



Revista ACTA PESQUERA.
Volumen 10 No. 19.
ISSN: 2395-8944
Periodo: Enero – Junio de 2024
San Blas, Nayarit. México
Pp. 17 - 25
Recibido: mayo 16 de 2024
Aprobado: junio 15 de 2024
DOI: 10.60113/ap.v10i19.134

Futuras innovaciones en el sector acuícola

Future innovations in the aquaculture sector

Josué Ernesto López Camarena
Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera
acua.lopez.camarena@gmail.com

Futuras innovaciones en el sector acuícola

Future innovations in the aquaculture sector

Resumen:

La acuicultura, uno de los sectores de producción de alimentos de mayor crecimiento a nivel mundial, está viviendo una transformación significativa gracias a diversas innovaciones tecnológicas. Este artículo analiza los avances más recientes en biotecnología y sostenibilidad que están revolucionando la industria acuícola. Se resaltan las mejoras en los sistemas de recirculación de agua, la automatización de procesos y la implementación de sistemas para la salud y alimentación de los peces. Además, se abordan los esfuerzos en la mejora genética de las especies acuáticas y el desarrollo de prácticas más sostenibles que reduzcan el impacto ambiental. Estas innovaciones no solo prometen aumentar la eficiencia y productividad de la acuicultura, sino también contribuir a la seguridad alimentaria global y a la conservación de los ecosistemas acuáticos.

Palabras Clave: Sistemas de innovación, Sustentabilidad, Alimentación acuícola, Mejora genética, sistemas multitroóficos

Abstract:

Aquaculture, one of the fastest growing food production sectors worldwide, is undergoing a significant transformation thanks to various technological innovations. This article analyzes the most recent advances in biotechnology and sustainability that are revolutionizing the aquaculture industry. Improvements in water recirculation systems, process automation and the implementation of systems for fish health and feeding are highlighted. In addition, efforts are addressed in the genetic improvement of aquatic species and the development of

more sustainable practices that reduce environmental impact. These innovations not only promise to increase the efficiency and productivity of aquaculture, but also contribute to global food security and the conservation of aquatic ecosystems.

Keywords: Innovation systems, Sustainability, Aquaculture feed, Genetic improvement, multitrophic systems

Introducción

La acuicultura es una actividad que de acuerdo con la FAO se define como "Acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos, en particular peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas", Esta actividad derivada de la pesca tradicional data de por lo menos 4000 años y en esencia las bases de esta actividad se han mantenido intactas, replicar las mejores condiciones disponibles para la cual un organismo se desarrolle y se reproduzca con el fin de su consumo. Desde entonces la acuicultura no ha hecho más que aumentar de manera exponencial, produciendo cada vez más, teniendo mayor repercusión en la alimentación mundial, con cada vez un mayor uso de la tecnología y con una innovación constante.

La acuicultura, al ser multidisciplinaria, ofrece amplias oportunidades para la innovación de diversos tipos

Al ser la acuicultura una actividad multidisciplinaria en la que generan efecto diversos factores y que mantiene una gran oportunidad a la innovación

La industria de la acuicultura es ampliamente diversa y dispersa, comprendiendo desde pequeños estanques operados por propietarios locales en África que producen solo unos pocos kilogramos de pescado al año, hasta corporaciones internacionales con ingresos anuales que

superan los mil millones de dólares. Para muchos observadores cercanos, la acuicultura se percibe como una de las pocas opciones económicas disponibles en zonas costeras o rurales específicas, y adquiere una importancia particular en naciones como Bangladesh, India y Vietnam, donde se practica tanto como una fuente de alimentación básica como para fines comerciales (Bostock et al. 2013).

Los alimentos acuáticos siguen siendo altamente comerciados a nivel mundial, con Asia liderando la producción en un 91.6% en 2020. Sin embargo, existen brechas significativas en el desarrollo de la acuicultura en países como Mongolia, Timor-Leste y algunas naciones de Asia Central y Occidental, que necesitan un impulso para aprovechar su potencial. (FAO, 2022.)

Las innovaciones en la acuicultura están en constante evolución, impulsadas por una intersección de disciplinas que abarcan desde la biotecnología hasta la ingeniería ambiental. El progreso de innovación en la acuicultura se ve influenciado por una amplia gama de factores que abarcan desde lo tecnológico hasta lo social, incluyendo la demanda del mercado, la infraestructura disponible y los sistemas institucionales. A pesar de estas influencias, existe un amplio espacio para la innovación en la acuicultura, ofreciendo oportunidades significativas para mejorar y desarrollar nuevas prácticas, tecnologías y enfoques que impulsen aún más el crecimiento sostenible de esta industria.

Dicho progreso se agrupa en diversas áreas, como la genética acuícola para mejorar la salud y el rendimiento de las especies cultivadas, la automatización de sistemas de producción para optimizar la eficiencia, y el

desarrollo de técnicas sostenibles que minimicen el impacto ambiental. Estos avances están redefiniendo el panorama de la acuicultura, promoviendo la seguridad alimentaria y la conservación de los recursos acuícola pesqueros

Innovaciones en Tecnologías de producción: Las tecnologías de producción acuícola son herramientas y métodos desarrollados para mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la rentabilidad de la acuicultura.

Innovaciones en acuaponía:

La práctica de combinar la producción de peces y plantas anuales ha evolucionado hacia la acuaponía moderna, una fusión de acuicultura e hidroponía, que ha ganado popularidad recientemente. Aunque la mayoría de las aplicaciones actuales se enfocan en la investigación de acuicultura, hidroponía y calidad del agua, aún carecemos de una comprensión integral, tanto conceptual como empírica, de la acuaponía como un sistema innovador potencialmente emergente, así como de las expectativas y conocimientos prácticos sobre su funcionalidad (König, et al. 2018). En los últimos años, se ha avanzado en la comprensión de la viabilidad comercial de la acuaponía y es reconocido su potencial para la seguridad alimentaria futura. Sin embargo, es necesario investigar más sobre sus impactos ambientales, operativos y socioeconómicos (Junge, et al. 2017).

Es crucial investigar los aspectos biológicos, tecnológicos y socioeconómicos de la acuaponía para promover su desarrollo como una tecnología fundamental en sistemas alimentarios sostenibles. Esto implica comprender mejor la adición de especies cultivadas, mejorar y refinar los sistemas tecnológicos, fomentar el conocimiento y desarrollo socioeconómico,

así como diseñar sistemas eficientes y sostenibles.

Innovaciones en sistemas de reticulación (RAS):

Los sistemas de acuicultura de recirculación (RAS) reutilizan parcialmente el agua tras un tratamiento que minimiza el intercambio necesario para cada componente del sistema, surgiendo en respuesta a las estrictas regulaciones ambientales en países con recursos limitados de tierra y agua.

Los RAS operan en un ambiente interior controlado, lo que los convierte en una estrategia de adaptación viable al cambio climático. Estos sistemas se ven mínimamente afectados por fenómenos relacionados con el cambio climático, como la variación de las precipitaciones, inundaciones, sequías, calentamiento global, ciclones, fluctuaciones de salinidad, acidificación de los océanos y aumento del nivel del mar (Ahmed, 2021)

A pesar de sus características ecológicas y la creciente adopción de la tecnología RAS, su contribución a la producción sigue siendo pequeña en comparación con las jaulas marinas, los sistemas de flujo continuo y los estanques. La lenta adopción de los sistemas RAS se debe en parte a las altas inversiones iniciales que requieren, ya que necesitan altas densidades de población y producción para cubrir los costos de inversión (Martins,2010).

Sistemas Multitróficos Integrados (IMTA):

En la acuicultura multitrófica integrada (IMTA), se crían especies de diferentes niveles tróficos en proximidad, permitiendo que los coproductos (desechos orgánicos e inorgánicos) de una especie sean reciclados y sirvan como insumos nutricionales para otras. La prevalencia de los sistemas IMTA

puede aumentar en el futuro, especialmente a medida que la expansión de los monocultivos se desacelere debido a los costos de insumos como piensos, energía y medicamentos, así como a las cuestiones ambientales relacionadas con los residuos y el deterioro de la calidad del agua (Knowler,2020).

Si bien los IMTA tienen un gran potencial ecológico, aún enfrentan desafíos. Sin embargo, estas limitaciones son comunes en la piscicultura en general, no exclusivas del IMTA. Por lo tanto, si el gobierno implementa políticas y regulaciones de apoyo a los piscicultores, no solo fomentará el IMTA como solución para áreas erosionadas, sino que también respaldará el desarrollo de la industria acuícola en su conjunto (Elfitasari,2019).

Innovaciones en Alimentación y Nutrición acuícola:

La acuicultura ha experimentado importantes avances en alimentación y nutrición en los últimos años. Estos desarrollos son clave para enfrentar los desafíos de sostenibilidad y eficiencia en la producción de peces y mariscos.

Sustitución de Harina de Pescado:

Los alimentos acuícolas suelen incluir harina y aceite de pescado extraídos de pequeños peces forrajeros pelágicos como arenques, sardinas y otras especies de bajo valor comercial. Estos ingredientes se utilizaron originalmente por ser sabrosos, económicos y eficientes en proporcionar las proteínas y ácidos grasos necesarios para las especies acuáticas cultivadas. Sin embargo, con las capturas mundiales de peces forrajeros estancadas desde la década de 1980, el precio de la harina y el aceite de pescado ha aumentado debido a la creciente demanda en la acuicultura. Para asegurar un

crecimiento sostenible en la industria, los productores han descubierto y deben seguir encontrando alimentos que reduzcan o excluyan los ingredientes derivados del pescado.

Los nuevos ingredientes para alimentos acuícolas, como microalgas, macroalgas, bacterias, levaduras e insectos, pueden reducir la demanda de peces forrajeros al ofrecer fuentes ricas en proteínas y lípidos. Microalgas proporcionan ácidos grasos omega-3, macroalgas y levaduras ofrecen aminoácidos esenciales, bacterias tienen alto contenido proteico y pueden cultivarse en sustratos baratos, e insectos convierten residuos orgánicos en piensos ricos en proteínas. La calidad de los sustratos es crucial para el valor nutritivo de estos ingredientes, pero su potencial radica en mejorar la eficiencia alimenticia y el contenido nutricional en la acuicultura (Cottrell,2020).

Elaboración de Dietas específicas para cada especie:

A medida que la acuicultura se expanda, será necesario elaborar dietas cada vez más especializadas para cada especie, de manera que estas cubran sus necesidades nutricionales específicas, mejoren la calidad y optimicen el aprovechamiento de los recursos.

Una mejor composición y eficiencia de conversión del alimento aumentan la producción de peces, reducen los costos del alimento y minimizan los desechos en las piscifactorías. Una dieta equilibrada es esencial para asegurar un crecimiento rápido, salud y ausencia de enfermedades en peces y camarones. Proporcionar alimentos que ofrezcan todos los componentes necesarios para una buena nutrición es fundamental en las buenas

prácticas acuícolas. El concepto de una acuicultura sana y saludable es esencial para mejorar la producción acuícola y proporcionar proteínas de pescado y nutrientes beneficiosos. Aunque hemos avanzado en la nutrición acuícola y la formulación de alimentos, es crucial seguir invirtiendo en la nutrición y salud de los peces. Esto garantizará un suministro constante, sostenible y seguro de pescado de calidad, beneficioso para la salud pública y el medio ambiente (Coloso, R. M. 2015).

Innovaciones en genética y reproducción: Mantener sistemas acuícolas saludables y productivos requiere poblaciones de buena calidad. A diferencia de los cultivos y animales terrestres, la domesticación de especies acuícolas está aún en sus inicios

Mejora genética mediante cría selectiva Los programas de mejoramiento genético pueden aumentar sosteniblemente los rasgos de producción, logrando ganancias del 10% al 14% por generación. No obstante, requiere una inversión significativa en tecnología de reproducción selectiva. Aproximadamente el 75% de la producción de las principales especies acuícolas y el 80% de la producción acuícola europea se benefician de estos programas. Además, los diferentes sectores utilizan una variedad de tecnologías de reproducción, desde la dependencia de poblaciones silvestres hasta la selección familiar con herramientas genómicas. Por ejemplo, la industria del mejillón en reino unido depende completamente de la semilla silvestre, mientras que la acuicultura del salmón del Atlántico emplea tecnología avanzada (Regan,2021).

Los programas de mejoramiento genético son esenciales para la sostenibilidad y eficiencia de la acuicultura, aunque

requieren una inversión significativa. La adopción de tecnologías como marcadores genéticos, reproducción selectiva y manipulación del género varía entre sectores. Es crucial desarrollar y adoptar estas herramientas para maximizar el potencial de cada especie acuícola en el futuro.

Selección de nuevas especies para el sector:

La selección de nuevas especies para la acuicultura es esencial para diversificar y aumentar la producción de alimentos acuáticos. Este proceso considera la resistencia a enfermedades, el crecimiento rápido y la adaptabilidad a distintos entornos. Con el apoyo de la biotecnología y la investigación genética, se busca optimizar el rendimiento y reducir el impacto ambiental, satisfaciendo así la creciente demanda global de productos acuáticos de manera sostenible.

La selección de especies para la acuicultura implica evaluar criterios biológicos como la temperatura óptima para la cría, la fecundidad y el tamaño de las larvas. Sin embargo, esta información suele ser escasa para nuevas especies. En un estudio, se seleccionó el bacalao como el principal candidato para el desarrollo acuícola en las costas occidentales de Francia debido a varias razones: amplio conocimiento biológico, facilidad para capturar juveniles y adultos silvestres, pocos huesos en los filetes, buena calidad de la carne y capacidad de crecimiento rápido en cautiverio (2 kg en 20 meses). Además, el bacalao se adapta bien a temperaturas de agua entre 7 y 17 °C, lo que coincide con las condiciones en la región estudiada. Estos factores, junto con su buena imagen y adaptabilidad a los requerimientos de procesamiento y distribución, hacen del

bacalao una especie prometedora para la acuicultura (Quéméner,2002).

Aunque hay que tener en cuenta que incorporación de una nueva especie es circunstancial a el lugar donde quiera cultivarse pues los criterios de selección varían según el lugar a cuestión

Innovaciones en materia de sanidad y bienestar animal:

Vacunación acuícola:

La vacunación en la acuicultura es crucial para proteger la salud de los organismos acuáticos y es la medida preventiva más efectiva contra enfermedades infecciosas. El progreso de la productividad acuícola está directamente relacionado con el desarrollo y uso de vacunas, subrayando su importancia en la sostenibilidad. Recientes avances científicos y tecnológicos han mejorado significativamente la capacidad de desarrollo de vacunas. El entendimiento avanzado de la inmunología de los animales acuáticos y las innovaciones en biotecnología y biología computacional han acelerado y perfeccionado la producción. A pesar de un comienzo tardío, la vacunación en acuicultura ha avanzado rápidamente. Las estrategias actuales se enfocan en mejorar la absorción de antígenos, explorando nuevas vías de administración como la oral o por inmersión, y utilizando nanotecnología y bioingeniería para una transferencia eficiente de antígenos. Estas innovaciones aseguran una mejor prevención de enfermedades y un crecimiento sostenible de la acuicultura en el futuro (Tamma,2024).

Bienestar animal:

El bienestar de los peces de piscifactoría se ha convertido en una preocupación creciente para el público y los reguladores. En respuesta, la industria acuícola está

implementando medidas como los Códigos de Prácticas para una Acuicultura Responsable, que incluyen el respeto por el bienestar de las especies criadas. La Federación de Productores Europeos de Acuicultura (FEAP) destaca esto como un principio fundamental.

Para que estas medidas sean efectivas, deben basarse en información confiable y una comprensión adecuada del bienestar de los peces. Este es un tema complejo con muchas áreas de incertidumbre. Es crucial definir el bienestar, comprender si los peces pueden sufrir, identificar y medir su bienestar, y analizar el impacto de los sistemas de producción. Las estrategias para mejorar el bienestar de los peces de cultivo deben basarse en estudios científicos. Aunque mi perspectiva es biológica, es importante considerar otras disciplinas académicas y también el bienestar de otros mariscos, como los crustáceos decápodos (Huntingford, 2008).

Innovaciones en Digitalización y sostenibilidad

A medida que la acuicultura avanza, el uso de tecnologías digitales se volverá más común, impulsando la adopción de herramientas como la inteligencia artificial (IA), la logística avanzada y la robótica, entre otras. Estas tecnologías pueden optimizar la producción, mejorar la gestión de recursos y aumentar la eficiencia en las operaciones acuícolas.

Digitalización e Inteligencia artificial:

Existe un interés creciente en el monitoreo integral de la producción y la cadena de suministro en la acuicultura para mejorar la eficiencia mediante la computación en la nube y el uso de IA. Estas tecnologías pueden proporcionar decisiones más

rápidas y precisas (Evensen, 2020.), reduciendo la necesidad de mano de obra y mejorando la eficacia de los comederos, así como el monitoreo y control de la calidad del agua. Además, estas innovaciones pueden transformar los sistemas de acuicultura en alta mar, incluyendo la acuicultura en jaulas, jaulas sumergibles, acuicultura en embarcaciones y sistemas en aguas profundas (Yue y Shen (2022). El uso de estas tecnologías digitales promete optimizar la recolección y procesamiento de datos, mejorando la sostenibilidad y productividad del sector (Rowan,2023).

Innovaciones en trazabilidad y sostenibilidad:

Los sistemas de trazabilidad ofrecen información precisa y oportuna sobre los flujos y procesos de materiales en la cadena de suministro. Esto puede reducir costos operativos y aumentar la productividad tanto de las empresas individuales como de la cadena de suministro en su conjunto. Además, los consumidores valoran estos sistemas porque proporcionan detalles sobre el origen, calidad y características sostenibles del producto, especialmente antes de la compra (Appelhanz,2016).

La trazabilidad no es un tipo de información, sino el medio para recuperar, almacenar y organizar datos. Los sistemas de trazabilidad recopilan eficientemente datos y proporcionan información sobre la correcta operatividad de los puntos de control en la cadena de producción o suministro. Un sistema preciso permite a los productores identificar y resolver rápidamente problemas de calidad o inocuidad alimentaria. La trazabilidad responde a preguntas sobre "quién", "qué", "cuándo", "dónde" y "por qué" en relación con la seguridad, calidad y visibilidad de los alimentos. Dependiendo de la dirección de

recuperación de la información, la trazabilidad puede ser hacia atrás (rastrear el origen y características del producto) o hacia adelante (seguir la ubicación del producto) (Freitas,2020).

Conclusión:

El sector acuícola ha experimentado significativas innovaciones en los últimos años, transformando la forma en que se cultivan y gestionan los recursos acuáticos. Entre las principales innovaciones se encuentran: Mejoras Genéticas y Biotecnología, Alimentación sostenible, Sistemas de Recirculación en Acuicultura (RAS), Tecnología de Sensores y Automatización.

Estas innovaciones prometen hacer la acuicultura más sostenible y eficiente, reduciendo el impacto ambiental y aumentando el rendimiento. La integración de tecnologías avanzadas continuará revolucionando el sector, permitiendo una producción más segura y de alta calidad. Enfocarse en sostenibilidad y eficiencia será crucial para satisfacer la creciente demanda mundial de productos acuáticos, garantizando la seguridad alimentaria y la conservación de los ecosistemas marinos.

Bibliografía:

- ❖ Ahmed, N., & Turchini, G. M. (2021). Recirculating aquaculture systems (RAS): Environmental solution and climate change adaptation. *Journal of Cleaner production*, 297, 126604.
- ❖ Appelhans, S., Osburg, V. S., Toporowski, W., & Schumann, M. (2016). Traceability system for capturing, processing and providing consumer-relevant information about wood products: system solution and its economic feasibility. *Journal of Cleaner Production*, 110, 132-148.
- ❖ Bostock, J., McAndrew, B., Richards, R., Jauncey, K., Telfer, T., Lorenzen, K., ... & Corner, R. (2010). Aquaculture: global status and trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2897-2912.
- ❖ Coloso, R. M. (2015). Feed formulation for sustainable aquaculture. In *Resource Enhancement and Sustainable Aquaculture Practices in Southeast Asia: Challenges in Responsible Production of Aquatic Species: Proceedings of the International Workshop on Resource Enhancement and Sustainable Aquaculture Practices in Southeast Asia 2014 (RESA)* (pp. 223-230). Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.
- ❖ Cottrell, R. S., Blanchard, J. L., Halpern, B. S., Metian, M., & Froehlich, H. E. (2020). Global adoption of novel aquaculture feeds could substantially reduce forage fish demand by 2030. *Nature Food*, 1(5), 301-308.
- ❖ Elfitasari, T., Klerkx, L., Rejeki, S., Widowati, L. L., Aryati, R. W., & Bosma, R. H. (2019, March). Is Integrated Multi-Trophic Aquaculture (Imta) Concept An Answer to Abraded Coastal Area? A Stakeholders' Perspective Analysis. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 246, No. 1, p. 012082). IOP Publishing.
- ❖ Evensen, T. (2020). Negocios pesqueros: cerrar la brecha entre la toma de decisiones basada en datos (DDM) y la acuicultura: un análisis de los operadores tradicionales de la industria acuícola noruega (NAI) y el uso de big data para obtener una ventaja competitiva (tesis doctoral).
- ❖ FAO, 2022. The state of world fisheries and aquaculture 2022. Rome, FAO
- ❖ Freitas, J., Vaz-Pires, P. y Câmara, JS (2020). De la producción acuícola al

- consumo: Frescura, seguridad, trazabilidad y autenticación, los cuatro pilares de la calidad. *Acuicultura*, 518, 734857.
- ❖ Huntingford, F. (2008). Animal welfare in aquaculture. In *Aquaculture, Innovation and Social Transformation* (pp. 21-33). Dordrecht: Springer Netherlands.
 - ❖ Junge, R., König, B., Villarroel, M., Komives, T., & Jijakli, M. H. (2017). Strategic points in aquaponics. *Water*, 9(3), 182.
 - ❖ Knowler, D., Chopin, T., Martínez-Espiñeira, R., Neori, A., Nobre, A., Noce, A., & Reid, G. (2020). The economics of integrated multi-trophic aquaculture: where are we now and where do we need to go?. *Reviews in Aquaculture*, 12(3), 1579-1594.
 - ❖ König, B., Janker, J., Reinhardt, T., Villarroel, M., & Junge, R. (2018). Analysis of aquaponics as an emerging technological innovation system. *Journal of cleaner production*, 180, 232-243.
 - ❖ Martins, C. I. M., Eding, E. H., Verdegem, M. C., Heinsbroek, L. T., Schneider, O., Blancheton, J. P., ... & Verreth, J. A. J. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural engineering*, 43(3), 83-93.
 - ❖ Quéméner, L., Suquet, M., Mero, D., & Gaignon, J. L. (2002). Selection method of new candidates for finfish aquaculture: the case of the French Atlantic, the Channel and the North Sea coasts. *Aquatic Living Resources*, 15(5), 293-302.
 - ❖ Regan, T., Bean, T. P., Ellis, T., Davie, A., Carboni, S., Migaud, H., & Houston, R. D. (2021). Genetic improvement technologies to support the sustainable growth of UK aquaculture. *Reviews in aquaculture*, 13(4), 1958-1985.
 - ❖ Rowan, N. J. (2023). The role of digital technologies in supporting and improving fishery and aquaculture across the supply chain-Quo Vadis?. *Aquaculture and Fisheries*, 8(4), 365-374.
 - ❖ Tammam, I., Bitchava, K., & Gelasakis, A. I. (2024). Transforming Aquaculture Through Vaccination: A Review on Recent Developments and Milestones.
 - ❖ Yue, K. y Shen, Y. (2022). Una visión general de las tecnologías disruptivas para la acuicultura. *Acuicultura y Pesca*, 7 (2), 111-120.



Scientific Indexing Services



Directory of
Research Journal
Indexing

