

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial



**INCREASE OF PRODUCTIVITY IN
AQUACULTURE FARMING SYSTEMS
THROUGH THE IMPLEMENTATION OF
AUTOMATED TECHNOLOGIES AND
ENGINEERING TECHNIQUES: A SYSTEMATIC
LITERATURE REVIEW**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Artículo Científico

Sergio Antonio Alvarez Leon
Código 20162808

Asesor
Luis Enrique Santos Figueroa

Lima – Perú
Junio de 2025

Propuesta Carrera Ingeniería Industrial
Título Increase of productivity in aquaculture farming systems through the implementation of automated technologies and engineering techniques: a systematic literature review
Autor Sergio Antonio Álvarez León 20162808@aloe.ulima.edu.pe Universidad de Lima
<p>Resumen: El presente artículo tiene como objetivo realizar una revisión sistemática de literatura sobre las tecnologías y métodos aplicados en los procesos de crianza acuícola. Se pretende demostrar que existen muchas oportunidades de mejora en este sector, dado que muchas de las prácticas acuícolas aún se realizan de manera rudimentaria. Se realizó una revisión de artículos relacionados a técnicas o tecnologías aplicadas en acuicultura en distintas bases de datos. Dentro distintas categorías se evidenció la obtención de resultados beneficiosos debido al uso de tecnologías o métodos innovadores. Algunos de los principales resultados fueron: reducción del costo de alimentos de hasta un 21%, incremento en el tamaño y peso de especies acuícolas de hasta 15% y 23% respectivamente, y ahorros energéticos de hasta 58%, con lo que se evidencia la obtención de beneficios tras la implementación de procedimientos modernos.</p> <p>Palabras Clave: acuicultura, piscicultura, tecnología, productividad, ingeniería.</p> <p>Abstract: The objective of this article is to carry out a systematic literature review on the technologies and methods applied in aquaculture farming processes. It is intended to show that there are many opportunities for improvement in this sector, since many of the aquaculture practices are still carried out in a rudimentary way. A review of articles related to techniques or technologies applied in aquaculture in different databases was carried out. Within different categories, beneficial results were obtained due to the use of innovative technologies or methods. Some of the main results were: reduction in the cost of feed of up to 21%, increase in the size and weight of aquaculture species of up to 15% and 23% respectively, and energy savings of up to 58%, which shows the profit from the implementation of modern procedures.</p> <p>Keywords: aquaculture, pisciculture, technology, productivity, engineering.</p>
Línea de investigación IDIC – ULIMA
Área y Sub-áreas de Investigación: Investigación y análisis de operaciones, Análisis económico de ingeniería, Diseño y medición del trabajo
Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionado (s) al tema de investigación: <ul style="list-style-type: none"> • 9. Industria, innovación e infraestructura. • 11. Ciudades y comunidades sostenibles. • 12. Producción y consumo responsables • 14. Vida submarina.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contribución de la acuicultura a la producción total de pescado mundial ha ido aumentando de manera sostenida a lo largo de los años. Dicho lo anterior, existe una pérdida en la efectividad de las prácticas en acuicultura en países en vía de desarrollo, dado que muchas de estas aún se realizan de manera rudimentaria, sin un uso de tecnología o una planificación de la producción. Del mismo modo, las prácticas de crianza acuícola actuales en estos países, como es el caso del Perú, por lo general no se efectúan bajo enfoques de sostenibilidad, eficiencia y competitividad, ni de estrategias tales como el desarrollo de la investigación, uso de tecnologías, innovación, economía productiva, sanidad y formación de capital humano. Por lo tanto, existen diversas oportunidades de mejora que pueden implementarse en la acuicultura en países en vías de desarrollo para lograr alcanzar una mejora en su productividad. Ante lo descrito anteriormente, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué investigaciones acerca de la aplicación de herramientas de automatización y técnicas de ingeniería para el incremento de la productividad de los sistemas de crianza acuícola, se han realizado durante los últimos 20 años?

OBJETIVOS

Analizar las mejoras en el desarrollo de la producción de crianza acuícola mediante el uso de herramientas de automatización y técnicas de ingeniería durante los últimos 20 años, mediante una revisión sistemática de la literatura.

JUSTIFICACIÓN

Los métodos de crianza acuícola actuales tienen muchas oportunidades de mejora que requieren investigación y análisis. Al aplicar nuevos procedimientos y tecnologías, se puede conseguir una mejora en la productividad de los procesos orientados a la obtención de recursos acuáticos para el consumo humano, especialmente en países en vías de desarrollo. Considerando que la presente investigación promueve la innovación de los procesos productivos, una mejor utilización de recursos y un enfoque en sostenibilidad, se estaría contribuyendo con los siguientes ODS: Industria, innovación e infraestructura, Ciudades y comunidades sostenibles, Producción y consumo responsables y Vida submarina.

DISEÑO METODOLÓGICO

Se realizó una revisión sistemática de literatura que recolecta y relaciona investigaciones primarias relacionadas a las mejoras en los procesos de crianza acuícola. Se seleccionaron artículos publicados entre 200 y 2020 en inglés y español en las siguientes bases de datos: Proquest, SciELO, Redalyc, Scopus, Google Scholar, Web of Science, Dialnet y Alicia. Después de realizar la búsqueda, teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados, se obtuvo un total de 80 artículos, entre los cuales se encuentran principalmente publicaciones extranjeras.

REFERENCIAS

- Alfaro, S., Rebaza, V., Campos, M., Goicochea, C. (2017). Monitoreo en áreas habilitadas para acuicultura en la región La Libertad, Perú. Mayo-Diciembre 2017. *Inf Inst Mar Perú*. 46(1): 88-156. ISSN 0378-7702
- Arduino. (2021). What is Arduino? [Artículo]. <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Arroyo, P. & Kleeberg, F. (2013). Inversión y rentabilidad de proyectos acuícolas en el Perú. *Ingeniería Industrial*, (31), 63-89. DOI: 10.26439/ing.ind2013.n031.13
- Baltazar, P. (2007). La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas. *Revista peruana de biología*, número especial 13(3): 267 - 273. ISSN 1727-9933
- Berger, C. (2020). La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú. *South Sustainability*, 1(1), DOI: 10.21142/SS-0101-2020-003
- Cardoza, A., Guerra, M., & Palomino, A. (2021). Uso de hidrolizados de pescado en la acuicultura: una revisión de algunos resultados beneficiosos en dietas acuícolas. *Manglar* 18(2), 215-222. DOI: 10.17268/manglar.2021.029

Cerda, E., & Meller, P. (2020). *La revolución azul: acuicultura en Chile y Perú*. Talca: Universidad de Talca. ISBN: 978-956-329-137-7

Chrispin, C., Jothiswaran, V., Velumani, T., Agnes, S., & Jayaraman, R. (2020). Application of Artificial Intelligence in Fisheries and Aquaculture. *Research Today*, 2 (6), 499-502.

Dussán, S., Vanegas, O., Chavarro, A., & 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), 49-60

Edwards, P. (2015). Aquaculture environment interactions: Past, present and likely future trends. *Aquaculture*, 447, 2-14. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2015.02.001

Espinoza, L., & Contreras, Z. (2018). Captura y acondicionamiento de reproductores de corvina *Cilus gilberti* en el centro de acuicultura Morro Sama - Tacna, Perú. *Ciencia & Desarrollo*, Vol. 17,22 (1) 43 - 49. ISSN 2304 - 8891

FAO. (2018). *Fishery and aquaculture statistics*. Roma. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb1213t> FAO. (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura. La sostenibilidad en acción*. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>

FAO. (2021). *Visión general del sector acuícola nacional: Perú*. [Artículo]. Recuperado de: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_peru/es

García-Aragón, J. A., Salinas-Tapia, H., Díaz-Palomarez, V., López-Rebollar, B. M., Moreno-Guevara, J., & Flores-Gutiérrez, L. M. (2014). Criterios hidrodinámicos para el diseño de sistemas de recirculación en acuicultura. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 5(5), 63-76.

Gómez de la Maza, F. (1934). La pesca es una riqueza de todos. *Cuba Agrícola*, 42.

Greeshma, J., Bini, D., Seena, J., & Rejish, K. (2021). *Bacillus as an aquaculture friendly microbe*. *Aquaculture International*, 29, 323-353 <https://doi.org/10.1111/are.13691>

Inatomi, T., & Udaeta, M. (2005). Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos. In: *Anais...III Workshop Internacional Brasil-Japão: Implicações Regionais e Globais em Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável*.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (s.f.) *Clasificación y fases de la acuicultura*.

Ministerio de trabajo y economía social. <https://www.insst.es/ /clasificacion-y-fases-de-la-acuicultura>

Joffre, O., Klerkx, L., Dickson, M., & Verdegemd, M. (2017) How is innovation in aquaculture conceptualized and managed? A systematic literature review and reflection framework to inform analysis and action. *Aquaculture* 470, 129-148

Kitchenham, B. (2004). *Procedures for Performing Systematic Reviews*. Keele, UK, Keele Univ, 33.

Kleeberg, F. (2019). *Productividad y competitividad del sector acuícola en el Perú*. Cieplan. ISBN: 978-956-204-088-4

Li, D., Wang, Z., Wu, Z., Miao, Z., Du, L., & Duan, Y. (2020). Automatic recognition methods of fish feeding behavior in aquaculture: A review. *Aquaculture*, 528. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.735508

Lin, Y., Jing, S., Lee, D., Chang, Y., Chen, V., & Shih, K. (2005) Performance of a constructed wetland treating intensive shrimp aquaculture wastewater under high hydraulic loading rate. *Environmental Pollution* 2005; 134: 411-421.

Liu, X. (2018) *Pond Aquaculture Ecological Engineering*. China Agriculture Press, Beijing.

Liu, X., Shao, Z., Cheng, G., Lu, S., Gu, Z., Zhu, H., Shen, H., Wang, J., & Chen, X. (2021). Ecological engineering in pond aquaculture: a review from the whole-process perspective in China. *Reviews in aquaculture*, 13, 1060-1076 DOI: 10.1111/raq.12512

Ma, Y., & Ding, W. (2018). Design of intelligent monitoring system for aquaculture water dissolved oxygen. IEEE 3rd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference.

Merino, M. C., Bonilla, S. P. & Bages, F. (2013). Diagnóstico del estado de la acuicultura en Colombia. Bogotá: Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP.

Mioso, R., Toledo, F., Bravo, I. & Bessonart, M. (2014). Química de productos naturales aplicada a la acuicultura: una revisión interdisciplinar. *Química Nova*, 37 (3), 513-520. DOI: 10.5935/0100-4042.20140084

Mitchell, H.B. (2007). *Multi-Sensor Data Fusion. An Introduction*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-540-71559-7

Nootong, K., Powtongsook, S. (2012). Performance evaluation of the compact aquaculture system integrating submerged fibrous nitrifying biofilters. *Songklanakarin Journal of Science & Technology* 34: 53–59.

Organismo Nacional de Sanidad Pesquera. (s.f.) Controles preventivos para centros acuícolas. <https://www.sanipes.gob.pe/tilapia/controles.php>

Pardo, S., Suárez, H., & Soriano, E. (2006). Tratamiento de efluentes: una vía para la acuicultura responsable. *MVZ Córdoba* 11 Supl (1), 20-29.

Pecho, D. & Montoya, K. (2017). Acuicultura: persisten los factores que impiden su despegue. *Semana Económica*.

Petticrew, M. & Roberts, H. (2006). *Systematic Reviews in the Social Sciences. A practical guide*. Blackwell Publishing Ltd. DOI:10.1002/9780470754887

Riquelme, C., & Avendaño-Herrera, R. (2003). Interacción bacteria-microalga en el ambiente marino y uso potencial en acuicultura. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76, 725-736.

Rojas-Molina, L., Tique-Pinto, V., & Bocanegra-García, J. (2017). Uso de Herramientas Tecnológicas en la Producción Piscícola: Una Revisión Sistemática de Literatura. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, Vol. 17 (2), pp. 47-57.

Ronda, C., Vázquez, M., & López, R. (2003). Los bacteriófagos como herramienta para combatir infecciones en Acuicultura. *AquaTIC*, 18, 3-10.

Sesuk, T., Powtongsook, S., Nootong, K. (2009) Inorganic nitrogen in a novel zero water exchanged aquaculture system integrated with airlift-submerged fibrous nitrifying biofilters. *Bioresource Technology* 100: 2088–2094.

Soto-Zarazúa, G.M., Rico-García, E., Ocampo, R., Guevara -González, R.G., & Herrera-Ruiz, G. (2010). Fuzzy-logic-based feeder system for intensive tilapia production (*Oreochromis niloticus*). *Aquacult. Int.* 18, 379-391. DOI: 10.1007/s10499 009-9251-9.

Tomasso, J. (1994). Toxicity of Nitrogenous Wastes to Aquaculture Animals. *Reviews in Fisheries Science*, 2(4): 291-314. DOI: 10.1080/10641269409388560

Villalobos, R. (2019). Aceite de chía (*Salvia hispánica*, L.) como precursor de ácidos grasos poliinsaturados en dietas de engorde para tilapia (*Oreochromis aureus*).

Xiao, R., Wei, Y., An, D., Li, D., Ta, X., Wu, Y., & Ren, Q. (2018) A review on the research status and development trend of equipment in water treatment processes of recirculating aquaculture systems. *Reviews in aquaculture*, 1-33. DOI: 10.1111/raq.12270

Xie, B., Qin, J., Yang, H., Wang, X., Wang, Y., & Li, T. (2013) Organic aquaculture in China: A review from a global perspective. *Aquaculture*, 414–415, 243-253 DOI: 10.1016/j.aquaculture.2013.08.019

Xu, H. & Liu X., G. (2015) *Case Atlas of Engineering Transformation Design of Aquaculture Pond*. China Agriculture Press, Beijing.

Zhou, C., Lin, K., Xu, D., Chen, L., Guo, Q., Sun, C., & Yang, X. (2018). Near infrared computer vision and neuro-fuzzy model-based feeding decision system for fish in aquaculture. *Comput. Electron. Agr.* 146, 114-124. DOI: 10.1016/j.compag.2018.02.006.

Zhou, C., Xu, D., Chen, L., Zhang, S., Sun, C., Yang, X., & Wang, Y. (2019). Evaluation of fish feeding intensity in aquaculture using a convolutional neural network and machine vision. *Aquaculture*, 507, 457-465. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.04.056

Zhu, H., Cheng, S. P., Wang, J., Liu, X. G., Lai, Q. F. (2018) Construction and operation evaluation of ecologically engineered cultivation system of saline-alkaline pond. *Fishery Modernization* 4: 27–33.

ANEXOS.

Datos del artículo publicado

- **Nombre del artículo:** Increase of productivity in aquaculture farming systems through the implementation of automated technologies and engineering techniques: a systematic literature review
- **Autores:** Sergio Antonio Álvarez León
- **Co autor(es):** Yvan Jesús García López

Presentación en congreso

- **Nombre del congreso:** The Australian International Conference on Industrial Engineering and Operations Management
- **Organizador:** IEOM Society International
- **Sede:** Sydney, Australia
- **Año:** 2022
- **DOI:** <https://doi.org/10.46254/AU01.20220065>

Paper

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | Submitted to Central Queensland University
Trabajo del estudiante | 3% |
| 2 | Daoliang Li, Zhenhu Wang, Suyuan Wu, Zheng Miao, Ling Du, Yanqing Duan. "Automatic recognition methods of fish feeding behavior in aquaculture: A review", Aquaculture, 2020
Publicación | 2% |
| 3 | Ruichao Xiao, Yaoguang Wei, Dong An, Daoliang Li, Xuxiang Ta, Yinghao Wu, Qin Ren. "A review on the research status and development trend of equipment in water treatment processes of recirculating aquaculture systems", Reviews in Aquaculture, 2019
Publicación | 1% |
| 4 | ieomsociety.org
Fuente de Internet | 1% |
| 5 | Submitted to South Bank University
Trabajo del estudiante | 1% |
-