

# La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú

## Aquaculture and its potential in the context of Peru's sustainable development

Christian Berger<sup>1\*</sup> 

1 Carrera de Ingeniería Acuícola, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú



**Citar como:** Berger, C. (2020). «La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú». *South Sustainability*, 1(1), e003  
DOI: 10.21142/SS-0101-2020-003

Artículo recibido: 19/12/2019  
Arbitrado por pares  
Artículo aceptado: 7/2/2020



©El autor 2020. Publicado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú)

\*E-mail de correspondencia:  
cberger@cientifica.edu.pe

### RESUMEN

La acuicultura está en auge, tanto a nivel mundial como en el Perú, y su desarrollo se debe abordar desde una perspectiva sostenible, eficiente y competitiva. Para ello, se revisan estrategias planteadas por diversos autores e instituciones especializadas, como la acuicultura de menor escala, la valoración productiva de especies nativas, y los cultivos de algas y consumidores primarios. Además, cuando las condiciones ambientales y económicas lo hagan factible, la acuicultura se diversifica hacia producciones intensivas, integradas y en policultivos, y en particular en el mar abierto. En la aplicación de todas las posibles estrategias, son importantes los desarrollos transversales referidos principalmente a investigación, tecnologías, innovación, economía productiva, sanidad y formación de capital humano. Para una gestión acertada del desarrollo de la acuicultura en el mundo, y en especial en el Perú, será beneficioso conocer y aplicar ejemplos de éxito de otros emprendimientos productivos.

**Palabras clave:** *Acuicultura, sostenible, desarrollo, oportunidades, Perú, mundo*

### ABSTRACT

Aquaculture is booming, both globally and within Peru, and its continued development will require an approach founded upon sustainability, efficiency and competitiveness. This study offers an overview of the strategies proposed by various authors and specialized institutions, including small-scale aquaculture, the productive evaluation of native species, the cultivation of algae, and primary consumers. Other themes addressed include, where environmental and economic conditions make it viable, the diversification of aquaculture towards intensive, integrated and polyculture production, particularly at sea. In the application of all possible strategies, transversal planning involving research, technology, innovation, the productive economy, the health sector, and the training of human capital will play an important role. In order to ensure the successful management of aquaculture development throughout the world, and particularly in Peru, knowledge concerning the practical application of other successful productive ventures will be beneficial.

**Keywords:** *Aquaculture, sustainable, development, opportunities, Peru, world*



## La acuicultura en el mundo

Los organismos mundiales especializados nos previenen sobre los desafíos que debemos enfrentar para atender apropiadamente los requerimientos de una creciente población que demanda cada vez más alimentos y otros insumos. En especial, teniendo en cuenta los nuevos y complejos escenarios que se viven, y que derivan de condiciones ambientales, sociales y comerciales, y los que se vivirán con más exigencias en el futuro.

En este sentido, además del crecimiento poblacional que se estima sobrepase los 9300 millones de habitantes hacia mediados del presente siglo, se tiene que el mundo experimenta un rápido deterioro ambiental, el agotamiento de los recursos naturales, que conllevan además pérdidas importantes de la biodiversidad, y las amenazas del cambio climático (Bulege, 2013).

Para hacer frente a la demanda mundial de alimentos, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) estima que la agricultura tendrá que producir casi un 50 % más de alimentos, forrajes y biocombustibles de los que producía en 2012. En el caso de regiones como el África subsahariana y el Asia meridional, la producción agrícola deberá multiplicarse por más de dos para cubrir los crecientes requerimientos (FAO, 2017).

Nos resulta entonces apremiante incrementar los índices de productividad en todos los sistemas y, en especial, en los de la provisión de alimentos. Ello se traduce no solo en producir más, sino, sobre todo, en producir mejor. Es decir, con mayor eficiencia y con menores impactos en el entorno, lo que significa hacerlo de manera sostenible y competitiva.

En estos preceptos, se inserta el «Desarrollo Azul» (FAO, 2018) que propugnan las Naciones Unidas a través de la FAO, y que incluye a la acuicultura. Para lograrlo, se necesitan grandes esfuerzos en la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación.

Resulta de importancia, por ello, valorar las perspectivas y oportunidades que aporta la acuicultura, que es la producción de plantas y animales en los diversos ambientes acuáticos —naturales o artificiales— que conforman las mayores superficies y volúmenes de nuestro mundo (FAO, 2017).

La acuicultura se ha convertido, en efecto, en una de las opciones para satisfacer las demandas nutricionales del futuro, con alimentos de calidad y con menores impactos en el entorno. Asimismo, en el aprovisionamiento de bienes de usos diversos y de servicios ambientales (FAO, 2011).

Actualmente, el 54 % de los pescados y mariscos que se consumen proviene de la acuicultura (171 millones de toneladas en 2016), y la tendencia es que ello aumente rápida y significativamente en el futuro. El conjunto de especies, ambientes y tecnologías que comprende la

acuicultura le otorga para ello grandes ventajas. Según organismos mundiales especializados, desarrollar el importante potencial de esta actividad requiere del mayor impulso por parte de los gobiernos y de la empresa, así como del concurso de muchos profesionales capacitados (FAO, 2019).

Es importante resaltar que la acuicultura se realiza y crece en todo el mundo, tanto en ecosistemas marinos, dulceacuícolas y en aguas salobres, y pone en valor ambientes no utilizados, subutilizados o ineficientes en otros campos productivos. Se emplean en ella más de 500 especies y sus huellas de carbono y de agua son de las menores. Asimismo, es mayor la eficiencia de las especies acuáticas cultivadas al convertir los insumos adicionados para su crecimiento en alimentos altamente asimilables por los seres humanos. Muchos de sus productos incorporan, además, toda la gama de aminoácidos requeridos en la nutrición humana, vitaminas, minerales y los valiosos ácidos grasos omega 3, de múltiples beneficios en el desarrollo y cuidado de los sistemas nervioso, circulatorio e inmune, entre otros aportes de alto valor nutritivo (FAO, 2017).

En este crecimiento, se enfrentan importantes desafíos. Hay que prepararse para atender los mayores consumos de algas, peces y mariscos, que serán producidos por la acuicultura, frente a una pesca declinante o ya en su máximo nivel, así como para el aumento de la demanda de estos productos en las dietas. Al conocerse cada vez más los beneficios de su consumo, aumentan también las exigencias de los mercados. Para atender a las demandas habrá que producir mayor cantidad y diversidad de especies, en variadas presentaciones, y con el uso de tecnologías que aseguren su calidad, inocuidad y trazabilidad (Hicks, 2016).

Anotamos que los expertos coinciden en que para afrontar con éxito estos retos, y en particular en el conjunto de tecnologías que comprende una actividad relativamente nueva como es la acuicultura, el aprendizaje de experiencias de éxito es fundamental para aplicarlas acertadamente a los procesos que implica la innovación. De esta forma, es posible conducir a la generación y la trasmisión del conocimiento para generar valor.

En ello se incluyen igualmente nuevos enfoques en el cuidado de los entornos ambientales y sociales donde se desarrolle la acuicultura, a fin de prevenir conflictos y malas prácticas. Más aún, reforzar sus capacidades en la restitución de poblaciones acuáticas silvestres y la remediación del ambiente, en muchos casos afectadas por las actividades humanas.

La acuicultura, por otra parte, se convierte en una actividad clave para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por las Naciones Unidas (UNDC, 2018).

### La acuicultura en el Perú

El Perú, país reconocido por su importante actividad pesquera, no ha sido ajeno a emprendimientos acuícolas en distintas modalidades y magnitudes, los que desde inicios del presente siglo han logrado un rápido crecimiento, aunque aún basados en pocas especies y regiones, tal como se aprecia en las figuras 1, 2 y 3.

Son grandes las expectativas para que el crecimiento mostrado en la figura 1 se convierta en un desarrollo diversificado, sostenido y competitivo, dadas las ventajas comparativas que el país ofrece para las diversas modalidades de acuicultura, tanto continental como marina. Estas se refieren a que el país cuenta con una de

las biodiversidades más grandes del planeta, muchas de ellas con potencial para la acuicultura, así como recursos hídricos continentales de importancia y una costa amplia y altamente productiva. Asimismo, dispone de las materias primas más valiosas en la producción de peces y mariscos de alta cotización y demanda mundial (como harinas, aceites, solubles e hidrolizados de pescado) (Berger y Sánchez, 2016).

En este sentido, la tecnificación de la acuicultura nacional, en sus diversas estrategias productivas, así como en la identificación y el logro de productos de mayor demanda en los mercados, se tornan indispensables. Para

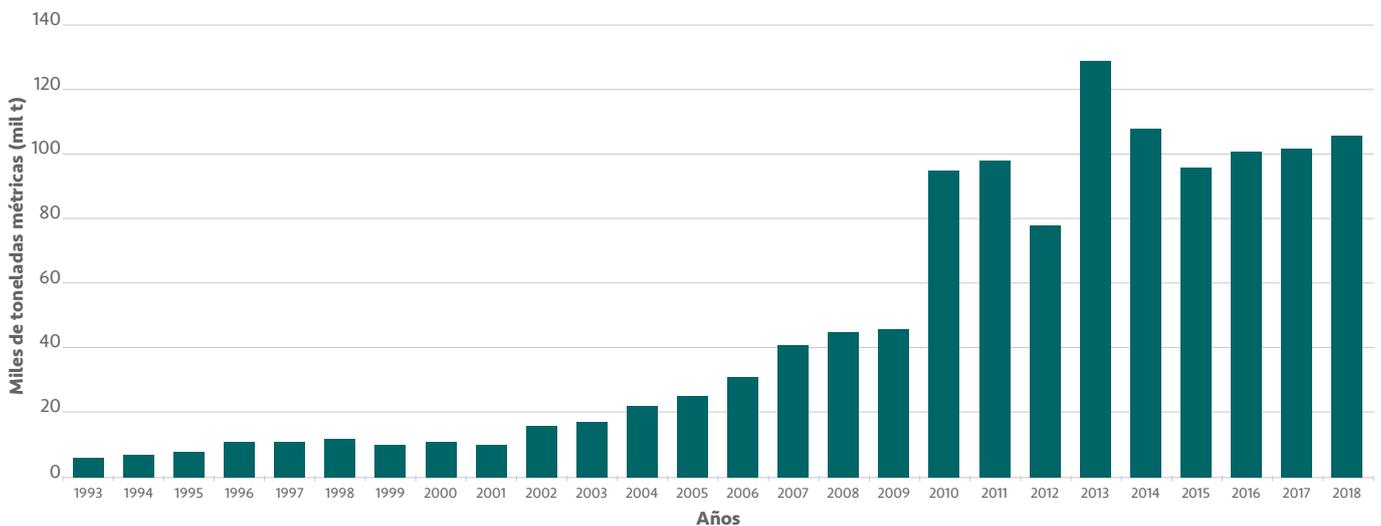


Figura 1. Crecimiento de la acuicultura peruana de 1993 a 2018

Fuente de datos: Ministerio de la Producción

Nota: además del significativo crecimiento a partir de 2002, se observan las variaciones productivas (periodo 2010-2016), atribuidas al impacto de factores ambientales en la producción acuícola marina (alzas y bajas de temperatura oceánica y presencia de mareas rojas, principalmente), en particular en la costa norte del país.

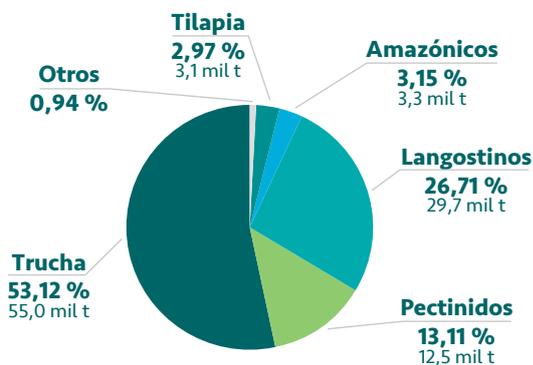


Figura 2. Producción por especies en la acuicultura peruana en volumen (miles de t) y porcentajes del total producido en 2018

Fuente de datos: Ministerio de la Producción

Nota: las truchas se refieren todas a la especie *Oncorhynchus mykiss*; los langostinos, a la especie *Litopenaeus vannamei*; los pectinidos, a la especie *Argopecten purpuratus*; las tilapias, a la especie *Oreochromis niloticus*; y los amazónicos incluyen tres especies principales: *Piaractus brachipomus*, *Colossoma macropomum* y *Arapaima gigas*. Esta limitada oferta de especies puede tener riesgos en aspectos productivos como epidemias o eventualmente en el acceso a mercados.

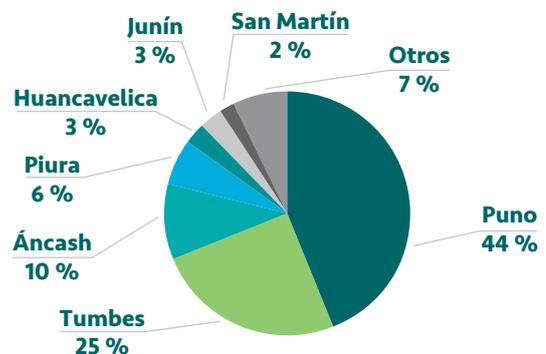


Figura 3. Producción por regiones en el Perú (2018)

Fuente de datos: Ministerio de la Producción

Nota: Existe una alta concentración en la crianza de truchas en Puno, así como de langostinos en Tumbes, zonas altamente vulnerables a impactos naturales y epidemias. Otras áreas con alto potencial aún no muestran desarrollos acuícolas importantes (en particular las regiones tropicales de la cuenca amazónica y las costeras).



ello, requieren de un fuerte impulso del Estado, de la empresa y de la academia.

La aplicación de los procesos que implica la innovación es también fundamental en el caso peruano para la consolidación de las producciones acuícolas actuales y el desarrollo de las nuevas oportunidades, en los marcos señalados de sostenibilidad, diversidad y competitividad.

En este contexto, diversas instituciones nacionales gestionan programas dirigidos a mejorar y dar valor a la cadena productiva de la acuicultura, y se vienen ejecutando las estrategias para la modernización de instalaciones para la investigación. Es importante que con ello se logre la aplicación de adaptaciones tecnológicas —o la generación de otras nuevas—, el desarrollo de capacidades técnicas, el mejoramiento de la regulación sanitaria y la simplificación de todos los procesos de control que intervienen en la acuicultura peruana (Ministerio de la Producción, 2010).

A este respecto, cabe anotar que la acuicultura ha sido declarada una actividad de interés nacional a propuesta del Ministerio de la Producción, por su potencial de atender a la seguridad alimentaria y su contribución a mitigar la pobreza, en particular en las zonas rurales. Además, es alto su aporte a las exportaciones no tradicionales de recursos acuáticos de alto valor y gran demanda (Ministerio de la Producción, 2008).

En relación con esto último, y dado que parte importante de la acuicultura peruana es destinada a la exportación (valorada en aproximadamente US\$ 300 millones en los últimos años) (PromPerú, s. f.), como lo es igualmente el caso de casi todos los países de la región latinoamericana, es muy necesario trabajar también en el control de la calidad, la inocuidad y la trazabilidad de los productos acuícolas. Asimismo, promover la formalización, tecnificación y el trabajo participativo de los pequeños productores, que progresivamente puedan incorporarse a atender en forma competitiva a diversos mercados.

En estos escenarios, establecer una política nacional de largo aliento para consolidar y ampliar nuestras opciones productivas en acuicultura es 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 impostergable, tal como lo precisa el documento de la FAO *Aquaculture planning. Policy formulation and implementation for sustainable development* (Brugère et al., 2010).

En el marco del enfoque del desarrollo nacional, el citado Ministerio de la Producción, en sus planes «Nacional de Diversificación Productiva» y «Nacional Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano (PNCTI 2006-2021)», identifica a la acuicultura marina y continental como un sector productivo prioritario. Como resultado de esto, se crea el

Programa Nacional de Ciencia, Desarrollo Tecnológico e Innovación en Acuicultura (C+DT+i 2013-2021) (Concytec, s. f.), uno de cuyos tres objetivos específicos es la formación de recursos humanos de primer nivel, para la realización de investigaciones y trabajos de transferencia e innovación tecnológica en acuicultura. Por otro lado, y como herramienta de financiamiento de proyectos innovadores y de fortalecimiento de las capacidades humanas, se creó el Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura (PNIPA), que se ejecuta con el apoyo del Banco Mundial (Ministerio de la Producción y Banco Mundial, 2014).

En cifras, como ya se ha mostrado en la figura 1, es posible anotar que la acuicultura en el Perú, según datos oficiales del Ministerio de la Producción, ha crecido sostenidamente en los últimos años, desde 6000 toneladas de producción anual en 1993 a más de 100 000 toneladas en 2018, y se proyecta sobrepasar las 200 000 toneladas para 2025. Se espera, asimismo, que esta actividad sea uno de los ejes de la producción no tradicional del país (Red Nacional de Información Acuícola [RNIA], s. f.).

## Enfoques en el desarrollo de la acuicultura sostenible

Los estudios realizados en el mundo y los paneles especializados para focalizar las diferentes opciones que presenta la acuicultura en su desarrollo futuro, en particular frente a las amplias variedades de especies acuáticas, zonas de ejecución, tamaño de los emprendimientos y mercados de los productos, se refieren principalmente a profundizar en las estrategias productivas que a continuación se resumen:

### 1. Acuicultura de menor escala y para la seguridad alimentaria

Esta forma de acuicultura es la mayormente realizada en el mundo, en particular en Asia, aunque también con arraigo en Latinoamérica y zonas del África. Se refiere a las operaciones acuícolas de autoconsumo y a emprendimientos de pequeña escala, con fines de abastecimiento alimentario zonal y mecanismos de comercio localizado. Ellas se hacen principalmente en zonas rurales y empleando aguas continentales. Su importancia en la seguridad alimentaria es muy grande, así como en potenciar las unidades productivas del campo, muchas veces integradas a los estanques de acuicultura. Es igualmente muy gravitante en promover la resiliencia de las poblaciones rurales (NACA y FAO, 2001).

Las acciones que se realizan para afianzar estos esquemas productivos son principalmente las de evaluar las especies empleadas y los métodos de crianza usados, según cada estrategia del emprendimiento y las características zonales o regionales, entendiendo que muchas veces la aplicación de medidas simples puede llevar a mejoras en la eficiencia.

Asimismo, pueden enfatizar en el establecimiento de «núcleos productivos», con el aporte de tecnologías, enfoques económicos y comerciales, asociaciones, y el refuerzo de los servicios de apoyo. Con ello, se procura contribuir a su autosostenimiento y su formalización; para esto último, es conveniente asegurar normas y acciones de promoción y soporte.

Este tipo de acuicultura ofrece grandes oportunidades para su integración a la producción en el agro, con la puesta en valor de insumos (como ser subproductos para la elaboración de alimentos), recursos y servicios. Asimismo, para el establecimiento de policultivos y de la denominada *acuicultura multitrófica integrada*.

En el particular caso de la acuicultura de menor escala en la Amazonía peruana, es de interés resaltar los resultados del proyecto: «Promoción de la piscicultura en territorio de comunidades indígenas en el departamento de Amazonas: evidencia empírica sobre la adopción de tecnología e indicadores de seguridad alimentaria y conservación de bosques». Sus resultados indican que los miembros de las familias beneficiarias consumen un adicional de 12,5 kg por persona al año: 100 % más respecto a la situación sin proyecto o línea base (IIAP, 2004). Ello significa igualmente un mayor consumo de proteínas. Por otro lado, el 83 % de los beneficiarios manifestó haber enseñado la técnica a otra persona, que el 87 % de los beneficiarios vende parte de su cosecha (la mayoría entre 50 y 100 kg de pescado) y que el 100 % de los participantes en el programa desea aumentar sus áreas productivas.

Vemos así que la piscicultura genera grandes expectativas para las poblaciones de las comunidades indígenas en la Amazonía, ya que les permite mejorar su alimentación y obtener bienes para el intercambio o el comercio. Además, es importante mencionar que las hectáreas salvadas de la deforestación por familia participante en el programa son en promedio 2,5 hectáreas por año, lo cual equivale a un total anual de 1250 hectáreas, considerando el total de familias beneficiarias (500). De esta forma, en los años de la promoción y desarrollo de la piscicultura en este programa, se ha contribuido a evitar la deforestación de más de 5000 hectáreas (Nakagawa, 2017).

## 2. Énfasis en crianza de especies nativas

Gran parte de la acuicultura mundial se hace con especies introducidas y esto obedece a que, en las décadas pasadas que caracterizaron la expansión rápida de la acuicultura mundial, se emplearon las especies y tecnologías de manejo más conocido, y se las adaptaron a ambientes similares a las de sus áreas de origen (FAO, s. f.). De esta forma, la acuicultura tuvo un notorio despegue con especies de aguas frías como las truchas (trucha arcoíris, *Oncorhynchus mykiss*, y trucha marrón, *Salmo trutta fario*) y los salmones (salmón del Atlántico, *Salmo salar*, y salmón del Pacífico, *Oncorhynchus kisutch*). En

aguas templadas con las carpas (*Cyprinus carpio*), principalmente. En los trópicos abundan crianzas de variedades de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Por otro lado, estas especies ya habían desarrollado mercados de importancia, y se hicieron fácilmente comerciables. En años más recientes, ha sido notable también la introducción con fines de acuicultura de langostinos o camarones de la costa americana del Pacífico a muchos países de la región y del Asia, por solo citar algunos ejemplos (Briggs, 2004).

Sin embargo, la tendencia actual es la de aumentar las crianzas y los cultivos de especies nativas de animales y plantas acuáticas, en especial sobre la base de consideraciones ambientales, prevención de epidemias (cada vez más frecuentes y graves en la acuicultura), a través del traslado de especímenes, y con la necesaria diversificación de la producción de la acuicultura.

La biodiversidad en los distintos ambientes acuáticos ofrece amplísimas alternativas tanto en las aguas continentales como en las marinas (lo que notoriamente es el caso del Perú). Sin embargo, es claro que para ello se requiere la generación o adaptación de tecnologías productivas (en cuanto a la disposición de semilla, alimentos, sistemas de más adecuada aplicación) y el desarrollo de mercados.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que el cambio climático puede hacer variar la distribución de especies fuera de las áreas ahora conocidas, lo que puede asimismo traer consecuencias muy diversas, sean estas favorables o negativas (ClimeFish, s. f.).

## 3. Acuicultura de productores primarios: algas

La acuicultura de productores primarios, notablemente las algas, sean estas macroscópicas o microscópicas, muestra un importante desarrollo y tiene un gran potencial, tanto en usos de la alimentación humana directa y en la elaboración de alimentos para otras especies animales comestibles, así como en la obtención de productos farmacéuticos. También tiene usos industriales como la elaboración de biocombustibles, fibras naturales, biopolímeros, sustitución de plásticos, entre otros productos importantes (Illana, 2008; Fernández-Linares et al., 2012; McHugh, 2002).

La producción de algas es actualmente apenas una fracción de la producción mundial de plantas terrestres, unos 30 millones de toneladas, valoradas en alrededor de US\$ 8000 millones. Asia es la zona de mayor producción y en ella destacan China, Indonesia, Filipinas, República de Corea, Japón y Malasia (FAO, 2004).

Su enorme potencial se refiere a que no requieren de tierras o aguas dulces de regadío. Además, estos cultivos son proveedores de importantes servicios ambientales, como la captura de CO<sub>2</sub>, la disminución de la acidificación de las aguas, la conformación de barreras contra oleajes



severos, la generación de ambientes para la reproducción y vida de estadios iniciales de una enorme cantidad de especies acuáticas, entre muchos otros. Por ello, son valiosos participantes en los procesos de acuicultura integrada.

Distintos programas mundiales se destinan a promover el cultivo de algas en el mundo y surgen cada vez más inversiones privadas, en vista de sus grandes perspectivas. El Perú no ha sido ajeno a ello, y se han desarrollado proyectos muy innovadores de cultivo de microalgas y macroalgas para diversos usos, incluyendo la alimentación humana (MisPeces, 2019).

Como un ejemplo de ello, hay proyectos en los que participa la academia peruana (y en ella la Universidad Científica del Sur) y otros organismos nacionales. Estos tienen la particular característica de incorporar a gremios de pescadores artesanales, que ven ahora en la acuicultura una opción más segura y sostenible de mejorar su modo de vida y su progreso. Uno de los trabajos consiste en desarrollar en laboratorio la producción de semillas de macroalgas de interés comercial (*Chondracanthus chamissoi* y *Porphyra* sp.) y su posterior cultivo en el mar, hasta tallas comerciales. Los pescadores agremiados—ahora acuicultores— se ocupan de la siembra, el cuidado, la cosecha y la comercialización de las algas, que es el producto destinado a la obtención de alginatos y agar (Castañeda *et al.*, 2018). Estos proyectos se complementan y muchos se desarrollan en similares esquemas de participación social<sup>1</sup>.

#### 4. Acuicultura de consumidores primarios

Se denominan *consumidores primarios* a las especies de animales que se alimentan de vegetales y microorganismos (bacterias, macroalgas y microalgas, principalmente). Es decir, especies en las que se sitúan en el segundo nivel de la cadena alimenticia y en las que no hay que aplicar insumos costosos para su nutrición, como ser alimentos balanceados.

La acuicultura de consumidores primarios es altamente eficiente en el uso de recursos naturales y energéticos. Ejemplos son los filtradores (moluscos bivalvos) y los consumidores de sustratos (peces, erizos, caracoles).

El 60 % de la acuicultura mundial se basa en especies a las que hay que alimentar. Los insumos para alimentos son finitos y disputados con otras crianzas, sobre todo las terrestres, por lo que criar consumidores de menor nivel trófico adquiere características de sumo interés. Más aún, al ser algunas de estas especies altamente valoradas

en mercados mundiales, como las ostras (*Ostrea*, *Crassostrea*), mejillones (*Mytilus*), conchas (*Pecten*, *Argopecten*), abalones (*Haliotis*), entre muchos otros géneros (Wijsman *et al.*, 2019).

Diversos estudios estiman que la producción de alimentos en el medio acuático (mar, principalmente), orientada hacia especies no dependientes de ingredientes nutricionales adicionales, tendrá un notable crecimiento en volumen, sin afectar los recursos naturales (Costello *et al.*, 2019).

Esta opción productiva está en efecto en auge, en especial en Asia y en América. Actualmente, la mayor producción de este grupo es de ostras y conchas diversas realizadas en China. Existe un gran potencial para mejillones, por consideraciones técnicas, ambientales y comerciales (Troell, 2009).

Por otra parte, es de interés promover su crianza asociada con especies alimentadas, ya que los consumidores primarios contribuyen a procesar los alimentos no consumidos y sus desechos. Con ello se reduce la carga orgánica en el medio y se alejan los riesgos ambientales. Recíprocamente, esta asociación hace que se mejoren los rendimientos en las crianzas. Solo en el caso de los consumidores primarios participantes en este tipo de integración, las producciones por volumen ocupado pueden aumentar en forma significativa (Chopin, 2013).

Para el Perú esta opción de acuicultura es de mucho interés, dada la alta productividad natural de su mar adyacente, por los afloramientos originados en las corrientes marinas. Por otro lado, sus temperaturas y otras condiciones oceánicas resultan también apropiadas para ciertos acuicultivos. Tal es el caso de las aquí denominadas *conchas de abanico* o *scallops* en mercados internacionales (*Argopecten purpuratus*), cuyos rendimientos en sistemas suspendidos pueden proveer de miles de kilogramos de producto comerciable por hectárea al año, sin necesidad de proporcionar alimento ni fertilizante alguno, y con acceso a diversos mercados internacionales (González-Anatívia, 2001).

#### 5. Acuicultura intensiva

Como su nombre lo indica, esta acuicultura procura obtener los máximos rendimientos por unidad de volumen, aplicando grandes concentraciones de las poblaciones en cultivo, para lo cual se requiere de alta tecnología y del manejo muy puntual de los ambientes donde se realiza. Ello exige igualmente inversiones de mayor nivel. Esta opción tecnológica se aplica a todo el ciclo productivo de

<sup>1</sup> Así por ejemplo:

1. Desarrollo de un programa de producción de semilla y cultivo de *Chondracanthus chamissoi* («yuyo») en la bahía de Paracas, Pisco. Convenio 234-INNOVATEPERU-IAPIP-2017.
2. Implementación de un cultivo comercial piloto de *Chondracanthus chamissoi* por propagación vegetativa en la bahía de Paracas. Convenio 136-2018-PNIPA-Subproyectos.
3. Agregación de valor comercial para el recurso algas rojas (*Chondracanthus chamissoi* y *Porphyra* spp.) mediante el desarrollo de productos para el consumo humano. Convenio 238-2018-PNIPA.
4. Identificación de algas con mayor rendimiento de ficocoloides de importancia comercial. Convenio 095-2018-PNIPA.

una especie acuícola o solo a una parte del mismo (por ejemplo, en fases de precría, de desarrollo inicial o de depuración final).

Se practica más recientemente en muchas partes del mundo y se enfoca hacia productos de mayor valor y calidad, en especial aquellos que buscan certificaciones y con presentaciones que contribuyen a su alta cotización, sobre todo en mercados selectos.

Para asegurar su éxito, se procura la siembra de individuos provenientes de procesos de selección genética, con alto control sanitario, caracterizada además por el uso de alimentos especializados. Es también frecuente el manejo de «bioflocs», conglomerados biológicos compuestos por bacterias, algas, hongos y diversas especies animales, que proveen de alimento a la especie cultivada y mantienen las condiciones del medio adecuadas, a través de la biorremediación. Las tecnologías y los equipos para esta forma de acuicultura se encuentran en constante innovación.

El cuidado de la calidad del agua es muy importante. En muchos casos, aplicando tecnologías de recirculación y tratamiento de efluentes, en los sistemas denominados *acuicultura de recirculación* o RAS, por sus siglas en inglés. Pero, por otro lado, se maximiza la eficiencia en el uso del espacio y del agua. Se facilita la aplicación de medidas de bioseguridad y se busca el menor empleo de químicos, pero es común el uso de probióticos y bioremediadores. Es así una alternativa válida en los casos en que es necesario convivir con epidemias, cada vez más abundantes. Igualmente son acuicultivos empleados en diversas investigaciones y desarrollos tecnológicos aplicados a diversas fases de la acuicultura (Bregnballe, 2015).

Cabe anotar que la acuicultura intensiva también resulta de interés comercial para poner a disposición de los consumidores alimentos de alta calidad, cerca de donde ellos son más demandados (núcleos urbanos, mercados selectos), a fin de asegurar su frescura y trazabilidad. De esta forma, con el uso de invernaderos e instalaciones debidamente acondicionadas, se pueden producir en zonas frías especies tropicales de alto valor como los langostinos (camarones peneidos de las especies *Litopenaeus vannamei* y *Penaeus monodon*), donde haya compradores dispuestos a pagar mejores precios por estos productos (Shrimpnews, 2019a; Shrimpnews, 2019b; Shrimpnews, 2019c).

## 6. Acuicultura marina o maricultura

El mayor potencial para el desarrollo de la acuicultura está en el mar; debe recordarse que los océanos cubren la parte más importante de la superficie del planeta. La acuicultura marina representa una enorme oportunidad ante la creciente demanda de pescados y mariscos, debido a la disponibilidad de áreas para el uso de los océanos y sus costas en la producción de alimentos por acuicultura,

con menores conflictos con otras actividades y en zonas cercanas a muchos conglomerados urbanos y mercados en todo el mundo.

Parte de este desarrollo se puede realizar con especies no alimentadas, y en especial en zonas de alta productividad primaria, como los casos de los grupos mencionados en capítulos previos. Numerosos países se preparan para este desarrollo, que ya se viene afianzando y que se incrementará fuertemente a mediano plazo. Cabe anotar que, en esta forma de acuicultura, igualmente se considera el «re poblamiento» para la recuperación de *stocks* de poblaciones pescables (Costello *et al.*, 2019).

Las limitaciones más importantes son el acceso a la zona litoral por regulaciones no siempre bien armonizadas y la competencia por este espacio por otras actividades humanas, así como la disponibilidad de las tecnologías necesarias para las operaciones en mar afuera, el establecimiento de programas de manejo costero, la necesidad de medidas promotoras, y los altos costos y el financiamiento requerido para afrontarlos.

Los riesgos se refieren a la actual o potencial contaminación y a conflictos con el tráfico marítimo, con zonas de pesca y otros usos de las costas.

Diversos estudios señalan que la captura total de la pesca puede duplicarse usando solo el 0,015 % de la superficie total de los océanos a través de la acuicultura. Asimismo, multiplicarse por 100 si se usara toda el área calculada como apta para la maricultura: 11,5 millones de km<sup>2</sup> para cultivos de peces y 1,5 millones de km<sup>2</sup> para cultivo de especies denominadas *consumidores primarios* y *filtradores* (Gentry *et al.*, 2019).

Otros investigadores compararon un escenario sin cambios en el que el consumo de carne terrestre sigue dominando al consumo de mariscos, contra aquellos en los que la acuicultura cumple con las demandas adicionales de proteína de la población mundial hacia 2050. Encontraron que reemplazar con la acuicultura la producción tradicional a ser añadida ahorraría entre 729 y 747 millones de hectáreas terrestres a nivel mundial. Esa es un área dos veces más grande que India, el séptimo país en superficie. En estos aspectos se reitera que los peces y otros animales acuáticos son extremadamente eficientes en la conversión de alimentos a biomasa apta para el consumo (Froehlich *et al.*, 2018)

## 7. Acuicultura integrada y policultivos

Empleada desde los inicios de la acuicultura, la integración a otras producciones del campo es muy antigua y procura aprovechar los insumos de otras producciones o utiliza ampliamente las opciones ambientales de los recintos acuícolas. En estas opciones se inscriben la asociación de la piscicultura con crianzas animales (aves, cerdos, ganado vacuno) de provecho mutuo en el uso del espejo del agua y con la agricultura.



Igualmente, crianzas de diferentes especies acuáticas en un mismo estanque, como los policultivos de peces, muy empleados en China y que usan distintas especies de carpas (carpa común, *Cyprinus carpio*; carpa plateada, *Hypophthalmichthys molitrix*; carpa cabezona, *Aristichthys nobilis*; carpa herbívora, *Ctenopharyngodon idellus*; carpa negra, *Mylopharyngodon piceus*, y la carpa bentónica, *Cyrrhina molitorella*). Ellas consumen eficientemente los diversos alimentos vivos que ofrece el estanque acuícola y que habitan en sus diferentes niveles, como la superficie (plantas flotantes, insectos), los bordes (plantas arraigadas, microfauna diversa), el fondo (algas, bacterias, invertebrados) o media agua (fitoplancton y zooplancton). La oferta nutricional en el estanque se ve además incrementada por la adición de alimentos y fertilizantes (Hishamunda y Subasinghe, 2003).

En esencia, es una aplicación de la ahora denominada *economía circular*, que procura la utilización integral de insumos y reducción de desechos. En esta modalidad, la acuicultura permite utilizar más ampliamente los recursos agua y tierra e incorporar una amplia y provechosa reutilización de nutrientes, al procesarlos y con ello reducir —o eliminar— los impactos de las producciones en el entorno.

Otras ventajas son diversificar los productos y reducir los riesgos de los emprendimientos. En este contexto, se procura más el beneficio del conjunto productivo que la eficiencia extrema de cada componente en particular. Por estos atributos es mejor comprendida, aplicada y aceptada en las zonas rurales.

La acuicultura integrada y los policultivos se realizan en muy distintos grados de intensificación e integración. Recientemente, recibe mucho énfasis la promoción de la acuaponía, que puede darse en diversos ambientes, modalidades y ubicaciones, incluso urbana (FAO, 2015).

Ejemplos de ello son los desarrollos de pequeña escala en granjas acuapónicas familiares promovidas en Hawái (Aquaponics in Hawai'i Conference, 2013) para autoconsumo de peces y hortalizas. Como resultados se logra la mayor eficiencia de los insumos empleados, se reduce el uso del agua de regadío y se evitan descargas de aguas cargadas de subproductos al medio. Los rendimientos en las producciones (en este caso tilapias y tomates) y la calidad de los productos son mucho mayores. En efecto, los subproductos de la crianza de peces —en particular, residuos amoniacales— se convierten en nutrientes para las plantas, que al asimilarlos limpian el agua. Ello permite la producción más saludable de los peces.

Esta clase de producción acuícola también se proyecta en medianas y en mayores escalas, para su desarrollo en medios urbanos y rurales (Aquahoy, s. f.), y aun en espacios acuáticos mediante la instalación de estructuras flotantes para los vegetales.

Cabe mencionar al «Proyecto de granja de acuaponía más grande del mundo», desarrollado en Estados Unidos por la empresa Superior Fresh y la Universidad de Wisconsin, que será la primera en criar salmones y truchas, y usará el agua en la producción de ocho tipos de verduras. Su proyección es de alcanzar 70 000 toneladas de peces por año de un peso individual final de 4 kg, recirculando el 99,9 % del agua empleada (Aquahoy, 2017). El área empleada en la producción de peces es de 3700 m<sup>2</sup>, mientras que el área de recirculación de agua y cultivo de plantas es de algo más de una hectárea.

## Desarrollos transversales

En todas las propuestas señaladas, y en particular en el caso de proyectar una acuicultura sostenible, diversificada y competitiva en el Perú, se requiere enfocar diversos aspectos, tanto tecnológicos como de gestión y de capacitación. Nos referimos esencialmente a:

### Las tecnologías productivas

Están adaptadas a cada realidad y según los productos buscados. Interviene en asegurar localmente la producción de «semilla» y de alimentos, entre otros aspectos importantes con el aporte de la genética, para permitir los mejores rendimientos en los diversos esquemas productivos. De esta forma, garantiza el éxito y la competitividad de la acuicultura y de sus productos, ajustados además a los requerimientos de los mercados. Se ha visto como una imperiosa y creciente necesidad el abastecimiento de alimentos adecuados y que resulten de buen rendimiento productivo y de probado costo-beneficio para los distintos acuicultivos.

Asimismo, asegurar la prevención y el control de enfermedades (reforzados con la progresiva no dependencia de semilla importada), con protocolos sostenibles, de conocimiento y práctica accesible a los productores, y aceptados por los consumidores. Para ello, es imprescindible el activo soporte de la organización nacional competente (Sanipes, s. f.).

En este conjunto de propuestas deben insertarse los sistemas de cultivo que resulten más eficientes y adaptados a las necesidades de los productores de todo nivel, con la constante aplicación de las innovaciones que brinda la tecnología y que sean convenientes a las formas de acuicultura actualmente predominantes en el país, para lograr su consolidación y mejora. De igual forma debe actuarse con las variantes que surjan, en particular con la diversificación de las especies cultivadas y las áreas de nuevos desarrollos. En todo este panorama es imprescindible que la aplicación de los diversos fondos disponibles para atender a estas necesidades se realice en forma programada, ordenada y con continuidad, así como con mecanismos de evaluación y adecuación continua.

### El conocimiento y la atención de los mercados

Se ha tornado en una necesidad urgente en un mundo globalizado y en el que la acuicultura tiene un potencial muy grande. Deben elaborarse productos y presentaciones acordes con la ascendente demanda de los consumidores y sus mayores exigencias, y, además, atender a las nuevas formas de comercio de los alimentos y las que se prevé predominen en el corto y el mediano plazo. Esto, sin descuidar el rol de la acuicultura en contribuir a la seguridad alimentaria. Para la mejor valoración de los productos, resultan muy convenientes las acciones que informen adecuadamente de sus cualidades, a fin de lograr la buena imagen que estos merecen, así como sus procesos de obtención, cuando esta es realizada en forma ética y sostenible.

En este conjunto de desarrollos transversales, la aplicación de una gestión pública eficiente y proactiva es muy necesaria, con el debido conocimiento de los requerimientos que comprende una actividad relativamente reciente, como es la acuicultura moderna. Para ello, resulta impostergable coordinar y aplicar las normas que intervienen en su acceso, su desempeño, el cuidado del entorno (en particular aplicando las «buenas prácticas»), la prevención y el aminoramiento de conflictos, y la promoción de la actividad en todos sus aspectos (técnicos, financieros, comerciales). Resulta necesario un claro entendimiento de los procesos de la acuicultura por parte de las diversas instituciones y operadores que participan en su gestión en el país.

Finalmente, es provechoso anotar que, en muchos de estos aspectos, el papel de la academia es fundamental, tanto en el desarrollo de investigaciones, como en la capacitación a todo nivel de investigadores, productores, gremios y gestores públicos. El establecimiento de mecanismos de cooperación e interacción es, en este sentido, también imprescindible.

### Algunos ejemplos en el mundo

#### Estados Unidos

El plan estratégico de su organismo especializado, la Agencia Nacional para la Administración de la Atmósfera y los Océanos (NOAA), propone incentivar la acuicultura para atender la creciente demanda de alimentos marinos, crear empleos, fomentar la resiliencia de los pobladores, la restauración de recursos pesqueros y de los hábitats acuáticos. Para ello, impulsa la concertación de medidas de acceso, una eficiente regulación, la gestión de herramientas de ciencia y tecnología, y su transferencia. Asimismo, fomenta las campañas informativas de mejora de la imagen de la acuicultura (NOAA Fisheries, s. f.)

#### Europa

Puso en ejecución el programa «Diversify», en el que participan 12 países y 38 socios. Se enfoca a

seis especies nativas y seleccionadas por criterios de eficiencia productiva, comercio y tecnología disponible (Diversifyfish, s. f.).

#### Noruega

Tiene una firme política de aumentar su producción acuícola en tres a cuatro veces. Se orienta al no uso de antibióticos y al manejo de capacidades de carga sostenibles. Asimismo, mantiene exigentes investigaciones en alimentos, en los cultivos *offshore*, en el combate contra diversas plagas, en las mejoras en el procesamiento y en los mercados de los productos. Promociona el «Clúster de Innovación de Productos del Mar de Noruega», con la participación de empresas privadas, el Estado y la academia, con fuertes programas estatales de incentivos a la inversión (Aqua, 2017).

#### México

Impulsa a microempresas, pequeñas empresas y medianas empresas, con desarrollo y ordenamiento de cadenas de valor, creando alianzas para mejorar la competitividad final. De igual modo, facilita el comercio directo y eficiente de productos e insumos. Conapesca, su organismo gestor, desarrolla las capacidades necesarias (técnicas, de organización, de comercio, sanitarias), promueve productos acuícolas y certificaciones, y reconoce la necesidad de lograr la autosostenibilidad de los productores (Rosales y Acevedo, 2012).

#### Brasil

Procura el aprovechamiento de las condiciones naturales favorables que posee, como la abundancia de recursos acuáticos, la extensa costa y la producción de insumos locales para alimentos de especies de acuicultura. Ha implantado una política nacional de desarrollo acuícola, fortaleciendo las cooperativas y con campañas dirigidas al incremento de la demanda interna de productos de la acuicultura. Asimismo, al desarrollo de tecnologías apropiadas a cada especie y cada modalidad productiva y su eficiente transferencia a los productores, en particular los de pequeña y mediana escala (Luján, 2016; Wurmman, 2017).

### Conclusiones

La acuicultura ha logrado posicionarse en el mundo como una de las opciones productivas de mayor trascendencia para contribuir a satisfacer las demandas de alimentos del futuro, en especial ante la creciente demanda de pescados y mariscos, al reconocerseles diversas propiedades nutritivas y tener opciones variadas en el abastecimiento de insumos para industrias diversas, así como, también y notablemente, en la biorremediación ambiental, la restitución de poblaciones acuáticas y de enfrentamiento a los desafíos del cambio climático. En este contexto, se inserta en varios de los ODS planteados por las Naciones Unidas.



Para su desarrollo, se promueven investigaciones, tecnologías e innovaciones propias, y se adquieren experiencias valiosas derivadas de otras opciones productivas como la agricultura y las crianzas animales terrestres. Se reconoce que, para asegurar su éxito, la acuicultura debe emprenderse con criterios de eficiencia productiva y competitividad. Pero, sobre todo, con ética y especial enfoque en la sostenibilidad.

Existen muy diversas modalidades del desarrollo de la acuicultura, no excluyentes entre sí, sino más bien en muchos casos complementarias. Asimismo, con otras actividades humanas en beneficio de la economía y el cuidado del entorno.

En atención a sus virtudes, la imagen de la acuicultura responsable y de sus productos merece ser promovida y difundida, con responsabilidad y objetividad.

A nivel nacional, el Perú ha logrado en los años recientes un nivel de crecimiento de la acuicultura que, si bien ha sido rápido, está basado en pocas especies y zonas productivas. Por ello, requiere de un desarrollo más amplio, en el que se consoliden las producciones existentes y se diversifique hacia otras nuevas, aprovechando sus ventajas comparativas de megadiversidad, alta productividad marina, abundancia de recursos hídricos y acceso a mercados importantes, a nivel nacional y externo. Para ello, existen una serie de normas e instituciones, que deben ser armonizadas en su gestión para hacerlas más ordenadas y proactivas.

En todos los casos de este desarrollo, la formación de capital humano en sus distintos niveles reviste una gran importancia y es una tarea en la que la academia tiene una gran responsabilidad. En este contexto, así como en el de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación, la más amplia cooperación, local, nacional e internacional, debe ser promovida.

### Fuente de financiamiento

Este trabajo fue autofinanciado.

### Contribución de autoría

CB fue el encargado de la concepción, la búsqueda de datos y la redacción del artículo.

### Potenciales conflictos de interés

El autor declara no tener conflictos de interés.

## Referencias bibliográficas

- Aqua. (2017).** «A 2050: La estrategia de Noruega para llegar a los 5 millones de toneladas de salmónidos». Disponible en: <http://www.aqua.cl/reportajes/2050-la-estrategia-noruega-llegar-los-5-millones-toneladas-salmónidos/>
- Aquahoy. (2017).** «Granja de acuaponía más grande del mundo criará salmones y truchas». Disponible en: <https://www.aquahoy.com/noticias/general/30029-granja-de-acuaponia-mas-grande-del-mundo-criara-salmones-y-truchas>
- Aquahoy. (S. f.).** «Acuaponía». Disponible en: <https://www.aquahoy.com/component/tags/tag/acuaponia>
- Berger, C. y Sanchez, D. (2016).** «Aquaculture in Peru». *World Aquaculture*, 47(2) pp. 12-14. Disponible en: <https://www.was.org/magazine/Contents.aspx?id=58>
- Bregnballe, J. (2015).** «A guide to recirculation aquaculture. An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. FAO y EUROFISH». Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4626e.pdf>
- Briggs, M., Funge-Smith, S., Subasinghe, R. y Phillips, M. (2004).** «Introductions and movement of *Penaeus vannamei* and *Penaeus stylirostris* in Asia and the Pacific». Disponible en: <http://www.fao.org/3/ad505e/ad505e00.htm#Contents>
- Brugère, C., Ridler, N., Haylor, G., Macfadyen, G., Hishamunda, N. (2010).** «Aquaculture planning: policy formulation and implementation for sustainable development». *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, 542. Roma: FAO.
- Bulege, W. (2013).** «Crecimiento demográfico y cambio climático». *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 3(1), pp. 4-5. DOI: [10.18259/acs.2013001](https://doi.org/10.18259/acs.2013001)
- Castañeda, M., Arbaiza, S., Díaz, F., Castillo, Y., Baltazar, P. y Advíncula, O. (2018).** «Evaluación del fotoperíodo en el asentamiento de tetraesporas de *Chondracanthus chamissoi* sobre cuerdas de polipropileno en condiciones semi-controladas de laboratorio». *Anales Científicos*, 79(2) pp. 459-465. DOI: [10.21704/ac.v79i2.1256](https://doi.org/10.21704/ac.v79i2.1256)
- Chopin, T. (2013).** «Aquaculture, Integrated Multi-Trophic (IMTA)». En: *Marine Fisheries Enhancement: Coming of Age in the New Millennium* (pp. 542-564): Nueva York: Springer.
- ClimeFish. (S. f.).** «The project». Disponible en: <https://climefish.eu/about-us/>
- Concytec. (S. f.).** Programa Nacional de Ciencia, Desarrollo Tecnológico e Innovación en Acuicultura (C+DT+i 2013-2021).
- Costello, C., Cao, L. y Gelcich, S. (2019).** *The future of food from the sea*. Washington, D. C.: World Resources Institute.
- Diversifyfish. (S. f.).** «Exploring the biological and socio-economic potential of new/emerging candidate fish species for expansion of the European aquaculture industry (DIVERSIFY)». Disponible en: <https://www.diversifyfish.eu/about-diversify.html>
- FAO. (2004).** «El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Alcance de la industria de las algas marinas». Disponible en: <http://www.fao.org/3/y5600s/y5600s07.htm>
- FAO. (2011).** «Desarrollo de la acuicultura 4. Enfoque ecosistémico a la acuicultura». *FAO. Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable*, 5(4). Disponible en: <http://www.fao.org/3/i1750s/i1750s.pdf>
- FAO. (2015).** «Siete reglas básicas que hay que seguir en la acuaponía». Disponible en: <http://www.fao.org/zhc/detail-events/es/c/325888/>
- FAO. (2017).** «El futuro de la alimentación y la agricultura tendencias y desafíos». Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i6881s.pdf>

- FAO. (2018).** «Achieving blue growth. Building vibrant fisheries and aquaculture communities». Disponible en: <http://www.fao.org/3/CA0268EN/ca0268en.pdf>
- FAO. (2019).** «El estado mundial de la pesca y la acuicultura». Disponible en: <http://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture/es/>
- FAO. (S. f.).** «Fisheries and aquaculture resources». Disponible en: <http://www.fao.org/fishery/resources/en>
- Fernández-Linares, L., Montiel-Montoya, J., Millán-Oropeza, A., Badillo-Corona, A. (2012).** «Producción de biocombustibles a partir de microalgas». *Ra Ximhai*, 8(3), pp. 101-115. Disponible en: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/rxm/article/view/53849>
- Froehlich, H. E., Runge, C. A., Gentry, R. R., Gaines, S. D., Halpern, B. S. (2018).** «Comparative terrestrial feed and land use of an aquaculture-dominant world». *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(20), pp. 5295-5300. DOI: [10.1073/pnas.1801692115](https://doi.org/10.1073/pnas.1801692115)
- Gentry, R. R., Alleway, H. K., Bishop, M. J., Gillies, C. L., Waters, T. y Jones, R. (2019).** «Exploring the potential for marine aquaculture to contribute to ecosystem services». *Reviews in Aquaculture*, 1-14. DOI: [10.1111/raq.12328](https://doi.org/10.1111/raq.12328)
- González-Anatívia, C. R. (2001).** «Mercados y comercialización de pectínidos. En: Maeda-Martínez, A. N. (Ed.), *Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: ciencia y acuicultura* (pp. 451-468). Ciudad de México: Limusa.
- Grupo de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas para América Latina y el Caribe, Panamá (UNDG). (2018).** «Desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe: desafíos y ejes de política pública. ONU, Panamá». Disponible en: <https://onu.org.gt/wp-content/uploads/2018/10/Desaf%C3%ADos-y-Estrategias-para-el-Desarrollo-sostenible-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe-compressed.pdf>
- Hicks, D. T. (2016).** «Seafood safety and quality: The consumer's role». *Foods*, 5(4), 71. DOI: [10.3390/foods5040071](https://doi.org/10.3390/foods5040071)
- Hishamunda, N. y Subasinghe, R. (2003).** «Desarrollo de la acuicultura en China, función de las políticas del sector público». *FAO. Documento Técnico de Pesca*, 427. Disponible en: <http://www.fao.org/3/Y4762S/y4762s04.htm>
- Illana, C. (2008).** «Usos industriales de las algas diatomeas». *Quercus*, 267, pp. 32-37. Disponible en: <https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/7994/Diatomeas2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Luján, M. B. (2016).** «Brasil: ¿El despertar de un coloso en la acuicultura mundial?». Disponible en: <https://www.aquahoy.com/editorial/27452-brasil-el-despertar-de-un-coloso-en-la-acuicultura-mundial>
- McHugh, D. J. (2002).** «Perspectivas para la producción de algas marinas en los países en desarrollo». *FAO. Circular de Pesca*, 968, p. 30. Disponible en: <http://www.fao.org/3/y3550s/y3550s01.htm>
- Ministerio de la Producción y Banco Mundial. (2014).** Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura. Disponible en: <http://pnipa.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Factibilidad-Programa-PNIPA.pdf>
- Ministerio de la Producción. (2008).** Declaración de Interés Nacional sobre el Desarrollo e la Acuicultura en el Perú. Decreto Supremo 020-2008-PRODUCE y Decreto Legislativo 1032. Disponible en: <https://vusp.produce.gob.pe/Content/docs/marco-legal/ds-020-2008-produce.pdf>
- Ministerio de la Producción. (2010).** Plan Nacional de Desarrollo Acuícola 2010-2021. Decreto Supremo 001-2010-PRODUCE. Disponible en: <https://www.produce.gob.pe/documentos/acuicultura/pnda-resumen-sp.pdf>
- MisPeces. (2019).** «Investigadores peruanos de la Universidad Científica del Sur ponen a punto tecnología de cultivo de la microalgas *Nostoc* o *Cushuro*». Disponible en: <http://www.mispeces.com/nav/actualidad/noticias/noticia-detalle/Investigadores-peruanos-de-la-Universidad-Cientifica-del-Sur-ponen-a-punto-tecnologa-de-cultivo-de-la-microalgas-Nostoc-o-Cushuro/#.Xd2EztW2270>
- Nakagawa, N. (2017).** «Aportes del IIAP al desarrollo de la piscicultura de especies amazónicas en la Región Amazonas». IIAP Amazonas. Taller Macrorregional Amazónico. Situación de la Investigación e Innovación de la Acuicultura en la Amazonía.
- NOAA Fisheries. (S. f.).** Office of Aquaculture Priorities. Disponible en: <https://www.fisheries.noaa.gov/national/aquaculture/office-aquaculture-priorities>
- PromPerú. (S. f.).** «Informes de desenvolvimiento del comercio exterior pesquero y acuícola en el Perú». Disponible en: <http://www.siicex.gob.pe/siicex/recursos/sectoresproductivos>
- Red Nacional de Información Acuícola (RNIA). (S. f.).** Sitio web. Disponible en: <https://rnia.produce.gob.pe/>
- Rosales, S. y Acevedo, V. (2012).** «Reflexiones para el diseño de una política acuícola exitosa en México». *Región y Sociedad*, 24(54), pp. 63-96. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-39252012000200003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252012000200003)
- Sanipes. (S. f.).** «Presentación». Disponible en: <https://www.sanipes.gob.pe/web/index.php/es/somos-sanipes/presentacion>
- Shrimpnews. (2019a).** «Canada-Ontario, Two shrimp farms». Disponible en: <https://www.shrimpnews.com/FreeReportsFolder/SpecialReports/CanadaOntarioTwoShrimpFarms.html>
- Shrimpnews. (2019b).** «Small-Scale, Indoor Shrimp Farming in the USA». Disponible en: <https://www.shrimpnews.com/FreeReportsFolder/SpecialReports/SmallScaleRASfarmingAndSunflowerShrimp.html>
- Shrimpnews. (2019c).** «United States Missouri-Triple J Farms». Disponible en: <https://www.shrimpnews.com/FreeReportsFolder/SpecialReports/USAMissouriTripleJFarms.html>
- Subasinghe, R. P., Bueno, P., Phillips, M. J., Hough, C., McCladdery, S. E. y Arthur, J. E. (Eds.). (2001).** *Aquaculture in the third millennium: Technical proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium*. Bangkok: NACA y FAO.
- Troell, M., Joyce, A., Chopin, T., Neori, A., Buschmann, A. H. y Fang, J. G. (2009).** «Ecological engineering in aquaculture. Potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems». *Aquaculture*, 297(1-4), pp. 1-9. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2009.09.010](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.09.010)
- University of Hawai'i at Mānoa. (2013).** «Aquaponics in Hawai'i Conference». Disponible en: <https://cms.ctahr.hawaii.edu/soap/Events/PastEvents/Aquaponics-Hawaii-Conference13>
- Wijsman, J. W., Troost, K., Fang, J., Roncaroti, A. (2019).** «Global production of marine bivalves. Trends and challenges». En: Smaal, A., Ferreira, J., Grant, J., Petersen, J., Strand, Ø. (Eds), *Goods and services of marine bivalves*. Cham: Springer. DOI: [10.1007/978-3-319-96776-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96776-9_2).
- Wurmann, C. (2017).** «Regional Review on status and trends in aquaculture development in Latin America and the Caribbean». *FAO. Fisheries and Aquaculture Circular*, 1135(3). Disponible en: <http://www.fao.org/3/i2142b/i2142b.pdf>

