misma cantidad de vacuno se necesitan 4.000 hectáreas en tierra: 4.000 versus 3.

TABLA 1. Nivel de eficiencia e impacto ambiental

Toneladas	Indicador	Salmón	Carne de vacuno
Alta eficiencia	FCR (Tasa de conversión de alimento)	1,2	6,0
	Rendimiento a carne comestible	68%	41%
	Carne por 1 kg de alimento	0,57	0,07
Bajo impacto ambiental	Huella de carbono (kg CO ₂)/kg carne comestible	2,9	30,0
	Consumo de agua l/kg carne comestible	1.400	15.400

Fuente: SalmonChile.

El nivel de eficiencia desde el punto de vista de la productividad del salmón es impresionante y es igual para otros peces, este no es un patrimonio solamente del salmón. Dos factores determinan esa eficiencia: 1) los peces no tienen que regular su temperatura, como los mamíferos; y 2) no tienen que luchar contra la fuerza de gravedad. Estos son dos componentes físicos fundamentales que permiten que el salmón traspase toda su energía al crecimiento.

Adicionalmente, el salmón tiene el más bajo impacto medioambiental; la huella de carbono 2,9 kilos de CO₂ por carne comestible versus 30 kilos (CO₂) de la carne roja. En cuanto al consumo del agua —que es un gran tema que viene hacia adelante— el salmón tiene el más bajo consumo que cualquier proteína producida en tierra.

El salmón es nutritivo y saludable, tiene los más altos contenidos de omega-3, EPA y DHA. La recomendación médica es que cada persona consuma entre 2 y 3 gramos de omega-3 a la semana. Las píldoras (omega-3) que venden las farmacias se elaboran a base de salmón, pero no del salmón natural, sino de sus vísceras. Esto implica que el salmón aplica el concepto de economía circular: todo se aprovecha, nada pierde.

Reiterando, el rendimiento de la carne del salmón es del 68%, el otro 32% va todo al mercado. Las mortalidades se transforman en ensilaje; si este ensilaje es fresco, se utiliza en harina o aceite de pescado, si es más antiguo se transforma en fertilizante. Las cabezas, vísceras y despuntos van a la planta de reducción para harina y aceite de pescado; la harina va a *pet foods* o a producciones de otras empresas acuícolas en Asia.

Además, el salmón es fácil de cocinar, está siempre disponible y es un producto *premium* que tiene su prestigio ganado. En definitiva, el salmón es la proteína más eficiente, más saludable y más sustentable, a pesar de que la ciudadanía tiene la percepción contraria.

FACTORES RELEVANTES EN LA PRODUCTIVIDAD

Regulación

¿Cuáles son los factores relevantes en la productividad del salmón? Esta es una industria altamente regulada y con un modelo ineficiente. La forma en que se encuentra regulado el sector es demasiado compleja: es “un parche sobre otro parche”. Ha habido medidas que han ayudado a limitar el crecimiento; no obstante, es un modelo que requiere una intervención mayor.

Sin embargo, es difícil realizar cambios por cuanto el Gobierno no se involucra en los serios problemas que enfrenta el sector. En el Congreso se percibe una alta ansiedad legislativa hacia el sector, que se traduce en restringirlo más; “legislando para la galería”.



En privado, las autoridades reconocen que los salmoneros son grandes empresarios, pero se suben a un estrado y los desconocen: son los leprosos de la sociedad

La industria salmonera, probablemente incluso más que la minería, está siendo condenada y cuestionada por todos lados, y pocos la defienden. En privado, las autoridades y ministros reconocen que los salmoneros son grandes empresarios, porque generan trabajo y valor agregado, pero se suben a un estrado y los desconocen: quedan al nivel de los pesqueros, somos los leprosos de la sociedad. Entonces, ¿cuál es el gran tema? La licencia social.

Por otra parte, los indicadores biológicos son determinantes, porque las fases de agua de mar representan cerca del 50% del costo. Los indicadores medioambientales también importan, indudablemente, porque si el medioambiente no está en buenas condiciones, es un mal escenario para producir. Por eso, más allá de las regulaciones, hay que preocuparse de que los indicadores ambientales sean positivos; en la medida en que estos lo sean, los resultados van a ser mejores.

Investigación, Desarrollo e Innovación

Definitivamente, Chile tiene una inversión muy baja en I+D+i: 0,36% del Producto Interno Bruto, mientras que Noruega tiene un 2,2%. Un componente importante de I+D que hay en Chile es financiado por la industria, alrededor del 50% a 60%. Hay cuatro consorcios operando los que han sido bastante exitosos, pero aún es insuficiente. En la actualidad, Noruega invierte US\$250 millones al año en I+D+i exclusivamente para la salmonicultura, en tanto Chile se encuentra en el orden de US\$15 millones a US\$17 millones al año.

La industria acuícola está hoy muy tecnificada. El 95% de los centros de cultivo tiene alimentación automática, el 87% tiene cámaras submarinas y detectores Doppler para que no se pierda el alimento y el 70% cuenta con sensores *online* de temperatura, salinidad y CO₂, producidos en Chile.

Esta industria es gran generadora de datos, y como se desenvuelve en un sistema en que intervienen variables ambientales, sanitarias y económicas, necesita contar con nuevos softwares para utilizar *big data* e inteligencia artificial. Esto va a permitir grandes mejoras de la productividad.

El sector está totalmente integrado, desde los productores hasta la venta, en que la parte más importante se centra en el *farming*, donde se generan los mayores costos. El 100% de las ovas se produce en Chile. Algunas empresas pequeñas aún las importan, pero son muy limitadas. Se aspira a que eso definitivamente se acabe, porque el país tiene ovas de alta calidad y cuenta con toda la tecnología necesaria y con proyectos genéticos de primera línea.

Concesiones y sistema de barrios

El sistema de concesiones es en sí deficiente, porque al obtenerla obliga a producir en el mismo lugar para siempre. Pero medioambientalmente sería mejor que en un ciclo se produzca en un lugar, y el siguiente en otro. Sin embargo, la regulación actual obliga a permanecer en el mismo sitio, y si hay algún desplazamiento, este se sanciona. Noruega, en cambio, entrega licencias y permite que se pueda mover la producción entre un ciclo y otro, dentro de un área.

Por otro lado, se cuenta hoy con más de 1.300 concesiones, pero hay aproximadamente un 30% de ellas que se pidieron hace muchos años y que son muy difíciles de utilizar. Antiguamente se solicitaban concesiones lo más abrigadas posible, idealmente a 15 metros de profundidad; Hoy se necesitan 60 o 70 metros, pues la tecnología permite estar en aguas de condiciones más extremas. Esto significa que se requiere un proceso de relocalización.

Por otra parte, hoy se realizan descansos sanitarios de tres meses de manera obligatoria; como se han acortado los ciclos, los descansos se extienden a seis meses. En suma, este sistema de concesiones, que obliga a producir siempre en el mismo lugar, es el primer punto negativo que presenta el modelo rector y por eso se debe trabajar en ello.

Post ISA se estableció un sistema de barrios, que es bueno, pero requiere perfeccionamiento. Se cuenta hoy con 90 barrios y 1.320 concesiones, pero se están utilizando solo 350. Se dice que el potencial que tiene la industria es gigante, pero lo cierto es que no es tanto, porque un 30% no se puede ocupar: se tiene que contar con una reserva de concesiones para los períodos de descanso del orden del 15%.

A grandes rasgos, se estima que el potencial de crecimiento de la producción es de aproximadamente 400.000 toneladas. Como se señaló previamente, las estimaciones indican que en diez años más se va a duplicar la demanda, por lo que es un tema que el sector debe resolver, pues el *stock* de concesiones con que se cuenta no dará abasto.

Indicadores biológicos

Independientemente del caso del *bloom* de algas y de los otros mencionados que elevaron este índice, hace ya cinco años que las mortalidades han bajado. Es más, las mortalidades de Chile durante los últimos años han sido más bajas que las noruegas; es decir, el país tiene un mejor estándar que Noruega.

Históricamente, los pesos de cosecha de los noruegos eran por lo menos 1 kilo más alto que en Chile, pero en la actualidad —y hace ya dos o tres años—, los pesos de cosecha locales son mayores.

El rendimiento por smolt es el indicador clave de productividad: cuántos kilos se producen por smolt ingresado al mar. Este rendimiento ha subido notablemente en las tres especies chilenas y, además, es mayor que el de Noruega, porque en este factor inciden la mortalidad y el peso promedio. La tasa de conversión de alimento también ha disminuido, a pesar de las modificaciones de la dieta.

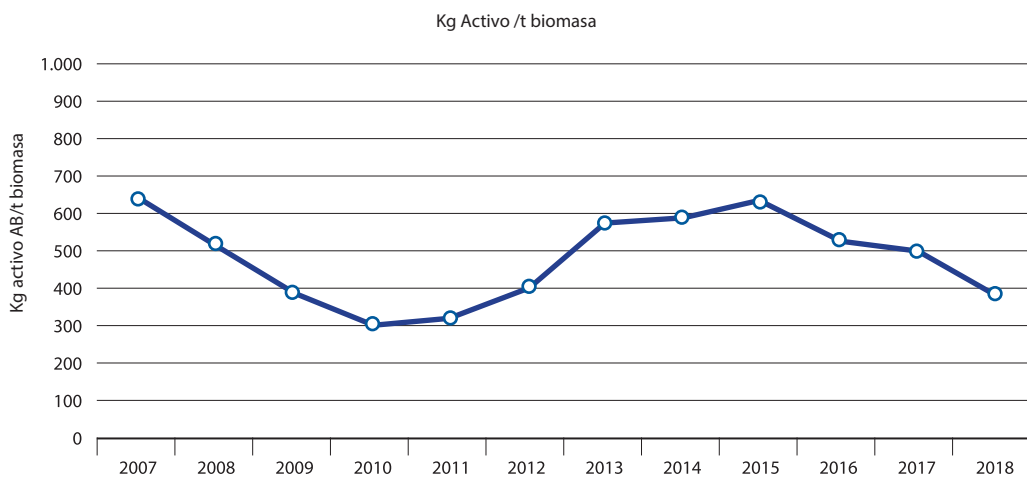
Por lo tanto, los indicadores biológicos que son determinantes de la productividad, de los costos y, finalmente, de la rentabilidad del negocio, han sido todos positivos e irán mejorando. No obstante, el sector debe ser muy consciente de que el medioambiente y las condiciones biológicas son dinámicos y, por ende, hay que estar siempre alertas y no confiarse, porque las condiciones pueden y van a cambiar.

Antibióticos y vacunas

¿Por qué hay tanta demora en el desarrollo de una vacuna efectiva contra la rickettsia? Porque este es un microorganismo intracelular, y no existe en el mundo ninguna vacuna intracelular; por lo que se trata de un tema complejo. No es porque la industria se relaje; al contrario, lleva veinte o veinticinco años investigando y buscando una solución, y todas las farmacéuticas del mundo están en lo mismo.

El antibiótico *per se* no es malo, el problema es la resistencia que puede generar en humanos, porque hay poco *stock* de antibióticos en el mundo para seres humanos. Entre los que se ocupa está el Florfenicol, definido por la OMS como un antibiótico solamente de uso veterinario, y como nunca se va a utilizar en humanos, la posibilidad de que haya una contaminación de resistencia es mínima. Este es el primer mito.

GRÁFICO 4.
Consumo de antibióticos



Fuente: SERNAPESCA.

Pero más importante es destacar que han ido bajando estos consumos. Durante el 2016 a 2019 ha aumentado la biomasa cultivada y, sin embargo, ha disminuido un 23% el consumo de antibióticos. Se ha hecho un acuerdo con el Monterey Bay Aquarium, que es la ONG más importante en sustentabilidad en Estados Unidos, para reducir un 50% el consumo de antibióticos hacia 2020-2025.

Precios

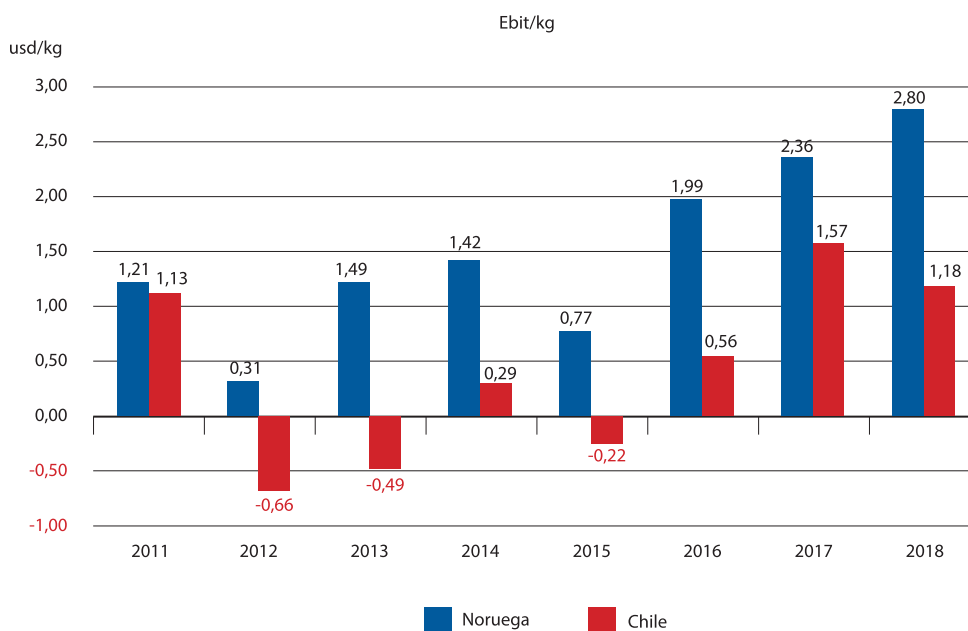
Parte de la estabilidad reciente del sector tiene relación con que Estados Unidos en el período 2016-2018 ha presentado precios elevados y estables. La industria representa hoy el 45% del mercado de salmón en Estados Unidos y no hay ningún producto chileno que tenga ese market share en dicho país. No obstante, llevando a una misma base los precios de Noruega y Chile, se aprecia un gap de precios: los noruegos venden a mayor precio que los chilenos. Este gap tiene que ver con la imagen país y con la mayor presencia que tienen los noruegos en Europa, porque ellos manejan el 90% del mercado y, prácticamente, no tienen competencia.



Llevando a una misma base los precios de Noruega y Chile, los noruegos venden a mayor precio que los chilenos, lo que tiene que ver con la imagen país y la mayor presencia que tienen en Europa

En Brasil, en tanto, hay ya cuatro años de precios muy estables, lo mismo que en Japón con el salmón coho y la trucha, lo que ha hecho que el período de la pesadilla post ISA se haya olvidado. A partir de 2016, el EBIT por kilo ha sido positivo y ha ido subiendo. En definitiva, el sector ha tenido buenos resultados los últimos años y se estima que en el mediano plazo se van a mantener. Pero Noruega tiene mejores resultados que Chile en el EBIT y eso tiene que ver con la diferencia de precios. La brecha de precios y la oportunidad que tiene el sector son enormes.

GRÁFICO 5.
Rentabilidad (EBIT) empresas Chile – Noruega



Fuente: Salmonexpert.

Desde el punto de vista de firmas que están abiertas en la Bolsa, los resultados han sido muy importantes. Actualmente, Chile está en una buena posición de precios en el mercado financiero. En 2018 se produjo la consolidación: Agrosuper compró AquaChile, Salmones Magallanes y Friosur y se transformó en el segundo operador del mundo. En tanto que la empresa china Joyvio, del grupo Lenovo, compró Australis, lo que significa que los inversionistas nuevamente están interesados en la industria nacional. Pero lo más importante aquí es mantener y cuidar la situación de largo plazo.

Desafíos

Desde la perspectiva de la productividad y de la competitividad, el desafío es mantener los costos bajos en el largo plazo. Chile fue capaz —como lo fue en la época del 90 y hasta previo al ISA— de tener costos más bajos que los noruegos; hay que repetir esto hacia el futuro.

De igual modo, reducir el *gap* de precios con Noruega, y en eso se ha estado trabajando: con la formación del Chile Salmon Marketing Council, desarrollando campañas en Brasil y estudiando el mercado chino.

Pero aún existe un trabajo enorme que hacer en el mercado en los siguientes aspectos:

1. Seguir el plan de reducción de antibióticos. Este es un camino sin retorno. No hay certeza de cuánto ha de demorar la solución, pero se debe producir sin antibióticos lo antes posible;
2. Aumentar la inversión en innovación y desarrollo;
3. Mejorar la campaña externa e interna: externa, desde el punto de vista del *marketing*, para mejorar la imagen del salmón de Chile; interna, para generar una mayor licencia social;
4. Trabajar con *big data* e inteligencia artificial;
5. Minimizar el impacto medioambiental, que es un tema de sustentabilidad del cual el sector debe hacerse cargo. Estudiar las tecnologías para lograr que la remediación de los fondos marinos sea más rápida que la remediación natural que presenta hoy;
6. Usar la transparencia como un valor fundamental;
7. Modernizar la normativa de acuerdo a estos nuevos desafíos, pues la que rige actualmente es un ancla que impide avanzar.

SalmonChile se está abocando desde 2017 y hacia adelante en implementar una estrecha labor con las comunidades locales; generar valor compartido con los principales *stakeholders* —en la actualidad trabaja con los pueblos originarios y los pescadores artesanales, que ya son grandes socios— y colaborar con proveedores y trabajadores.

Pero el foco principal de la industria en el mediano plazo es el trabajo con las comunidades locales. Para ello, es preciso relatar la verdadera historia de su origen, una historia linda que no se ha sabido contar. Ahora es el momento de entregarla, porque no hay nada que esconder y nada de qué avergonzarse... ¿Y para qué? Para generar y maximizar el capital social que permita seguir operando hacia el futuro.

PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD EN ACUICULTURA

Cristina Navarro¹⁴

Este artículo proporciona una mirada desde los proveedores de la industria salmonera, analizando cuáles son las oportunidades de mejora que tiene la industria para aumentar su productividad en el largo plazo.

Bioled es una empresa proveedora de la industria salmonera, que trabaja aumentando la eficiencia en el cultivo de salmón a través del manejo de fotoperiodo, una técnica que permite acortar el proceso de engorda y mejorar la calidad del producto final mediante la reducción de madurez.

En primer lugar, hay un espacio de mejora dentro de la industria en la comunicación y coordinación entre capas gerenciales y las bases productivas, que son los centros de cultivo. Las empresas salmoneras suelen ser muy grandes y verticales, con muchos mandos entre la gerencia y los centros de cultivo, por lo que la comunicación entre ambos no siempre funciona. Es común que estas partes no se entiendan y que, incluso, las bases desconozcan las instrucciones u orientaciones que la gerencia está dando.

La falta de coordinación también afecta al sector público. En acuicultura se observa que los trámites están distribuidos en distintas reparticiones públicas que no se comunican entre sí, por lo que es común tener que hacer un mismo trámite, o algunos muy parecidos, en diversas instituciones. Sería ideal que se creara un centro o departamento que coordine todas estas tareas y trámites relacionados con la acuicultura, así como se hizo para que la gente consulte su situación personal en las AFP o en las Isapres. Como la transformación digital ya es una realidad, debería haber una sola plataforma (por internet) que permita realizar toda la tramitación necesaria.

El capital humano utilizado en los centros de cultivo no es el más preparado formalmente ni tampoco el con más experiencia, a pesar de que este es el núcleo más importante de

¹⁴ Ingeniera comercial de la Universidad Austral de Chile. Se ha desempeñado en importantes empresas nacionales en el área comercial. Actualmente es gerenta general y cofundadora de Bioled Spa.

la producción, donde se concentran los mayores costos y ganancias dentro de la cadena de valor. Cuando existe capital humano con experiencia y preparación, habitualmente es promovido a otras áreas productivas. Es necesario buscar formas de atraer capital humano capacitado y con experiencia hacia estos cargos en las unidades productivas, que es donde puede tener un mayor impacto en la creación de valor.



El sector salmonero necesita mayor grado de colaboración. Las empresas están dispuestas a recibir nuevas tecnologías, pero no tanto a colaborar para su desarrollo

Por otra parte, a nivel más estructural, el sector salmonero necesita, transversalmente, mayor grado de colaboración. La industria, por ejemplo, está abierta a recibir nuevas tecnologías, pero no a colaborar para su desarrollo.

Un caso ilustrativo es el de la oferta de servicios de fotoperiodo, en que se controla una variable ambiental que afecta el proceso productivo del salmón: la luz. Sin embargo, existen al menos otras 10 variables particularmente relevantes que interfieren en el crecimiento del salmón, entre ellas variables ambientales, biológicas y sanitarias. Por lo tanto, para poder determinar si se obtienen resultados positivos, es necesario conocer las otras variables. Sin embargo, los datos y resultados que suministran las empresas son habitualmente parciales, lo que impide investigar y aprender para generar mejoras en el proceso productivo. Si existiera colaboración, estos datos serían proporcionados a sus proveedores, permitiendo mejoras de productividad que beneficiarían a ambas partes.

A esto se suma el hecho de que en la industria no existe un centro de investigación que posibilite desarrollar proyectos a escala real en agua de mar, lo que obliga a convencer a las mismas empresas a realizar pruebas en sus ciclos productivos normales, con evidentes complejidades para la investigación y para conclusiones relevantes.

Otra área en que la colaboración es también una oportunidad de avance es dentro de las empresas mismas. Es común que distintas áreas geográficas de una misma empresa compitan entre sí, muchas veces sin compartir ni siquiera las buenas prácticas utilizadas. Compiten, en vez de colaborar. Esto también pasa en las áreas funcionales: la gerencia de Producción compite con la de Operaciones, en vez de servir una a la otra. Estas son dos áreas con espacio de mejora dentro de la organización.

Entre empresas también existe falta de colaboración. Es habitual escuchar sobre los problemas que presenta la salmonicultura en términos de la imagen que proyecta hacia la sociedad, respecto a las comunidades y el mercado. Aunque ya se están realizando esfuerzos para solucionarlos, para que estos sean efectivos es necesario

que las compañías del sector actúen de manera conjunta, o los esfuerzos no serán suficientes. Basta que una empresa no siga las normas o reglas para que la imagen completa de la industria se vea perjudicada. De igual manera, cuando una sola compañía lleva a cabo una acción positiva, hacia la comunidad por ejemplo, no se percibe tan fuerte como cuando actúan en conjunto. Por lo mismo, es fundamental que todas las empresas trabajen como un bloque, y no de manera aislada, para poder resolver los problemas que existen con las comunidades y con la imagen del sector en los mercados internacionales.

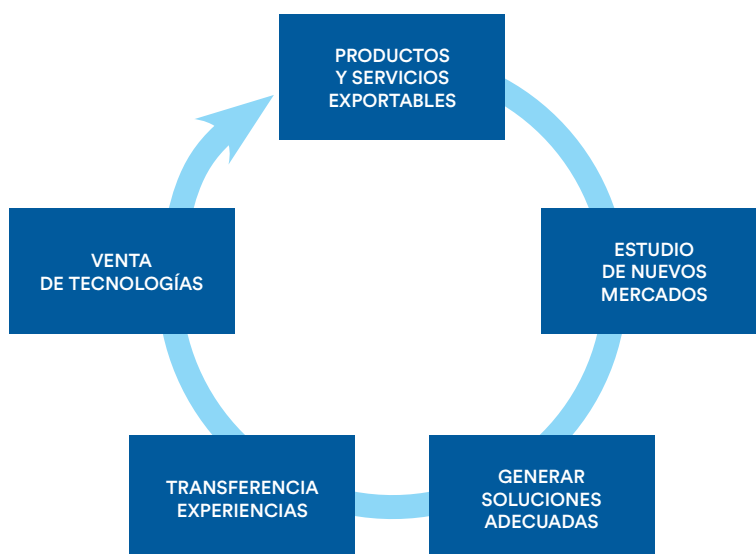
En términos de productividad, un aspecto que amerita mayor atención es el del conjunto de productos y servicios exportables que esta industria elabora, que no son solo salmones, sino que son todos aquellos asociados a las empresas proveedoras que se han desarrollado a su alrededor. Este sector presenta una amplia gama de productos exportables, no solo hacia otros países, sino también hacia otras especies.



La industria acuícola, a través de las empresas proveedoras que se han desarrollado a su alrededor, presenta una amplia gama de productos y servicios exportables, no solo hacia otros países, sino también hacia otras especies, que ameritan mayor atención

Pero hay un trabajo previo que hacer. Primero se requiere hacer un diagnóstico de los mercados; adaptar las tecnologías y generar soluciones adecuadas; hacer transferencia de experiencia, por ejemplo, hacia el mercado peruano, que podría aprender de lo que ha hecho el sector salmonero en Chile, de los errores que se han cometido y de las buenas prácticas adoptadas; y después recién se vuelve factible y rentable para los proveedores ingresar y vender a otros mercados.

Como empresa, Bioled ha ido al mercado peruano a indagar y ver si es posible trabajar y exportar servicios de fotoperiodo, pero se constató que aún no han alcanzado el grado de desarrollo en acuicultura para que les sea económicamente conveniente instalar fotoperiodo; todavía faltan muchas cosas por hacer para llegar a esta tecnología, que es buena, pero más sofisticada que otras necesidades más básicas que no se han aprovechado.



Fuente: Elaboración propia.

En otro plano, un conjunto de tareas pendientes tiene relación con la labor de regulación, fiscalización y la forma de operar del Estado en ciertas áreas relevantes para la salmonicultura.

Por ejemplo, los incentivos de investigación y desarrollo que tiene el Estado no se adecuan al trabajo con seres vivos, lo que afecta directamente a la acuicultura, aunque no exclusivamente a ella. Un ejemplo de esto son los proyectos CORFO, que exigen rendición de cuentas en plazos definidos, lo que en sí es positivo, pero estos no se ajustan a los procesos naturales en que se basa la producción acuícola, lo que significa que es muy difícil o imposible cumplirlos. No se le puede exigir a un pez que crezca y llegue a la madurez en un año calendario si su organismo no está adaptado para eso.

Otros problemas se dan en términos de las legislaciones laborales y los permisos asociados a los procesos productivos. Retomando el tema de atraer más talentos hacia los centros de cultivo, sucede que existen regulaciones laborales que no permiten multifunciones en los trabajadores. Los centros de cultivo en Canadá y Noruega llegan a trabajar con solo cinco personas, y ellos son los que cocinan, hacen mantención a los equipos y alimentan a los peces, con bastante tecnología, pero no más que en Chile. Sin embargo, en nuestro país la ley no permite eso: el que es cocinero tiene que cocinar; el que es mecánico tiene que ver la parte mecánica.

Por último, volviendo al tema de una oferta exportable que no sea solo salmón, sino que aquella asociada a los proveedores que están en esta industria, es necesario generar un

tipo de certificación que permita indicar qué productos y, con mayor razón, qué servicios cumplen con los requisitos y normas para ser exportados, porque en este momento las certificaciones existentes no están adecuadas para la acuicultura, por lo que no se les pide certificación.

Así, por ejemplo, en cuanto a los equipos eléctricos flotantes, que es el caso de los equipos de fotoperiodo, pero también de sensores y otras tecnologías acuícolas, ocurre que las certificaciones eléctricas tradicionales que entrega la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) no son para artefactos flotantes; a su vez, DIRECTEMAR, que es la encargada del registro y certificación de artefactos flotantes, no tiene ninguna certificación eléctrica como para evaluar estos productos. Como resultado, no existen certificaciones de artefactos eléctricos flotantes en Chile, lo que sucede también en otros productos y servicios asociados a la acuicultura, dificultando la labor a la hora de querer exportar.



La industria salmonera tiene un alto nivel tecnológico, pero para pasar al siguiente nivel se necesita digitalizar y automatizar, y en Chile es muy difícil encontrar recurso humano calificado para hacerlo

Pensando en la nueva revolución industrial, la revolución 4.0, es necesario atraer talentos no solo a la salmonicultura, sino que a Chile en general, que permitan trabajar y seguir en la senda del desarrollo. La industria salmonera tiene un alto nivel tecnológico; sin embargo, para pasar al siguiente nivel se necesita digitalizar y automatizar, y en Chile es muy difícil encontrar mano de obra capacitada o recurso humano calificado para hacerlo, y las universidades chilenas no lo están preparando. Más difícil aún si se habla de inteligencia artificial: en Chile casi no hay empresas ni personas con conocimientos y experiencia en inteligencia artificial, y menos en Puerto Montt o en el sur de Chile.

ACUICULTURA EN PERÚ

DIAGNÓSTICO DE LA ACUICULTURA EN EL PERÚ

Fernando Kleeberg¹⁵

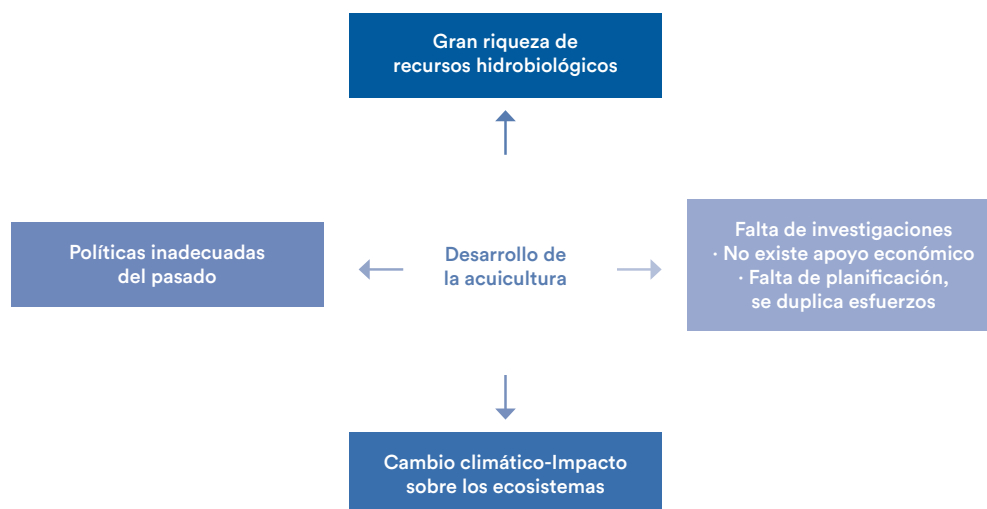
El Perú cumple un rol muy importante en la despensa de alimentos para el mundo, especialmente proteína de origen pesquero. A pesar de ser el principal productor de alimentos para la acuicultura y de tener una extensa costa marina, y espejos de agua tanto en la costa como en la sierra y selva, el desarrollo de la acuicultura en el Perú es incipiente. Esto se debe a una diversidad de elementos, pero uno de ellos es la gran riqueza de recursos hidrobiológicos naturales con que cuenta, lo que permite que no falten en la mesa pescados de origen salvaje, debido a lo cual no se prioriza el cultivo de peces.

A pesar de ello, durante los últimos años han sido grandes las expectativas de abastecimiento de alimentos mediante la acuicultura que cubran las necesidades de proteína de la población mundial. Para esto, se hace necesario conocer de qué manera se podría romper la inercia del desarrollo de la acuicultura peruana y plantear estrategias que le permitan su crecimiento basado en productividad y sustentabilidad. Esto genera dudas en cuanto al impacto que ello provocará y si se podrá crecer de manera sostenida y sustentable.

En el Perú, el Estado no se ha preocupado de incentivar la acuicultura con políticas y financiamientos adecuados; hay una carencia de estrategias para su desarrollo. Existen ejemplos a seguir de otros países donde el Estado apoya a los productores acuícolas y la investigación, pero esto no ha ocurrido en el pasado. No obstante, durante 2018 y 2019, este apoyo se viene planificando y haciendo efectivo en la acuicultura, con incentivos a la investigación, el desarrollo e innovación en las universidades y centros de producción, esperando que sea el inicio del crecimiento sostenido del sector.

¹⁵ Máster en Ingeniería en Alimentos de la Universidad de Campinas, Brasil, e ingeniero con especialidad en pesquería de la Universidad Agraria del Perú. Se ha desempeñado como profesor principal de la Universidad Agraria y como decano de la Facultad de Pesquería de esa misma universidad. Es jefe del Departamento de Tecnología Pesquera y profesor en la Universidad de Lima.

ILUSTRACIÓN 1. Factores que impactan el desarrollo de la acuicultura en el Perú



Fuente: Elaboración propia.

Descripción general del sector en el Perú

Javier Atkins, exviceministro del Perú, señaló que en 2018 el sector acuícola tuvo una producción de 100.000 toneladas, que en valor representan unos US\$300 millones, y que para 2019 se espera un crecimiento por encima del 10%. Esto es favorecido por una demanda cada vez mayor de productos pesqueros de origen acuícola, debido al crecimiento de la población, al turismo interno y externo y al decrecimiento de las especies salvajes capturadas.



De acuerdo a estimaciones de FAO (2018), el Perú es el país donde se considera que más crecerá la producción acuícola: 121% de 2016 a 2030

De acuerdo a FAO (2018), el Perú es el país con mayor crecimiento esperado de la producción acuícola entre los países evaluados: 121% de 2016 a 2030. El caso de la trucha es ejemplar: en poco tiempo alcanzó las 80.000 toneladas. Se podría crecer más aún, considerando el potencial que tiene el Perú y si el Estado apoya decididamente a este sector, realizando un plan de desarrollo a mediano y largo plazo para el cultivo intensivo.

TABLA 1. Producción de pescado prevista, 2030 (en equivalente en peso vivo)

Región	Pesca y acuicultura			Acuicultura		
	Producción Miles de toneladas		Crecimiento de 2016 a 2030 (%)	Producción Miles de toneladas		Crecimiento de 2016 a 2030 (%)
	2016	2030		2016	2030	
Asia	121.776	114.666	18,8	71.546	97.165	35,8
China	66.808	79.134	18,4	49.244	64.572	31,1
India	10.762	13.407	24,6	5.700	8.212	44,1
Indonesia	11.492	15.158	31,9	4.950	8.253	66,7
Japón	3.872	3.427	-11,6	677	745	10,1
Filipinas	2.821	3.229	14,4	796	1.085	36,3
República de Corea	1.894	1.831	-3,3	508	632	24,4
Tailandia	2.493	2.757	10,6	963	1.305	35,4
Vietnam	6.410	8.087	26,1	3.625	5.085	40,3
África	11.260	13.556	20,4	1.982	3.195	61,2
Egipto	1.706	2.657	55,7	1.371	2.302	68
Marruecos	1.448	1.712	18,2	1	2	33,3
Nigeria	1.041	1.231	18,2	307	418	36,2
Sudáfrica	618	590	-4,5	5	6	1,9
Europa	16.644	17.954	7,9	2.945	3.953	34,2
Federación de Rusia	4.932	5.244	6,3	173	291	67,9
Noruega	3.360	3.909	16,3	1.326	1.719	29,6
Unión Europea	6.463	7.025	8,7	1.292	1.664	28,8
América del Norte	6.703	6.470	-3,5	645	744	15,4
Estados Unidos de América	5.364	5.371	0,1	444	495	11,4
Canadá	1.063	1.099	3,5	201	249	24,2
América Latina y el Caribe	12.911	16.035	24,2	2.703	4.033	49,2
Argentina	759	853	12,4	4	4	3,4
Brasil	1.286	1.885	46,6	581	1.097	89
Chile	2.535	3.665	44,6	1.035	1.309	26,4
México	1.732	1.993	15,1	221	316	42,6
Perú	3.897	4.450	14,2	100	221	120,9

Fuente: FAO (2018).

En el Perú existen tres regiones naturales, cada una de ellas con sus oportunidades y desafíos: costa, sierra y selva.

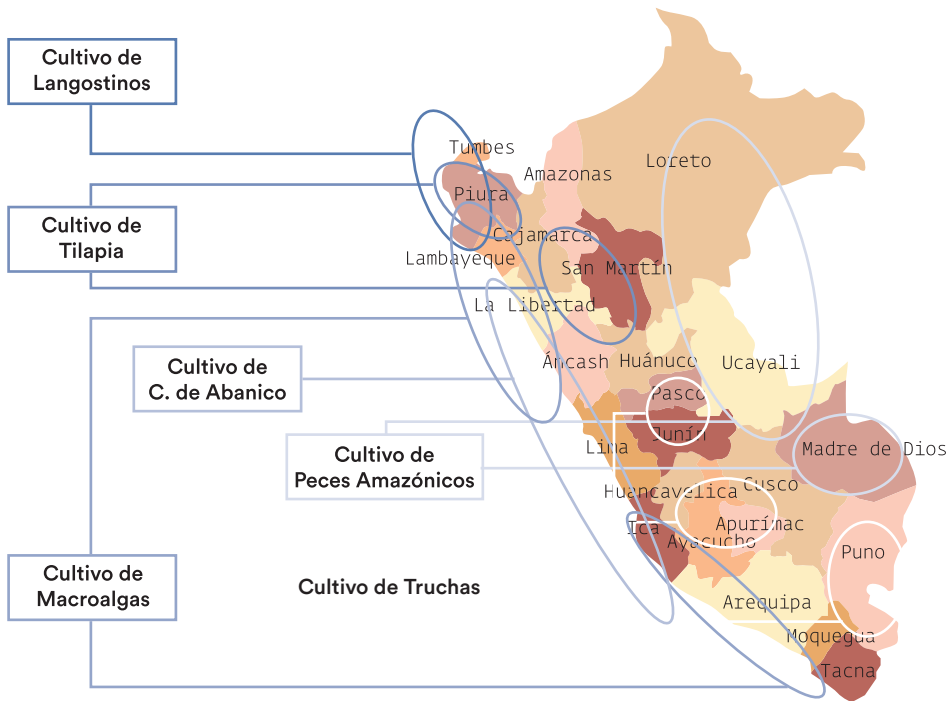
La costa es un invernadero natural bañado por ríos que cruzan fértiles valles con variados microclimas, consecuencia de su ascensión a los picos de la cordillera de los Andes por el lado occidental. Se produce principalmente concha de abanico, que se ha adaptado muy bien a la zona norte, creciendo su producción, pero que puede ser afectada por el incremento de la temperatura a causa del fenómeno del Niño; y langostino, especie que se adapta al agua dulce, como es el caso del cultivo con aguas del río Piura, pero con zonas de cultivo que podrían prácticamente desaparecer debido a potenciales inundaciones por el cambio climático.

En la sierra se tienen lagunas de aguas frías y en el lado oriental destacan las lluvias venidas del Atlántico que se precipitan en la sierra y selva. El cultivo más importante es la trucha en jaulas flotantes, donde los deshielos y lagunas forman ríos limpios y oxigenados ideales para ello.

En la selva existe la ceja de selva (o selva alta), con grandes afluentes al río Amazonas, y en cada uno de esos lugares se pueden cultivar diversas especies. El incremento de agua de los ríos en época de lluvias afecta los cultivos, y en vaciante se forman cochas que con una adecuada tecnología se pueden aprovechar para el cultivo de especies nativas. En la selva destaca el cultivo de tilapia y paiche para exportación, siendo una carne muy apreciada y de alto rendimiento. También se producen especies como el sábalo, doncella, carachama y bocachico, con pequeñas producciones de los pobladores rurales.

La siguiente ilustración muestra el mapa del Perú con los cultivos más importantes según región geográfica:

ILUSTRACIÓN 2.
Producción acuícola según región geográfica



Fuente: PRODUCE (2016).

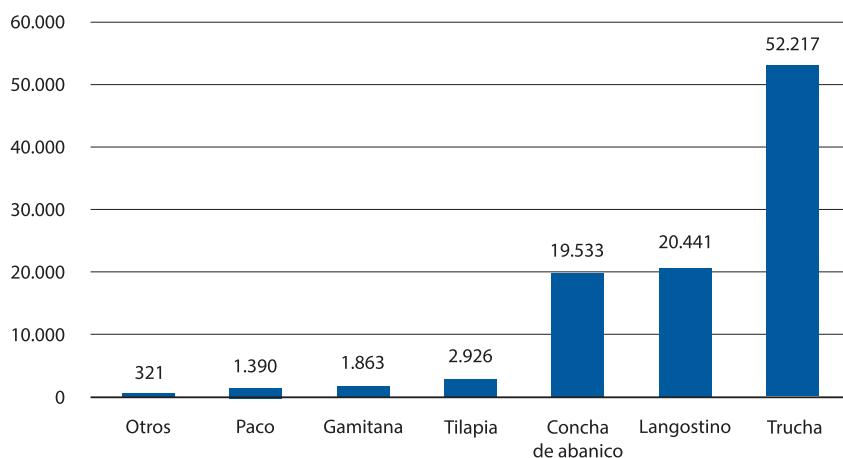
Entre las especies con mayor producción destaca de manera importante la trucha, cultivo que ha experimentado un significativo aumento en jaulas flotantes en el lago Titicaca en Puno. No obstante, la intensificación de este cultivo debe ser investigada con detención para prevenir los efectos de enfermedades por virus y bacterias, como ha sucedido con el cultivo de salmón en Chile.



Entre las especies con mayor producción destaca de manera importante la trucha, cultivo que ha experimentado un significativo crecimiento. No obstante, su cultivo debe ser seguido con detención para prevenir el surgimiento de enfermedades, como ha sucedido con el cultivo de salmón en Chile

GRÁFICO 1.

Producción acuícola en Perú, según especie, 2016 (Toneladas)

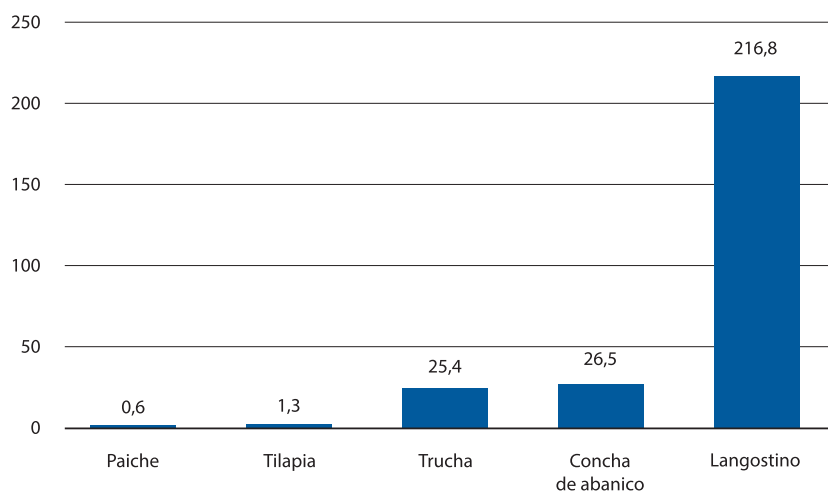


Fuente: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), 2017a.

También destacan el langostino en la costa de Tumbes y Piura y la concha de abanico en los mares de Sechura. Tanto el langostino como la concha de abanico son, en su mayor parte, exportados. Su presencia en el mercado local no es importante; en cambio, la trucha es la principal especie cultivada vendida en el mercado interno, representando el 87% de las ventas acuícolas locales.

GRÁFICO 2.

Principales exportaciones de productos acuícolas, 2017 (Millones de US\$)

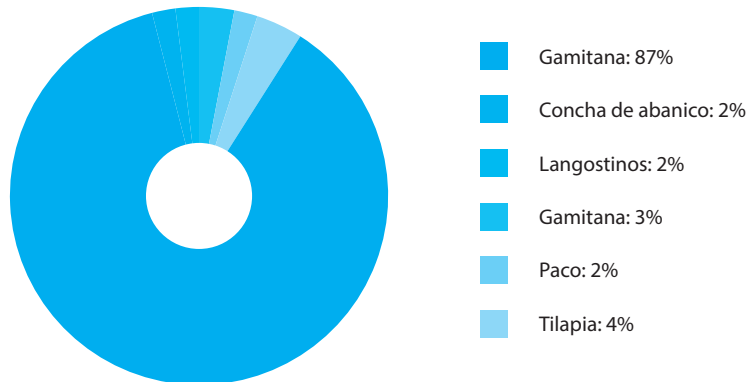


Fuente: Camtrade Plus (2018).

A continuación, en el gráfico 3 se presentan las principales especies comercializadas en el mercado local, según el informe de la ONUDI sobre el diagnóstico de la cadena de valor acuícola de la Amazonia en el Perú (2017a).

GRÁFICO 3.

Principales productos acuícolas vendidos en el mercado local, 2016



Fuente: ONUDI (2017a), PRODUCE (2016).

Los principales países importadores de trucha peruana en 2018 fueron Estados Unidos, Rusia y Canadá. La exportación de esta especie es reciente, lo que hace prever que su crecimiento será cada vez más significativo. El despegue de las exportaciones recién se está dando; existe mucha competencia mundial, debido a que otros países tienen una fuerte presencia internacional, pero con el tiempo y dadas nuestras ventajas comparativas y competitivas, podremos ingresar a otros países con precios muy ventajosos.

Aspectos importantes de las principales especies cultivadas en el Perú

Langostino. Especie cultivada en la costa norte del Perú, en las regiones de Tumbes y Piura. Los principales problemas son la enfermedad de la mancha blanca en cultivos intensivos y la carencia de semillas para la producción, las cuales en su mayor parte son abastecidas por pescadores o son importadas. Los equipos para las instalaciones también son importados, mientras que el alimento balanceado para el cultivo es proveído por empresas del Perú. La demanda del mercado interno es incipiente y se exporta a EE. UU., UE y Países Bajos. Las empresas tienen dificultad para el financiamiento. Los precios mundiales están en baja.

Concha de abanico. Falta ordenamiento territorial de bancos naturales. Semillas disponibles solamente de reproducción natural en temporada: existe solo un *hatchery* en el país, de tecnología japonesa. El alimento balanceado para el cultivo es abastecido por empresas del Perú. El mercado interno es incipiente y se exporta a EE. UU., UE y Países Bajos. Existe apoyo financiero público, pero persisten problemas de seguridad por continuos robos.

Trucha arcoíris. Se importan ovas de calidad, porque los bancos reproductores producen ovas sin la certificación. La trucha se comercializa en el mercado interno y pequeñas cantidades son exportadas. El cultivo intensivo es en estanques y jaulas flotantes. Es necesaria la estandarización de las técnicas de cultivo de pequeños productores. Bajo nivel de investigación; productores dispersos y con baja productividad. La trucha es cultivada para autoconsumo y ventas locales. El alimento balanceado para el cultivo es abastecido por empresas del Perú. El mercado interno es creciente. Grandes empresas pesqueras producen en convenio con pequeñas empresas para el mercado local. Existe apoyo financiero público, pero un servicio de extensión insuficiente. Otros problemas son la agricultura y la minería, que afectan la calidad del agua en su cultivo (un llamado de alerta es lo que pasó en Chile con el salmón: durante los últimos años disminuyó su producción como consecuencia de la intensificación de su cultivo en jaulas flotantes y por factores ambientales y sanitarios que aún se siguen estudiando).

Tilapia. Centros de producción integrados, monocultivos, estanques y jaulas. Su acelerada madurez sexual y gran capacidad de reproducción generan tallas no uniformes y alta densidad poblacional. Es consumida principalmente en el mercado interno. La maquinaria es importada y no existen plantas de procesamiento en la selva.

Rol del Estado

Pedro Olaechea, exministro de Producción, proyectó que Perú se convertirá en uno de los principales productores acuícolas de América Latina y será un importante competidor mundial en la pesca de consumo humano directo hacia 2021. Para lograr este objetivo, el Ministerio de la Producción del Perú se ha planteado los siguientes retos:

- a) Fomentar la articulación sistémica entre los diferentes agentes económicos e institucionales para generar y acelerar la dinámica de innovación de las cadenas de la pesquería y acuicultura nacional, de manera sostenible e inclusiva;
- b) Fortalecer las capacidades de los principales actores del Sistema Nacional de Innovación para identificar, generar o adquirir, validar y promover la adopción de productos y procesos innovadores en la pesca y la acuicultura;
- c) Ampliar y mejorar la disponibilidad del mercado de servicios para innovar en productos y procesos en la producción, transformación, comercialización y consumo de la pesquería y acuicultura nacional;

- d) Construir un marco institucional sistémico y coherente en los tres niveles de gobierno, que garantice una activa conducción política y administrativa del proceso de renovación del sector pesca y acuicultura y el fomento de la inversión privada. Para ello ha creado el Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura (PNIPA), con el objetivo de tecnificar procesos y cultivos para mejorar la productividad y la calidad del manejo de la pesca y de la acuicultura, ambos temas relacionados por ser la pesca el principal abastecedor de alimento de la acuicultura.

Se ha planteado en 2018 un monto de US\$120 millones para el desarrollo de este programa, que financiará cerca de 2.000 proyectos de innovación pesquera y acuícola durante cuatro años. De estos, 261 serán proyectos de investigación y 1.723 de asistencia técnica y capacitación. Sus funciones son las siguientes:

- Generar condiciones habilitantes eficaces que promuevan y fortalezcan las sinergias entre diversos actores del sector.
- Direccionar las intervenciones del sector hacia las especies/temáticas priorizadas, con miras a establecer agendas regionales de innovación en pesca y acuicultura.
- Identificar redes sociales en el sector para comprender las dinámicas productivas e identificar los cuellos de botella que requieren especial atención.

Los concursos están dirigidos a diversos tipos de entidades participantes. Para ello, ha creado los CITE (Centros de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica), ubicados en diferentes regiones del país. En la tabla 2 se muestra la ubicación de estos centros, que por ahora son pocos, pero deberán incrementarse en los siguientes años.

TABLA 2. Ubicación de los Centros de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica

CITE acuícola público	<ol style="list-style-type: none"> 1. CITE Sechura 2. CITE Ahuashiyacu 3. CITE Arena 4. CITE La Puntilla 5. CITE Muelle Barco
CITE acuícola privado	<ol style="list-style-type: none"> 1. CITE Acuícola de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (Talara)
CITE pesquero	<ol style="list-style-type: none"> 1. CITE Pesquero Callao 2. Unidad técnica del CITE pesquero Ilo
CITE pesquero amazónico	<ol style="list-style-type: none"> 1. CITE pesquero amazónico San Martín 2. Unidad técnica del CITE pesquero amazónico Ucayali

Fuente: Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura (PNIPA), 2016.

El desarrollo de estos proyectos contribuirá a aumentar la productividad del sector y elevar la competitividad, mejorando las cadenas de valor y la generación de mayor valor agregado, y fortalecerá la seguridad alimentaria y el aprovechamiento de la biodiversidad pesquera y acuícola.

Otro programa importante es el Plan Nacional de Desarrollo Acuícola (PNDA), que tiene como propósito apoyar y guiar el proceso de desarrollo de la acuicultura a través de la movilización de recursos financieros del sector público (gobierno central y gobiernos regionales), el sector privado y la cooperación internacional; el desarrollo de recursos humanos y el mejoramiento del desempeño de las instituciones encargadas de promover y fomentar la acuicultura en el Perú.

¿Qué se requiere para estimular la innovación acuícola en el Perú?

Se requiere fuerte apoyo económico y financiero del Estado; crear una institución que gestione y desembolse este apoyo sobre la base de resultados; organización e interacción de capacitación y monitoreo entre academia-empresa (empresas subcontratadas que evalúen proyectos con resultados); capacidad científica y tecnológica —si no hay en el país, importarla en una primera etapa—; acceso a la información científico-tecnológica; estímulos fiscales y simplificación administrativa; sistemas de transferencia de resultados; creación de centros piloto de producción en cada región (clúster de desarrollo en acuicultura) para cada especie, para la producción de alimentos, para el sistema logístico, para centros de conservación de la cadena de valor; y seguir los Objetivos del Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de la FAO.

Competitividad y productividad del cultivo de especies

Según el presidente de Sierra y Selva Exportadora, Alfonso Velásquez, hace falta la inversión en esta actividad para incrementar la productividad del recurso y asegurar una oferta sostenible. Da el ejemplo del cultivo de paiche en la Amazonia: “Es cara la inversión para sembrar solo una hectárea con paiche. Nosotros trabajaremos simultáneamente para atraer la inversión en este sector. Queremos ser competitivos para exportar, pero también para que su precio a nivel nacional sea más asequible y así todos los peruanos puedan comerlo”, comentó.



Estimaciones indican que el cultivo de paiche y de trucha en jaulas flotantes presenta una alta rentabilidad para pymes en el Perú, con Tasas Internas de Retorno (TIR) estimadas de entre 35% a 50%, por lo que son una gran oportunidad de desarrollo para el sector privado

Se estima que en Perú se podrán cultivar diferentes especies, entre las que habrá algunas de altos costos, demandadas por sectores que pueden pagarlo; y otras que tendrán un precio asequible por sus costos, pero igualmente de alto valor nutricional. Como en el mar, donde tenemos especies de alto valor, como el lenguado, cojinova, etc., y especies más asequibles, como el bonito, merluza, etc.

De acuerdo a estimaciones del Ministerio de la Producción, el Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (IIAP) y el gobierno de la región Ucayali, el cultivo de paiche en jaulas flotantes presenta una alta rentabilidad, con Tasas Internas de Retorno (TIR) estimadas de 33,2%. De igual manera, para el caso de la trucha, Arroyo y Kleeberg (2018) reportan una rentabilidad (TIR Económico y Financiero) en empresas medianas y pequeñas de entre el 35% y el 50% para el TIRE, incrementándose si es TIRF de 65% a 89%.

En langostino —según el diario *Gestión*—, en Tumbes se puede desarrollar una langostinera en 9 hectáreas, con una inversión aproximada de US\$250.000, y si el proyecto se realiza en 18 hectáreas, serían US\$411.000.

Conclusiones

- Las principales especies cultivadas en el Perú son concha de abanico, langostino y tilapia en la costa; trucha en la sierra, y tilapia y paiche en la selva. Asimismo, en la selva, los cultivos de paco y gamitana comienzan a tener importancia por su demanda.
- Es fundamental complementar los cultivos con especies que sean más económicas que lleguen a los diferentes sectores económicos, como la tilapia en la costa y ceja de selva; seguir trabajando con la trucha en la sierra para mejorar su productividad; el bocachico, la doncella y el sábalo, especies nativas de los ríos de la selva. Asimismo, incentivar el cultivo del crustáceo artemia, alimento de la etapa primaria de cualquier acuicultura.
- Seguir investigando la trucha para la producción de ovas de calidad en el Perú y disminuir la dependencia de importarlas.
- A pesar de ser el primer productor de harina y aceite de pescado, principal alimento en acuicultura, Perú sigue siendo un país con poco desarrollo en esta actividad económica. No obstante, el Estado comienza a priorizar esta inversión.
- Aún se discute si cuidar los propios hábitats de las especies de manera que se recuperen o desarrollar la acuicultura intensivamente. La propuesta es hacer un trabajo donde se pueda cuidar sus hábitats y también trabajar la acuicultura utilizando fuentes de alimentos lo más eficientes posible, con el mínimo impacto, produciendo proteína de bajo costo y de calidad.
- Para que el crecimiento de la acuicultura sea una realidad, se debe apoyar el desarrollo de la acuaponía rural de pequeña, mediana y gran escala, tanto en la

costa como en la sierra y selva, y generar clústeres regionales para la gestión de las cadenas productivas.

- Los parques acuícolas se constituyen en una buena herramienta para gestionar el crecimiento de la actividad acuícola en el Perú, debido a que permiten ordenar la actividad, pero sobre todo facilitar las inversiones en ella. La implementación de estos parques podría empezar aprovechando las zonas de cultivo de concha de abanico en la bahía de Sechura (Piura), el cultivo de truchas en jaulas en el lago Titicaca (Puno) y el cultivo del paiche en la selva.
- No regales pescado, enséñales a cultivar.

DESARROLLO SOSTENIBLE Y COMPETITIVO DE LA ACUICULTURA PERUANA

Christian Berger¹⁶

En los últimos años se ha estado trabajando en el país sobre qué hace falta para que la acuicultura se desarrolle sosteniblemente y cuáles deberían ser los elementos a considerar, en forma prioritaria, para que esta actividad productiva reciba un mayor impulso. Este proceso pasa, en primer término, por una identificación de lo que se espera de ella y cuáles son las principales limitantes que se enfrentan actualmente en su desenvolvimiento en nuestro país.

En esa dirección, a lo largo de los últimos años se han realizado diversos estudios y reuniones técnicas, en los cuales han participado instituciones y profesionales relacionados con la acuicultura en el país, así como organizaciones de cooperación especializadas.

Importancia de la acuicultura

Se tiene claro que la acuicultura es una de las mayores fuentes para abastecer de alimentos a la humanidad en el futuro, y ello, sin comprometer mayormente los recursos de los espacios terrestres, ocupados en otras producciones pecuarias.

La acuicultura, sin embargo, no solo es apreciada como proveedora de alimentos, sino también de productos (insumos) para la industria y la medicina, y como herramienta para la restitución de ambientes y poblaciones acuáticos, así como por las ventajas que ofrece para mitigar los impactos del cambio climático. No en vano, tiene diversas intervenciones de valor en los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), planteados por las Naciones Unidas.

La acuicultura viene creciendo muy rápido en el mundo y particularmente, en los últimos años, en los países en vías de desarrollo, gracias a las innovaciones de que se

¹⁶ Biólogo y oceanólogo, Universidad de Bretaña Occidental, Francia. Ha sido investigador del Instituto del Mar del Perú y consultor en organismos internacionales (FAO, SELA, OEA, OLDEPESCA). Actualmente es docente en la Universidad Científica del Sur, Lima.

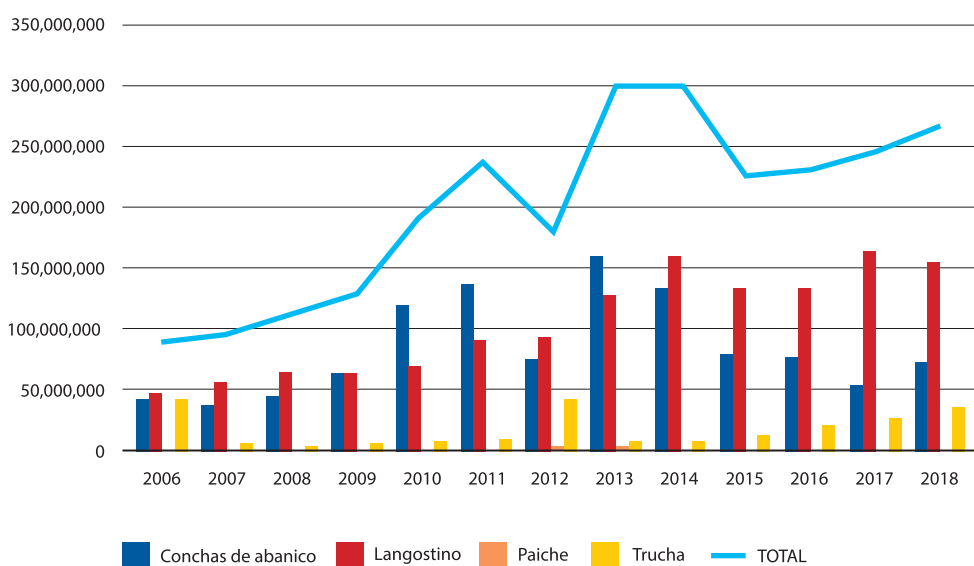
ha beneficiado, muchas veces aprendiendo de otras actividades productivas. Estas innovaciones incorporan la generación de valor y, sobre todo, la oportunidad de que ese valor sea transmitido a los usuarios, en especial, a los productores actuales o potenciales.

Crecimiento y desarrollo de la acuicultura en el Perú

En el Perú, gran país pesquero —con exportaciones en este rubro de más de US\$3.500 millones realizadas en 2019, de las cuales 1.500 se refieren a especies de consumo humano directo—, se visualiza el potencial de la acuicultura desde fines del siglo pasado, y si bien su crecimiento es aún reducido frente a las diversas opciones que presenta el país, este se ha dado de manera constante. Su producción anual —aproximadamente, 130.000 toneladas en los últimos dos años— está valorada en US\$300 millones anuales de exportación (ver gráfico) y representa el 8,5% de las exportaciones pesqueras nacionales en el citado año 2019. A ello hay que añadir el consumo interno de productos de la acuicultura, cuyo valor se estima en US\$150 millones.

GRÁFICO 1.

Principales Exportaciones Acuícolas Peruanas 2006 – 2019



Fuente: Elaboración propia con datos de PROMPERÚ (2019).

Cabe anotar que, en el marco de este proceso de crecimiento, se han podido superar diversas dificultades originadas por epidemias (como el caso del virus de la mancha blanca en langostinos), los eventos climáticos (en especial, el fenómeno del Niño, que afecta la producción de moluscos marinos) y la competitividad frente a precios variables de los productos acuícolas (particularmente, ante la creciente oferta de criadores asiáticos por los mismos productos o similares).

En este contexto, es por todos reconocida la necesidad de adoptar medidas que orienten la acuicultura nacional hacia un desarrollo sostenible, diversificado y competitivo, más que a un simple crecimiento cuantitativo, así como a la oferta de productos que satisfagan a los consumidores en los mercados local e internacional, cada vez más exigentes, en términos de calidad, precios y sostenibilidad ambiental.



Es necesario adoptar medidas que orienten la acuicultura nacional hacia un desarrollo sostenible, diversificado y competitivo, más que a un simple crecimiento cuantitativo

Un primer ejercicio, necesario e importante, para que la acuicultura nacional logre un desarrollo sostenible, diversificado y competitivo consistirá en identificar cuáles son las ventajas comparativas del Perú. Por ejemplo, con el caso de los pectínidos, que aquí se llaman conchas de abanico, que encuentran en nuestro medio las condiciones ambientales de temperatura y productividad más favorables (cuando ellas permanecen sin impactos oceánicos) que en otras regiones.

Esto sugiere considerar opciones similares, con crianza en el medio marino de otras especies de invertebrados o de peces, así como acuicultivos de algas. Por otro lado, hay grandes perspectivas para la acuicultura tropical, la biodiversidad y el abundante recurso acuático presentes en la Amazonia peruana, zona en la que el consumo de pescado es muy elevado.

Para cristalizar la aspiración de un desarrollo de la acuicultura peruana y de sus productos, se requiere una visión a largo plazo. En este sentido, como ya se ha indicado, se han realizado una serie de consultas y estudios orientados a la formulación de una Política Nacional, dotada de los mecanismos que permitan que ella sea exitosa¹⁷.

¹⁷ Destaca en estos estudios el realizado en 2018 por la FAO a través del Proyecto TCP/PER/3605: "Apoyo al Diseño e Implementación de Políticas Públicas de Desarrollo Rural en el Perú".

Institucionalidad y marco normativo

Los distintos estudios efectuados señalan la necesidad de lograr que el marco normativo sea el adecuado en términos de cumplimiento y promoción y que, asimismo, pueda ser hecho propio por los diversos actores que participan en el desarrollo acuícola. En ello, se incluye el accionar de las diferentes instituciones que intervienen en el control y en la promoción de la acuicultura (siendo estas relacionadas con el medioambiente, la jurisdicción marítima, el uso del agua, la sanidad, los gobiernos Central, regionales y locales, entre otras), que deben tener los conocimientos suficientes de los diferentes tipos de acuicultivos y sus requerimientos específicos, en sus respectivos ámbitos. La percepción de los productores acuícolas es que ello no ocurre, observándose, más bien, una frecuente dificultad en el cumplimiento de normas específicas para el acceso y el desenvolvimiento de la acuicultura, así como una superposición de funciones y criterios por parte de las diferentes autoridades.



El marco normativo acuícola actual no es adecuado, debido a una frecuente dificultad en el cumplimiento de normas específicas para el acceso y el desenvolvimiento de la acuicultura, así como a la superposición de funciones y criterios por parte de las diferentes autoridades

Por ello, se hace imprescindible lograr que los distintos mecanismos propuestos para superar las dificultades identificadas y más recurrentes (mesas de acuicultura, sistemas nacionales de acuicultura) sean efectivos, pero igualmente, que las decisiones y la gestión institucional estén a cargo de profesionales conocedores de la acuicultura, aspecto en el que el fortalecimiento de capacidades a nivel nacional juega un importante papel. Asimismo, el aseguramiento de la estabilidad de quienes tienen a cargo las decisiones en el establecimiento de normas y su cumplimiento y, no menos importante, de las actividades de promoción y asistencia técnica a los productores.

En este aspecto, el aporte de la academia es fundamental y deberá incrementarse, tanto en las capacitaciones a distintos niveles y dirigidas a diferentes receptores, así como en las actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i).

Cabe señalar que la agroindustria en el Perú ha tenido un notable desarrollo y de ella hay importantes ejemplos que considerar en los aspectos citados líneas arriba.

Tecnologías de los acuicultivos

Tomando como ejemplo lo hecho en otros países, tanto en materia de acuicultura como en las diversas industrias de producción animal y agraria, es necesario adaptar o crear tecnologías modernas, eficientes y sostenibles, que hagan posible que el Perú ponga en valor sus ventajas comparativas. Asimismo, que satisfagan los objetivos nacionales para su consolidación no solo en aspectos comerciales, sino también de seguridad alimentaria, sanitarios y de soporte ambiental.

En este propósito, se deben implementar mecanismos para que los esfuerzos de investigación, de desarrollo tecnológico y de innovación —que en muchos casos involucran importantes fondos presupuestales— se ordenen y complementen y, en especial, que lleguen a ser de utilidad y aplicación por los demandantes y usuarios directos de los beneficios que se logren. Ellos son, fundamentalmente, los productores de toda escala, los gestores institucionales, los investigadores y la academia. Para ello, conviene que se establezca un proceso de retroalimentación y vigilancia.

Sobre el particular, cabe anotar que el país dispone de distintas opciones de otorgamiento de fondos presupuestales, algunos de importancia, como el Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura (PNIPA) e Innóvate Perú, del Ministerio de la Producción. Igualmente, fondos para la innovación como FINCyT y FONDECYT, del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC). Por otro lado, intervienen los Centros de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica (CITE), del Instituto Tecnológico de la Producción (ITP), principalmente.

En los estudios realizados y en diversos foros se ha evidenciado que las prioridades del país, para estos efectos, deben dirigirse principalmente a los siguientes temas:

- Autoabastecimiento a nivel nacional y local de la “semilla” para las diferentes especies acuícolas. Los efectos inmediatos de esta línea de acción serán: (i) Obtención de líneas genéticas apropiadas a cada ambiente, estrategia productiva y tipo de producto a obtener. (ii) Evitar problemas derivados de la transmisión de enfermedades y de eventuales restricciones comerciales, que conllevan los movimientos de especies desde terceros países o de otras regiones del país.
- Acceso a alimentos para las especies criadas que resulten en una relación costo-beneficio favorable a los productores, en particular a los de menores escalas, generalmente localizados en zonas del interior del país. Para ello, es de mucho interés utilizar, en la medida de lo posible, los insumos de disposición local.
- Diversificación de la acuicultura peruana, aspecto que se considera una necesaria e impostergable línea de trabajo que requiere del aporte de la innovación y de la investigación adaptativa, tanto en los escenarios actuales como en aquellos que pueden derivar de la variabilidad climática futura.

- Obtención de productos trazables e inocuos provenientes de las cosechas acuícolas, con la mayor calidad, de mayor valor agregado y con presentaciones que permitan el mejor acceso a los diferentes mercados.
- Fortalecimiento del sistema de control sanitario, tanto en lo que respecta a la prevención y el control de enfermedades como a la custodia de la sanidad de los productos acuícolas, en particular, para acceder con las mayores ventajas a los mercados más exigentes.
- Desarrollo de valor agregado en los productos y sus presentaciones, así como utilización de los subproductos (quitina de crustáceos, mantos y valvas de moluscos, *biofouling* en diversos procesos acuícolas, pieles y vísceras de peces, entre otros), a fin de lograr un mejor posicionamiento de la actividad, beneficio para los acuicultores nacionales y su incorporación a la economía circular.

Mercados interno y externo de productos acuícolas

Es oportuno recordar que el Perú es uno de los países de América Latina y el Caribe cuya población tiene el mayor consumo de pescados y mariscos. Por ello, la acuicultura no solo es una opción para la generación de divisas, sino que tiene, asimismo, un importante papel en abastecer de estos bienes a los consumidores locales —como ya se hace con la producción de trucha cultivada—, pudiendo sustituir progresivamente las crecientes importaciones de pescado para atender la demanda local y también afianzar su rol en la seguridad alimentaria, en especial de poblaciones en áreas rurales.



El Perú es uno de los países de América Latina con mayor consumo de pescados y mariscos, por lo que la acuicultura no solo es una opción para la exportación, sino que también para el consumo local

Además de la trucha de cultivo (*Oncorhynchus mykiss*) introducida en la región andina —con una producción anual cercana a las 60.000 toneladas, que también se vienen incorporando a la exportación—, otra especie introducida para aguas tropicales es la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Igualmente, se producen en forma creciente para el mercado local especies amazónicas nativas, como las aquí denominadas paco (*Piaractus brachypomus*), gamitana (*Colossoma macropomum*) y paiche (*Arapaima gigas*).

En este contexto, hay que reconocer el importante rol que juegan las especies de la maricultura peruana en el abastecimiento de los mercados externos, siendo estas el aquí llamado langostino o camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) y el pectínido concha de abanico (*Argopecten purpuratus*). La primera especie criada significó en 2018

un valor exportado de US\$155,7 millones y el 58,3% de las exportaciones acuícolas. Para la segunda especie, las cifras son de US\$74,2 millones y el 27,8% de las exportaciones en dicho año.

Cabe resaltar la buena ubicación en mercados exigentes lograda por los productores nacionales y los organismos de apoyo, como PROMPERÚ, aunque resaltándose la necesidad de una acción más profesional y eficiente por parte de todas las instituciones que intervienen en estos procesos, a fin de lograr mantener e incrementar una necesaria competitividad.

Consideraciones finales: despegue de la acuicultura

En cuanto al aporte de la academia, se reitera la importancia de mejorar la capacitación a nivel profesional y tecnológico en los ámbitos de producción, gestión, investigación y aplicación de las tecnologías, como ocurre en otras actividades similares. En especial, esto es necesario en el desarrollo de una actividad que se lleva a cabo en distintas áreas, especies y modalidades, como es la acuicultura, y no necesariamente en regiones con facilidades logísticas.

La información de los beneficios de la acuicultura (alimentación, la generación de empleos, de servicios y de negocios diversos a lo largo de su cadena productiva) y sus productos debe darse desde la educación temprana. Para esto, el Programa de Educación Beca 18, que cubre integralmente los costos de los estudios universitarios para las poblaciones menos favorecidas, en especial del interior del país, puede brindar importante soporte, por lo que debe ser ampliamente difundido.

Finalmente, es conveniente consignar que muchas de las limitaciones y requerimientos apuntados son de conocimiento de altas autoridades de gobierno (Ministro de Economía¹⁸): “Son dos las razones por las que los sectores que tienen potencial no pueden desarrollarse, la primera razón es porque el sector público los ahoga y no les da los servicios que tiene que darles, la tramitología por ejemplo es una manera de ahogar el emprendimiento privado, la otra tiene que ver con fallas del mercado”. En particular, “la acuicultura es uno de los sectores con gran potencial pero factores como la falta de infraestructura básica — energía eléctrica— impiden su mayor crecimiento”. Asimismo, “traer a los mercados locales, de las ciudades y de la capital, productos producidos en el interior del país es más complicado a veces que importarlos”.

¹⁸ Declaraciones del ministro de Economía anunciando el Plan Nacional de Infraestructura. Periódico *Gestión*, 29 de mayo de 2019, p. 2.



Establecer una Política Nacional de Acuicultura de largo aliento para ampliar nuestras opciones productivas es algo indispensable. Para ello, el acuerdo y la conjunción de esfuerzos entre todos los actores relevantes es fundamental e impostergable

En efecto, las mejoras de la infraestructura de soporte de la acuicultura son esenciales, por ejemplo: vías de comunicación, oferta de energía suficiente y a costos competitivos, la seguridad, las comunicaciones, la disposición de laboratorios especializados en el control de la calidad, el establecimiento de cadenas de frío y de plantas de procesamiento primario, principalmente. En este sentido, el acceso al financiamiento, la incorporación más amplia de asociaciones público-privadas y la mayor aplicación de mecanismos de incentivo para la I+D+i y de otros como “Impuestos por Inversión” son impostergables.

En estos escenarios, establecer una Política Nacional de Acuicultura de largo aliento para ampliar nuestras opciones productivas en especies, tecnologías, variedades de nivel empresarial y zonas de desarrollo acuícola es algo indispensable. Para ello, el acuerdo y la conjunción de esfuerzos entre todos los participantes, instituciones, productores, organismos nacionales e internacionales y la academia, es fundamental e ineludible.

DESAFÍOS PARA EL DESARROLLO DE LA ACUICULTURA

DESAFÍOS PARA EL FUTURO DE LA SALMONICULTURA EN CHILE

Felipe Sandoval Precht¹⁹
Luis Pichott de la Fuente²⁰

Antecedentes

Durante los últimos años, la relevancia objetiva, el potencial de creación de valor social y la dinámica resultante de su interacción con el ambiente y la comunidad, en general, motivaron la realización de ejercicios estratégicos para analizar de manera ordenada y sistémica la acuicultura y la salmonicultura nacional, todos orientados a revelar y consensuar desafíos y soluciones que den mayor sustentabilidad y proyección a la industria.

En este marco analítico se encuentran el Diálogo para la Productividad de la Industria Acuicultura en 2014-2015, el Programa Estratégico Nacional de Acuicultura en 2014-2016, el Programa Estratégico Meso Regional de Salmonicultura en 2014-2016 y la actualización de la Política Nacional de Acuicultura en 2017-2019.

En los trabajos enunciados, todos realizados con métodos participativos que aseguran la validez de sus resultados e involucrando a un número importante de actores de la industria, la problemática es coincidente en gran medida, ofreciendo a estos autores la posibilidad de visitar lo escrito para reconocer aquello que mantiene vigencia con foco en la producción de salmones y aportar para esta actividad la actualización y los énfasis que sean necesarios.

No obstante, algunos de los planteamientos y discusiones estuvieron orientados a la acuicultura nacional en general; dada la preponderancia de la salmonicultura, la mayoría de los componentes analizados y propuestos son pertinentes y aquellos que no lo son fueron consecuentemente modificados en esta revisión.

¹⁹ Ingeniero civil y magíster en Ciencias del Desarrollo. Fue presidente de SalmonChile y subsecretario de Pesca, actualmente es consultor en temas de acuicultura y director de empresa en Salmones Camanchaca.

²⁰ Ingeniero pesquero y técnico marino. Ha sido académico, secretario ministerial y miembro de diversas instituciones acuícolas-pesqueras.

Quienes suscribimos este artículo hemos participado en las iniciativas mencionadas y compartimos sus resultados, por tanto, lo que expondremos a continuación es el mejor resumen que podemos hacer, incorporando cuestiones muy puntuales que se han producido *a posteriori*.

Un tema que requiere ser debatido a partir del contenido de estos informes es la voluntad política para implementar las medidas propuestas, dado que sin apoyo de las autoridades, comunidades y parlamentarios de las zonas donde se realiza esta actividad, resulta difícil avanzar en su concreción.

Diagnóstico

La oportunidad para esta actividad productiva nacional está dada, principalmente, por su mejor posición relativa frente a otras proteínas en el consumo global.



La acuicultura tiene ventajas comparativas frente a la producción de otras proteínas de origen animal, debido a sus menores efectos ambientales y más rápido crecimiento

Desde la óptica de los efectos ambientales, y su expresión en una comunidad mundial de creciente exigencia en este ámbito, la producción de peces es más amigable que la de carnes rojas. El salmón emite casi 9 veces menos CO₂ que los vacunos, ocupa 200 veces menos espacio para producir una tonelada de carne, consume 10 veces menos agua, produce 5 veces más energía por unidad de alimento consumido, tiene también más de 5 veces mejor conversión del alimento que consume y tiene 2 veces mejor eficiencia en uso de alimento para consumo humano después de la cosecha.

Además de lo anterior, la FAO plantea que para 2050 se requerirán 90 millones de toneladas adicionales a las consumidas hoy en carnes blancas para satisfacer la demanda. En este contexto, la salmonicultura mundial ha venido creciendo a tasas del 7% anual, dejando a nuestro país en una posición expectante para aprovechar esta expansión, si se abordan y resuelven brechas y desafíos que actúan como limitantes.

En Chile, la salmonicultura representa el 68% de la producción acuícola nacional (cosechas 2018)²¹, en 2017 fue el 28% de la producción acuícola de peces a nivel global (cosechas 2017)²² y representó ese año un 2% del mercado mundial de la acuicultura, con exportaciones del orden de US\$5.000 millones.

²¹ Informe Sectorial de Pesca y Acuicultura, enero 2019, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

²² <http://www.fao.org/news/story/es/item/1251660/icode/>

Para el cultivo de salmónes se han otorgado 1.358 concesiones de acuicultura en total, de las cuales en 2018 se reportó un máximo de 427 operando, un 31% del total otorgado. A nivel regional, las concesiones otorgadas y operando se distribuyen de la siguiente manera: Aysén con 724 otorgadas y 184 operando (53% y 25%, respectivamente), Los Lagos con 502 otorgadas y 198 operando (37% y 39%) y Magallanes con 132 y 45 (9,7% y 34%).

Desde el punto de vista de la producción a agosto de 2018, mes para ese año con el máximo de centros operando, el 70% estaba dedicado a la producción de salmón salar, el 19% a coho y el 11% restante a truchas²³. En términos de superficie concesionada, los centros de cultivo ocupan un total de 32.518 ha, de las cuales el 60% se localiza en la Región de Los Lagos.

Los diagnósticos realizados durante los ejercicios estratégicos mencionados revelaron las principales características productivas y de mercado, así como las principales limitaciones o dificultades, por ejemplo, enfermedades, plagas, mercados, precio de los productos, competidores; capacidades de investigación, desarrollo y transferencia; diversificación, entre otras.

Brechas

En el marco de los Programas Estratégicos de Especialización Inteligente, a nivel nacional y regional, a través de talleres participativos fue posible identificar y priorizar las siguientes brechas:

- Débil avance en proceso de certificación.
- Incipiente internacionalización de proveedores.
- Carencia de estrategia comercial basada en Inteligencia Competitiva respecto a competidores (nuevos productos, demanda interna).
- Incertidumbre sobre la capacidad de carga ambiental de los sistemas.
- Escasa capacidad para enfrentar enfermedades emergentes y sus tratamientos.
- Sustentabilidad medioambiental incierta.
- Debilidad en la gobernanza y regulación sectorial.
- Gestión territorial y zonificación insuficiente frente a la dinámica y necesidades del subsector.
- Factores habilitantes (infraestructura) escasamente definidos y priorizados.
- Débil relación con las comunidades locales.
- Escasez de estudios de factibilidad de alternativas de localización de sistemas de engorda (tierra o mar afuera).
- Carencia de un plan de recuperación de zonas impactadas.

²³ Informe sanitario de salmonicultura en centros marinos año 2018. Departamento de salud animal. Subdirección de Acuicultura. Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura.

SOLUCIONES

Diseñar nuevo modelo de regulación y localización

Esta solución responde a una brecha transversal, pues todos los subsectores demandan significativos ajustes al actual ordenamiento territorial de la acuicultura; no obstante, el tamaño de la salmonicultura y su cobertura geográfica lo sitúan en primera prioridad. Considerando la compleja situación actual, un nuevo modelo debiese abordar en el corto plazo los siguientes aspectos:



El actual ordenamiento territorial es un problema general para todos los sectores productivos, pero dada su localización geográfica y dependencia del entorno socioecológico, para la salmonicultura es una prioridad

- i. Un marco legal e institucional sectorial que responda eficiente y efectivamente a los requerimientos del desarrollo sustentable del sector, considerando las distinciones referidas a territorios y ecosistemas locales, tipos y escalas de cultivo, interacción con otros grupos de interés e institucionalidad pública asociada al uso del borde costero.
- ii. Una gobernanza orientada a administrar sistemas socioecológicos en la cual se concilien los diversos intereses nacionales y regionales asociados al uso del borde costero. En este contexto, es fundamental considerar la descentralización de procesos y decisiones hacia el nivel regional y local. Abordar esta solución prontamente y con éxito es fundamental, ya que condiciona la viabilidad de la acuicultura en general y, en particular, la pertinencia del resto de las soluciones propuestas a continuación.

Implementar un arreglo institucional dedicado a dar soporte de Estado a la acuicultura nacional (Crear una Subsecretaría de Acuicultura)

La salmonicultura es la principal actividad económica desarrollada en el mar chileno. En los últimos treinta años, sus cosechas crecieron 700%, mientras que sus retornos se incrementaron 80 veces. Sin embargo, este crecimiento vino acompañado de complejos desafíos asociados al ordenamiento territorial y a las capacidades de carga ecológica, productiva y social. La administración pública sectorial de esta actividad subyace en el quehacer de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, cuyos mayores recursos y esfuerzos han sido asignados —históricamente— con mayor foco y dedicación a la primera actividad que a la segunda. Los actuales desafíos para la sustentabilidad y proyecciones de la acuicultura requieren de institucionalidad pertinente, dedicada y con foco en una gestión sectorial pública acorde a la dinámica del sector. Una Subsecretaría de

Acuicultura otorgaría un mejor nivel de gobernanza y gobernabilidad, así como su mayor visibilidad en el entorno nacional e internacional.



La salmonicultura es la principal actividad económica desarrollada en el mar chileno. Sin embargo, la administración pública sectorial de esta actividad recae en la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, cuyos recursos y esfuerzos son asignados con mayor foco en la pesca

Diseñar e implementar una institucionalidad que dé soporte científico-técnico a las decisiones de regulación, implementando el sistema de monitoreo ambiental y análisis integrado de la acuicultura (Art. 87 ter de la Ley de Pesca y Acuicultura)

i. Crear un Instituto Nacional de Investigación para la Acuicultura

La gobernanza y la gobernabilidad de la acuicultura requiere de información y conocimiento para tomar decisiones pertinentes y oportunas. La acuicultura es un sistema sociológico que interactúa permanentemente con diversos ecosistemas. Del resultado de esta interacción conocemos poco, tanto espacial como temporalmente. Y para disminuir esta incertidumbre respecto a interacción acuicultura-ambiente, es fundamental obtener información ambiental, productiva y sanitaria que permita acotar las correspondientes regulaciones para los distintos tipos de cultivo y ambientes donde aquella se realiza. Disponer de un Instituto Nacional de Investigación para la Acuicultura que tenga el rol de proveer información y conocimiento para la toma de decisiones regulatorias; implicaría Planes, Programas y Proyectos desarrollados en un contexto nacional y de largo plazo.



La acuicultura interactúa permanentemente con diversos ecosistemas, de los que conocemos poco, tanto espacial como temporalmente. Se requiere mayor información y conocimientos para tomar decisiones pertinentes y oportunas

ii. Implementar un sistema de monitoreo y análisis integrado de la acuicultura

La exposición al riesgo de la acuicultura y su interrelación con las condiciones naturales, así como las preocupaciones que despiertan en los grupos de interés las externalidades del sector requieren avanzar la puesta en marcha del sistema de monitoreo establecido en el artículo 87 ter de la Ley de Pesca y Acuicultura, cuyo reglamento se encuentra en proceso de elaboración. Esta medida involucra

el monitoreo ambiental (oceanográfico, biológico, sanitario) a nivel territorial y de forma constante, así como la transmisión de la *data* recogida de manera automática en tiempo real, facilitando disponer de una alerta temprana ante eventos de plagas y enfermedades; el control eficiente de las externalidades sanitarias y ambientales; la evaluación global de la capacidad de carga física, ecológica, productiva y social; y finalmente, el monitoreo de la adaptación a los efectos del cambio climático. Se trata de un modelo que incorpora un fuerte componente digital y de gestión de la información, de ajustes regulatorios para la entrega de información oportuna y transparente y de equipos técnicos (capital humano) con las competencias necesarias para obtener los insumos indispensables para la toma de decisiones pertinentes y adecuadas.

Diseñar e implementar institucionalidad pública para la coordinación de la innovación, desarrollo tecnológico y transferencia de la acuicultura

El futuro de la acuicultura estará marcado por la innovación y el desarrollo tecnológico. El cultivo en zonas expuestas, tierra adentro; el adecuado abordaje de desafíos sanitarios y ambientales y el conocimiento sitio-específico, entre otros, son determinantes para la competitividad sectorial y, en el futuro cercano, serán factores que condicionarán las ventajas comparativas que actualmente posee Chile. Un sistema institucional articulado y coordinado que permita conducir el proceso y organice el financiamiento para innovar en tecnologías de producción, en sistemas de cultivo en tierra y mar abierto, en programas genéticos, programas de investigación en enfermedades y sus soluciones, debe ser un eje estructural para el desarrollo de la acuicultura. Asimismo, el sistema debiese considerar, especialmente, procesos y mecanismos orientados a la transferencia tecnológica efectiva hacia el sector privado.

Diseñar e implementar un Observatorio de la Acuicultura

La acuicultura, y sobre todo la salmonicultura, es una actividad que se desenvuelve en escenarios de alto dinamismo, tanto interno como externo, que requiere información y análisis permanente de tendencias para tomar decisiones con el mínimo de incertidumbre y de riesgos. Este observatorio es el principal instrumento para el seguimiento y evaluación pertinente y oportuna de la actividad, a través de indicadores de desempeño de las soluciones planteadas y del monitoreo permanente de la acuicultura en sus diversos ámbitos de desarrollo. Su construcción se realiza a partir de la coordinación e integración de diversos organismos que, en forma aislada, mantienen información actualizada sobre el desempeño del sector, por lo que se requiere de un importante esfuerzo de colaboración y transparencia.

Resolver brechas asociadas a capital humano de nivel técnico, universitario y avanzado

Se sugiere la creación e instauración de una institucionalidad público-privada permanente y de cobertura nacional abocada a la articulación de la formación del capital humano para la acuicultura, a nivel técnico y universitario.

i. Resolver brechas asociadas a Capital Humano de Nivel Técnico

Se identifican dos iniciativas específicas:

1. Generación y mantención de Comités Regionales Tripartitos (Industria, Gobierno Regional y Academia) en las Regiones Acuícolas, para la coordinación de Programas de Inversión en Capital Humano Calificado en dos niveles:
 - a. Formación Técnica: aborda la actualización de la formación a nivel de los Liceos Técnicos y la articulación con los Centros Regionales Públicos de Formación Técnica.
 - b. Formación Profesional: aborda la actualización de la pertinencia de la formación a nivel de Institutos Profesionales y Universidades (pregrado).
2. Programa de actualización de competencias y conocimientos en acuicultura. Dado el divorcio de las distintas necesidades formativas de las especialidades a nivel territorial con la concentración de la oferta de capacitación y su pertinencia, se requiere intervenir en el sistema nacional de capacitación laboral (SENCE, ChileValora, Industria y Organismos Técnicos de Capacitación) para fortalecer la formación de los trabajadores de la industria a nivel nacional. Por lo tanto, esta línea de trabajo se aboca a la actualización e incremento de la certificación de competencias para los distintos perfiles laborales de la acuicultura nacional.

ii. Resolver brechas asociadas a Capital Humano de Nivel Universitario

Se propone la siguiente iniciativa específica: Programa Nacional de Capital Humano Avanzado. Este aborda la coordinación de la formación a nivel de magíster y doctorado, orientados a la acuicultura y ciencias afines. Se propone su articulación, entre otros aspectos propios de la formación de posgrado (acreditación, vinculación con el medio, convenios docentes, entre otros), focalizando el Programa en las acciones necesarias para su posicionamiento conjunto en el exterior (a lo menos América Latina), promoviendo al país como el centro formativo de excelencia para la Región. El financiamiento de estas iniciativas podría ser apoyado por instrumentos de CORFO.

Coordinación de la inversión pública en infraestructura, logística y conectividad habilitante para la acuicultura

La acuicultura, aprovechando las ventajas naturales disponibles, tiende a localizarse en zonas alejadas de los centros poblados. Por esta razón, la carencia de infraestructura habilitante para la producción es significativa. Las brechas levantadas apuntan a una

insuficiente infraestructura logística ante contingencias y una débil articulación público-privada en la planificación e inversión de infraestructura y conectividad habilitante. Lo anterior, en el marco de costos logísticos en alza y una deficiente conectividad en zonas rurales. Los resultados esperados de esta solución persiguen la reducción de los costos de logística y operación de la acuicultura y la articulación e integración de proyectos de infraestructura en la comunidad local, dado su doble uso. Se requeriría previamente de un estudio nacional de oferta y demanda de infraestructura para la acuicultura y la construcción a posteriori de una cartera de proyectos de inversiones priorizadas en infraestructura habilitante para el apoyo de las actividades productivas. Por lo tanto, se propone una institucionalidad concebida para incidir efectivamente en las decisiones respecto a las prioridades de inversión pública en estas materias, considerando:

- Interactuar permanente y oficialmente con el MOP (DIRPLAN).
- Interactuar con el Gobierno Regional respectivo para concebir Convenios de Programación.
- Interactuar con el Gobierno Regional respectivo para articular y obtener apoyo financiero en el caso de que no exista presupuesto sectorial disponible para la formulación de iniciativas en sus primeras etapas (perfil/prefactibilidad).
- Interactuar con los Municipios respectivos, de modo que iniciativas de infraestructura que surjan desde la dimensión local puedan integrarse, fortalecerse y encauzarse a través de financiamiento FNDR y acoplarse a las Políticas y Programas de la región respectiva.

Esta institucionalidad debiera contar con el suficiente posicionamiento para interactuar con las distintas instituciones públicas, tanto centrales como regionales y locales (Convenio interministerial entre el Ministerio de Economía y Turismo, el MOP y el MTT). Además, debiera concebirse para contar de manera representativa con las demandas de la industria productora por Macrozona (Diálogo Territorizado) —y las de los prestadores de servicios vinculados—, de modo de coordinar la Inversión Público-Privada.

Fortalecer y desarrollar encadenamientos territoriales

Los beneficios para el desarrollo social y económico en las localidades y las ventajas competitivas que el sector acuícola obtiene a partir del fortalecimiento de clústeres o encadenamientos territoriales (Puerto Montt es un ejemplo) invitan a proponer la necesaria intervención en esta área. En una actividad con creciente externalización de servicios y con la presión constante de reducir sus costos, su desarrollo futuro se torna complejo si no se impulsa y fortalece la creación de respuestas (emprendimientos) locales que respondan a los requerimientos de la acuicultura. Para avanzar en este desafío se requiere fuertemente del esfuerzo privado, tanto desde la perspectiva de

la demanda a través de la contratación (y formación) de emprendedores locales como desde la oferta, mediante la articulación y gestión de servicios.



El crecimiento futuro de la acuicultura se torna complejo si no se impulsa y fortalece el desarrollo de proveedores locales que respondan a los desafíos de la acuicultura, en especial del subsector de Servicios y negocios intensivos en conocimiento

La experiencia más reciente de esta actividad en la Región de Magallanes muestra con mayor fuerza la necesidad de sumar al desarrollo de la industria a las comunidades locales, tanto para satisfacer el objetivo planteado de aumentar los encadenamientos locales, cuanto para que la comunidad se perciba a sí misma como parte de la industria, sobre todo en lugares donde se comparte el territorio con personas en posición vulnerable, de bajos ingresos o de pueblos originarios.

Estos desafíos adquieren gran relevancia para la salmonicultura en una dimensión complementaria, pues sumar a la comunidad vecina y responder de buena manera sus dudas, críticas y demandas facilita la voluntad política para avanzar en las soluciones propuestas.

Diseñar e implementar Programa para el Desarrollo de KIBS de clase mundial (Servicios y negocios intensivos en conocimiento)

Es fundamental la consolidación de este importante subsector que apoya a la acuicultura en toda su cadena de valor. Se propone diseñar y ejecutar un programa que aborde diversas brechas asociadas a políticas sectoriales e instrumentos de financiamiento, así como su necesario reconocimiento e identificación como un subsector con potencial distintivo.

Desarrollar sistema para el fortalecimiento del posicionamiento de productos y servicios acuícolas en el mercado mundial

El sistema contará con las siguientes iniciativas específicas:

i. *Antenaje del mercado mundial de seafood*

El estancamiento de las pesquerías y la creciente demanda mundial por productos saludables han fortalecido el impulso de la acuicultura. Producto del aumento en los ingresos y los cambios demográficos, aparecen nuevos segmentos de consumidores, que demandan más y nuevos formatos de productos. Sin embargo, los países, con el

ánimo de proteger a sus consumidores y también a la producción local de pesquerías o acuicultura, han ido incorporando restricciones al ingreso de estos productos.

En el corto plazo, un país que proyecta el desarrollo de su acuicultura sobre la base de la competitividad requiere mantener una constante observación y evaluación del desempeño de los mercados, sus tendencias, intereses y restricciones. La realización de estudios de mercado de alimentos marinos, evaluar sus restricciones a los productos nacionales, ejercer diplomacia sanitaria, entre otras, son acciones muy importantes para desarrollar la acuicultura nacional. La creación de un Centro de Inteligencia de Mercados para la Acuicultura, derivado del trabajo público-privado, es entendida como el eje operativo de esta solución. La participación en el diseño y ejecución de expertos de Direcon, ProChile, además de la intervención del sector privado, son los actores convocados a operativizar esta iniciativa. A lo anterior debe adicionarse la creación de agregados comerciales acuícolas en mercados con alto potencial de crecimiento.

ii. Desarrollo de campaña marketing-posicionamiento internacional de servicios para la acuicultura

Con la creación de KIBS (Knowledge Intensive Bussines Services) a partir de la salmonicultura, se abre una amplia oportunidad de crecimiento, producto del desarrollo de la acuicultura a nivel global. La internacionalización de estos servicios puede ser para Chile una nueva forma de obtener beneficios, esta vez, a partir de la internacionalización de los conocimientos generados en el país. El posicionamiento en los mercados de destino consolidados, y especialmente en los mercados con potencial de consumo de productos acuícolas certificados, es una acción necesaria para posicionarse como país acuícola en la escena mundial. Para ello, el diseño e implementación de campañas de *marketing* articuladas entre productores y el Estado es un desafío permanente. En esta materia hay avances en promoción de consumo de salmón chileno en EE. UU., la cual está en su fase inicial y debe ser reforzada.

iii. Creación de un sistema de certificación de origen

En la medida en que el mercado reconozca que en Chile la producción acuícola cumple y va más allá de los requisitos de producción, mejorará la valoración de sus productos. Ir más allá, habida cuenta de la reciente experiencia ocurrida en Magallanes, evidencia la necesidad de una nueva generación de instrumentos de certificación donde la verificación tenga mayor rigurosidad y confiabilidad, pero también que incorpore a las comunidades locales como elemento de validación y adición de valor al certificado obtenido.

iv. Fortalecimiento del poder de negociación de los exportadores nacionales

El bajopoder de negociación de los productores nacionales a causa de la nula estrategia privada para abordar los mercados de destino requiere de su fortalecimiento, especialmente en un escenario donde existe cada vez mayor colaboración entre los actores de la cadena de valor y cuando los compradores administran mejor y mayor información sobre la oferta. Para avanzar en ello será necesaria —además de la información sobre el comportamiento de los compradores (elasticidad de la oferta y la demanda), situación de los competidores y tendencias de los sustitutos— la colaboración público-privada, y especialmente privada-privada, para diseñar estrategias de comercialización conjunta en los mercados de destino. Todo lo anterior debe ser realizado respetando las normas de libre competencia tanto nacionales como las de los países de destino del salmón chileno.

v. Diferenciación frente a productos competidores

No cabe duda de que las características ambientales que se presentan en la industria acuícola chilena como ventajas comparativas van siendo reemplazadas por la incorporación de tecnología para el cultivo, permitiendo a otros países hoy lejos de la esfera de los productores globales entrar en el mercado, impulsados por el crecimiento en la demanda global. La acuicultura chilena requerirá de estrategias de diferenciación en cuanto a qué y cómo producir. Para ello, entre otras, se pueden analizar las diferencias respecto a otros productores; por ejemplo, la baja disposición de contaminantes orgánicos persistentes (COP) en los productos nacionales, comparados con los del otro hemisferio.

Promocionar consumo de alimentos producidos por la acuicultura chilena

El consumo de productos del mar en Chile se ha mantenido estable y bajo en la última década, comparado con la tendencia mundial. Si bien nuestro país se encuentra entre los principales productores de salmón del mundo, el principal destino de sus productos está orientado al mercado externo. El desarrollo del mercado nacional no solo es positivo para desarrollar un mercado potencial de clientes, sino también para transferir los beneficios del uso de los recursos comunes a la población nacional. El aumento en la obesidad infantil y adulta a partir de dietas poco saludables es un problema país, por lo que el desarrollo de productos saludables es una solución necesaria y urgente.



Lograr una alta tasa de consumo nacional de alimentos generados por la acuicultura chilena será positivo no solo al desarrollar un mercado potencial de clientes, sino también porque permite evaluar el desempeño de sus productos en un mercado conocido

Obtener una alta tasa de consumo de alimentos generados por la acuicultura chilena permitirá a los productores evaluar el desempeño de sus productos en un mercado conocido y, con ello, responder más rápidamente a los requerimientos de los consumidores extranjeros. Chile se ha planteado el desafío de desarrollar una industria saludable e inocua basada en la acuicultura y, en consecuencia, resulta importante la protección de los consumidores nacionales ante la entrada de productos con escasa o sin certificación sanitaria. Adicionalmente, se evitaría competencia desleal con los productores nacionales. Esto debe ser acompañado de trabajo público-privado en la promoción de los productos a partir de una campaña sistemática para mejorar las tasas de consumo.

Nota: En las iniciativas que dieron origen a los documentos sobre los cuales hemos basado este artículo participaron representantes de diversos organismos e instituciones, entre los cuales estuvieron —en particular en la discusión sobre salmonicultura— el Ministerio de Economía y Turismo, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, el Instituto de Fomento Pesquero, SalmonChile, ProChile, CORFO y representantes de universidades, ONG, proveedores y trabajadores de la industria.

DIVERSIFICACIÓN ACUÍCOLA: ¿UN APOORTE AL PROCESO DE DESARROLLO SECTORIAL?

Carlos Wurmman G.²⁴

Introducción

Entre otras cosas, la actividad pesquera se diferencia de la producción de otras carnes por la gran variedad de productos que ofrece a los consumidores de todo el mundo, sean estos peces, moluscos, crustáceos, equinodermos, algas u otras especies, etc. Así, las estadísticas de FAO (2018) indican que en 2017 se capturaban o extraían 1.738 especies diferentes y se cultivaban 428²⁵.

De los totales de la pesca extractiva, un 71% del volumen desembarcado en 2017 corresponde a peces marinos, un 11% a peces de aguas continentales, mientras que el resto se distribuye entre moluscos y crustáceos (7% cada uno), peces diádromos (2%), plantas acuáticas (levemente sobre 1%) y especies misceláneas (menos de 1%). Por su parte, un 40% de los cultivos corresponde a peces de agua dulce, un 28% a plantas acuáticas, un 16% a moluscos, 8% a crustáceos, 5% a peces diádromos, 1% a animales diversos y solo un 3% a peces marinos, rubro, este último, que domina la pesca extractiva.

La importancia de los cultivos en los desembarques mundiales queda en evidencia al indicar que en 2015-2017 poco más de un 46% de su volumen corresponde a productos cultivados (solo 11% en 1985-1987). En el último trienio los cultivos sobrepasan el 95% del desembarque total en el caso de las algas; un 81% en el caso de peces continentales, un 74% en peces diádromos, un 72% en los moluscos, un 61% en animales varios, un 54% en los crustáceos y solo un 4% en el caso de los peces marinos.

²⁴ Ingeniero civil industrial de la Universidad de Chile, M.Sc. Economía de Universidad de Hull, Reino Unido. *Mails:* carwur@gtmail.com y awardchile@gmail.com

²⁵ Para este conteo, los rubros "especies varias no identificadas" cuenta como una sola especie, con lo que las cifras mencionadas necesariamente son mayores en la realidad. Tampoco se incluyen especies como mamíferos, caimanes, etc., que las estadísticas registran por "unidad" y no por peso.

Concentración de los cultivos

Desde que comenzó el desarrollo de la acuicultura comercial en Occidente —hace no mucho más de cincuenta o sesenta años, como consecuencia del mejoramiento de las tecnologías disponibles para estos efectos, y desde los años de 1990, como respuesta a la nivelación de la pesca extractiva y a su disminución en varias latitudes desde entonces— y a pesar del alto número de especies motivo de cultivo, su producción se concentra en un número bastante reducido de estas, con tecnología ampliamente disponible, las que han ido ganando una aceptación casi universal. Igualmente, unos pocos países concentran la mayor parte de las cosechas acuícolas mundiales.



Desde que comenzó el desarrollo de la acuicultura comercial en Occidente, su producción se ha concentrado en un número reducido de especies, con tecnología ampliamente disponible, y unos pocos países concentran la mayor parte de las cosechas acuícolas mundiales

En el caso de China, principal país acuicultor del mundo, su producción se concentra en relativamente pocas especies²⁶. Así, de las 83 cultivadas en ese país en 2015-2017, las seis más importantes representan un 53% de las cosechas y 13 especies concentran un 75% de los totales. En el resto del mundo sucede algo similar, con lo que con 408 especies cultivadas en 2015-2017, las principales siete generan el 50% de los cultivos y solo 15 significan un 75% de la producción controlada.

También puede señalarse que 295 especies se cultivan mundialmente en volúmenes que no exceden las 10.000 toneladas (t) y solo 44 superan las 250.000 t anuales en 2015-2017. Las primeras aportan un poco significativo 0,5% de las cosechas, en tanto las últimas concentran un 89,7% de los cultivos en ese trienio, demostrando que el desarrollo actual de la producción controlada de muchas especies es de nivel “exploratorio” o hasta precomercial, mientras la oferta acuícola mundial se focaliza en un reducido número de ellas.

China por sí sola representa un 59% del volumen mundial de cosechas acuáticas en 2015-2017. Los primeros cinco productores del rubro, todos asiáticos, concentran el 81% de la producción, y con los restantes cinco, que incluyen a Noruega, Egipto y Chile como los únicos países no asiáticos en el *top ten* de la acuicultura mundial, se completa el 89% de los volúmenes producidos bajo cultivo. Más aún, un 63% de los países producen menos de 10.000 t de cosecha anuales y representan tan solo un 0,3% de las cosechas

²⁶ De acá en adelante no se incluyen algas en el análisis numérico, salvo que se indique lo contrario.

mundiales, mientras que el 10,8% de los 195 países que registran cultivos en 2015-2017 aporta un 95,3% de lo cosechado en ese trienio, mostrando una enorme asimetría en las capacidades productivas de las diversas naciones y evidenciando que en la gran mayoría de ellas los cultivos son todavía muy poco significativos, o bien, incipientes.

Esta somera revisión demuestra que, a pesar de cultivarse un gran número de especies, las cosechas de la acuicultura mundial se concentran en un muy reducido número de ellas y de países. Más aún, la gran mayoría de los países acuicultores produce cantidades muy poco significativas, y otro tanto ocurre con la gran mayoría de las especies cultivadas.

En esencia, entonces, existe actualmente —y ha existido en los últimos sesenta a setenta años— un explícito deseo por diversificar la acuicultura mundial, lo que se refleja por un aumento de las especies cultivadas entre 69 en 1952-1954, 183 unidades treinta años más tarde y las 428 especies de 2015-2017. A pesar de esto, un 35% de estas especies se cultiva mundialmente en volúmenes medios anuales que no exceden las 100 t; un 11%, con cosechas entre 100 y 500 t, y un 4%, entre 500 y 1.000 t, con lo que el 50% de las especies se cultiva en volúmenes casi experimentales, por razones difíciles de precisar con exactitud, pero que podrían relacionarse con desarrollos tecnológicos incompletos, mercados limitados a escenarios rurales o demandas muy localizadas.

Por su parte, la alta concentración de las cosechas en un pequeño número de especies se debe a que para ellas se han desarrollado buenas tecnologías y que estas han estado disponibles para casi todos quienes han querido acceder a ellas en las últimas décadas. Por esta razón, en numerosos países, la acuicultura que actualmente tiene alguna significación económica se asocia con especies que fueran “introducidas” desde el exterior, para lograr resultados productivos lo más rápido y eficientemente posible. A pesar de esto, el esfuerzo diversificador que se evidencia en el gran número de especies cosechadas en pequeños volúmenes se refiere hoy con más énfasis a especies nativas, pues en casi todas las latitudes se objeta la introducción de especies exóticas o se les requiere comprobar que su introducción no resultará distorsionadora para los ambientes locales, mediante demorosos y caros estudios.



La alta concentración de las cosechas en un pequeño número de especies se debe a que para ellas se han desarrollado tecnologías buenas y de fácil acceso. Por esta razón, la acuicultura generalmente se desarrolla sobre la base de especies que fueran “introducidas” desde el exterior

Así, es altamente probable que la escasa cooperación horizontal entre países que desarrollan proyectos de cultivo incipientes genere desarrollos tecnológicos ineficientes

y costosos, sea por carencia de recursos de I+D; por no disponerse de recursos humanos locales debidamente entrenados o por la discontinuidad en los procesos, que normalmente demoran entre diez y veinte años, viéndose interrumpidos por cambios de gobierno, de autoridades universitarias, o en las prioridades. Tampoco es de extrañar que, en una variedad de casos, las nuevas especies que se intenta cultivar sean conocidas principalmente solo en ámbitos locales, lo que hace que su introducción en grandes mercados urbanos o a través de exportaciones requiera de ingentes recursos financieros, organizacionales y de plazos bastante extendidos. Además, que ellas se produzcan por años en cantidades limitadas, situaciones todas que dificultan la penetración de mercados e inhiben el desarrollo de los cultivos emergentes.

Si bien el aumento de especies cultivadas desde los años 50 demuestra un interés por la diversificación de las cosechas, este proceso no ha sido realmente muy exitoso a la fecha. Para cambiar rumbos en el horizonte previsible, deben concentrarse esfuerzos en completar el proceso de mejoras tecnológicas, de desarrollo de mercados, etc., en un reducido número de especies que complementen poco a poco las cosechas de aquellas que destacan en la actualidad. No previéndose que este proceso acomode a todas las naciones, por la dificultad de cultivar especies introducidas, es probable que esta doctrina pueda inhibir o aletargar esfuerzos diversificadores en muchos países acuicultores que trabajan con especies emergentes.

Con todo, y para contrarrestar estos problemas, los diversos países deberían cooperar mucho más intensamente para generar procesos de desarrollo tecnológico compartido, eficientes y de menor duración. Claramente también, a la fecha, los avances del proceso de diversificación productiva a través de nuevas especies resultan prometedores, en el sentido de que habiéndose iniciado procesos que aún permanecen inconclusos, en el futuro dichos esfuerzos podrían potenciarse, generándose nuevas cosechas en cantidades comercialmente atractivas. Claro está que, requiriéndose —como se ha dicho— entre diez y veinte años para lograr un desarrollo tecnológico cabal para cultivar nuevas especies, puede postularse con cierta tranquilidad que, en las próximas dos décadas y hasta 2040, solo un limitado número de nuevas especies serán cultivadas en forma masiva, como complemento de aquellas actualmente bien establecidas comercialmente.

¿Peces marinos?

Debería llamar poderosamente la atención que, hasta estas fechas, aunque los peces marinos son las especies pesqueras de mayor demanda mundial, su cultivo es muy limitado, a pesar de que sus capturas se han estancado, o bien han disminuido mayoritariamente desde mediados de la década de 1990. Esta aparente contradicción podría explicarse por lo caro, demoroso y difícil del proceso de desarrollo tecnológico

necesario para cultivar comercialmente estas especies (ciclo que, en este caso, puede durar más cerca de veinte que de diez años). Así, el cultivo de peces marinos solo aporta hoy alrededor de un limitado 4% al desembarque mundial de estas especies. Ahora, previéndose que la captura extractiva de los peces más valorados en la actualidad no aumentará significativamente, o bien podrá verse más restringida a futuro, es esperable que crezca la presión por incrementar su cosecha en las próximas décadas, sea mediante nuevas especies o aumentando la producción de aquellas ya explotadas con éxito hoy en día.



Aunque los peces de mar son las especies de mayor demanda mundial, su cultivo es muy limitado. Esta aparente contradicción podría explicarse por lo caro, demoroso y difícil del proceso de desarrollo tecnológico necesario para cultivar comercialmente estas especies

Acá, valga como ejemplo que las especies de “carne blanca” de mayor valor de la pesca extractiva demandadas en Chile se capturan recientemente en niveles inferiores a 1.000 t por año, salvo la reineta, la merluza común y la del sur. Más aún, de estas últimas tres, las dos merluzas muestran tendencias declinantes en 2007-2017 y solo tiende a crecer el desembarque de reineta. Esta simple constatación ha hecho que tanto los congrios como la corvina sean actualmente motivo de estudios avanzados para su cultivo y lo mismo ocurre con la palometa (*Seriola lalandi*), que también avanza aceleradamente en el desarrollo de proyectos de cultivo intensivo. Con todo, Chile en la actualidad muestra volúmenes y valores de importación creciente de productos pesqueros comestibles, ante su incapacidad de abastecer adecuadamente su demanda interna con producciones propias a precios al alcance de la población, pues aunque coseche enormes cantidades de salmónidos, estas especies aún se consumen en forma limitada en el país.

Otro tanto debe ocurrir en naciones como México, Brasil y del mundo desarrollado (UE, EE. UU. y otros) que hoy dependen fuertemente de las importaciones de productos pesqueros para satisfacer su demanda, los que enfrentados a la disponibilidad de tecnologías emergentes o en desarrollo verán la posibilidad de disminuir sus fuertes déficits comerciales a través del aumento de sus cultivos y, parcialmente al menos, diversificándose mediante la producción de otras especies.

Lo novedoso de la acuicultura mundial en Occidente, y el aumento de la demanda por productos pesqueros, es que permite esperar que varios países fuera de Asia incrementen fuertemente sus cultivos y, en parte, sobre la base de una matriz más amplia de especies.

La irrupción de nuevas tecnologías

La acuicultura es una vertiente productiva en constante evolución tecnológica, lo que ha posibilitado un crecimiento continuo de las cosechas mundiales hasta estas fechas. A pesar de esto, y hasta hace no mucho más de una década, las artes usadas eran parte de una “misma generación de opciones”. Esta situación ha cambiado radicalmente, ya que en la actualidad irrumpen cada vez con más fuerza tecnologías disruptivas que cambiarán por completo la forma, los sitios y la economía de la acuicultura del futuro. Acá se trata de los cultivos en tierra, en recirculación; de la acuicultura oceánica o en zonas marinas expuestas; de la resiembra del borde costero; de la acuaponía y otras vertientes aún menos desarrolladas (cultivo de especies genéticamente modificadas, cultivos multitróficos, etc.).



Actualmente irrumpen cada vez con más fuerza tecnologías que cambiarán por completo la forma, los sitios y la economía de la acuicultura del futuro: se trata de los cultivos en tierra, en recirculación; acuicultura oceánica, resiembra del borde costero, acuaponía y otras nuevas vertientes

En el caso de la recirculación, estas técnicas, bastante difundidas en la actualidad y en permanente evolución, permiten pensar en cultivar casi cualquier especie en prácticamente cualquier lugar del planeta, bajo condiciones controladas, con menos enfermedades y hasta en plazos más reducidos. Si bien el costo de inversión y de operación por unidad producida aún puede exceder a los sistemas convencionales, la ubicación de plantas de cultivo cerca de los mercados consumidores y los ahorros en transporte y otras actividades permiten pensar que las cosechas obtenidas mediante estos sistemas serán realmente competitivas en cosa de una década o tal vez antes, lo que modificará por completo los paradigmas productivos actuales. Así, por ejemplo, empresas noruegas ya comienzan a instalar enormes proyectos para producir salmón en Florida, EE. UU.; otros inversionistas intentan cultivar camarones en Escocia; terceros comenzarán a cultivar salmón en China, etc., situaciones todas que cambiarán para siempre los equilibrios dinámicos que se aprecian hoy en esta industria, desafiando la posición de Chile como principal exportador de salmón a los EE. UU. y dificultando imaginar los destinos que tendrá la salmonicultura nacional en el concierto mundial en 2030 o 2040.

Otro tanto sucede con los cultivos en ambientes oceánicos de alta energía (acuicultura *offshore* u oceánica), como resultado de la creciente competencia por el uso del borde costero con los sectores inmobiliario, turismo, transporte, etc. Estas nuevas iniciativas buscan cultivar en medio de zonas altamente expuestas a vientos y oleajes con

tecnologías todavía en desarrollo, pero que se prestarán para modificar drásticamente la forma como es concebida la acuicultura en la actualidad. Tal es así que, en las próximas décadas, es esperable que la mayor parte de los cultivos de peces, y eventualmente el de otras especies, se produzca en este ambiente, en el que países que actualmente no desarrollan estas iniciativas en el borde costero puedan reevaluar su interés en estas materias, pero en entornos oceánicos. Los cambios tecnológicos que requerirá este nuevo sistema son profundos y abarcan desde nuevos diseños de balsas-jaulas, redes y sistemas de almacenamiento de alimentos, hasta una mejorada calidad de juveniles a engordar; sistemas de alimentación remotos; nuevos sistemas de seguridad para trabajadores y para evitar escapes de peces; transportes ultrarrápidos; sistemas de tratamiento de peces; extracción y tratamiento de mortalidades, de cosecha, etc.

La acuicultura oceánica permitirá cultivar peces en enormes volúmenes, no debiendo extrañar que se implanten centros productivos con capacidades entre 10.000 y 50.000 o más toneladas anuales, lo que transformará drásticamente el cultivo masivo de peces de alta demanda, y en particular la salmonicultura mundial, posibilitando la incorporación paulatina de países como los EE. UU. a estos afanes, donde la resistencia a los cultivos costeros tiene paralizada buena parte de estas iniciativas.

Por cierto que la resiembra del borde costero con semillas de moluscos, erizo, algas o juveniles de peces de hábitos costeros también modificará el quehacer productivo de los pescadores artesanales, los que mediante este mecanismo rehabilitador de recursos biológicos que hoy enfrentan un proceso de merma creciente podrán recuperar, en parte, sus volúmenes de captura, evitando que deban abandonar su trabajo tradicional.

Estas nuevas tendencias tecnológicas, sumadas al eventual manejo futuro de especies modificadas genéticamente²⁷ para mejorar su *performance* productiva, permitirán el cultivo de nuevas especies, en nuevos entornos geográficos “no tradicionales”, tanto como el aumento en la producción de las especies más conocidas actualmente, revolucionando la acuicultura mundial en las próximas décadas y dejando en el camino a aquellos actores que no se adapten al fuerte cambio de paradigmas.

Diversificación y mercado

No mucho más puede especularse todavía respecto al número de nuevas especies que entrarán a cultivarse más masivamente o en relación con países que intentarán aumentar su producción por estas nuevas vías. Lo que es cierto es que la irrupción de estas y otras tecnologías emergentes cambiará radicalmente la acuicultura mundial, tal como se la

²⁷ Los organismos genéticamente modificados son objeto de rechazo bastante generalizado, si se trata de su cultivo en ambientes naturales (océano, aguas interiores), pero ya se han autorizado cultivos en sistemas de recirculación en los EE. UU. y otros países, lo que hace prever que esta práctica se podrá extender masivamente en las próximas décadas.

conoce actualmente, influyendo en las próximas décadas sobre el volumen y valor de la producción y del comercio internacional de productos pesqueros y permitiendo que muchos países importadores intenten disminuir sus déficits comerciales, mientras otros aprovechan los nuevos conocimientos para incursionar por primera vez o aumentar su presencia en la oferta de productos pesqueros cultivados.

Por cierto, siempre habrá mercados “nichos” en los cuales vender producciones de cultivo en pequeños volúmenes, como los que sostienen hoy aquellas producciones emergentes. Sin embargo, la racionalidad comercial y económica tenderá a concentrar la oferta y demanda de productos pesqueros cultivados en un número limitado — aunque mayor al actual— de especies de alta valoración de mercado.



Dado el mayor crecimiento de las importaciones pesqueras de las economías en desarrollo, es de esperar que su importancia supere a las del mundo desarrollado en la próxima década, lo que significará cambios en paradigmas comerciales, que forzarán paulatinamente a incorporar nuevas especies al comercio internacional

También es relevante mencionar que en 2015-2017 los países de economía más desarrollada representan tan solo un 6% de las cosechas pesqueras mundiales (27% en 1985-1987), pero ellos mismos consumen un 53% del volumen y un significativo 70% del valor de los productos hidrobiológicos importados en el mismo trienio. En ellos, las tasas de variación media acumulativas anuales de las importaciones solo alcanzan a un 0,2% en volumen y 1,5% en valor, en los lapsos comprendidos entre 2005-2007 y 2015-2017, mientras que en las economías en desarrollo el progreso de las compras foráneas evoluciona mucho más rápidamente, a un 3,0% anual en volumen y 6,4% en valor, en el mismo período, con lo que es de esperar que, al menos en términos de volumen, estos países superen en importaciones pesqueras al mundo desarrollado en la próxima década.

Este importante hecho está significando cambios en paradigmas comerciales, que forzarán paulatinamente a incorporar nuevas especies al comercio internacional para satisfacer demandas específicas que difieren de aquellas que han predominado hasta la fecha en países de mayor desarrollo relativo, con lo que, nuevamente, debería verificarse una presión por diversificar la matriz productiva de la acuicultura mundial en las décadas siguientes. Este hecho también implica acomodar crecientemente los esquemas comerciales más tradicionales hasta la fecha, los que, en el caso de las principales especies producidas, se han acondicionado para efectuar grandes ventas,

mediante contratos a mediano y largo plazo, a grandes consumidores como cadenas de supermercados, etc. En el caso de buena parte del mundo en desarrollo, los productores acuícolas deberán congeniar con esquemas de venta diferentes, probablemente cubriendo plazos menores, en cantidades inferiores y variables a lo largo del año, situaciones todas que obligan a acomodar las capacidades productivas y de almacenaje, los esquemas productivos y la logística en las plantas elaboradoras, con efectos en la economía de los procesos, el financiamiento y la efectividad productiva.

Gobernanza y diversificación

Finalmente, es cierto que la gobernanza en la acuicultura mundial, que debe ser mejorable en casi todas partes, es un factor que ha causado problemas en el pasado y que afectará en el futuro la velocidad de desarrollo del sector por el creciente número de normas que se han ido aplicando a lo largo de los años para evitar externalidades negativas tan propias del quehacer (diseminación de enfermedades, deterioro del medio acuático, etc.), tanto como por fallas en las estructuras organizacionales de los diversos cuerpos de gobierno y del sector privado y social.

Por cierto que, en la medida en que avanza el proceso de diversificación, en cualquiera de las dimensiones planteadas, aumenta la complejidad de las normativas, de los procesos de gobierno y control, los que, de no aplicarse adecuadamente, constituirán un freno al crecimiento de los cultivos. Baste decir, por ejemplo, que casi en ningún país, y menos a través de acuerdos internacionales, existe una normativa clara que regule la acuicultura oceánica, situación que definitivamente entraba y demorará el desarrollo de esta nueva vertiente productiva.



En la medida en que avanza el proceso de diversificación, aumenta la complejidad de las normativas y de los procesos de gobierno y control necesarios, los que, de no aplicarse adecuadamente, constituirán un freno al crecimiento de la acuicultura

Es previsible, en todo caso, que el alto nivel de regulación al que está sujeta la acuicultura mundial sea revisado en los próximos años, pues la gobernanza actual impone costos y trabas burocráticas que pueden ser evitadas con un manejo más cuidadoso, que busque la efectividad, guardando, por cierto, los criterios de sustentabilidad ambiental, social y económica necesarios.

Con todo, existen fundadas razones para prever un aumento del esfuerzo de diversificación productiva en la acuicultura mundial, situación que debería cooperar a la generación de nuevos empleos, al desarrollo de diversas zonas geográficas y al mejoramiento de la seguridad alimentaria a nivel global.

DESARROLLO ACUÍCOLA EN CHILE: UNA HISTORIA DE PERMANENTES DESAFÍOS E INNOVACIONES

Eduardo Mas Huber²⁸

Introducción

Proyectar la acuicultura al futuro obliga a mirar, al menos brevemente, la historia de lo que se ha desarrollado hasta ahora, lo que nos dará luces sobre lo que podría venir. Aunque el cultivo de salmón es parte de una acuicultura más extensa que incluye a otras especies y zonas geográficas, nos circunscribiremos a la salmonicultura en la zona sur de Chile para entregar una historia de experiencias y desarrollo más acotado.

Una breve historia de innovaciones, cambios tecnológicos y costumbres

El desarrollo de la salmonicultura en Chile de las últimas décadas muestra una evolución muy vertiginosa. Desde sus inicios, el atractivo retorno económico, asociado a una creciente demanda de un producto de exportación de excelencia —no olvidemos que hablamos de una proteína de calidad, en muchos casos económica y de producción con bajo impacto ecológico y gran aceptación social del producto resultante—, obligaron a mejorar diferentes aspectos estructurales, técnicos, sanitarios y de gestión y, a medida que se mejoraba o se avanzaba en la solución de estos, aparecían otros, presentando nuevas y más complejas exigencias de perfeccionamiento.

La infraestructura básica de los inicios comenzó con oficinas y alojamientos en tierra y el centro de engorda a la vista, lo que suponía concesiones marítimas cercanas a la costa y a centros habitados y en lugares protegidos. Sin embargo, estas rápidamente no dieron abasto para los volúmenes de producción necesarios, por lo que se comenzaron a utilizar concesiones marítimas más distantes, lejos de lugares habitados y de los centros de abastecimiento.

²⁸ Licenciado en Ciencias Marítimas y Navales, Aviación Naval. Socio fundador y gerente general de SITECNA S. A., presidente del Club de Innovación Acuícola.

Esto implicó cambiar el paradigma, invitando a **“pensar con los pies en el agua”**, lo que trajo la necesidad de infraestructura flotante mayor, mejor y más sofisticada, como casas flotantes para albergar los equipos de trabajo, muelles, plantas de hielo, plantas de cosecha, etc.

La logística se fue también haciendo más compleja, al enfrentar mayores distancias con arribo a lugares más expuestos y malas condiciones climáticas la mayor parte del tiempo. Los servicios como telefonía, bancos, educación (en todas sus etapas), salud y otros, fueron exigidos a incrementar la oferta en las ciudades costeras que, de una u otra forma, interactuaban con la demandante industria.



El desarrollo de la industria salmonera obligó a cambiar el paradigma productivo conocido, invitando a pensar “con los pies en el agua”. Esto es, a innovar y adaptar los distintos aspectos productivos a una actividad marítima nueva

Es así como la industria “periférica”, esto es, de proveedores y generadores de insumos y tecnologías varias, como laboratorios, plantas de proceso, empresas de ingeniería y desarrollo y diseños, etc., se vio impulsada a crecer, desarrollarse y proporcionar soluciones, introduciendo cambios e innovando en diferentes áreas.

La oferta laboral, de mentalidad terrestre, también tuvo que adaptarse en variados campos, al verse obligada a introducirse en un nuevo escenario: la actividad en el mar. Regulaciones legales, turnos de trabajo, formas de vida a bordo, demandas de otras habilidades para los operadores (como manejo de embarcaciones, conocimiento en fondeos, meteorología y condiciones de mar, mareas, etc.) exigieron migrar de una forma de trabajar terrestre a un desempeño laboral pionero en esta nueva industria a flote.

En ese devenir de progreso y crisis; de demandas por *dumping* a virus ISA; de superación de exigencias ambientales a mejoramiento de la calidad de vida de los trabajadores, y de desarrollo de valor agregado a quiebras de empresas y fusiones; después de un cúmulo de vivencias, errores y aciertos, vemos hoy una industria consolidada, que reporta al país un ingreso de US\$5.157 millones, con una producción anual de 900 t (datos 2018). La segunda mayor productora de salmónidos del mundo. También hay que integrar en esto el desarrollo, aunque sea en menor escala por ahora, de otros cultivos, como la seriola, congrio, bacalao, tilapia y otros que se están llevando a cabo en varias zonas del país.

Estábamos haciendo flotar las ideas

La evolución de la infraestructura y, en particular, de las estructuras flotantes utilizadas en la industria es un vivo ejemplo del proceso permanente de innovación en el sector acuícola.

A mediados de los años 80, la producción se realizaba casi en su totalidad en jaulas construidas en madera, con pocos peces por centro, en lugares protegidos cercanos a la costa y a los puntos de abastecimiento, y con trabajadores con poca experiencia y conocimiento técnico; pero a medida que crecía el sector, la infraestructura, así como los problemas y demandas técnicas, se fueron haciendo cada vez más exigentes y complejos.

Los pasillos de las jaulas de madera fueron reemplazados por metálicos, cada vez más resistentes; la alimentación pasó, a poco andar de la industria, a ser automatizada, primero con silos pequeños y luego con grandes capacidades de acopio.

Las amplitudes de mareas y la geografía en ocasiones poco amistosa hacían que fuera más fácil descargar el alimento a pontones flotantes desde una embarcación menor, que bajarlo de la carretera desde un camión hasta las balsas-jaulas en el mar; por lo que ya desde fines de los 80, algunas empresas comenzaron a requerir plataformas flotantes para almacenar el alimento.

Las primeras plataformas se fabricaron en acero en 1988. Un año después, casi 90% se reemplazó por las construidas en ferrocemento. Esto causó que otras compañías de engorda descubrieran la conveniencia de almacenar el alimento a flote en lugar de almacenarlo en tierra. Los galpones metálicos sobre una superficie flotante de cemento, estable, con piso antideslizante y libre de mantenimiento, fueron conceptos que entraron con mucha fuerza.

Al poco andar, las concesiones marítimas fueron más alejadas, obligando a habitar el mar (en la empresa SITECNA se habla de habitar el maritorio). En ese entonces, los medios con que se operaba eran aún jaulas de madera de 10 m x 10 m y bodegas de 15 a 40 toneladas de capacidad de carga, pero el crecimiento fue rápido y en pocos años las bodegas flotantes pasaron de 15 t a 60, 80, 100, 120 y 160 t.

Los nuevos desafíos no se hicieron esperar. Bodegas más grandes debían ser abastecidas por barcos más grandes. El ferrocemento dejó de ser el material más indicado, por ser poco resistente a los golpes de embarcaciones mayores, por lo que se derivó al concreto armado, material que contribuía con una mayor resistencia a los golpes, con mayor durabilidad en el tiempo, y presentaba una mayor masa propia, haciéndolo más estable. Apreciaciones que resultaron ampliamente justificadas.

En 1994 ya se habían construido y se encontraban operando más de 100 bodegas flotantes, tanto en acero como en hormigón, siendo estas últimas las más preferidas (sobre un 90% eran de hormigón). Habían quedado atrás las jaulas de madera y las bodegas de 30 y 40 toneladas. Solo un pequeño número de los centros de engorda, aproximadamente un 10%, operaba aún con dichas jaulas, mientras que las bodegas flotantes de 60, 80 y 120 toneladas llevaban la delantera.



A mediados de los años 80, la producción se realizaba casi en su totalidad en jaulas construidas en madera, con instalaciones y tecnologías básicas. Pocos años después, la producción se hacía en jaulas metálicas, con instalaciones flotantes de hormigón armado, alimentación automática y otras tecnologías de punta

Junto al crecimiento de los centros y al valor de su producción —se tenían miles de dólares en el agua—, también aumentó el apetito de los ladrones, que extraían desde las mismas jaulas los peces o rompían las redes bajo el agua para capturar parte de los salmones que escapaban.

Una pregunta que surgió entonces fue por qué la gente vive en tierra, lejos de la inversión, si muchas veces no puede llegar en forma oportuna a las jaulas debido a las mareas o mal tiempo. Esto llevó a promocionar la idea de vivir a flote, y la idea prendió rápido. Se vio como muy interesante que la gente estuviera en contacto directo y continuo con los peces, de tal forma de supervisar y solucionar los problemas en forma inmediata y oportuna y también evitar robos u otras situaciones como, por ejemplo, ataques de lobos.

De esta forma, en pocos años, las bodegas flotantes dieron paso a las casas flotantes, con el fin de satisfacer la necesidad de presencia permanente de los operadores en el lugar. Se inició la habitabilidad a flote con una pequeña casa de dos dormitorios, baño, cocina y sala de estar. Se trataba de un pequeño espacio con gas licuado, ventanas de madera, estufas a parafina o eléctricas y descargas de baños al costado que daban directamente al mar. Fue una forma de innovar en el negocio.

Así como los centros de cultivo fueron creciendo en biomasa, también aumentaron las inversiones en comodidades y en tecnología periférica. Se instalaron radares para detectar embarcaciones que se acercaban de noche con dudosas intenciones, focos buscaboyas de alta potencia y otros elementos disuasivos que comenzaron a ser parte del equipamiento regular de los centros de cultivo.

Las casas flotantes fueron ganando terreno, y ya en 2000 no se concebían centros sin estas verdaderas estaciones de trabajo flotantes que, entre otras cosas, proporcionaban un control cercano y serio de los procesos productivos.

Poco a poco, la industria se iba adentrando en el mar, pero con personas que no estaban entrenadas para desempeñarse en actividades marinas. No eran marinos, pero se les exigía que actuaran, vivieran y ejercieran como tales. Este elemento, aparentemente menor, ha obligado al estudio, diseño y creación de alarmas, sistemas y protocolos de seguridad de alto nivel, con el propósito de salvaguardar la vida humana en el mar y ayudar al desempeño de los tripulantes en la operación del pontón.

A principios de los 90, la alimentación diaria de los peces era proporcionada por personas que, caminando por los pasillos con una gran cuchara, lanzaban o esparcían los pellets en las jaulas. La cantidad que cada pez recibía quedaba sujeta al factor humano. Por ello, la alimentación automática reemplazó con fuerza y premura la vieja usanza. Esto, junto con el control directo que permitía la presencia permanente de operadores, propició lograr importantes bajas en los factores de conversión alimenticia: desde 1,8 durante la década del 90, a 1,4 o 1,3 —los más eficientes hoy—, lo que se traduce directamente en una disminución considerable de los costos de producción.

Hoy en día, el cuidado del medioambiente ha tomado mayor relevancia, lo que ha llevado a introducir mejoras e implementar plantas de tratamiento de aguas servidas y control de derrames.

Actualidad

La industria salmonicultora opera hoy en una gran extensión geográfica, que va desde Puerto Montt a los canales al sur de Punta Arenas. Una amplia gama de factores, como accesos desde tierra, logística local, meteorología y las condiciones del mar (salinidad, temperatura, cantidad de oxígeno, florecimientos algales, entre otros), hacen la diferencia entre un centro ubicado al norte y uno del sur de esta gran extensión.

Sin embargo, en general, los desafíos de infraestructura son muy similares. Actualmente, un centro típico se conforma de un tren de 10 o 20 jaulas de 40 m x 40 m cada una, y un pontón flotante que alberga de 15 a 20 personas, con una capacidad en silos de 200 a 600 toneladas. Como apoyo periférico se puede contar con una o dos embarcaciones; una plataforma para ensilaje, si esta no se encuentra incluida en el pontón principal; una plataforma de oxigenación si fuese necesario; y quizás otras plataformas flotantes auxiliares para trabajos varios. Todo esto, con líneas de fondeo resistentes tomadas a muertos, anclas o ambos.

La alimentación de los peces, como factor determinante del proceso de engorda, hoy es completamente automática, controlada y manejada desde el mismo pontón y monitoreada con la ayuda de múltiples sensores y cámaras submarinas, que proporcionan información sobre la calidad de la ingesta del alimento de parte de los peces, en cuanto a la cantidad que se comienza a perder o en cuanto a peces que no se han alimentado lo suficiente. Actualmente, la persona a cargo de la alimentación es clave en el logro del mejor factor de conversión posible.

Proyectando el futuro

Como ha quedado claro en lo expuesto anteriormente, la industria del cultivo de peces y de otras especies no está ajena a innovaciones y cambios tecnológicos vertiginosos, por lo que proyectar la acuicultura a futuro es una tarea compleja, que obliga a mirar varios aspectos, todos relacionados entre sí. Muchos de estos elementos serán distintos en el futuro, impensados hoy en día.

Referente a la infraestructura flotante, vista precedentemente, esta enfrentará nuevas áreas de cultivo, zonas más expuestas o definitivamente alejadas de la costa (*offshore*), lo que demandará una innovación en jaulas, pontones alimentadores, fondeos, regulación ambiental y gubernamental, logística y otros.

Las nuevas formas y diseño de cascos de pontones flotantes habitables, por ejemplo, deberán incorporar mediciones de aceleraciones verticales y otros aspectos, con el fin de que la vida a bordo sea soportable y permita a la gente trabajar sin molestias. Los diseños para lugares más alejados seguramente considerarán una disminución de la cantidad de personas a bordo. Menos operadores, reemplazados por mayor automatización y control remoto, lo que obligará a preparar gente para el ámbito naval, un medio más exigente.

Los pontones del futuro deberán incorporar el máximo de operaciones en un solo artefacto flotante, con el objetivo de reducir plataformas flotantes periféricas y, por supuesto, costosos fondeos que demandan mayor inversión, atención y mantención permanente. Asimismo, ensilaje y oxigenación deberán estar incluidos en un mismo pontón. La ingeniería habrá de adaptarse a nuevos materiales y formas de construcción. La extracción de mortalidad y su posterior proceso son temas en que queda mucho espacio para innovar.



La industria del cultivo de peces no está ajena a cambios tecnológicos vertiginosos imposibles de predecir. Por esto mismo, el sector acuícola debe adoptar el cambio y la innovación permanente como hilo conductor de sus procesos y organigramas para seguir siendo competitiva

Por otra parte, la transferencia de alimento desde buques transporte a los silos de cada pontón es hoy uno de los grandes retos no resueltos. Si bien hay avances en este ámbito a nivel mundial, para la industria local sigue siendo un desafío concreto. Disminuir los tiempos de transferencia de carga, que obliga a los cargueros a permanecer prolongados períodos de tiempo (entre 4 a 10 horas) atracados a los pontones alimentadores en los centros de cultivo, muchas veces expuestos a malas condiciones de mar con los consabidos riesgos, es prioritario.

A futuro, la innovación está llamada a ser protagonista de un progreso exigente y demandante. Una gran invitación a dar respuestas a un sector que debe adoptar el cambio y la innovación permanente como hilo conductor de sus procesos y organigramas.

En esto, el diseño, ingeniería, automatización, construcción e inteligencia artificial (IA) jugarán roles fundamentales. En qué grado estará presente cada uno es algo difícil de anticipar, por cuanto la aceleración de los avances no permite visualizar fácilmente lo que se desarrollará y el orden en que se irá incorporando.

Por las condiciones de exposición de los lugares donde se cultivará, mar abierto, es evidente e inevitable la disminución de personas a bordo. Ello obligará al control y ejecución de tareas en forma remota. Cámaras, robots y obtención de datos en tiempo real serán una realidad. Virtualmente, el operador estará a bordo sin estarlo. El control remoto facilitará que las actividades se verifiquen desde cualquier parte del mundo. Internet planetario con cobertura total será una facilidad para ello.

La automatización está siendo ya una realidad y estará cada vez más presente en la operación diaria. La robótica e IA también tendrán un rol relevante. Por supuesto, la presencia humana no podrá estar ausente en su totalidad, pero su actividad diaria, la operación de rutina, habrá cambiado, favoreciendo su quehacer y bajando la cantidad de personas necesarias a bordo.

Se ha avanzado mucho en el manejo y control remoto de silos, combustible y agua, funcionamiento de generadores (puesta en marcha-paradas, sincronismo y monitoreo), alarmas de humo, puertas abiertas, etc. Actualmente, ya es un hecho que los operadores pueden actuar y monitorear las actividades mencionadas desde su teléfono móvil, y se

proyectan más mejoras y optimizaciones orientadas a la disminución de fallas y atención humana.

Gestionar un buen proceso de alimentación con el fin de obtener factores de conversión óptimos es ejecutado hoy por personas calificadas, desde lugares donde no se ven las jaulas. Muchas pantallas, cámaras y sensores van generando una nueva forma de enfrentar la engorda y cuidado de peces. ¿Quién se atrevería a decir que, en un futuro no muy lejano, esa actividad no se realizará completamente desde tierra?

Las comunicaciones entre centros de cultivo y oficinas en tierra son fundamentales para una operación y producción dinámica, ágil y efectiva. Equipos cada vez más sofisticados y una automatización creciente para operar los elementos de a bordo requerirán de canales comunicacionales potentes y confiables.

Queda por resolver o simplificar otras actividades vinculadas con la operación y actividad de un centro de cultivo, como son la recolección de mortalidad y su ensilaje, lavado y reparación de redes, verificación de fondeos, por mencionar algunas.

El desarrollo de la industria lateral o periférica relacionada directamente con la engorda de peces también impactará en forma directa sobre los laboratorios en la detección y prevención de enfermedades. La experiencia histórica, en la producción masiva de especies acuícolas, ha mostrado la aparición de nuevas enfermedades, que deben ser estudiadas y enfrentadas adecuada y oportunamente tanto en lo sanitario como en lo ambiental.

El cuidado del medioambiente es un concepto que someterá el desarrollo de toda actividad a sus leyes, sea infraestructura, medicina, alimento, logística, etc. Nada podrá realizarse si no es bajo estrictas normas ambientales. Por lo mismo, la recuperación de los fondos marinos será un aspecto crucial a revisar y atender.



La legislación y controles gubernamentales requieren mayor flexibilidad y eficiencia para estar al día. En muchas ocasiones los hechos preceden a las regulaciones, y las disposiciones legales van apareciendo en un ambiente de hechos consumados

La legislación y controles gubernamentales son desafiados en flexibilidad y eficiencia para estar al día en tan acelerada razón de cambio. En muchas actividades los hechos preceden a las regulaciones, y las disposiciones legales van apareciendo en un ambiente de hechos consumados, como ha sucedido tantas veces en esta industria.

Es posible que actualmente el sector no esté preparado para una ola de cambios tan significativos e incidentes, pero la dinámica histórica muestra que el desarrollo ha sido, en una gran medida, coherente con las continuas demandas de mejora y el capital humano está cada vez más integrado con una industria que hoy tiene un sello nacional bien cimentado.

Si tres cuartas partes del planeta son mar, la humanidad estará obligada a recurrir a su explotación para atender la creciente tasa de población mundial en los años venideros; por lo que vendrán variedades de cultivos con diferentes especies, acompañadas con ofertas en valor agregado realmente novedosas.

Otras formas de cultivo, otras especies, otros lugares: la innovación (imaginación) nos ofrecerá oportunidades que, asociadas a tecnología, abrirán escenarios hasta hoy desconocidos.

APORTES A LA DISCUSIÓN: PRODUCTIVIDAD, IMPACTO AMBIENTAL Y BENEFICIOS SOCIALES

Doris Soto²⁹

Este artículo aporta una perspectiva conceptual para relacionar y analizar las nociones de productividad y sustentabilidad en un sentido amplio.

Al observar una imagen del lago Llanquihue (ver ilustración) se puede apreciar un paisaje terrestre totalmente modificado de lo que fue este ecosistema hace ciento cincuenta años: la agricultura lo transformó por completo. Ya no es el ecosistema que había cuando fue colonizado. Por otra parte, se puede ver también la acuicultura presente en el lago. En virtud de ello, en esta ponencia se proporciona una perspectiva conceptual para que la ciudadanía se forme una imagen comparativa de los distintos impactos ambientales y beneficios sociales de las diversas actividades.

ILUSTRACIÓN.

Agricultura y acuicultura en el paisaje



Fuente: Fotografías de Doris Soto.

Izquierda, vista aérea del lago Llanquihue; derecha, centro de cultivo Estuario de Reloncaví.

²⁹ Licenciada en Biología de la Universidad de Chile y doctora en Ecología de la Universidad de California-Davis. Ha sido académica de la Universidad Austral y oficial *senior* en FAO, en Roma, en el área de acuicultura y medioambiente. Actualmente es investigadora principal del Centro FONDAP INCAR (www.incar.cl).

Equilibrio de objetivos

Una primera pregunta es cuál es el objetivo del incremento de la productividad en el uso de los recursos naturales. A nuestro juicio, el recurso y su rentabilidad debieran mantenerse en el tiempo y generar beneficios sociales y bienestar a las generaciones actuales y futuras. El bienestar humano está relacionado con la condición y el crecimiento económico, pero esto no se puede generalizar, ya que no es el único factor relevante. Estamos viendo cambios significativos en la manera en que la ciudadanía reacciona ante esto, considerando el crecimiento y envejecimiento de la población humana, así como el deterioro ambiental generado, incluyendo potenciales consecuencias del cambio climático.



Es necesario revisar las vocaciones productivas de los distintos territorios y comunidades desde la perspectiva de la sustentabilidad y de la equidad social, pensando también en las generaciones futuras y en que los beneficios sean para todos

Es necesario revisar las vocaciones productivas de los distintos territorios y comunidades desde la perspectiva de la sustentabilidad. Si una región tiene vocación, por ejemplo, para la minería o para las plantaciones forestales, la fruticultura, la salmonicultura u otra actividad que utiliza recursos naturales —que, dicho sea de paso, se pueden considerar propiedad de todos³⁰—, reconociendo que todas esas actividades tienen impactos ambientales y consecuencias sociales y económicas, la pregunta que el Estado de Chile se debe hacer, como representante de todos, es ¿qué conviene más desde la perspectiva de la totalidad de los ciudadanos actuales y futuros de una región, de un país, y desde una perspectiva global?

Inevitablemente, hay que empezar a mirar hacia el próximo siglo, hacia las nuevas generaciones. Una situación ideal indicaría que el Estado velara por un desarrollo sostenible y por el bien común, por sobre los derechos privados, pensando también en esas generaciones futuras y en que los beneficios sean para todos.

Considerado lo anterior, solo tendría sentido permitir desarrollos productivos que cumplan al menos dos condiciones: primero, que los impactos ambientales no causen pérdidas permanentes de servicios ecosistémicos y a la biodiversidad, a nivel de paisaje o unidad ecosistémica; y segundo, que los beneficios sociales y económicos sean *equitativamente* compartidos y que contrarresten en forma significativa las

³⁰ Se requeriría, desde luego, revisar la “propiedad” de los recursos naturales en la Constitución Política de la República de Chile.

externalidades generadas. Esto resulta particularmente difícil de medir, por lo que se vuelve una situación ideal, pero sí podría utilizarse como un norte u objetivo para considerar en el tiempo.

Luego viene el problema de cómo equilibrar los Objetivos del Desarrollo Sostenible. Más aún, desde la perspectiva de la investigación, nos preguntamos qué conocimientos y qué innovación se requieren. Al mirar los 14 Objetivos del Desarrollo Sostenible (FAO, 2018), el mayor desafío es abordar en forma equitativa al menos tres “macroobjetivos” transversales: 1) los logros como resultados económicos, 2) los resultados sociales y 3) la mantención de servicios ecosistémicos.

Desgraciadamente, a menudo hay *trade-offs* entre estos diferentes objetivos, y el logro de resultados para cada uno de ellos ocurre en escalas de tiempo diferentes, por lo cual es importante desarrollar indicadores fáciles de evaluar y *comunicar* —palabra clave— y metas realistas para diferentes escalas de tiempo, lo que raramente se hace. La percepción pública es una especie de nube muy generalizada e influenciada, y generalmente no alcanzamos a recibir información suficiente sobre estos *trade-offs* y cómo se puede lograr un balance que permita alcanzar estos diferentes objetivos.

Capacidad de carga del ecosistema

El concepto de capacidad de carga, como un concepto ecológico, pero también social y sociológico, es fundamental. Los ecosistemas pueden soportar a los diversos organismos, incluyendo al ser humano, con su intrincada red de conexiones e interdependencia; y puede tolerar cierto grado de extracción y modificación de su biomasa, al mismo tiempo que mantiene su productividad, adaptabilidad y capacidad de renovación, hasta un *límite determinado*. Este concepto se ha propuesto hace mucho tiempo y se ha hecho un lugar en la percepción pública, volviéndose cada vez más relevante.



El concepto de capacidad de carga, como un concepto ecológico, pero también social y sociológico, es fundamental. Aunque existen herramientas disponibles para su medición, rara vez se hace

Si bien rara vez se mide, la población tiene una vaga idea sobre este concepto. Hay casos de percepción crítica, por ejemplo, en el uso del agua: las competencias por su uso, su empleo excesivo en el cultivo de palta, etc.

Cabe preguntarse si hay en Chile alguna evaluación crítica sobre el uso del agua respetando su capacidad de carga. Si uno tratara de estudiar comparativamente los impactos ambientales de la producción en Chile de una tonelada de salmón versus una tonelada de fruta, pensando en el uso de pesticidas, de fertilizantes, de agua, etc., es posible que la producción de la tonelada de salmón sea más amigable con el ambiente.

Hoy existen herramientas como el LCIA (Life Cycle Impact Assessment³¹) que permitirían analizar la huella ambiental completa a lo largo del ciclo productivo; sin embargo, ello no se ha hecho. Cuando se habla de competitividad o productividad en la fruticultura y la acuicultura, no se habla del uso de pesticidas y fertilizantes, o del agua en la fruticultura, no porque el problema no exista, sino porque desafortunadamente no es tema. Estamos acostumbrados: la agricultura es parte de la historia del hombre, no así la acuicultura.

Pero no es tema hasta que llegamos al sector de los mercados orgánicos para la agricultura, porque entonces aparece un consumidor que está interesado en este aspecto. De nuevo, aquí hay consideraciones de percepción que es preciso entender y saber abordar si realmente queremos aumentar la productividad en forma sustentable. De acuerdo a la primera ley de la termodinámica, la materia no se crea ni se destruye. Así, en el caso de la salmonicultura (o en cualquier tipo de cultivo que requiera insumos externos, como alimentos o fertilizantes), los residuos quedan alrededor del sistema de cultivo, se van a otro lugar o se transforman en los ciclos naturales del ecosistema.

En el caso de la salmonicultura, cuando estos residuos, fecas, alimentos no consumidos y otros, caen debajo de las jaulas flotantes de cultivo se produce un impacto de eutrofización local en el fondo. Una alternativa sería limpiar los fondos, pero cuando no hay depósitos es porque las corrientes se llevan todo a otro lugar; no es que el material desaparezca, simplemente no se sabe a dónde va. Es igualmente relevante saber a dónde va la materia orgánica disuelta y nutrientes que se producen por excreción de los peces.

Por esto es importante la idea de capacidad de carga a nivel de ecosistemas, es decir, más allá del entorno inmediato de los centros de cultivo. Necesitamos conocer el efecto espacial del sector a nivel de cuerpos de agua relevantes (por ej., cuencas en el caso de pisciculturas; bahías, fiordos, canales, etc., en el caso de producción de engorda en el mar)³².

Es extremadamente necesario considerar el destino de los nutrientes, fertilizantes, pesticidas y otros elementos que se usan en todos los sistemas de producción agrícola, acuícola, pecuaria en general y, por ende, es urgente la planificación espacial de este

³¹ Ver <https://www.lifecycleinitiative.org/training-resources/global-guidance-lcia-indicators-v-1/>.

³² Quiñones et al. (2019). Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/raq.12337>.

sector y de toda actividad que utiliza un recurso compartido, como es el agua, y otros recursos como el suelo y servicios ecosistémicos, como la provisión de oxígeno, para ser sustentables en el tiempo. Desafortunadamente, en el mundo, en general la agricultura creció de una manera no planificada, por lo que recién se está viendo la necesidad de cambios relevantes, si bien en muchos casos ya es muy difícil modificar la distribución espacial y gestión del sector. Sin embargo, la acuicultura es mucho más reciente y, por lo tanto, aún se tiene esa oportunidad y no se puede desaprovechar.

Otros desafíos para incrementar la productividad de forma sustentable

Es importante realizar y comunicar estudios comparativos para alternativas productivas que utilizan o afectan recursos naturales, considerando impactos y beneficios, incluyendo beneficios sociales locales, por unidad de área y de recursos en distintas escalas espaciales y de tiempo. Es particularmente relevante estimar la generación de empleo directo e indirecto, incluso por género. Aunque es bastante significativo, no se habla mucho del tema del género en este tipo de análisis.

Asimismo, debería haber preocupación por el impacto en la alimentación y en un ambiente saludable para vivir, especialmente cuando hay uso de pesticidas, aspecto que tampoco se ha considerado en la productividad y en las innovaciones.

En el ecosistema seno Skyring, en Magallanes, ya hay algunos centros de cultivo de salmones. Ha habido gran inquietud por la llegada de los salmones a Magallanes y se ha generado temor por los impactos ambientales que podría producir la actividad; un temor justo, en la medida en que la comunidad escucha de esta problemática en las regiones de más al norte. Sin embargo, aquí se ha producido también un cambio fundamental del paisaje cuando llegó la ganadería y, posiblemente, este fiordo sufrió la mayor modificación en su ecosistema cuando esto ocurrió en los primeros cuarenta años del siglo XX.



La investigación interdisciplinaria es clave, porque cada vez es más necesario conectar los aspectos biológicos, ambientales y productivos con aquellos sociales, económicos y de gobernanza. No obstante, seguimos trabajando en pequeñas cajas, cada uno en su especialidad y sin comunicarse entre sí

Es fundamental, sin duda, que los magallánicos se pregunten “¿a qué nos queremos dedicar, de qué queremos vivir, y qué actividades podríamos realizar que sean

compatibles con nuestros objetivos?”. Para responder estas preguntas es esencial tener información de calidad sobre los riesgos ambientales y sociales de distintas actividades productivas a nivel de ecosistema, así como sobre las oportunidades y beneficios que ofrecen, y es necesario tener normativas que velen por el bien común y el desarrollo armonioso con el ambiente y la sociedad humana.

La investigación interdisciplinaria es clave, porque cada vez es más imperioso conectar los aspectos biológicos, ambientales y productivos con aquellos sociales, económicos y de gobernanza. No obstante, seguimos trabajando en pequeñas cajas, cada uno en su especialidad y sin comunicarse entre sí. La investigación social y antropológica es absolutamente crucial, ya que debemos entender por qué la población tiene la percepción que tiene, que puede ser justa o puede ser equivocada. Por eso, se debe generar información más clara, educar mejor y asegurar la existencia de sistemas de seguimiento y monitoreo ambientales y sociales permanentes y transparentes. Solo así sabremos como sociedad cuándo y cómo podemos aumentar la productividad sin incurrir en mayores costos ambientales y sociales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achurra, M. (1995). La experiencia de un nuevo producto de exportación: los salmones. En R. E. Sáez, & P. Meller, *Auge exportador chileno* (pp. 43-71). Santiago: Dolmen.
- AQUA. (Abril de 2018). Las súper dietas para el cultivo del Salmón. AQUA, págs. 6-11.
- Aquahoy (2019). "Exportaciones de trucha peruana crecieron 40 por ciento entre enero y noviembre del 2018".
- Arroyo Gordillo, P., y Kleeberg Hidalgo, F. (2013). Inversión y rentabilidad de proyectos acuícolas en el Perú. *Ingeniería Industrial*, (31), 63-89.
- Asche, F., & Bjørndal, T. (2011). *The Economics of Salmon Aquaculture*. Oxford: Wiley-Blackwell.
- Atlantic Sapphire. (2019). Investor Day – MIAMI.
- Barra Léniz, P. (2018). Acuicultura en el Lago Titicaca: las ventajas y dificultades de cultivar trucha a 3.800 metros sobre el nivel del mar. *Revista Mundo Acuícola*, (115).
- Berger C., Christian (2015). La acuicultura, una opción productiva de trascendencia. Organización en pro del desarrollo sostenible de la acuicultura en el Perú. Pro-Acuicultura.
- Bravo, S., Silva, T., & Lagos, C. (2007). *Diagnóstico de la proyección de la Investigación en Ciencia y Tecnología de la acuicultura chilena*. Universidad Austral de Chile, Instituto de Acuicultura.
- Boyd, C., McNevin, A. (2018). *Aquaculture, Resource Use, and the Environment*. Wiley-Blackwell.
- Bustos-Gallardo, B. (2013). The ISA crisis in Los Lagos Chile: A failure of neoliberal environmental governance? *Geoforum*, vol. 48, 196-206.
- Cáceres, R., Katz, J., & Dini, M. (2018). *Agencias regulatorias del Estado, aprendizaje y desarrollo de capacidades tecnológicas internas*. Santiago: CEPAL.
- CAMTRADE PLUS (2018). Camara de Comercio de Piura.

- CentralMarket (8/01/2019). www.centralmarket.com. Disponible en: <https://centralmarket.com/product/>
- Clément, A. (2019). La productividad del salmón de Chile. En *Minería, Acuicultura y Fruticultura: claves para la productividad*. Santiago: CIEPLAN.
- ComexPerú (2018). "Impulso para la acuicultura, aunque pudo ser mejor". Semanario 955, Actualidad, 28/09/2018.
- Cueva Muñoz, M. A. (2017). Evaluación económica de los diferentes sistemas de cultivo del paiche (*Arapaima gigas*), en el departamento de Ucayali, en el 2015. Tesis para optar el título profesional de economista. Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Facultad de Ciencias Administrativas.
- Departamento de Análisis Sectorial SUBPESCA (2018). *Informe Sectorial de Pesca y Acuicultura. Consolidado 2016-2017*. Gobierno de Chile.
- Estay, M., & Chávez, C. (2015). Decisiones de localización y cambios regulatorios: el caso de la acuicultura en Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43(4), 700-717.
- FAO (2018). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Roma.
- Fredriksson, O. (2019). Fish Farming. Opinion on Aquaculture. *Food Unfolded*.
- FONDEPES (2017). Protocolo de reproducción de paiche (*Arapaima gigas*). C. A. Nuevo Horizonte.
- García J., Carlos (2018). Sector acuícola con potencial exportador. *La Cámara*, 26/11/2018, 16-18.
- Grave, K., & Brun, E. (2016). *Use of Antibiotics in Norwegian Aquaculture*. Oslo: Norwegian Veterinarian Institute.
- Hall, S., Delaporte, A., Phillips, M., Beveridge, M., & O'Keefe, M. (2011). *Blue Frontiers. Managing the Environmental Costs of Aquaculture*. Penang, Malaysia: The WorldFish Center.
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, vol. 162, 1243-1248.
- Hilborn, R., Banobi, J., Hall, S., Pucylowski, T., & Walsworth, T. (2018). The environmental cost of animal source foods. *Front Ecol Environ*, 16(6), 329-335. doi:10.1002/fee.1822.
- Hosono, A., Iizuka, M., & Katz, J. (2016). *Chile's Salmon Industry. Policy Challenges in Managing Public Goods*. Tokyo: Springer.

- Iizuka, M., & Gebreyesus, M. (2012). A systemic perspective in understanding the successful emergence of nontraditional exports: two cases from Africa and Latin America. *UNU-MERIT Working Papers*, 52.
- Iizuka, M., & Zanlungo, J. P. (2018). Environmental Collapse and Institutional Restructuring; The Sanitary Crisis in the Chilean Salmon Industry. En A. Hosono, M. Iizuka, & J. Katz, *Chile's Salmon Farming Industry: Policy Challenges in Managing Public Goods* (págs. 75-107). Tokyo: Springer.
- INCAR (2017). *Evaluación socioeconómica del sector salmonicultor, en base a las nuevas exigencias de la Ley General de Pesca y Acuicultura*.
- Llorente García, I. (2013). Análisis de competitividad de las empresas de acuicultura. Aplicaciones empíricas al cultivo de la dorada (*Sparus aurata*) y la lubina (*Dicentrarchus labrax*). Tesis doctoral. Universidad de Cantabria. Santander.
- Maggi, C. (2006). The salmon farming and processing cluster in Southern Chile. En C. Pietrobelli, & R. Rabellotti, *Upgrading to Compete. Global Value Chains, Clusters, and SMEs in Latin America* (pp. 109-140). New York: Inter-American Development Bank.
- Marine Harvest (2018). *Salmon Farming Industry Handbook*.
- Meller, Patricio (2016), "Innovación en el sector salmón:¿existe?", Presentación Power Point, Asociación Exportadores Salmón, Puerto Montt, 29 agosto, 2016.
- Montero, C. (2004). *Formación y desarrollo de un cluster globalizado: el caso de la industria del salmón de Chile*. Serie Desarrollo Productivo, 145, CEPAL.
- Multiexport Foods S. A. (2018). *Salmón chileno: ¿Hacia dónde va la industria nacional?*
- Noakes, D. (2018). Oceans of opportunity: a review of Canadian aquaculture. *Marine Economics and Management*, 1(1), 43-54.
- OCEANA. (2017). Uso de antibióticos en la salmonicultura chilena: causas, efectos y riesgos asociados.
- ONUFI (2017a). *La Cadena de Valor Acuícola Amazónica en Perú. Un diagnóstico de cadena de valor*.
- ONUFI (2017b). *Normas y Protocolos para Acuicultura en la Amazonia Peruana. Lineamientos para su avance y fortalecimiento*.
- PNIPA (2016). Experiencia Global en Gobernanza de Sistemas de Innovación en Pesca y Acuicultura. Taller Internacional.
- PRODUCE (2016). Estudio de Preinversión a nivel factibilidad del Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura PROG-19-2014-SNIP. Ministerio de la Producción.

- PROMPERÚ (2019). Informe Anual 2019. *Desarrollo del Comercio Exterior Pesquero y Acuícola*.
- Quiñones, R., Fuentes, M., Montes, R. M., Soto, D., & Muñoz, J. (2019). Environmental issues in Chilean salmon farming: a review. *Reviews in Aquaculture*, (11), 375-402. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/raq.12337>.
- Saldarriaga, M. y Regalado, F. (2017). Potencial acuícola en el Perú. *Moneda*, 172, 34-39.
- The Economist (2003). Fish Farming. The Promise of a Blue Revolution. *The Economist*, Special report (7/08/2003).
- Tidwell, J.H. & G.L. Allan (2001), "Fish as food: Aquaculture's contribution", *EMBO Reports* 2 (11); 958-963).
- Waite, R., Beveridge, M., Brumett, R., Castine, S., Chaiyawannakarn, N., Kaushik, S., . . . Phillips, M. (2014). *Improving Productivity and Environmental Performance of Aquaculture*. World Resource Institute.
- Westhoek, H., Rood, T., Van den Berg, M., Janse, J. N., Reudingk, M., & Stehfest, E. (2011). *The protein puzzle. The consumption and production of meat, dairy and fish in the European Union*. The Hague: Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Zanlungo, J. P., Katz, J., & Araya, C. (2015). *Servicios Intensivos en Conocimiento en la Industria Salmonera Chilena*. BID.



Hace 35 años, solo 14% de la producción mundial de pescado comestible provenía de la acuicultura; pero en el período reciente, este porcentaje supera el 50% y continúa aumentando notoriamente. El explosivo desarrollo de la acuicultura ha sido denominado “revolución azul”, símil a la “revolución verde” asociada a la agricultura.

En Chile, acuicultura es casi sinónimo de salmonicultura: el salmón representa el 94% de las exportaciones de este sector, cuyos montos superan los US\$5.100 millones, situándose como el segundo exportador mundial de salmónes.

La comparación entre Chile y Noruega muestra que una fuente importante de la competitividad del salmón chileno se deriva del mayor nivel de valor agregado de sus exportaciones. Sin embargo, a igual producto, los precios noruegos son mayores que los chilenos en iguales mercados.

Perú es el país donde se estima que más crecerá la producción acuícola; esto es, más del 120% desde 2018 al 2030. Entre las especies con mayor producción destaca la trucha.

Entre 2030 y 2040, la demanda acuícola total se va a duplicar a nivel mundial, ¿podrán Chile y Perú capturar un alto porcentaje de esa expansión de la demanda mundial?

Las costas, océanos y espacios acuíferos de América Latina son espacios potencialmente productivos aún sin aprovechar. Esta es una oportunidad significativa para el desarrollo económico de la región.

La acuicultura va a constituir una fuente importante en la generación de las proteínas futuras. La acuicultura exhibe mejores indicadores de eficiencia para la generación de proteínas en relación con las otras especies animales (aves, porcino, vacuno).