

Impacto del uso de herramientas tecnológicas en la producción acuícola

Impact of the use of technological tools aquaculture

Jhordani Guélac-Gómez¹, Jeison Elí Sánchez-Calle², Miguel Angel Valles-Coral³

Resumen

La acuicultura peruana está en auge, por tanto, amerita implementar su tecnificación desde una perspectiva sostenible y competitiva. El objetivo esta investigación es identificar el panorama actual de la acuicultura peruana y los factores que limitan su desarrollo; asimismo, analizar los beneficios del uso de herramientas tecnológicas en la acuicultura. Para ello, se aplicó una metodología de revisión basado en tres fases: i) elaboración de la pregunta de investigación; ii) búsqueda de documentos; y ii) revisión y selección de estudios. Se utilizó un motor de búsqueda google académico, bases de datos Scopus, ScienceDirect, Web of Science (WOS), Scielo y Redalyc. La revisión permitió afirmar que, la acuicultura en el Perú se desarrolla en pocas regiones y con escasas especies. Según PNIPA, los factores que limitan su desarrollo están relacionados al incumplimiento de normas sanitarias vigentes, embarcaciones no inscritas en Registros Públicos y la ausencia de controles de acreditación para pescadores artesanales.

La tecnificación en el proceso de alimentación permite reducir costos operativos. Los sensores permiten visualizar la variación de los parámetros en tiempo real reduciendo el índice de mortalidad en los peces. El conteo y clasificación automática reduce el estrés del pez y evita el perjuicio económico de la producción. Se concluye que, para lograr la tecnificación acuícola, se deben realizar trabajos articulados entre gobierno y productores, implantando políticas y estrategias que garanticen mayor rentabilidad y sostenibilidad en el tiempo.

Palabras clave

Acuicultura; automatización; innovación; proceso acuícola; productividad; Tecnologías de la información

Abstract

Peruvian aquaculture is booming, so it deserves to be technified from a sustainable and competitive perspective. The objective of the review was to identify the current panorama of Peruvian aquaculture and the factors that limit its development, as well as to analyze the benefits of the use of technological tools in aquaculture. To this end, a review methodology was applied based on three phases: i) development of the research question; ii) document search; and ii) review and selection of studies. The search engine used was Google Scholar, Scopus, ScienceDirect, Web of Science (WOS), Scielo and Redalyc databases. The review showed that aquaculture in Peru is developed in few regions and with few species. According to PNIPA, the factors limiting its development are related to noncompliance with current sanitary regulations, vessels that are not registered in public registries, and the absence of accreditation controls for artisanal fishermen.

Technification of the feeding process reduces operating costs. Sensors make it possible to visualize the variation of parameters in real time, reducing the fish mortality rate. Automatic counting and classification reduces fish stress and avoids economic damage to production. The conclusion is that, in order to achieve aquaculture technification, the government and producers must work together, implementing policies and strategies that guarantee greater profitability and sustainability over time.

Keywords

Aquaculture; aquaculture process; automation; innovation; information technology, productivity

1 Universidad Peruana Unión, Tarapoto, Perú [jhordani.gomez@upeu.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-6897-3250>].
2 Universidad Peruana Unión, Tarapoto, Perú [jeisonsanchez@upeu.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0001-8039-7682>].
3 Universidad Peruana Unión, Tarapoto, Perú [miguel.valles@upeu.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-8806-2892>].

1. Introducción

En la última década, la actividad con mayor expansión en el mundo ha sido la acuicultura (Naspirán-Jojoa et al., 2022), superando el ritmo de crecimiento anual de otras producciones, convirtiéndose en el 50 % de los productos con mayor consumo en la actualidad (Perretta et al., 2019).

La acuicultura se define como una actividad de producción, basada en el uso de recursos naturales para la crianza de organismos acuáticos, en el cual se incluyen peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas (Sarmiento et al., 2019).

La incorporación progresiva de la tecnología en el desarrollo y producción acuícola ha permitido implementar nuevas formas para contribuir al desarrollo sostenido de este sector (Nederlof et al., 2021). Tovar et al. (2019) afirman que la producción acuícola se ha convertido en una de las principales fuentes de divisas después de la producción petrolera y merece mayor atención tanto técnica, tecnológica y de control ambiental.

Las herramientas tecnológicas facilitan y permiten optimizar los procesos, logrando mayor productividad y gestión eficiente de la producción acuícola (Del Carpio-Gallegos y Miralles, 2019).

En el continente asiático, la acuicultura está en constante desarrollo, por la implementación de políticas y un régimen de economía abierta del mercado, en el que se plantean propuestas que favorecen al productor, al consumidor y al cuidado del medio ambiente (Cuéllar Lugo et al., 2018).

Fukushima et al. (2016) sostienen que China es un país promotor e impulsor de sistemas acuícolas, a raíz de esto han logrado detectar fallas o cambios en el sistema productivo en tiempo real, logrando optimizar la toma de decisiones en el monitoreo y control del proceso.

El continente americano no es ajeno a la tecnología, ya que a través de empresas privadas se invierte en áreas de investigación, desarrollo e innovación, los cuales tienen como objetivo crear productos y servicios óptimos para el sector acuícola (Reyna et al., 2019).

Las innovaciones, sin duda, permiten la optimización de recursos y procesos productivos (Cargnin et al., 2022), que a la larga benefician al productor, obteniendo mejores resultados en la producción, incrementando su productividad y rentabilidad (Fukushima et al., 2016).

En regiones del Perú, los procesos como el recambio de agua, alimentación y otras labores propias de la actividad se manejan de forma tradicional (Gómez et al., 2022); es decir, manual; generando un monitoreo y control deficiente del proceso (Fukushima et al., 2016).

Si bien es cierto el Estado peruano cuenta con programas que facilitan al productor regular y promover el desarrollo sostenible de la actividad acuícola (Zárate et al., 2018), en gran parte de las regiones del país, específicamente en zonas de la Sierra y Selva, la comercialización de peces es limitada, debido que los productores no satisfacen los estándares de comercialización que el mercado demanda (Fukushima et al., 2016), esto es que no se tiene un adecuado monitoreo y control de factores biológicos, efectos de cultivo, cosecha y procesamiento, que la Red Nacional de Información Acuícola (RINA) lo promueve a través la cooperación de instituciones del sector público y privado.

En países desarrollados, a través de la implementación de alimentadores automáticos, monitoreo y control de parámetros físico-químicos del agua y algoritmos de conteo y clasificación de los peces han logrado la optimización del tiempo, bajos costos y la disminución de errores sistemáticos (Silva de Abreu et al., 2020).

Lo anterior, impulsa a investigar y reflexionar acerca de herramientas tecnológicas implementadas en países desarrollados con éxito en el sector acuícola; y que de cierta manera,

su planificación estratégica sirva de apoyo para el desarrollo pesquero en el Perú (Rojas-Molina et al., 2017).

Teniendo en cuenta los antecedentes, esta revisión se planteó identificar el panorama actual de la acuicultura en el Perú y los factores que limitan su desarrollo. Así mismo, se analizó los beneficios que tiene el uso de herramientas tecnológicas en la alimentación, el control de los parámetros físico químicas del agua, el conteo y clasificación de peces en la acuicultura.

2. Metodología

Se aplicó una metodología de revisión bibliográfica adaptado de Castiblanco Montañez et al. (2022) y Angraini et al. (2019), que se basa en tres fases para la búsqueda y análisis de la literatura: i) elaboración de la pregunta; ii) búsqueda de documentos; y iii) revisión y selección de estudios (tabla 1).

Tabla 1. Fases de la búsqueda y análisis de la literatura.

FASES	MÉTODO	RESULTADO
I	Elaboración de la pregunta	¿Cuál es el panorama actual de la acuicultura en el Perú?, ¿Cuáles son los factores que han limitado su desarrollo? ¿Cuáles son los beneficios que tiene el uso de herramientas tecnológicas en la alimentación, el control de los parámetros físico químicas del agua, el conteo y la clasificación de peces en la acuicultura?
II	Búsqueda de documentos	Se realizó a partir de la combinación de las palabras claves definidas con la combinación de conectores lógicos "AND" y "OR" y revisión de artículos científicos en bases de datos de Scopus, ScienceDirect, Web of Science (WOS), Scielo, Redalyc y Google académico Se consideró los artículos publicados entre el 2016 y 2022, en idioma español, inglés y portugués.
III	Revisión y selección de estudios	Se obtuvo un total de 53 artículos, entre los cuales comprenden publicaciones nacionales e internacionales Los documentos tomados para esta revisión están clasificados como artículos de revistas indexadas, los cuales fueron importados a la plataforma Mendeley Desktop, para luego ser leídos, y subrayados los párrafos más importantes aplicando la técnica de paráfrasis para un mejor entendimiento

Fuente: Adaptado de Castiblanco Montañez et al. (2022) y Angraini et al. (2019)

3. Resultados y discusión

Los resultados del presente estudio se disponen en el orden siguiente: panorama actual de la acuicultura en el Perú y los factores que limitan su desarrollo, beneficios del uso de las herramientas tecnológicas en la acuicultura, es decir, en la alimentación de los peces, control de los parámetros físico-químicas del agua, y en el conteo y clasificación de peces.

Panorama actual de la acuicultura en el Perú y factores que limitan su desarrollo

El emprendimiento acuícola no ha sido ajeno en el Perú, en los últimos años se ha logrado un crecimiento significativo, a pesar que esta actividad se desarrolla en pocas especies y en pocas regiones (Berger, 2020). Existen grandes expectativas para que el crecimiento de esta actividad se convierta en un desarrollo diversificado, sostenido y competitivo (Canales-Gómez et al., 2022), dado que el país posee una de las biodiversidades más grandes del mundo (Ornelas-Luna et al., 2017).

A pesar de su crecimiento, la acuicultura en el Perú refleja la ausencia de programas para la búsqueda e implantación de nuevos avances y mejoras encaminadas a la modernización y adopción de nuevas tecnologías (León-Mendoza, 2019). En ese sentido, el Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura (PNIPA), describe los principales factores que limitan su desarrollo (tabla 2).

Tabla 2. Principales factores que limitan el desarrollo acuícola en el Perú

FACTORES	CONSECUENCIA
<ul style="list-style-type: none"> • Incumplimiento de normas sanitarias vigentes en la infraestructura para la manipulación y comercialización de los productos hidrobiológicos • Deficiente condiciones higiénico-sanitarias • Embarcaciones no inscritas o indebidamente inscritas en registros públicos • Ausencia de controles de acreditación para pescadores artesanales 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la pesca y comercialización ilegal • Productos no certificados para consumo humano

Fuente: Adaptado de Ramírez-Gastón et al. (2018)

Zafra-Trelles et al. (2017) sostienen que para lograr una acuicultura competitiva y sostenible se requiere del impulso del gobierno y que los productores asuman el reto de tecnificar sus procesos. Según el Ministerio de la Producción (PRODUCE), diversas Instituciones Nacionales desarrollan programas dirigidos a mejorar y dar valor a la acuicultura (Arqueros et al., 2017), en este contexto es importante la adopción de tecnologías y la generación de innovaciones, el desarrollo de capacidades técnicas, el mejoramiento de regulación sanitaria y la automatización de los procesos que intervienen en la acuicultura peruana (Perrotini Hernández y Vázquez-Muñoz, 2018).

Beneficios del uso de herramientas tecnológicas en la producción acuícola

ALIMENTADORES AUTOMÁTICOS

Uno de los procesos fundamentales en la acuicultura es la alimentación, siendo vital para lograr el engorde y la salud óptima del pez (Bonilla-Castillo et al., 2018; Contreras et al., 2018). La deficiente alimentación causa enfermedades y cuyo efecto repercutirá en la rentabilidad de la producción (Constanza et al., 2020; Oliveira et al., 2016; Victoriano et al., 2017).

En España, las empresas acuícolas adoptan estrategias proactivas, basándose en políticas de investigación y desarrollo I+D (Amaro-Rosales y De Gortari-Rabiela, 2016). Ejemplo de

ello, la implementación de comedores automáticos que permiten al acuicultor reducir costes de producción y un manejo eficiente del alimento balanceado (Flores y Aracena, 2018).

El continente americano no es indiferente a la tecnificación, por ejemplo, en México se desarrolló un dispositivo electrónico AQ1 (alimentador automático), el cual consiste que a través de la emisión de sonidos del camarón, el dispositivo activa los dispositivos, logrando disminuir el consumo indiscriminado de materias primas (García et al., 2019 ;Larios, 2017;Beltran Meza, 2017; Pinto et al., 2020).

En el Perú la actividad pesquera predominante es la artesanal, el problema que afronta la acuicultura peruana está relacionada con la alimentación, dado a que representa el mayor costo operativo (Martínez-Yáñez et al., 2018). Bajo este contexto, se busca la disminución de costos de producción y generar un impacto significativo en la rentabilidad (Carpio y Tito, 2017; Perevochtchikova et al., 2019).

Existen pocas empresas en el Perú que desarrollan proyectos tecnológicos, por lo que es necesario identificar estrategias eficientes para el desarrollo de esta actividad (Berger, 2020).

Monitoreo y control de parámetros físico-químicos del agua

Los dispositivos más utilizados en la acuicultura son los sensores, indispensables para medir las variables fisicoquímicas de los estanques de crianza de los peces (Rojas-Molina et al., 2017). Es de gran importancia llevar un adecuado control y monitoreo de la temperatura, el oxígeno disuelto, el PH, entre otros, debido a que son factores indispensables para monitorear la salud del pez (Valera y Valverde, 2018).

Conocer en tiempo real los parámetros de la calidad del agua es fundamental, ya que los operadores de las granjas acuícolas requieren de información confiable y oportuna de las variables físico-químicas para planificar y ajustar los controles necesarios (Dussán et al., 2016).

La tecnología actualmente es costosa y dependiente de muchas plataformas, por lo que se requiere desarrollar prototipos eficientes, simples de implementar y de bajo costo (Alvarado-Medellin et al., 2019).

Una alternativa para resolver este problema es el IoT (Internet de las cosas), cada vez más común en todos los ámbitos, gracias a la penetración de Internet y las plataformas WiFi que facilitan y abaratan la implementación con soluciones informáticas (González et al., 2012).

En Venezuela, investigaciones realizadas por Oviedo-Lopera et al. (2020) y Contreras et al. (2018), han logrado desarrollar un sistema de monitoreo remoto de calidad del agua basado en IoT (Internet de las cosas) a bajo costo, usando *hardware* y *software* abierto, el sistema está diseñado a partir de un kit embebido NodeMCU usado de modo *sleep* para ahorrar energía, el cual es capaz de tomar lecturas de variables meteorológicas, como luz solar, humedad relativa y temperatura del aire, así como también, variables físico químicas del agua, tales como: pH, oxígeno disuelto, temperatura y nivel de agua. Con lo cual se logró resolver la inexactitud de mediciones realizados de forma manual.

En Colombia, Dussán et al. (2016) y Reyes (2018) implementaron un prototipo electrónico para monitorear los parámetros físico químicos del agua, logrando disminuir los índices de mortalidad de tilapia, debido a cambios bruscos de temperatura y oxígeno disuelto en el agua. El prototipo está elaborado con un sistema de adecuación de señales para sensores, las cuales llegan a un microprocesador ATMEGA 328P, que realiza el proceso de adquisición y conversión de datos analógicos a digitales. Los datos son enviados a una interfaz gráfica soportada en un móvil, a través de un módulo Bluetooth HC-05, en donde el usuario puede visualizar el comportamiento de

las variables de cultivo. El sistema es alimentado por paneles solares, el cual destaca por aprovechar las energías renovables, para evitar la contaminación por uso de energías convencionales.

El Gobierno peruano a través de sus programas de pesca e innovación acuícola promueven y apoyan al desarrollo del sector, orientándolo hacia la diversificación y al desarrollo de cadenas de valor inclusivas y la seguridad alimentaria (Amaro-Rosales y De Gortari-Rabiela, 2016). Sin embargo, a pesar del esfuerzo, no todas las regiones son beneficiadas con estos programas, ya que en gran parte del país no se logran tecnificar sus procesos, entre ellos, el monitoreo y control de parámetros físico-químicos del agua, generando la muerte de los alevines (Rojas-Molina et al., 2017).

En virtud de lo anterior, es recomendable trabajar con herramientas tecnológicas que faciliten el monitoreo y control del proceso, esto con el fin de ayudar al productor a explotar todos los recursos favorables que posee el Perú, como sus recursos hídricos y climas tropicales. Se debe tomar como referencia a Colombia, dado a sus realidades similares, ya que ha logrado tecnificar sus procesos con la ayuda de herramientas tecnológicas.

Tomando en cuenta el modelo colombiano, la acuicultura en el Perú debe seguir un proceso ordenado y las tecnologías que se adapten deben ser eco amigables con el medio ambiente (Escárcega, 2020).

Algoritmos de conteo y clasificación

Dentro de la actividad acuícola es indispensable conocer la densidad poblacional de la producción, para garantizar el crecimiento, engorde y cumplimiento de estándares de calidad y comercialización de peces (Zafra et al., 2019; Zárate et al., 2018).

La comercialización de alevines es realizada manualmente, en esta etapa se evidencia la gran importancia que tiene el conteo de peces (Bedoya Pérez y Sánchez Jaramillo, 2010).

Existen diferentes técnicas de conteo: conteo de forma manual, en el cual con la ayuda de un elemento de medida con volumen conocido, se logra sacar una relación volumen-cantidad (Bernal-Buitrago et al., 2019). Este método presenta una desventaja para la producción, puesto que disminuye la precisión al momento de determinar la cantidad exacta de alevines, debido a que no todos los alevines son homogéneos, además ocasiona lesiones y enfermedades, puesto que existe una manipulación directa durante el procedimiento (Cuéllar Lugo et al., 2018).

Otro sistema de conteo es utilizando sensores infrarrojos, el cual permite contabilizar los alevines que cruzan a través de un conducto. Este método presenta un error común, debido que no puede contabilizar los alevines que pasan sobrepuestos (Luo et al., 2016).

En Colombia, Crespo-Guerrero (2016) implementó un sistema automático de conteo de alevines de tilapia roja usando técnicas de visión artificial, se realizó la obtención de imágenes por medio de una cámara web de alta definición, y finalmente se determina y visualiza la cantidad de alevines por medio de una interfaz gráfica. El sistema fue desarrollado para brindar una alternativa práctica y eficiente a los métodos manuales usados tradicionalmente.

En Brasil, França et al. (2019) utilizaron técnicas de visión por computadora, esta técnica puede significar fácil para los seres humanos, pero es considerablemente difícil para una computadora. El enfoque propuesto desarrolló una tubería de procesamiento basada en la identificación de peces utilizando el seguimiento de manchas y la mezcla de gaussianos y luego se realizó el seguimiento utilizando el filtro Kalman para desambiguar las superposiciones de peces.

En el Perú, especialmente en áreas rurales, el método para contar alevines es el manual, este proceso esta propenso a errores, omisión ocasional de peces y fatiga del personal (Calle

et al., 2020). La estimación inexacta afecta tanto a la planta de incubación como al cliente, la cual da lugar a una alimentación inexacta del pez o un pago excesivo del cliente (Abdo-de la Parra et al., 2019).

Por lo expuesto anteriormente se recomienda la implementación de técnicas de visión artificial que permitan un conteo rápido y robusto con menos propensión a errores, la escasa tecnificación del proceso se debe al desinterés del productor y a la baja capacitación que este tiene con respecto a herramientas que le faciliten tecnificar sus procesos.

Para facilitar la tecnificación del proceso se recomienda replicar las técnicas de conteo que se utilizan en Colombia, el cual es un referente, las técnicas deben ser eficientes y adaptarse a las necesidades de los piscicultores, de esa manera lograr su consolidación y mejora.

5. Conclusiones y recomendaciones

Realizar la presente revisión permitió afirmar que, la acuicultura en el Perú es desarrollada en pocas regiones y con escasas especies. El principal problema se atribuye a la ausencia de programas que busquen la implantación de nuevos avances y mejoras encaminadas a la modernización y adopción de nuevas tecnologías. Según PNIPA, los factores que limitan su desarrollo están relacionados al incumplimiento de normas sanitarias vigentes en la infraestructura para la manipulación y comercialización de los productos hidrobiológicos, deficientes condiciones higiénico-sanitarias, embarcaciones no inscritas o indebidamente inscritas en Registros Públicos y la ausencia de controles de acreditación para pescadores artesanales.

Países que aplicaron tecnología en sus procesos acuícolas lograron optimizarlos, aumentando el nivel de su productividad y rentabilidad, posicionándose como referentes en el sector.

La tecnificación en el proceso de alimentación acuícola ha permitido reducir costos operativos en cuanto al suministro de esta, puesto que la variación afecta sustancialmente el costo de producción, en tal sentido deben suministrarse manteniendo una técnica automatizada dentro de valores recomendados, garantizando la eficiencia del proceso. Los sistemas inteligentes son vitales para la obtención de parámetros físico químicos del agua, ejemplo de ello, los sensores permiten visualizar la variación de los parámetros en tiempo real, logrando eficazmente el monitoreo y control, reduciendo el índice de mortalidad en los peces. En el proceso de conteo y clasificación se ha logrado identificar la importancia del uso de técnicas automatizadas, ya que facilitan al productor en la comercialización. No obstante, la técnica manual aplicada en el proceso genere estrés desencadenando y perjuicio económico.

Finalmente, se concluye que, para lograr la tecnificación del proceso, se debe realizar un trabajo articulado entre productores, gobierno y entidades acuícolas permitiendo implantar políticas y estrategias que garanticen mayor rentabilidad y sostenibilidad en el tiempo.

Bibliografía

- Abdo-de la Parra, M. I., Rodríguez-Montes de Oca, G. A., Rodríguez-Ibarra, L. E., Román-Reyes, J. C. y Velasco-Blanco, G. (2019). Efecto de la temperatura sobre la tasa de consumo del vitelo y gota de aceite en las larvas del pargo flamenco *Lutjanus guttatus* (Perciformes: Lutjanidae). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 54(1), 28-34. <https://doi.org/10.22370/rbmo.2019.54.1.1463>
- Alvarado-Medellin, P., Aguilar-Escarcia, S. P., Ramírez-Aguilera, A. M. y Ortiz-Gómez, R. (2019). Sistema dinámico para el monitoreo y control de redes inalámbricas de sensores que operan bajo el

- protocolo de comunicación ZigBee. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 20(1), 0-0. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n1.003>
- Amaro-Rosales, M., y De Gortari-Rabiela, R. (2016). Políticas de transferencia tecnológica e innovación en el sector agrícola mexicano. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 13(3), 449. <https://doi.org/10.22231/asyd.v13i3.406>
- Angraini, Alias, R. A. y Okfalisa. (2019). Information security policy compliance: Systematic literature review. *Procedia Computer Science*, 161, 1216-1224. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.235>
- Arqueros, M., Sánchez-Tuesta, L. y Prieto, Z. (2017). Diferenciación genética de tilapia roja y gris (*Oreochromis niloticus*) mediante microsatélites y marcadores SCAR como indicadores del sexo genético. *Revista Peruana de Biología*, 24(3), 255-262. <https://doi.org/10.15381/rpb.v24i3.13900>
- Bedoya Pérez, J., y Sánchez Jaramillo, C. (2010). Efectos hidrodinámicos sobre la producción de azadiractina en un biorreactor de tanque agitado. *Revista Politécnica*, 6(10), 109-121. <https://biblat.unam.mx/hevila/Revistapolitecnica/2010/no10/12.pdf>
- Beltrán Meza, M. (2017). Innovación en el sector acuícola. *Ra Ximhai*, 13(3), 351-364. <https://doi.org/10.35197/rx.13.03.2017.20.mb>
- Berger, C. (2020). La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú. *South Sustainability*, 1, 1-11. <https://doi.org/10.21142/ss-0101-2020-003>
- Bernal-Buitrago, G. F., Valderrama, J. A., Monroy-Suárez, D., Manrique-Perdomo, C., & Medina-Robles, V. M. (2019). Parámetros genéticos para características de crecimiento, canal, calidad y espinas intramusculares en cachama blanca (*Piaractus brachipomus*). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1182>
- Bonilla-Castillo, C. A., Agudelo, E., Gómez, G. y Duponchelle, F. (2018). Population dynamics of *Prochilodus nigricans* (Characiformes: Prochilodontidae) in the Putumayo River. *Neotropical Ichthyology*, 16(2), 1-12. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170139>
- Calle, C., Salas, R., Oliva, S., Barboza, E., Silva, J., Iliquín, D. y Rojas, N. (2020). Land suitability for sustainable aquaculture of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in molinopampa (Peru) based on RS, GIS, and AHP. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/ijgi9010028>
- Canales-Gómez, E., Díaz-Gómez, R., Cervantes-Ríos, J. y Téllez-López, J. (2022). Mapeo y amenazas de los servicios ecosistémicos culturales de la pesca artesanal para el desarrollo regional en una subcuenca antropizada del occidente de México. *Eure*, 48(143), 1-26. <https://doi.org/10.7764/eure.48.143.10>
- Cargnin, G., Adorian, T. J., Dalcin, M. O., Oliveira, F., Betine, A., Bender, B., Rodrigues, F. y Ferigollo, G. (2022). Tecnologia para valorização de subproduto de arroz com potencial de aplicabilidade na piscicultura. *Research, Society and Development*, 11(12), 1-9. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i12.34944>Tecnologia
- Carpio, E., y Tito, E. (2017). Escalas productivas y nivel de riesgo del productor de trucha, puno-Perú. *COMUNICACIÓN: Revista de Investigación en Comunicación y Desarrollo*, 8(2), 81-93. <http://www.scielo.org.pe/pdf/comunica/v8n2/a02v8n2.pdf>
- Castiblanco Montañez, R. A., Coronado Veloz, C. M., Morales Ballesteros, L. V., Polo González, T. V. y Savaedra Leyva, A. J. (2022). Hemorragia postparto: intervenciones y tratamiento del profesional de enfermería para prevenir shock hipovolémico. *Revista Cuidarte*, 13(1), e2075. <https://doi.org/10.15649/cuidarte.2075>
- Constanza, A., Sánchez, M., & Valenzuela, C. (2020). Insectos son realmente una alternativa para alimentación de animales y humanos. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(6), 1029-1037. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182020000601029>
- Contreras, C., Molina, J. A., Osmá, P. y Zambrano, D. (2018). Construcción de un Sistema de Adquisición y Transmisión Remota de la Calidad del Agua Basado en el Internet de las Cosas (IoT) para la acuicultura. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2018-July(November)*, 0-6. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.367>

- Crespo-Guerrero, J. M. (2016). Experiencias de investigación geográfica en el estudio de la pesca comercial ribereña en las áreas naturales protegidas de Baja California Sur (México). *Investigaciones Geográficas*, 90, 176-185. <https://doi.org/10.14350/rig.56674>
- Cuéllar Lugo, M. B., Asiain Hoyos, A., Juárez Sánchez, J. P., Reta Mendiola, J. L. y Gallardo López, F. (2018). Evolución normativa e institucional de la Acuicultura en México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 15(4), 541-564. <https://doi.org/10.22231/asyd.v15i4.906>
- Del Carpio-Gallegos, J., y Miralles, F. (2019). Análisis cualitativo de los determinantes de la innovación en una economía emergente. *Retos*, 9(17), 161-175. <https://doi.org/10.17163/ret.n17.2019.10>
- Dussán, S., Vanegas, O., Chavarro, A. y Molina, J. (2016). Diseño e implementación de un prototipo electrónico para monitoreo de parámetros físico-químicos en cultivo de tilapia a través de una aplicación móvil. *Informador Técnico*, 80(1), 49. <https://doi.org/10.23850/22565035.322>
- Escárcega, S. (2020). ¿Cultivo de peces marinos? Hablemos de larvicultura en estanques. *Revista Digital Universitaria*, 21(2). <https://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2020.v21n2.a3>
- Flores, S., y Aracena, D. (2018). Sistema de monitoreo remoto de acuicultura en estanques para la crianza de camarones. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 26, 55-64. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052018000500055>
- França, P. L., Garcia, V., Da Silva, A., Lewandowski, T., Detweiler, C., Gonçalves, A. B., Costa, C. S., Naka, M. H., y Pistori, H. (2019). Automatic live fingerlings counting using computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 167, 105015. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105015>
- Fukushima, M., Alva, R., Castillo, G., Calderón, C., Shimokawa, L. y Fukushima, J. (2016). Adaptación de nuevas tecnologías para implementación del módulo demostrativo en el cultivo de tilapia en la libertad. *Scientia Agropecuaria*, 7(3), 321-331. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.21>
- García, L., Miranda, A., Coelho, M. G., Huerta, J. A. y Osuna, P. (2019). Biofloc technology (BFT) applied to tilapia fingerlings production using different carbon sources: Emphasis on commercial applications. *Aquaculture*, 502, 26-31. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.11.057>
- Gómez, G., Navarro Barranzuela, J. A. y Marchena Ojeda, L. M. (2022). Crowdfunding as a financing alternative for MSMEs in Peru. *Revista de Ciencias de La Administración y Economía*, 12(23), 161-177. <https://doi.org/10.17163/ret.n23.2022.10>
- González, J., Nuñez, B. y Viloria, P. (2012). Sistema de monitoreo en tiempo real para la medición de temperatura. *Scientia et Technica*, 50(50), 5. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84923878019.pdf>
- Larios, R. P. (2017). Inversión y rentabilidad de proyectos acuícolas en el Perú. *Ingeniería Industrial*, 35, 113-137. <http://www.redalyc.org/pdf/3374/337453922006.pdf>
- León-Mendoza, J. C. (2019). Emprendimiento empresarial y crecimiento económico en Perú. *Estudios Gerenciales*, 35(153), 429-439. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2019.153.3331>
- Luo, S., Li, X., Wang, D., Li, J. y Sun, C. (2016). Automatic Fish Recognition and Counting in Video Footage of Fishery Operations. *Proceedings - 2015 International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks, CICN 2015*, 296-299. <https://doi.org/10.1109/CICN.2015.66>
- Martínez-Yáñez, A., Albertos-Alpuche, P., Guzman-Mendoza, R., Robaina-Robaina, L., Alvarez-Gonzalez, A. Díaz-Plascencia, D. (2018). Production and chemical composition of hydrophytes cultivated in aquaponics. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(14), 247. <https://doi.org/10.19136/era.a5n14.1447>
- Naspirán-Jojoa, D. C., Fajardo-Rosero, A. G., Ueno-Fukura, M., Collazos-Lasso, L. F., Naspirán-Jojoa, D. C., Fajardo-Rosero, A. G., Ueno-Fukura, M. y Collazos-Lasso, L. F. (2022). Perspectivas de una producción sostenible en acuicultura multitrofica integrada (IMTA): Una revisión. *Revista de La Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 69(1), 75-97. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v69n1.101539>
- Nederlof, M. A. J., Verdegem, M. C. J., Smaal, A. C. y Jansen, H. M. (2021). Nutrient retention efficiencies in integrated multi-trophic aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 14(3), 1194-1212. <https://doi.org/10.1111/raq.12645>

- Oliveira, F. A., Argentim, D., Novelli, P. K., Agostinho, S. M. M., Agostinho, L. M. y Agostinho, C. A. (2016). Automatic feeders for Nile tilapia raised in cages: Productive performance at high feeding frequencies and different rates. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 68(3), 702-708. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-7882>
- Ornelas-Luna, R., Aguilar-Palomino, B., Hernández-Díaz, A., Hinojosa-Larios, J. Á. y Godínez-Siordia, D. E. (2017). Un enfoque sustentable al cultivo de tilapia. *Acta Universitaria*, 27(5), 19-25. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1231>
- Oviedo-Lopera, J. C., Oviedo-Carrascal, A. I., Carmona-Rodríguez, C. S., Velez-Saldarriaga, G. L. y Reina-Alzate, J. (2020). Diseño de un sistema acuapónico monitoreado mediante internet de las cosas e inteligencia artificial. *Espacios*, 41(47), 56-73. <https://doi.org/10.48082/espacios-a20v41n47p05>
- Perevochtchikova, M., Hernández Flores, J. A. y Ávila-Foucat, V. S. (2019). Recursos naturales y diversificación productiva en cuatro localidades rurales del Estado de Oaxaca, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 15(81), 1-23. <https://doi.org/10.11144/javeriana.cdr15-81.rndp>
- Perretta, A., Antúnez, K. y Zunino, P. (2019). Resistencia a los antimicrobianos en bacterias aeromonadales móviles aisladas de peces cultivados en Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)*, 55(211). <https://doi.org/10.29155/vet.55.211.1>
- Perrotini Hernández, I., y Vázquez-Muñoz, J. A. (2018). El supermultiplicador, la acumulación de capital, las exportaciones y el crecimiento económico. *El Trimestre Económico*, 85(338), 411. <https://doi.org/10.20430/ete.v85i338.542>
- Pinto, P. H. O., Rocha, J. L., do Vale Figueiredo, J. P., Carneiro, R. F. S., Damian, C., de Oliveira, L. y Seiffert, W. Q. (2020). Culture of marine shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in biofloc technology system using artificially salinized freshwater: Zootechnical performance, economics and nutritional quality. *Aquaculture*, 520, 734960. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734960>
- Ramírez-Gastón, J., Sandoval Méndez, N. y Vicente Cárdenas, K. (2018). Sistema Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura, fundamentos y propuestas 2017-2022. En *Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura*. <https://www.pnipa.gob.pe/wp-content/uploads/2019/02/PESCA-Y-ACUICULTURA-3-1.pdf>
- Reyes, L. (2018). Suitable densities for polyculture systems of commercial species of *Oreochromis* spp. and *Cyprinus carpio* in crafted confinement systems in artificial lakes in Santiago de Cali (valle del Cauca, Colombia). *Idesia*, 36(1), 73-82. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292018000100073>
- Reyna, P. C., Romero, E. y Lorenzo, J. A. (2019). Comportamiento espacial de la pesca artesanal en el litoral de Veracruz, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 54(2), 180. <https://doi.org/10.22370/rbmo.2019.54.2.1889>
- Rojas-Molina, L. Y., Tique-Pinto, V. H. y Bocanegra-García, J. J. (2017). Uso de herramientas tecnológicas en la producción piscícola: Una revisión sistemática de literatura. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 17(2), 56. <https://doi.org/10.19053/1900771x.v17.n2.2017.7183>
- Sarmiento, J., Niembro, A. y Civitaresi, M. (2019). La producción piscícola en Patagonia Norte: Un primer análisis a partir del enfoque de cadenas de valor. *Pilquen*, 22, 13-25. <http://www.scielo.org.ar/pdf/spilquen/v22n1/v22n1a02.pdf>
- Silva de Abreu, J., Madeira Di Beneditto, A. P., Silva Martins, A. y Antunes Zappes, C. (2020). Artisanal fishing in the municipality of Guarapari, state of Espírito Santo, Brazil: An approach to the perception of fishermen working in small-scale fishing. *Sociedade & Natureza*, 32, 56-71. <https://doi.org/10.14393/sn-v32-2020-46923>
- Tovar, J. P., Solórzano, J. D. los S., Badillo, A. y Rodríguez, G. O. (2019). Internet de las cosas aplicado a la agricultura: estado actual. *Lámpsakos*, 22, 86-105. <https://doi.org/10.21501/21454086.3253>
- Valera, A., y Valverde, J. (2018). Determination of the cause of mortality in a giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* nursery in Costa Rica: Case analysis. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 29(2), 666-675. <https://doi.org/10.15381/rivep.v20i2.14522>

- Victoriano, R., Silva, A., Vega, A., Araya, M. y Cornejo, L. (2017). Efecto del Aumento de la Temperatura, Frecuencia de Alimentación y Ración de Alimento en el Crecimiento de Juveniles de Turbot *Psetta maxima*. *International Journal of Morphology*, 30(3), 902-907. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022012000300023>
- Zafra-Trelles, A., Díaz, M., Dávila, F., Bopp, G., Vela, K., Belén, L., Castillo, J. y Colchado, J. (2017). Cultivo de microalgas marinas potenciales para la acuicultura del litoral entre Puerto Salaverry y Puerto Chicama, La Libertad, Perú. *Arnaldoa*, 24(2), 567-582. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24209>
- Zafra, A., Zafra, A., Dias, M., Dávila, F., Fernández, R., Vela, K. y Guzmán, H. (2019). Conversión y eficiencia alimenticia de *Oreochromis aureus* var. *suprema* (Cichlidae) con diferente alimento balanceado en sistema cerrado, Trujillo, La Libertad, Perú. *Arnaldoa*, 26(2), 815-826. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26219>
- Zárate, I., Sánchez, C., Palomino, H. y Smith, C. (2018). Caracterización de la crianza de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la provincia de Chincheros, Apurímac, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(4), 1310. <https://doi.org/10.15381/rivep.v29i4.15196>