



联合国
粮食及
农业组织

Food and Agriculture
Organization of the
United Nations

Organisation des Nations
Unies pour l'alimentation
et l'agriculture

Продовольственная и
сельскохозяйственная организация
Объединенных Наций

Organización de las
Naciones Unidas para la
Alimentación y la Agricultura

منظمة
الأغذية والزراعة
للأمم المتحدة

S

COMITÉ DE PESCA

SUBCOMITÉ DE ACUICULTURA

10.^a reunión

Trondheim (Noruega), 23-27 de agosto de 2019

**INNOVACIONES EN LA ACUICULTURA, AMPLIACIÓN DE SU
ALCANCE Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA PARA
INCREMENTAR LA EFICIENCIA, COMBATIR LA DEGRADACIÓN
AMBIENTAL Y ADAPTARSE AL CAMBIO CLIMÁTICO**

Resumen

Las innovaciones en la acuicultura incluyen tecnologías que diversifican la economía y la producción de alimentos, mejoran la eficiencia de la producción en los viveros o las granjas de acuicultura al tiempo que mitigan el impacto ambiental; tecnologías que reducen la incidencia de enfermedades animales o de parásitos o que reducen o eliminan el uso de antibióticos en el tratamiento de los animales; avances en la tecnología de recirculación en el mar o en tierra; nuevos ingredientes de los piensos; reducciones en la huella de carbono mediante la mejora de la eficiencia energética o la regeneración de energía; y programas sociales encaminados a mejorar las condiciones de vida y de trabajo en las granjas o en las plantas de procesamiento. Asimismo, es posible lograr importantes aumentos de eficiencia reduciendo los desperdicios y las pérdidas durante la fase de producción y la fase postcosecha.

La adopción de innovaciones tecnológicas en el sector de la acuicultura se ha llevado a cabo con el fin de: 1) desarrollar y reformar la economía del sector; 2) diversificar los medios de vida y la producción alimentaria; 3) mejorar la eficiencia en la gestión de los recursos; 4) combatir la degradación ambiental; 5) favorecer la adaptación al cambio climático. Las innovaciones tecnológicas en la acuicultura han ayudado a instaurar mejores prácticas en la acuicultura tradicional o crear un sector incipiente para el crecimiento de la economía azul en numerosos países.

En este documento se destacan los efectos de las innovaciones tecnológicas en la acuicultura con respecto al incremento de la eficiencia, la lucha contra la degradación ambiental y la adaptación a los cambios climáticos en todo el mundo, con referencia a los esfuerzos y mecanismos empleados para su transferencia y para ampliar su alcance, en particular el apoyo técnico proporcionado por organizaciones internacionales, la cooperación regional y el intercambio de conocimientos, los programas experimentales en los países, así como la investigación y la adaptación local entre los países en desarrollo.

Es posible acceder a este documento utilizando el código de respuesta rápida impreso en esta página. Esta es una iniciativa de la FAO para minimizar su impacto ambiental y promover comunicaciones más verdes. Pueden consultarse más documentos en el sitio www.fao.org.



Medidas que se proponen al Subcomité

Se invita al Subcomité a:

- Respalda la asistencia técnica en materia de transferencia, adaptación local y ampliación del alcance de la innovación tecnológica a través de diversos mecanismos, como el establecimiento de redes, los programas de cooperación técnica (PCT), la cooperación Sur-Sur (CSS), etc.
- Impulsar una mayor intervención e investigación en innovación tecnológica en el ámbito de la acuicultura con respecto a la eficiencia, el medio ambiente y el cambio climático.
- Intercambiar experiencias (comprendidos los casos de éxito y las lecciones aprendidas) relativas a innovaciones en el ámbito de la acuicultura.

INTRODUCCIÓN

1. La acuicultura es una actividad centenaria que surgió y se desarrolló en plena integración con las prácticas tradicionales y los sistemas de explotación de las zonas rurales. Con el tiempo, las innovaciones de los productores¹ dieron lugar al desarrollo de sistemas de producción de alimentos acuáticos bastante complejos, como el policultivo de peces o los sistemas integrados de agricultura y acuicultura.

2. El sector también ha experimentado innovaciones importantes en los siglos XX y XXI, con el desarrollo de nuevas especies, nuevas tecnologías y nuevos sistemas en nuevos entornos, lo que ha convertido a la acuicultura en una industria de producción alimentaria clave a escala mundial. Ahora que la acuicultura desempeña un importante papel en la provisión presente y futura de alimentos, el desarrollo rural o la reducción de la pobreza, surgen nuevos retos: mejorar la baja eficiencia en el uso de los recursos, hacer frente a los desproporcionados efectos del cambio climático y reducir el daño causado por la degradación ambiental en la base de recursos².

3. Las innovaciones son necesarias para adecuarse a la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, especialmente los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17³, así como también a instrumentos, enfoques y conceptos internacionales generalmente reconocidos, como el Código de Conducta para la Pesca Responsable (CCPR)⁴, el enfoque ecosistémico de la acuicultura (EAA)⁵ y la agroecología⁶.

4. El cambio climático es otro reto que hará precisas innovaciones en la acuicultura. En el Acuerdo de París de 2015 sobre el cambio climático, se reconoce la necesidad de una respuesta progresiva y eficaz a la amenaza apremiante del cambio climático mediante medidas de mitigación y adaptación que tengan presente las causas particulares de la vulnerabilidad de los sistemas de producción de alimentos. La evaluación mundial de la vulnerabilidad ofrece una indicación muy valiosa sobre los posibles efectos del cambio climático en la acuicultura y los ámbitos en los que sería útil seguir investigando para crear innovaciones relacionadas con el clima, si bien deberían complementarse con estudios más localizados a fin de proporcionar a las partes interesadas los conocimientos que necesitan para diseñar sus propias estrategias y aplicar sus propias innovaciones⁷.

5. La innovación y los factores que la propician han sido bien estudiados. Puede ser consecuencia de un proceso de investigación o desarrollo cuidadosamente diseñado para hacer frente a determinados problemas específicos (por ejemplo, eliminar obstáculos, aprovechar oportunidades, mejorar la eficiencia o productividad, etc.), puede depender del azar o puede ser el resultado de la curiosidad, las necesidades, la experiencia o la cooperación de las partes interesadas⁸.

¹ Según el Manual de Oslo 2018, una innovación es un producto o proceso nuevo o mejorado (o una combinación de ambos) que difiere significativamente de los productos o procesos anteriores de la unidad y que se ha puesto a disposición de los usuarios potenciales (producto) o ha sido aplicado por la unidad (proceso). OECD/Eurostat (2018), *Oslo Manual 2018: Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation, 4th Edition - The Measurement of Scientific, technological and Innovation Activities*, Publicaciones de la OCDE, París/Eurostat, Luxemburgo (disponible en: <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>).

² FAO. 2018. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018: cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Roma. Licencia: <http://www.fao.org/3/I9540ES/i9540es.pdf>.

³ *The 2030 agenda and the sustainable development goals: the challenge for aquaculture development and management* (disponible en: <http://www.fao.org/cofi/38663-0a3e5c407f3fb23a0e1a3a4fa62d7420c.pdf>).

⁴ *Código de Conducta para la Pesca Responsable* (disponible en: <http://www.fao.org/3/a-v9878s.pdf>).

⁵ *Building an ecosystem approach to aquaculture* (disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i0339e.pdf>).

⁶ *Los 10 elementos de la agroecología* (disponible en: <http://www.fao.org/3/i9037es/i9037es.pdf>).

⁷ Barange, M., Bahri, T., Beveridge, M. C. M., Cochrane, K. L., Funge-Smith, S., Poulain, F. (eds.). *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture*. FAO, Documento Técnico de Pesca y Acuicultura n.º 627. Roma. FAO. ISBN 978-92-5-130607-9 (disponible en: <http://www.fao.org/3/I9705EN/i9705en.pdf>).

⁸ Sanginga, P. C., Waters-Bayer, A. Kaaria, S., Wettasinha, C., Njuki, J. 2009. *Innovation Africa: Enriching Farmers' Livelihoods*. Earthscan, 2009, 405 páginas.

6. Las innovaciones en la acuicultura incluyen tecnologías que mejoran la eficiencia de la producción en los viveros o las granjas de acuicultura al tiempo que mitigan el impacto ambiental (por ejemplo, reducción de la contaminación, escape de peces, acceso a piensos, gestión de depredadores, reducción de desperdicios y pérdidas, etc.); tecnologías que previenen la aparición de enfermedades animales o de parásitos o que reducen o eliminan el uso de antibióticos o productos químicos en el tratamiento de los animales; avances en el sistema de cultivo (por ejemplo, jaulas en mar abierto y tecnología de recirculación en tierra); nuevos ingredientes de los piensos; reducciones en la huella de carbono mediante la mejora de la eficiencia energética o la regeneración de energía; y programas sociales encaminados a mejorar las condiciones de vida y de trabajo en las granjas o en las plantas de procesamiento⁹.

TENDENCIAS Y PRINCIPALES AVANCES RELACIONADOS CON LA INNOVACIÓN EN LA ACUICULTURA

Optimización del uso de recursos

7. La planificación y gestión de la acuicultura es clave para la optimización del uso de los recursos a escala territorial, y la introducción de herramientas de carácter espacial en este ámbito¹⁰ ha representado un importante avance para ayudar a emplazar las instalaciones de acuicultura en función de las condiciones naturales y geográficas, con un uso eficiente de los recursos de tierras y aguas y un impacto reducido en el medio ambiente. Incorpora buenas prácticas para la conversión de zonas montañosas y humedales en estanques y [embalses](#), así como prácticas mejoradas de gobernanza de la acuicultura¹¹, además de disposiciones sobre cambio climático. Otras innovaciones en este ámbito guardan relación con el uso de los recursos hídricos, terrestres y genéticos acuáticos, los parques de acuicultura¹², las zonas de conservación y los sistemas de permisos y licencias de tenencia, que han mejorado la eficiencia en la gestión de los recursos, minimizado el impacto de las instalaciones de acuicultura sobre los hábitats naturales y permitido el tratamiento eficiente de los efluentes.

8. La acuicultura integrada y otras tecnologías eficientes en el uso de la tierra y el agua constituyen otra estrategia que posibilita el uso eficiente de los recursos. En las zonas costeras en las que el uso de los recursos marítimos y costeros para la acuicultura era motivo de preocupación, el empleo de la acuicultura integrada con manglares en Viet Nam¹³, el cultivo dentro de jaulas en alta mar en el Golfo de México, Noruega y China¹⁴, las plataformas de maricultura¹⁵ o la acuicultura integrada multitrófica en el Mar Mediterráneo y el Océano Atlántico¹⁶ han despertado un gran interés. En las zonas continentales, la limitada disponibilidad de tierras y la escasez de agua dulce promovieron la piscicultura en arrozales, la acuicultura de agua salada, la acuaponía, el uso de contenedores para el cultivo de peces¹⁷ y los sistemas de estanques de corriente¹⁸, etc.

9. El fomento de la agricultura-acuicultura integrada (AAI) mediante la agroecología alentó a un mayor número de productores a combinar la producción de arroz y pescado en Guinea y el cultivo de algas marinas en la República Unida de Tanzania, donde encontraron una mayor estabilidad y resiliencia del sistema y un impacto medioambiental mucho menor, por lo que la AAI tiene una función importante en el desarrollo sostenible de la acuicultura en el futuro.

⁹ <https://www.aquaculturealliance.org/blog/what-is-an-aquaculture-innovation/>.

¹⁰ Aguilar-Manjarrez, J., Soto, D. y Brummett, R. 2017. *Aquaculture zoning, site selection and area management under the ecosystem approach to aquaculture. A handbook* (disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i6834e.pdf>).

¹¹ Costa-Pierce, B. A., Bartley, D. M., Hasan, M., Yusoff, F., Kaushik, S. J., Rana, K., Lemos, D., Bueno, P. y Yakupitiyage, A. 2012. Responsible use of resources for sustainable aquaculture. En: R. P. Subasinghe, J. R. Arthur, D. M. Bartley, S. S. De Silva, M. Halwart, N. Hishamunda, C. V. Mohan y P. Sorgeloos (eds.). *Farming the Waters for People and Food*. Actas de la Conferencia Mundial sobre Acuicultura 2010, Phuket (Tailandia), 22-25 de septiembre de 2010, págs. 113-147. FAO, Roma. NACA, Bangkok (disponible en: <http://www.fao.org/3/i2734e/i2734e03a.pdf>).

¹² <https://gia.org.br/portal/wp-content/uploads/2013/05/2013implementation.pdf>.

¹³ http://www.snv.org/public/cms/sites/default/files/explore/download/mam_091014.pdf.

¹⁴ <https://www.innovasea.com/>.

¹⁵ <https://gltamir.wixsite.com/mariculture-spanish>.

¹⁶ <http://www.idreem.eu/cms/what-is-imta/>.

¹⁷ <http://innovatedevelopment.org/2014/06/25/fishing-for-change>.

¹⁸ <https://ussoy.org/in-pond-raceway-system-a-technology-transfer-success-story/>.

Ingeniería de la acuicultura

10. La ingeniería de la acuicultura se centra en el diseño de las instalaciones acuícolas. Entre las principales innovaciones figuran el diseño de estanques para optimizar la producción, el bienestar animal y la bioseguridad, proyectos de acuicultura segura en mar abierto, el diseño de sistemas de recirculación acuícola para la piscicultura en tierra y una serie de conocimientos técnicos de ingeniería aplicables a fábricas de piensos acuícolas, plantas de procesamiento, etc. Han surgido también innovaciones de ingeniería relativas al tratamiento de parásitos con productos no medicinales, como los piojos de mar en el cultivo de salmón (por ejemplo, policultivo con lábridos, rayos láser, tratamientos termales, etc.)^{19, 20}.

11. Las piscifactorías son cada vez mayores y más seguras y se emplazan en lugares cada vez más lejanos de la costa. Un operador noruego de criaderos de salmón, por ejemplo, está probando actualmente un sistema de jaulas en aguas profundas diseñado para acoger a 1,5 millones de salmones. La enorme jaula, denominada Ocean Farm 1, se encuentra en la mitad de su período de experimentación de un año, y la información de que se dispone habla de buenos índices de crecimiento y una baja mortalidad²¹. Además, a medida que las piscifactorías se instalan en zonas cada vez más alejadas de la costa, el grado de sofisticación aumenta para promover la autonomía, mediante la utilización de cámaras de alta definición y comederos sumergidos automáticos con el fin de reducir la necesidad de desplazamientos humanos hasta y desde las jaulas. Estos experimentos se están llevando a cabo en la actualidad con la plataforma Deep Blue 1 en China, los sistemas Aquatraz de la empresa noruega Seafarming Systems y el sistema de contención Aquapod en los Estados Unidos de América.

12. Los sistemas de recirculación acuícola son también cada vez más comunes, ya que permiten el reciclado del agua y la reutilización de los residuos como fertilizantes para la agricultura, con efectos limitados en sus entornos naturales, reduciendo así los peligros ambientales para los ecosistemas y la aparición de enfermedades durante el cultivo. Asimismo, los sistemas de recirculación acuícola pueden reducir la huella de carbono de los alimentos marinos hasta en un 50 %²², y los peces pueden cultivarse en estos sistemas en un entorno controlado y rastreable sin la utilización de hormonas o antibióticos. Estos sistemas pueden emplazarse casi en cualquier lugar, incluidas zonas próximas a centros urbanos. Una instalación experimental en Dinamarca, construida en 2011, ha dado lugar a la mayor instalación de recirculación acuícola de todo el mundo en Miami, Florida. En la instalación, denominada “Miami Bluehouse”, se cultivará salmón del Atlántico. Otra reciente innovación de ingeniería en el ámbito de las instalaciones de recirculación acuícola es, por ejemplo, el elevador de aire por columna de vacío, que no solo gestiona los gases disueltos, sino que también mueve enormes cantidades de agua con un bajo coste energético y separa la materia en suspensión del agua²³.

Biología y genética

13. Se han observado prácticas innovadoras en materia de domesticación de especies o introducción de especies nuevas para atender la demanda del mercado local o para fomentar la repoblación (pesca basada en el cultivo y suelta con recuperación). Hoy en día la mayor parte de las especies cultivadas han sido domesticadas, aunque en la mayoría de los casos esto es algo relativamente reciente, especialmente en comparación con las especies empleadas en la agricultura terrestre. Las características biológicas de una especie pueden determinar su adaptabilidad a distintos sistemas de cría e influir en rasgos como la robustez o la resiliencia, la reproducción en cautiverio, el nivel trófico de alimentación y la plasticidad alimentaria. Las tecnologías genéticas pueden emplearse para modificar rasgos comercialmente importantes de las especies de acuicultura.

¹⁹ FAO. 2019. *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*, J. Bélanger y D. Pilling (eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture – Assessments. Roma. 572 páginas (disponible en: <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>).

²⁰ <https://globalsalmoninitiative.org/es/en-que-esta-trabajando-gsi/bioseguridad/metodologias-no-medicinales-para-el-manejo-de-los-piojos-de-mar/>.

²¹ <https://www.salmar.no/en/offshore-fish-farming-a-new-era/>.

²² <https://aquaculturemag.com/2018/08/28/technological-innovation-in-aquaculture/>.

²³ <http://www.coldep.com/en/>.

14. La genética y la genómica son, por lo tanto, un campo en el que la innovación tiene un enorme potencial que está siendo impulsado aún más por una mejor comprensión, adquirida en los últimos decenios, de las tecnologías ómicas (como la proteómica, la transcriptómica o la metabolómica): gracias a nuestro mayor conocimiento sobre el funcionamiento biológico de los organismos, está mejorando nuestra capacidad para seguir adaptando estos organismos a nuestros sistemas de producción alimentaria. Las innovaciones en la acuicultura relacionadas con la genética abarcan, entre otras, la cría selectiva²⁴ para obtener nuevos caracteres, como crecimiento rápido, resistencia a patógenos específicos, capacidad para crecer a base de alimentos de origen vegetal²⁵, tolerancia al frío, resistencia al estrés o eficiencia de la alimentación^{26,42}. La adaptación a la cría de peces de acuicultura de métodos nuevos como el mejoramiento asistido por marcadores, la estimación del valor genético mediante predicción lineal no sesgada²⁷ o el mejoramiento con marcadores moleculares^{28,29,30} ha proporcionado un enfoque rápido y fiable.

15. El éxito de la crioconservación de gametos (espermatozoides y óvulos) y embriones ofrece nuevas oportunidades comerciales con una producción ilimitada de semillas y alevines junto con un acondicionamiento de los peces y una gestión genética de los reproductores potencialmente más saludables y mejores. Puede ayudar también en la conservación *ex situ* de genomas de especies amenazadas y en peligro.

16. La inversión química o ambiental del sexo³¹, el control genético del sexo³², la manipulación de juegos de cromosomas (reproductores YY³³, triploides³⁴, etc.) o la hibridación intraespecífica, interespecífica o intergenérica^{35,36} se han aplicado en el cultivo de diversas especies, como la tilapia, la platija, la carpa, etc.

17. La modificación del genoma, como la transgénesis y la edición del genoma, se ha aplicado asimismo con fines experimentales en diversas especies, pero hasta la fecha un salmón transgénico es el único pez genéticamente modificado cuyo uso para consumo humano ha sido autorizado³⁷. Las nuevas tecnologías ómicas tienen el potencial de repercutir profundamente en la producción y gestión de los recursos genéticos pesqueros. En particular, la tecnología CRISPR³⁸-cas9 puede añadir rasgos nuevos, como un mayor crecimiento, tolerancia al frío, resistencia a enfermedades, etc.

²⁴ <https://doi.org/10.1111/raq.12202>.

²⁵ Le Boucher, R., Quillet, E., Vandeputte, M., Lecalvez, J. M., Goardon, L., Chatain, B., y Dupont-Nivet, M. 2011. Plant-based diet in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum): Are there genotype-diet interactions for main production traits when fish are fed marine vs. plant-based diets from the first meal? *Aquaculture*, 321(1-2), 41-48.

²⁶ <https://doi.org/10.1111/raq.12202>.

²⁷ Best Linear Unbiased Prediction (BLUP).

²⁸ De Verdal, H., Komen, H., Quillet, E., Chatain, B., Allal, F., Benzie, J. A., y Vandeputte, M. 2018. Improving feed efficiency in fish using selective breeding: a review. *Reviews in Aquaculture*, 10(4), 833-851 (disponible en: <https://doi.org/10.1111/raq.12202>).

²⁹ Beardmore, J. A. y Porter, J. S. *Genetically modified organisms and aquaculture*. Circular de Pesca de la FAO. N.º 989. Roma, FAO. 2003. 38 páginas (disponible en: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/006/y4955e/Y4955E00.pdf>).

³⁰ *Aplicación de tecnologías genéticas en el fomento y la gestión de la acuicultura* (disponible en: <http://www.fao.org/3/mc856s/mc856s.pdf>).

³¹ Baroiller, J. F. y D'Cotta, H. 2018. Sex control in tilapias. En: *Sex Control in Aquaculture*. Hanping Wang, Francesc Piferrer, Songlin Chen (eds). John Wiley & Sons. 888 páginas.

³² Mair, G. C., Abucay, J. S., Beardmore, J. A., y Skibinski, D. O. 1995. Growth performance trials of genetically male tilapia (GMT) derived from YY-males in *Oreochromis niloticus* L.: On station comparisons with mixed sex and sex reversed male populations. *Aquaculture*, 137(1-4), 313-323.

³³ Mair, G. C. *et al.* 1995. Growth performance trials of genetically male tilapia (GMT) derived from YY-males in *Oreochromis niloticus* L.: On station comparisons with mixed sex and sex reversed male populations. *Aquaculture*, 137(1-4), 313-323.

³⁴ Peruzzi, S. y Chatain, B. 2000. Pressure and cold shock induction of meiotic gynogenesis and triploidy in the European sea bass, *Dicentrarchus labrax* L.: relative efficiency of methods and parental variability. *Aquaculture*, 189(1-2), 23-37.

³⁵ De Verdal, H., Rosario, W., Vandeputte, M., Muyalde, N., Morissens, P., Baroiller, J. F., y Chevassus, B. 2014. Response to selection for growth in an interspecific hybrid between *Oreochromis mossambicus* and *O. niloticus* in two distinct environments. *Aquaculture*, 430, 159-165.

³⁶ West, J. L. y Hester, F. E. 1966. Intergeneric hybridization of centrarchids. *Transactions of the American Fisheries Society*, 95(3), 280-288.

³⁷ <https://aquabounty.com/>.

³⁸ Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (repeticiones palindrómicas cortas agrupadas y regularmente interespaciadas).

Nutrición y alimentación

18. Los piensos constituyen un elemento fundamental de la acuicultura, ya que son el principal factor y fuente en lo que respecta al rendimiento, la rentabilidad y el impacto ambiental^{39, 40}. Entre las innovaciones en este ámbito figura el aceite de microalgas como alternativa al aceite de pescado, ya que contiene los niveles de ácidos grasos omega 3 de calidad (ADH y AEP) que necesitan la mayoría de las especies de peces. Los grandes agronegocios están elaborando alimentos para peces mediante un proceso que coloca bacterias en tanques de fermentación alimentados con metano. Los insectos de rápido crecimiento, como la mosca soldado negra, que se alimentan de desperdicios de alimentos o subproductos de cereales son otra excelente fuente sostenible de proteínas para piensos para peces y su utilización en piensos acuícolas ya ha sido autorizada por la Unión Europea (la autorización de la FDA está en curso)⁴¹.

19. El estudio de la nutrición de los peces (formulación, composición de la carne, probióticos y microflora intestinal, etc.) proporciona innovaciones en la producción de alimentos para peces tales como las alternativas a la harina de pescado utilizando fuentes más sostenibles de proteínas, como harinas vegetales, harinas bacterianas o harinas de insectos, el uso de ingredientes locales o el reciclado mediante la conversión de CO₂ o metano o residuos orgánicos en ingredientes de piensos, la utilización de monóxido de carbono e hidrógeno generados por la gasificación de carbón como materia prima, piensos extruidos y flotantes, modelización matemática y nutrigenómica en la formulación de piensos, etc.

20. La innovación en la alimentación de los peces, como por ejemplo la distribución asistida por ordenador, la alimentación funcional, tal como los alimentos medicados, la primera alimentación y el escalonamiento de la alimentación según la etapa de crecimiento, etc., pueden, por lo tanto, dar lugar a importantes mejoras en el cultivo, por ejemplo, de salmón. En De Verdal *et al.* (2018) se calcula que una mejora de la eficiencia en el uso de piensos de entre un 2 % y un 5 % tendría como resultado un ahorro de entre 42,9 y 107 millones de USD al año⁴².

Bioteología

21. Las biotecnologías acuáticas, con sus aplicaciones básicas y secundarias, pueden desempeñar un papel decisivo en el fomento de la productividad, el incremento de la eficiencia y el aseguramiento de la sostenibilidad en la acuicultura. Los principales elementos del ciclo de cultivo (que abarcan el crecimiento, la nutrición, la salud y la reproducción) pueden optimizarse mediante aplicaciones biotecnológicas, como la mejora del índice de crecimiento y la eficiencia de conversión del alimento, la nutrición y la calidad del producto, la modulación del estrés, la vacunación, la resistencia a enfermedades, la diagnosis y el tratamiento de enfermedades modernas, la selección genética, la transgénesis, etc.

22. La nanotecnología ha abierto un nuevo horizonte para el análisis de biomoléculas, el desarrollo de vectores no virales para la terapia genética, como sistema para el transporte de ADN, proteínas o células, la administración dirigida de fármacos, el diagnóstico clínico, el tratamiento de enfermedades, etc. Las intervenciones biotecnológicas han demostrado ser muy prometedoras en cuanto a la aplicación de medios de biorreparación y probióticos en la gestión ambiental de efluentes, sustancias tóxicas y patógenos. El uso de la biotecnología en el presente y futuro llevaría al desarrollo de peces inteligentes y de alto rendimiento.

³⁹ Robb, D. H. F., MacLeod, M., Hasan, M. R. y Soto, D. 2017. *Greenhouse gas emissions from aquaculture: a life cycle assessment of three Asian systems*. FAO Documento técnico de pesca y acuicultura n.º 609. Roma, FAO. 110 páginas (disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i7558e.pdf>).

⁴⁰ Hasan, M. R. y Soto, S. 2017. *Improving feed conversion ratio and its impact on reducing greenhouse gas emissions in aquaculture*. Publicación no seriada de la FAO. Roma, FAO. 33 páginas (disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i7688e.pdf>).

⁴¹ <http://www.fish20.org/images/resources/Fish2.0-FISHFEED-Investor-Insights.pdf>.

⁴² De Verdal, H., Komen, H., Quillet, E., Chatain, B., Allal, F., Benzie, J. A. and Vandeputte, M. 2018. Improving feed efficiency in fish using selective breeding: a review. *Reviews in Aquaculture*, 10: 833-851. <https://doi.org/10.1111/raq.12202>.

23. Los microorganismos de origen natural desempeñan un papel clave en los entornos acuáticos, ya que pueden ejercer un amplio abanico de funciones, incluido el reciclado de nutrientes, la degradación de la materia orgánica y la protección de los peces frente a infecciones. La aplicación de microorganismos efectivos, biofiltros o probióticos en la gestión de la calidad del agua tiene un alto rendimiento en cuanto al entorno y el hábitat óptimo⁴³.

24. La vacunación es otra innovación que puede producir importantes beneficios económicos. La vacunación se ha reconocido como una vía esencial para reducir el uso de antibióticos en la industria de la acuicultura en el Reino Unido y Noruega⁴⁴. Por ejemplo, un análisis económico de la vacuna contra el *Streptococcus agalactiae* en explotaciones de tilapias en Brasil demostró que la supervivencia de los peces vacunados podía aumentar en más de un 60-80 % y estos podían presentar una ratio de conversión del alimento de + 5-10 %, lo que supone un importante ahorro, así como importantes ventas y beneficios⁴⁵.

Tecnología digital y de la información y las comunicaciones (TIC)

25. El futuro de los sistemas alimentarios, los sistemas agrícolas, la salud y el medio ambiente es digital. Estas esferas dependen cada vez más de datos e innovaciones de tecnología avanzada que emplean nuevas tecnologías, sensores, robótica e inteligencia artificial, lo que favorecerá avances técnicos relacionados con diferentes aspectos de la acuicultura, como: uso de vehículos submarinos autónomos en la gestión de jaulas de peces, alimentación individualizada, salud personalizada de los peces, elaboración de perfiles genéticos, nuevos productos alimenticios y control eficiente de los efectos previstos del cambio climático y ambiental.

26. Un sistema de toma de decisiones en acuicultura asistido por ordenador puede ayudar a decidir los ciclos de cultivo apropiados con una gestión del crecimiento basada en los insumos bajo cambios climáticos y ambientales. Existe la modelización bioeconómica para mejorar el rendimiento de la acuicultura. Una herramienta de fácil manejo para la toma de decisiones de inversión en acuicultura denominada UTIDA (User-Friendly Tool for Investment Decision Making in Aquaculture) ha ayudado a los productores a optimizar el rendimiento de la acuicultura en diferentes supuestos^{46, 47}. Se desarrollan aplicaciones móviles para la gestión del proceso de producción, el control remoto o la facilitación de la comercialización, como el comercio electrónico y el *marketing* en línea.

27. La innovación en torno a la infraestructura de la explotación es fundamental, por ejemplo mediante sensores y servicios conexos relacionados con los datos con miras a mejorar la eficiencia de la explotación. Las últimas novedades en aplicaciones TIC incluyen drones aéreos o robots acuáticos, sensores acuáticos y cámaras de vídeo para la inspección de equipos y anclajes, control en tiempo real de la calidad del agua, el entorno y los peces y asistencia para la optimización de las operaciones de la explotación tanto en tierra como en las jaulas instaladas en el mar. La instalación del sistema de gestión de la acuicultura UmiGarden para vigilar el deslizamiento de los peces permite retransmitir en directo sus movimientos y realizar un seguimiento remoto de los bancos en cualquier momento, a través de sensores y de una capa de software de gestión. El dispositivo Umitron incorpora una función de computación perimetral para poder optimizar los costos de alimentación analizando el banco de peces⁴⁸.

⁴³ *Fishes* 2018, 3(3), 33; doi:10.3390/fishes3030033.

⁴⁴ Norwegian Ministries, Norwegian Government's National Strategy against Antimicrobial Resistance, Norwegian Ministry of Health and Care Services, 2015-2020. Número de publicación: I-1164.

⁴⁵ Marina K. V. C. Delphino, Rafael S. C. Barone, Carlos A. G. Leal, Henrique C. P. Figueiredo, Ian A. Gardner, Vítor S. P. Gonçalves. 2019. Economic appraisal of vaccination against *Streptococcus agalactiae* in Nile tilapia farms in Brazil. *Preventive Veterinary Medicine* 162: 131-135. Doi:10.1016/j.pvetmed.2018.12.003.

⁴⁶ <http://www.fao.org/3/i8442en/I8442EN.pdf>.

⁴⁷ <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/utida/en>.

⁴⁸ <https://thebridge.jp/en/2018/06/umitron-jpy920-funding>.

Normas y certificación

28. Por lo que respecta a la producción y comercialización de los productos de acuicultura, una importante innovación en los últimos años ha sido la elaboración de regímenes normativos orientados al mercado, basados en el establecimiento de los requisitos estándar que deben cumplir los productores y encaminados a reflejar las expectativas de consumidores remotos (tanto en el sentido geográfico como en el cultural) en cuanto al nivel de producción⁴⁹. Las experiencias relacionadas con el desarrollo de la vigilancia gubernamental, la certificación de terceros, la acreditación comercial y los clubes acuáticos han demostrado su eficacia para mejorar la gestión de las explotaciones, el intercambio de información y las relaciones con otras partes interesadas de la cadena de suministro^{50, 51}.

29. El CCPR, elaborado por la FAO hace casi 25 años, es probablemente uno de los primeros registros de principios acordados por múltiples gobiernos en apoyo del desarrollo sostenible de la acuicultura. Se han seguido elaborando disposiciones pertinentes a través de diferentes Orientaciones técnicas de la FAO para la pesca responsable⁵², así como también de numerosas directrices colectivas o privadas que definen buenas prácticas de acuicultura (GAP), en las que se sugieren mejoras prácticas en aspectos como especies, densidad de población, gestión de la calidad del agua, prevención de enfermedades, transporte, alimentación, actividades postcosecha o modelos de negocio. Las directrices sobre mejores prácticas de acuicultura (BAP) ofrecen prácticas mejoradas basadas en la ciencia, en las lecciones aprendidas y en la experiencia, así como también en los objetivos de su promotor. Se recomiendan la bioseguridad, el análisis de riesgos⁵³ y los enfoques prudentes⁵⁴, especialmente en relación con los movimientos transfronterizos de animales acuáticos vivos^{55, 56}.

30. Las certificaciones GlobalGAP, AquaGAP y BAP y la incorporación del Consejo de Gestión Responsable de la Acuicultura (*Aquaculture Stewardship Council*, ASC) demuestran el compromiso con la producción ambientalmente responsable de pangas en Viet Nam, el control sobre las fuentes de harina de pescado y aceite de pescado y la responsabilidad social. La aplicación de buenas prácticas tiene como objetivo mejorar la calidad de las semillas, la calidad de los piensos y las normas de producción, con especial atención a la inocuidad alimentaria, la rastreabilidad, la salud animal, la protección del medio ambiente y las normas sociales. Las empresas de mayor tamaño tienen actividades plenamente integradas, lo que les permite controlar cada etapa del proceso de producción⁵⁷.

⁴⁹ Mialhe, F., Morales, E., Dubuisson-Quellier, S., Vagneron, I., Dabbadie, L., y Little, D. C. 2018. Global standardization and local complexity. A case study of an aquaculture system in Pampanga delta, Philippines. *Aquaculture*, 493, 365-375 (disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.09.043>).

⁵⁰ *A qualitative assessment of standards and certification schemes applicable to aquaculture in the Asia-Pacific region* (disponible en: <http://www.fao.org/3/ai388e/AI388E00.htm>).

⁵¹ Padiyar, P. A., Phillips, M. J., Bhat, B. V., Mohan, C. V., Ravi, B. G., Mohan, A. B. C. y Sai, P. 2008. Cluster level adoption of better management practices in shrimp (*P. monodon*) farming: an experience from Andhra Pradesh, India. En: M. B. Reantaso, C. V. Mohan, M. Crumlish y R. Subasinghe (eds.) *Diseases in Asian Aquaculture VI*. Fish Health Section, Asian Fisheries Society.

⁵² FAO. 2011. *Directrices técnicas para la certificación en la acuicultura* (disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i2296t.pdf>).

⁵³ Arthur, J. R. y Bondad-Reantaso, M. G. 2012. *Risk analysis for movements of live aquatic animals. An introductory training course*. Oficina Subregional de la FAO para las Islas del Pacífico, Samoa. 167 páginas (disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i2571e.pdf>).

⁵⁴ Bondad-Reantaso, M. G., Arthur, J. R. y Subasinghe, R. P. (eds.). 2012. *Improving biosecurity through prudent and responsible use of veterinary medicines in aquatic food production*. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura n.º 547. Roma, FAO. 207 páginas (disponible en: <http://www.fao.org/3/ba0056e/ba0056e.pdf>).

⁵⁵ FAO. 2007. *Desarrollo de la acuicultura 2. Gestión sanitaria para el movimiento responsable de animales acuáticos vivos*. FAO, Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. N.º 5, Supl. 2. Roma, FAO. 2007. 31 páginas (disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1108s.pdf>).

⁵⁶ Arthur, J. R., Bondad-Reantaso, M. G. y Subasinghe, R. P. *Procedimientos para la cuarentena de animales acuáticos vivos. Un manual*. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura n.º 502. Roma, FAO. 2008. 74 páginas (disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i0095s.pdf>).

⁵⁷ Miriam Greenwood. *Seafood Supply Chains: Governance, Power and Regulation*. Routledge, 2019.

AMPLIACIÓN DEL ALCANCE Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

31. La diferencia entre una tecnología o un proceso prometedores y una innovación depende del éxito de su transferencia y de la ampliación de su alcance⁵⁸. Actualmente se reconoce que la forma en que las prioridades de las diferentes partes interesadas están representadas durante el desarrollo de la tecnología afecta a la idoneidad de las nuevas tecnologías y su posterior adopción^{59, 60}. En consecuencia, ha adquirido importancia la participación de los productores y se han establecido modelos de pensamiento más inclusivos⁶¹. Los flujos de conocimiento y las interacciones entre las distintas partes interesadas en el sistema de innovación agrícola, así como el desarrollo de la capacidad mediante el cual se diseñan nuevos sistemas para contextos locales específicos, son especialmente importantes⁶².

32. Un ejemplo de éxito en la transferencia y ampliación del alcance de la tecnología es el desarrollo del cultivo de panga en Viet Nam. A mediados de la década de 1990, la principal especie cultivada en jaulas flotantes era *Pangasius bocourti*, “ca ba sa” en vietnamita, con una producción anual de 15 000 toneladas. A diferencia del *Pangasius hypophthalmus* (“ca tra”), otro pez gato vietnamita cultivado principalmente en estanques y que había sido criado artificialmente durante muchos años, no se tenía noticia de que el *Pangasius bocourti* se hubiera reproducido nunca artificialmente y los piscicultores dependían de una captura anual de 20 millones de alevines en el río⁶³. Poco después de que, como parte de una investigación culminada con éxito, se llevara a cabo la primera cría controlada de *P. bocourti*⁶⁴, la producción nacional de Viet Nam comenzó a aumentar exponencialmente, alcanzando casi 1,3 millones de toneladas en 2017, si bien la principal especie cultivada pasó a ser el *P. hypophthalmus* en lugar del *P. bocourti*. Esto pone de relieve la complejidad de los procesos de innovación y la importancia del azar. Parece ser que la investigación llevada a cabo sobre el *P. bocourti* no solo logró la cría inducida de la especie, sino que indirectamente también eliminó otros obstáculos que existían para el desarrollo piscícola del *P. hypophthalmus*.

Estrategia nacional de desarrollo

33. Un sistema nacional de innovación (consistente en un consorcio formado por la industria, el mundo académico, el gobierno y la asociación de productores) dedicado a la industria del cultivo de camarones marinos y establecido en Tailandia a principios de la década de 1990 constituye un ejemplo de agrupación de innovación a escala nacional para buscar soluciones a una serie de problemas.

34. Los países con tradición en acuicultura han diseñado su propia estrategia de desarrollo nacional para el desarrollo sostenible de la acuicultura. Basándose en el desarrollo tecnológico y en una gran capacidad de investigación y desarrollo, han realizado innovaciones tecnológicas en acuicultura para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible.

⁵⁸ Valvåg, O. R. *Technology transfer through networks: experiences from the Norwegian seafood industry*. Circular de Pesca de la FAO. N.º 1004. Roma, FAO. 2005. 14 páginas (disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0012e.pdf>).

⁵⁹ Asopa, V. N. y Beye, G. 1997. *Management of agricultural research: A training manual. Module 8: Research-extension linkage*. Alternative research and extension systems technology transfer models. Roma, FAO (disponible en: <http://www.fao.org/3/W7508E/w7508e0d.htm>).

⁶⁰ FAO. 2018. *Upscaling climate smart agriculture. Lessons for extension and advisory services*. Documentos ocasionales sobre innovación en agricultura familiar. Roma, FAO. 66 páginas (disponible en: http://www.fao.org/uploads/media/Climate_Smart_Agriculture_draft08.pdf).

⁶¹ Impact of Research in the South: <https://impress-impact-recherche.cirad.fr/>.

⁶² Making Agricultural Innovation Systems (AIS) Work for Development in Tropical Countries (disponible en: <http://www.fao.org/uploads/media/sustainability%20paper.pdf>).

⁶³ Cacot, P., Legendre, M., Dan, T. Q., Tung, L. T., Liem, P. T., Mariojous, C., y Lazard, J. 2002. Induced ovulation of *Pangasius bocourti* (Sauvage, 1880) with a progressive hCG treatment. *Aquaculture*, 213(1-4), 199-206 (disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00033-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00033-9)).

⁶⁴ Cacot, P. 1999. Étude du cycle sexuel et maîtrise de la reproduction de *Pangasius bocourti* (Sauvage, 1880) et *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage, 1878) dans le delta du Mékong au Viêt-Nam. Tesis doctoral. Instituto Nacional Francés de Agronomía de Paris-Grignon, París (Francia). 317 páginas.

35. Estas metas gubernamentales pueden señalarse como factores clave en la mayor prioridad otorgada en China desde 2010 a la tecnología en el ámbito de la acuicultura. El desarrollo tecnológico para prevenir la contaminación del agua originada por los piensos empleados en la acuicultura se promovió con miras a la protección ambiental en el 12.º plan quinquenal de China (2011-15)⁶⁵. Además, el Gobierno chino concedió una alta prioridad al desarrollo tecnológico de la acuicultura en el 13.º plan quinquenal (2016-2020) para el progreso nacional. Este plan promueve el desarrollo de nuevas tecnologías de acuicultura entre los institutos de investigación y universidades.

36. La colaboración con la industria abarca no solo la naturaleza técnica del problema, sino también los aspectos normativos, reglamentarios, de gestión y de fortalecimiento de la capacidad. China, el mayor productor de acuicultura, ha llevado a cabo una estrategia nacional para la innovación de dicho sector mediante el establecimiento del Sistema de innovación tecnológica agrícola. El Sistema ha abarcado cinco importantes grupos económicos de especies de China, a saber: carpa, tilapia, marisco, camarón y platija. En el 13.º Plan de trabajo, China promueve innovaciones tecnológicas en acuicultura respetuosas con el medio ambiente, como acuicultura ecológica, sistema de recirculación abierto e integración del cultivo de arroz y la piscicultura. Se tiene conocimiento de que la superficie total ocupada por los sistemas integrados de cultivo de arroz y piscicultura alcanzó los 2 millones de hectáreas en 2018. Las prácticas de China muestran la eficacia de establecer una cooperación entre ciencia, industria y gobierno en torno a un determinado problema. Apunta asimismo a la necesidad de crear vínculos institucionalizados entre las principales partes interesadas de un sector (a diferencia de los vínculos de carácter especial o asociados a proyectos) con objeto de abordar cuestiones generales, específicas, persistentes e incipientes.

37. Reconociendo la importancia para el desarrollo de la planificación de la acuicultura, los países africanos han diseñado un creciente número de estrategias nacionales para el desarrollo del sector. La Nueva Alianza para el Desarrollo de África (NEPAD), convertida recientemente en la Agencia de Desarrollo de la Unión Africana, constituye un programa de [desarrollo económico](#) de la [Unión Africana](#). Muchos Estados africanos han establecido asimismo individualmente estructuras nacionales de la NEPAD encargadas de servir de enlace con las iniciativas del continente en materia de reforma económica y programas de desarrollo. La FAO y sus asociados han prestado asistencia a numerosos países africanos que han elaborado o están elaborando documentos o planes estratégicos específicos sobre acuicultura. Estos planes específicos del sector ayudan a crear conciencia sobre la importancia del sector de la acuicultura y a definir las metas para dicho sector^{66, 67}.

38. Un ejemplo de éxito en la ampliación del alcance de la innovación en acuicultura como resultado de una estrategia nacional es el cultivo de arroz y peces en Madagascar. Tras varios decenios de intentos infructíferos por desarrollar el cultivo de peces en estanques, a partir de 1985 la FAO comenzó a ejecutar una serie de proyectos⁶⁸ que cambiaron completamente la situación. En lugar de promover el cultivo de peces en estanques, estos proyectos se centraban en mejorar la tradicional integración entre el cultivo de arroz y la piscicultura. Se desarrollaron y promovieron nuevas tecnologías, repoblando con carpas comunes en lugar de peces silvestres, cavando un canal de refugio y reforzando los diques laterales, lo que permite producir, según consta, hasta 200-300 kilogramos de pescado por hectárea y aumentar al mismo tiempo la producción de arroz de un 10 % a un 30 %. Se promovió, asimismo, la participación del sector privado para abastecer el mercado de alevines. Todas estas actividades tuvieron una gran repercusión en la producción nacional de pescado, que se multiplicó por entre 10 y 15, pasando de 200 toneladas anuales antes de 1990 a más de 2 500-3 000 toneladas un decenio más tarde⁶⁹.

⁶⁵ *China Agriculture Yearbook, 2015* (disponible en: <http://english.agri.gov.cn/service/ayb/201701/W020170105346858276040.pdf>).

⁶⁶ Brugere, C., Aguilar-Manjarrez, J. y Halwart, M. 2009. Formulation of a development plan for sustainable aquaculture in Cameroon. Boletín de acuicultura de la FAO n.º 43: 24-25.

⁶⁷ Moehl, J., Halwart, M. y Brummett, R. *Report of the FAO-WorldFish Center Workshop on Small-scale Aquaculture in SubSaharan Africa: Revisiting the Aquaculture Target Group Paradigm*. Limbé (Camerún), 23-26 de marzo de 2004. Documento ocasional del Comité de Pesca Continental para África. N.º 25. Roma, FAO. 2005. 54 páginas.

⁶⁸ MAG/76/002, MAG/82/014, MAG/86/005, MAG/88/005, MAG/92/004, MAG/058/6023.

⁶⁹ Dabbadie L. y Mikolasek O. 2017. Rice-Fish Farming in the Malagasy Highlands, Twenty Years after the FAO Projects. Boletín de acuicultura de la FAO n.º 56 (abril de 2017): 33-36 (disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i7171e.pdf>).

39. En algunos países (Benin, Camerún, Côte d'Ivoire, Ghana, Kenya, Nigeria, Sudáfrica, Uganda, Zambia) se hace un uso cada vez mayor de las TIC, incluidos los teléfonos móviles, para fines de *marketing*, con objeto de reducir la asimetría de información entre comerciantes y productores en beneficio de estos últimos. Ha habido un aumento general en el uso de las nuevas herramientas de comunicación por parte de profesionales y numerosos grupos de partes interesadas para acceder a información con el fin de mejorar el resultado de sus operaciones⁷⁰.

40. El sector privado ha desempeñado una función clave en los avances en investigación e innovación. La inversión en investigación y desarrollo, sobre todo por parte del sector privado de las economías desarrolladas, obedece al alto valor económico y la rentabilidad de un producto o servicio. En algunos casos, los productos de investigación y desarrollo se han compartido con éxito con países y regiones menos desarrollados. En materia de salud animal, por ejemplo, las mejoras en el desarrollo de vacunas, diagnósticos y tratamientos han reducido significativamente las pérdidas relacionadas con las enfermedades en la acuicultura. El sector privado ha reconocido la importancia de investigar conjuntamente con los gobiernos, las instituciones académicas, los organismos internacionales y las organizaciones no gubernamentales (ONG) para mejorar las semillas de peces y el suministro de piensos, lo que a su vez puede reducir la presión sobre la disponibilidad en los mercados locales y mejorar la productividad de la acuicultura y su rendimiento desde el punto de vista medioambiental.

Apoyo técnico de organizaciones internacionales

41. Ante los crecientes desafíos relacionados con el uso de los recursos, la degradación ambiental y el cambio climático, numerosas autoridades nacionales solicitan apoyo técnico a organizaciones internacionales como la FAO, el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, el Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional (CGIAR), las ONG, etc.

42. El Programa de cooperación técnica (PCT) se creó con el fin de permitir a la FAO, aprovechando sus propios recursos, poner su conocimiento tecnológico y especialización técnica a disposición de los Estados Miembros que lo soliciten. El PCT ofrece asistencia en todas las esferas relacionadas con el mandato y las competencias de la FAO abarcadas en el Marco estratégico para responder a las necesidades prioritarias de los gobiernos. La FAO ha acelerado activamente la transferencia de tecnología y la ampliación del alcance de las innovaciones en acuicultura hacia sus Estados Miembros por medio de proyectos del PCT. La cría de carpas en Kirguistán, la lucha contra las enfermedades del camarón en Viet Nam, el cultivo de algas marinas y chanos en Zanzíbar o la capacitación sobre la acuicultura como negocio en África son solo unos cuantos ejemplos de la ayuda prestada por la FAO a las autoridades nacionales para la adopción de innovaciones tecnológicas en la acuicultura en beneficio de los productores, las organizaciones de productores y el desarrollo económico sostenible de la industria pesquera. Los proyectos del PCT afectan también indirectamente al desarrollo de la acuicultura, como en el caso de la adopción de la planificación espacial para el cultivo marino en jaulas en Irán (República Islámica del) y la adaptación a la acuicultura climáticamente inteligente en el Perú.

43. El programa de cooperación Sur-Sur y triangular abarca la cooperación Sur-Sur (CSS) y la cooperación triangular (CT). Estos programas han probado su eficacia para la creación de empleo, la construcción de infraestructuras y la promoción del comercio en el hemisferio sur. Su finalidad es impulsar un amplio marco para la colaboración entre los países en desarrollo y ofrecer un modelo complementario a la relación tradicional entre donantes y beneficiarios. Puesto que la CSS desempeña un papel más importante que nunca en la lucha contra la inseguridad alimentaria, la demanda mundial de soluciones para el desarrollo del Sur que se hayan probado y cuya eficacia se haya demostrado ha alcanzado niveles sin precedentes. Se ha puesto en práctica en Namibia, Uganda, Sudáfrica, etc., en relación con centros de cría, fábricas de pienso en gránulos o explotaciones de cultivo combinado de arroz y peces, y se ha transferido innovación tecnológica en acuicultura del Brasil, China y Viet Nam, etc. a otros países en desarrollo.

⁷⁰ FAO. 2017. *Regional review on status and trends in aquaculture development in sub-Saharan Africa - 2015*, by Benedict P. Satia. FAO, Circular de Pesca y Acuicultura C1135/4. Roma (Italia) (disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i6873e.pdf>).

44. Las asociaciones y la colaboración público-privada, como la Asociación FAO-UE sobre Desarrollo Integrado de la Acuicultura Mediterránea (proyecto MedAID), el Enfoque ecosistémico para hacer espacio para la acuicultura (proyecto AquaSpace), etc., son parte esencial de la misión de la FAO para ayudar a crear consenso en favor de un mundo sin hambre. La eficacia y la credibilidad de la Organización como foro de formulación de políticas y centro multilingüe único de excelencia, conocimientos y experiencia técnica depende en gran medida de su capacidad para trabajar en colaboración y establecer asociaciones estratégicas. Solo a través de una colaboración eficaz con gobiernos, sociedad civil, el sector privado, instituciones académicas, centros de investigación y cooperativas, y haciendo uso de los conocimientos de cada uno y sus ventajas comparativas, puede vencerse la inseguridad alimentaria.

Ámbito regional

45. El establecimiento de redes es una opción para facilitar el intercambio y la difusión de conocimientos. La FAO ha apoyado la creación de redes de acuicultura en numerosas regiones, como la Red de centros de acuicultura de Asia y el Pacífico (NACA), la Red de acuicultura para África, la Red de centros de acuicultura de Europa central y oriental, la Asociación de Micronesia para una acuicultura sostenible y la Red de Acuicultura de las Américas. Existen también redes interregionales para promover innovaciones en la acuicultura, como la plataforma de innovación en la pesca y la acuicultura (Fishery and Aquaculture Innovation Platform [FAIP]), la Federación Noruega de Alimentos Marinos, etc. Estas redes se establecieron para mejorar la comunicación entre las sociedades de investigación y la industria y desempeñan un importante papel en la determinación de las prioridades que deben establecerse para los programas de investigación y de intercambio relacionados con el sector. Otro efecto a largo plazo de la colaboración mediante redes ha sido la adopción gradual, por parte de la industria de productos alimentarios marinos, de una actitud más positiva respecto de la investigación y el desarrollo en general⁷¹.

46. Un consorcio constituye otro medio importante para promover las innovaciones en la acuicultura dentro de una región o entre las distintas regiones. Existen consorcios internacionales de acuicultura, como el Consorcio GAIN (Green Aquaculture Intensification in Europe), la Plataforma sobre acuicultura de la Reunión Asia-Europa y el consorcio ASEAN-China para la cooperación en materia de educación y formación técnica y profesional (ASEAN-China Consortium for TVET Cooperation [ACCTC]). Las redes sociales representan un caso especial de creación de redes que puede brindar a los empresarios y trabajadores de la acuicultura la posibilidad de intercambiar conocimientos y mantenerse conectados con familias y grupos sociales, lo que reviste especial importancia cuando dichos empresarios y trabajadores se encuentran en el mar o necesitan migrar para realizar actividades relacionadas con la pesca o la explotación acuícola.

47. Una dificultad que surge para la transferencia de la innovación y la ampliación de su alcance es la creciente incertidumbre en torno al cambio climático y otros cambios a escala mundial⁷². El desarrollo de la capacidad es parte de una de las funciones básicas de la FAO (“Apoyo técnico para fomentar la transferencia tecnológica y crear capacidad”) y tiene el potencial para ofrecer soluciones. Consiste en el proceso por el que las personas, las organizaciones y la sociedad en su conjunto fomentan, fortalecen, crean, adaptan y mantienen la capacidad a lo largo del tiempo. Se ha asociado tradicionalmente con la transferencia de conocimientos y la formación de las personas; no obstante, es un proceso de cambio complejo, no lineal y a largo plazo en el que ningún factor aislado (por ejemplo, información, educación y capacitación, asistencia técnica, asesoramiento sobre políticas, etc.) puede constituir por sí solo una explicación al desarrollo de la capacidad⁷³. La transferencia de innovación en la acuicultura se ha llevado a cabo en diversos ámbitos a través de las escuelas de campo para agricultores^{74, 75}.

⁷¹ Valvåg, O. R. Technology transfer through networks: experiences from the Norwegian seafood industry. Circular de Pesca de la FAO. N.º 1004. Roma, FAO. 2005. 14 páginas (disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0012e.pdf>).

⁷² Barange, M., Bahri, T., Beveridge, M. C. M., Cochrane, K. L., Funge-Smith, S., Poulain, F. (eds). *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture*. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura n.º 627. Roma. FAO. ISBN 978-92-5-130607-9 (disponible en: <http://www.fao.org/3/I9705EN/i9705en.pdf>).

⁷³ *Estrategia institucional sobre el desarrollo de la capacidad* (disponible en: <http://www.fao.org/3/a-k8908s.pdf>).

⁷⁴ Halwart, M. y Settle, W. 2008. *Participatory training and curriculum development for Farmer Field Schools in Guyana and Suriname. A field guide on Integrated Pest Management and aquaculture in rice*. Roma, FAO. 122 páginas (disponible en: <http://www.fao.org/3/a-ba0031e.pdf>).

⁷⁵ Building capacity for integrated rice-fish systems through the regional rice initiative and South-South Cooperation (disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i7239e.pdf>).

48. Se ha propuesto la ubicación de redes de innovación en materia de piensos (Feed Innovation Network [FIN]) en las Américas, China y Asia sudoriental. Las ubicaciones de la red FIN pueden guiar la evaluación de ingredientes para las especies locales e intercambiar datos de rendimiento en una base de datos sobre ingredientes. Se organizarán reuniones regionales y teleconferencias periódicamente con objeto de ofrecer un foro para el intercambio de conocimientos.

Productos del conocimiento y su intercambio

49. La FAO, como centro de conocimientos, se dedica a sintetizar y convertir en productos del conocimiento las innovaciones tecnológicas en materia de acuicultura, como conocimientos e instrumentos en línea, vídeos, libros, actas, carteles, manuales, equipos de material de formación portátiles, etc. Se dedica asimismo a facilitar el intercambio entre los Miembros mediante la organización de simposios mundiales o regionales sobre innovaciones agrícolas, diálogos sobre políticas, conferencias y talleres destinados a concienciar sobre las innovaciones en la acuicultura, intercambio de buenas prácticas y proyectos piloto de demostración. Además, la FAO publica productos del conocimiento de fácil y amplio acceso, ofreciendo publicaciones importantes en todos los idiomas de las Naciones Unidas y facilitando su disponibilidad para su traducción a las lenguas locales.

50. Organizaciones y organismos internacionales y nacionales, como los centros del CGIAR, organismos gubernamentales, instituciones académicas y universidades, centros de demostración técnica y escuelas profesionales, publican numerosos productos del conocimiento sobre innovaciones en la acuicultura y a menudo buscan incrementar los recursos humanos del sector privado y el número de pequeños piscicultores comerciales con conocimientos mejorados sobre acuicultura y habilidades prácticas actualizadas. La información está a menudo dispersa y fragmentada; particularmente en plataformas de innovación y centros de conocimiento transversales, la acuicultura podría estar aún mucho mejor representada y vinculada⁷⁶. La colaboración y las asociaciones pueden potenciar un acceso más amplio a productos del conocimiento sobre innovación, beneficiando a más partes interesadas. La FAO alienta a un mayor intercambio y puesta en común de conocimientos sobre innovación en materia de acuicultura.

ORIENTACIÓN QUE SE SOLICITA

51. Se invita al Subcomité a:

- Reconocer la importancia de las innovaciones en el ámbito de la acuicultura para aumentar la eficiencia, reducir el impacto ambiental y combatir el cambio climático.
- Intercambiar experiencias (comprendidos los casos de éxito y las lecciones aprendidas) relativas a innovaciones en el ámbito de la acuicultura.
- Proporcionar asesoramiento y alentar a la comunidad internacional, y en particular a las redes de acuicultura existentes, a mejorar la colaboración en materia de síntesis, actualización e intercambio de productos del conocimiento sobre innovaciones en el campo de la acuicultura, a fin de incrementar la eficiencia de los recursos y combatir el cambio ambiental y climático.
- Proporcionar orientación y reclamar más recursos financieros específicos para una mejor asistencia técnica con vistas a la ampliación del alcance de las innovaciones en materia de acuicultura a través de diferentes mecanismos, como el PCT, el establecimiento de redes, la CSS o la asociación entre los sectores público y privado.

⁷⁶ Por ejemplo, la Plataforma de Agricultura Tropical: <http://www.tapipedia.org/search/tap>.