

SSMS-Vol.3. N1. 064

Aplicación de la biotecnología en la mejora de la productividad y sanidad de sistemas acuícolas intensivos

Application of Biotechnology in Enhancing the Productivity and Health of Intensive Aquaculture Systems

Autores:

Jessica Gricelda Bazurto Espinoza
Universidad Técnica de Machala
Machala – Ecuador

jbazurto1@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-8505-216X>

Guillermo García Pérez
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Puebla – México

guillermo.garciapz@correo.buap.mx
<https://orcid.org/0009-0009-4915-7045>

Rocío Pérez y Terrón
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Puebla – México

rocio.perez@correo.buap.mx
<https://orcid.org/0000-0002-7773-4729>

Diego Hernán Tobar Pérez
Universidad técnica de Ambato
Ambato – Ecuador

dh.tobar@uta.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-1028-2598>

Autor de correspondencia: Jessica Gricelda Bazurto Espinoza, jbazurto1@utmachala.edu.ec

Recepción: 10-marzo-2026

Aceptación: 30-mayo-2026

Publicación: 02-julio-2026



Cómo citar este artículo:

Bazurto Espinoza , J. G. ., García Pérez , G. ., Pérez y Terrón , R., & Tobar Pérez , D. H. . (n.d.).
Aplicación de la biotecnología en la mejora de la productividad y sanidad de sistemas acuícolas
intensivos. *Sage Sphere Multidisciplinary Studies*. <https://doi.org/10.63688/djfesq96>

© 2026; Los autores. Este es un artículo en acceso abierto, distribuido bajo los términos de una
licencia Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) que permite el uso,
distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea correctamente
citada.



RESUMEN

La expansión de la acuicultura intensiva ha consolidado este sector como un componente estratégico para fortalecer la seguridad alimentaria y responder al incremento sostenido de la demanda mundial de proteínas de origen acuático. Sin embargo, el aumento de las densidades de cultivo y la intensificación de los procesos productivos han generado desafíos relacionados con la aparición de enfermedades, alteraciones microbiológicas, deterioro de la calidad del agua y disminución de la eficiencia biológica de las especies cultivadas, afectando simultáneamente la sostenibilidad ambiental y la rentabilidad operativa. Frente a este escenario, la biotecnología emerge como una alternativa científica orientada al fortalecimiento de la productividad y la sanidad mediante estrategias basadas en regulación microbiológica, optimización genética, nutrición funcional y aprovechamiento eficiente de recursos. El objetivo del estudio fue analizar la aplicación de la biotecnología en la mejora de la productividad y sanidad de sistemas acuícolas intensivos mediante una revisión bibliográfica de evidencia científica reciente. Metodológicamente, se adoptó un enfoque cualitativo documental sustentado en el método PRISMA para la identificación, selección y análisis de estudios científicos. Los hallazgos evidencian que las herramientas biotecnológicas favorecen el rendimiento productivo, fortalecen la estabilidad sanitaria y contribuyen al desarrollo sostenible del sector acuícola.

Palabras clave: Biotecnología acuícola; Acuicultura intensiva; Productividad acuícola; Sanidad acuícola; Desarrollo sostenible.

ABSTRACT

The expansion of intensive aquaculture has established this sector as a strategic component in strengthening food security and responding to the sustained increase in global demand for aquatic protein sources. However, increasing stocking densities and the intensification of production processes have generated challenges associated with the emergence of diseases, microbiological imbalances, deterioration in water quality, and reduced biological efficiency of cultivated species, simultaneously affecting environmental sustainability and operational profitability. In response to this scenario, biotechnology has emerged as a scientific alternative aimed at enhancing productivity and health performance through strategies based on microbiological regulation, genetic optimisation, functional nutrition, and the efficient use of resources. The objective of this study was to analyse the application of biotechnology in improving the productivity and health status of intensive aquaculture systems through a bibliographic review of recent scientific evidence. Methodologically, a qualitative documentary approach supported by the PRISMA method was adopted for the identification, selection, and analysis of scientific studies. The findings demonstrate that biotechnological tools improve productive performance, strengthen health stability, and contribute to the sustainable development of the aquaculture sector.

Keywords: Aquaculture biotechnology; Intensive aquaculture; Aquaculture productivity; Aquaculture health; Sustainable development.



1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura intensiva se ha convertido en una actividad estratégica para satisfacer la creciente demanda de productos acuáticos, aunque enfrenta limitaciones importantes asociadas a la alta densidad de cultivo, la aparición de enfermedades, el estrés en los organismos y el deterioro de la calidad del agua, lo que afecta directamente la productividad y la sanidad de los sistemas; en este escenario, la biotecnología se posiciona como un recurso fundamental para optimizar estos procesos mediante la aplicación de herramientas como probióticos, vacunas, mejora genética, diagnóstico molecular temprano y sistemas de biofloc, los cuales permiten prevenir patologías, mejorar el rendimiento productivo, reducir el uso de antibióticos y fortalecer la sostenibilidad del sistema acuícola en condiciones intensivas.

La acuicultura intensiva ha experimentado un notable desarrollo a nivel mundial desde finales del siglo XX, impulsada por la necesidad de incrementar la producción de alimentos acuáticos frente a la sobreexplotación de los recursos pesqueros naturales y el crecimiento de la demanda global de proteína. En sus inicios, estos sistemas dependían principalmente de métodos tradicionales de manejo, con limitadas estrategias de control sanitario y productivo, lo que generaba frecuentes brotes de enfermedades, altos índices de mortalidad y una elevada dependencia de antibióticos y químicos. Con el avance de la biotecnología aplicada a las ciencias acuícolas, a partir de las últimas décadas, se han incorporado innovaciones como la selección genética de especies de alto rendimiento, el uso de probióticos y prebióticos, el desarrollo de vacunas específicas, técnicas de diagnóstico molecular y sistemas de biofloc, los cuales han permitido mejorar significativamente la eficiencia productiva y la sanidad de los cultivos.

La presente investigación se justifica por la creciente importancia de la acuicultura intensiva como fuente clave de proteína para la alimentación humana, así como por los desafíos que enfrenta en términos de productividad, sanidad y sostenibilidad. En estos sistemas, la alta densidad de cultivo favorece la aparición de enfermedades, el deterioro de la calidad del agua y el uso excesivo de antibióticos, lo que genera impactos negativos tanto económicos como ambientales. En este contexto, la biotecnología se presenta como una alternativa innovadora y necesaria para optimizar los procesos productivos mediante herramientas como



probióticos, vacunas, mejora genética, diagnóstico molecular y sistemas de biofloc, contribuyendo a una producción más eficiente y sostenible.

El objetivo de la presente investigación es analizar la aplicación de la biotecnología en la mejora de la productividad y la sanidad de los sistemas acuícolas intensivos, identificando las principales herramientas biotecnológicas utilizadas en el sector y su impacto en el rendimiento productivo, la prevención de enfermedades y la sostenibilidad del sistema, con el fin de comprender su contribución al fortalecimiento de una acuicultura más eficiente, segura y ambientalmente responsable.

Tabla 1

Identificación de las variables de investigación

Tipo de variable	Variable	Ítems (dimensiones o indicadores)
Variable independiente	Aplicación de la biotecnología en sistemas acuícolas intensivos	- Uso de probióticos y prebióticos - Aplicación de vacunas en acuicultura - Mejora genética de especies acuícolas - Diagnóstico molecular de enfermedades - Implementación de sistemas biofloc
Variable dependiente	Mejora de la productividad y sanidad en sistemas acuícolas intensivos	- Tasa de crecimiento de los organismos - Reducción de mortalidad - Control y prevención de enfermedades - Conversión alimenticia eficiente - Calidad del agua en los sistemas de cultivo

Fuente: Elaboración Propia

Basándonos en la investigación, formulamos las siguientes preguntas de investigación: ¿Cómo influye la aplicación de la biotecnología en la mejora de la productividad y la sanidad de los sistemas acuícolas intensivos? ¿De qué manera el uso de probióticos, vacunas y biofloc contribuye al control de enfermedades en la acuicultura intensiva?

Marco Teórico

En el presente trabajo se revisaron diversos aportes teóricos relacionados con la aplicación de la biotecnología en la mejora de la productividad y la sanidad de los sistemas acuícolas intensivos. Se analizaron estudios previos que abordaron el uso de herramientas biotecnológicas como probióticos, vacunas, mejora genética, diagnóstico molecular y sistemas de biofloc, los cuales han contribuido significativamente al desarrollo de una



acuicultura más eficiente y sostenible. Asimismo, se consideraron enfoques científicos que explicaron la importancia de estas innovaciones en la prevención de enfermedades, el incremento del rendimiento productivo y la optimización de la calidad del agua en los sistemas de cultivo.

El crecimiento sostenido de la acuicultura intensiva en las últimas décadas ha consolidado este sector como uno de los pilares fundamentales para garantizar la seguridad alimentaria mundial, debido al incremento constante de la demanda de proteína de origen acuático y a la disminución progresiva de los recursos pesqueros naturales. Sin embargo, este proceso de expansión también ha generado importantes desafíos relacionados con la intensificación de los sistemas de cultivo, el aumento de las densidades poblacionales y la presión ejercida sobre los ecosistemas acuáticos, lo que ha derivado en problemas sanitarios, biológicos y ambientales como la aparición de enfermedades infecciosas, el deterioro de la calidad del agua y la reducción del rendimiento productivo. En este contexto, la FAO (2022) sostiene que el futuro del sector acuícola depende en gran medida de la incorporación de innovaciones tecnológicas orientadas a la eficiencia, la sostenibilidad y la resiliencia de los sistemas productivos, destacando a la biotecnología como un componente estratégico para enfrentar estos desafíos.

Desde una perspectiva conceptual y productiva, Carrasco (2022) plantea que la productividad acuícola no debe ser entendida únicamente como el volumen de producción obtenido, sino como la eficiencia integral del sistema de cultivo, en la que intervienen variables ambientales, sanitarias, nutricionales y de manejo. Este enfoque integral permite comprender que la sostenibilidad del sistema acuícola depende del equilibrio entre los componentes biológicos y físicos del entorno, así como de la capacidad de gestión del productor para mantener condiciones óptimas de cultivo. En este sentido, la productividad se redefine como un indicador complejo que integra no solo el rendimiento económico, sino también la estabilidad ecológica y la salud de los organismos cultivados.

En este marco, diversos estudios han evidenciado que la biotecnología aplicada a la acuicultura constituye un campo interdisciplinario que integra herramientas como probióticos, prebióticos, sistemas biofloc, diagnóstico molecular, inmunonutrición y mejoramiento genético, todas ellas orientadas a optimizar el desempeño productivo y sanitario de los sistemas intensivos. Silva et al. (2020) destacan que la estabilidad



microbiológica y el equilibrio de los parámetros fisicoquímicos del agua son factores determinantes para el buen funcionamiento de los sistemas de cultivo, ya que cualquier alteración en estos componentes puede desencadenar procesos de estrés fisiológico y brotes de enfermedades que afectan directamente la productividad.

En relación con el manejo sanitario, Sánchez et al. (2024) y Duque et al. (2023) evidencian que la aplicación de probióticos en sistemas acuícolas intensivos genera efectos positivos significativos sobre la salud intestinal, la respuesta inmunológica y el desempeño productivo de los organismos cultivados. Estos microorganismos beneficiosos actúan mediante mecanismos de exclusión competitiva frente a patógenos, regulación de la microbiota intestinal y mejora de la absorción de nutrientes, lo que contribuye a reducir la dependencia del uso de antibióticos y a disminuir los riesgos asociados a la resistencia antimicrobiana. En consecuencia, los probióticos se consolidan como una alternativa biotecnológica sostenible para el manejo sanitario en acuicultura.

Asimismo, Martínez et al. (2025) y Gutiérrez et al. (2022) señalan que la implementación de sistemas basados en tecnología biofloc representa una innovación significativa dentro de la biotecnología acuícola, ya que permite la formación de comunidades microbianas capaces de transformar residuos orgánicos y compuestos nitrogenados en biomasa aprovechable. Este sistema no solo mejora la calidad del agua al reducir la acumulación de compuestos tóxicos, sino que también contribuye al aprovechamiento de nutrientes dentro del mismo sistema de cultivo, generando una fuente adicional de alimento natural que mejora la eficiencia alimenticia y reduce los costos de producción.

Por otra parte, los avances en genética y genómica aplicada han permitido importantes progresos en la selección de organismos acuáticos con características superiores de crecimiento, resistencia y adaptación a condiciones de cultivo intensivo. En este sentido, Valverde (2026) y Troncoso et al. (2022) destacan que el uso de marcadores moleculares, secuenciación genómica y herramientas de análisis genético ha optimizado los programas de mejoramiento, permitiendo una selección más precisa y eficiente de rasgos productivos de interés comercial. Estos avances contribuyen a la consolidación de sistemas acuícolas más productivos, resilientes y adaptados a los cambios ambientales.

De manera complementaria, Chávez et al. (2025) y Calizaya et al. (2023) resaltan la importancia de la nutrición funcional y la inmunonutrición como estrategias biotecnológicas



orientadas al fortalecimiento del sistema inmunológico de los organismos acuáticos. La incorporación de compuestos bioactivos, inmunoestimulantes y aditivos funcionales en la dieta permite mejorar la respuesta inmunitaria, optimizar la digestibilidad de los alimentos y reducir el impacto del estrés ambiental, factores que influyen directamente en la productividad y sanidad de los sistemas intensivos de cultivo.

En esta misma línea, Barahona et al. (2024) y Peña et al. (2023) subrayan que la integración de tecnologías ómicas, como la genómica, transcriptómica y metabolómica, junto con sistemas de monitoreo inteligente, está transformando la forma en que se gestionan los sistemas acuícolas intensivos. Estas herramientas permiten identificar biomarcadores asociados al crecimiento, la resistencia a enfermedades y la adaptación ambiental, facilitando la toma de decisiones basada en datos y mejorando la capacidad de respuesta ante eventos sanitarios o cambios en las condiciones del cultivo.

Finalmente, Suasnávar et al. (2025) advierten sobre la necesidad de reducir el uso indiscriminado de antibióticos en la acuicultura debido a los riesgos asociados a la resistencia antimicrobiana y la contaminación ambiental, proponiendo alternativas biotecnológicas basadas en el control biológico y la prevención sanitaria. En este mismo sentido, Corpas et al. (2022) consolidan la biotecnología acuícola como un enfoque integral que articula procesos genéticos, microbiológicos y fisiológicos orientados a mejorar la productividad, la sanidad y la sostenibilidad de los sistemas intensivos. En conjunto, toda la evidencia analizada demuestra que la biotecnología constituye un eje estratégico fundamental para la transformación de la acuicultura moderna hacia modelos más eficientes, sostenibles y resilientes.

2. METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de carácter documental, fundamentado en una revisión bibliográfica estructurada conforme a los lineamientos del método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), con el propósito de garantizar la rigurosidad metodológica, la transparencia y la trazabilidad en los procesos de identificación, selección, evaluación e integración de la evidencia científica. La aplicación de este enfoque permitió sistematizar de manera ordenada la búsqueda, depuración y análisis de estudios relacionados con la aplicación de herramientas



biotecnológicas orientadas al mejoramiento de la productividad y la sanidad en sistemas acuícolas intensivos, asegurando la calidad y pertinencia de la información utilizada en el desarrollo de la investigación.

La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo entre enero, febrero y marzo de 2026 en las bases de datos Scopus, Web of Science y SciELO, seleccionadas por su reconocimiento internacional, rigor científico y amplia cobertura de publicaciones relacionadas con la biotecnología, la acuicultura y las ciencias biológicas. La estrategia de búsqueda se diseñó mediante el uso de operadores booleanos (AND y OR), combinando términos en español e inglés vinculados con el objeto de estudio. La ecuación de búsqueda empleada fue la siguiente: ("biotecnología acuícola" OR "aquaculture biotechnology") AND ("acuicultura intensiva" OR "intensive aquaculture systems") AND ("productividad acuícola" OR "aquaculture productivity") AND ("sanidad acuícola" OR "aquatic animal health"). En cada base de datos se realizaron ajustes específicos en la sintaxis de la ecuación de búsqueda, respetando los criterios de indexación y recuperación de información propios de cada plataforma, sin alterar el significado conceptual de los descriptores utilizados, con el fin de garantizar una identificación exhaustiva, pertinente y actualizada de la evidencia científica relacionada con la aplicación de la biotecnología en la mejora de la productividad y sanidad en sistemas acuícolas intensivos.

Se incluyeron estudios científicos publicados en bases de datos de alto impacto que abordaron la aplicación de la biotecnología en sistemas acuícolas intensivos, enfocados en la mejora de la productividad y la sanidad. Se consideraron artículos originales, revisiones sistemáticas y estudios experimentales publicados en los últimos años, disponibles en idioma español e inglés, que presentaran resultados empíricos o teóricos relevantes para el objeto de estudio. Asimismo, se seleccionaron investigaciones que analizaron el uso de herramientas biotecnológicas como probióticos, biofloc, mejoramiento genético, inmunonutrición y diagnóstico molecular en la acuicultura.

Se excluyeron aquellos estudios que no estuvieron directamente relacionados con la acuicultura intensiva o la aplicación de biotecnología en sistemas productivos acuícolas. También se descartaron artículos duplicados, publicaciones sin rigor científico, documentos de opinión, resúmenes sin texto completo disponible y estudios que no presentaron evidencia empírica o teórica suficiente. De igual manera, se eliminaron investigaciones enfocadas en



acuicultura extensiva o en contextos no aplicables al objeto de estudio, con el fin de garantizar la pertinencia, calidad y validez de la información analizada.

La búsqueda de información se realizó en bases de datos académicas y científicas de alto impacto, seleccionadas por su reconocimiento internacional, calidad editorial y amplia cobertura temática en biotecnología, ciencias acuícolas y sistemas de producción sostenible. Para la recuperación de la información se emplearon estrategias de búsqueda basadas en el uso de palabras clave en español e inglés, combinadas mediante operadores booleanos, tales como: biotecnología acuícola, aquaculture biotechnology, intensive aquaculture, aquatic animal health, aquaculture productivity, biofloc technology, probiotics in aquaculture, aquaculture genomics y aquaculture sustainability, con el fin de garantizar una exploración exhaustiva, pertinente y actualizada de la literatura científica disponible. El proceso de selección se desarrolló conforme a las etapas establecidas por el modelo PRISMA. En la fase de identificación, se recuperaron inicialmente 312 registros procedentes de las bases de datos seleccionadas. Posteriormente, durante la etapa de depuración, se eliminaron 54 documentos duplicados, obteniendo un total de 258 registros únicos para el análisis preliminar.

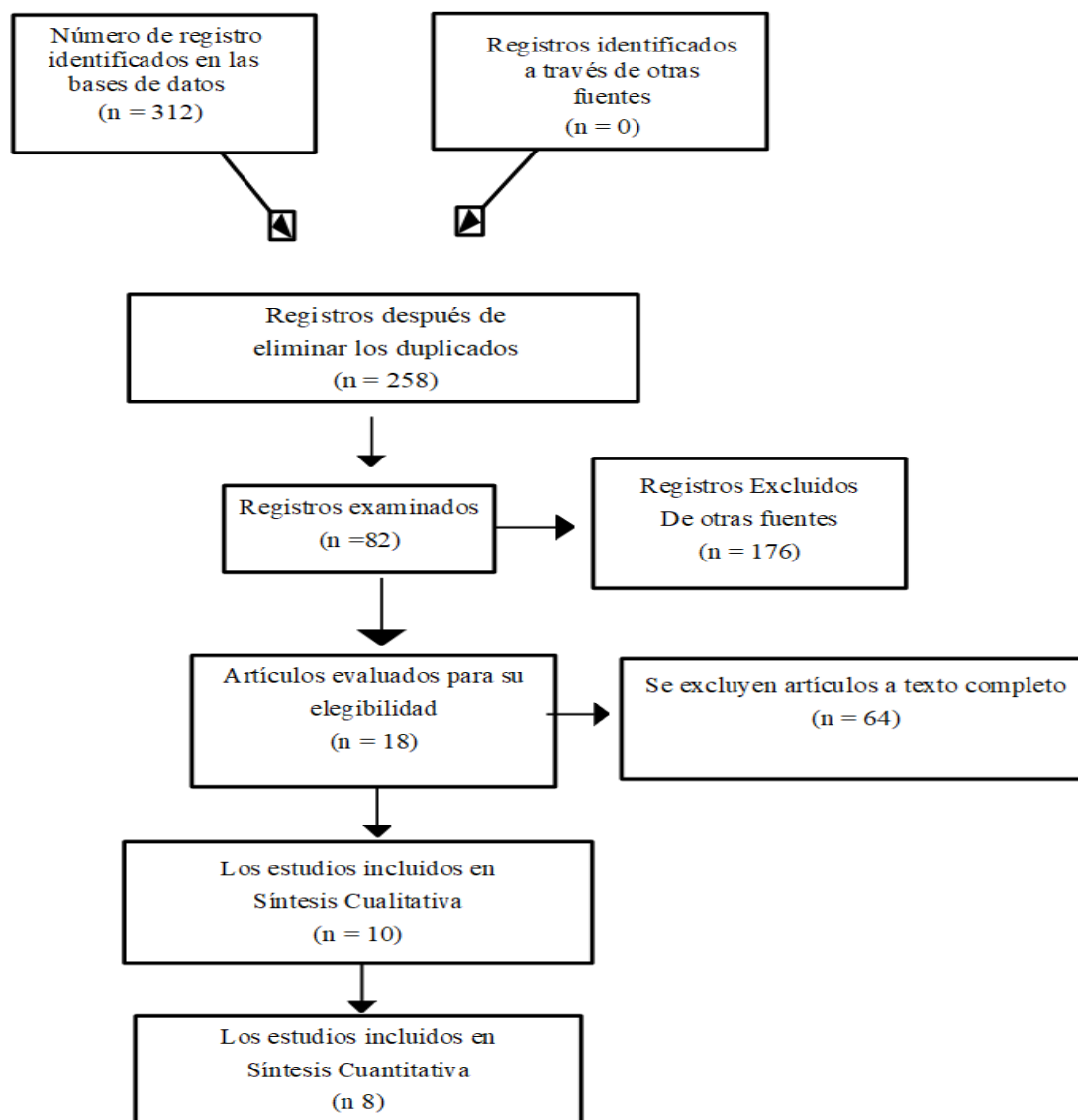
En la fase de cribado, se efectuó la revisión de títulos, palabras clave y resúmenes con el propósito de verificar la correspondencia temática con el objeto de estudio. Como resultado de este procedimiento, se excluyeron 176 documentos por presentar baja pertinencia respecto a la aplicación de herramientas biotecnológicas en sistemas acuícolas intensivos, conservándose 82 estudios para evaluación detallada.

Durante la etapa de elegibilidad, se realizó la lectura completa de los documentos seleccionados considerando criterios previamente definidos. Los criterios de inclusión contemplaron publicaciones científicas indexadas, investigaciones publicadas entre 2016 y 2026, estudios vinculados con productividad acuícola, sanidad de organismos cultivados y aplicación de tecnologías biotecnológicas. Los criterios de exclusión incluyeron documentos sin acceso al texto completo, investigaciones duplicadas en contenido metodológico, estudios enfocados exclusivamente en pesca extractiva y publicaciones con insuficiente consistencia científica. Como resultado de esta fase, se excluyeron 64 artículos.

Como resultado del proceso de selección y aplicación de los criterios establecidos, la muestra quedó conformada por 18 estudios científicos, los cuales fueron incorporados para el análisis



e interpretación de resultados. Para la organización, clasificación y sistematización de la información recopilada se utilizó el software Microsoft Excel, permitiendo estructurar matrices de análisis documental orientadas a registrar variables relacionadas con tecnologías biotecnológicas empleadas, aportes sobre productividad, contribuciones sanitarias, tendencias investigativas y perspectivas para el fortalecimiento sostenible de los sistemas acuícolas intensivos.

Figura 1*Método**Prisma*

Nota. Descripción del proceso de cribado del diagrama Prisma.



3. RESULTADOS

Los resultados del análisis evidencian que la aplicación de herramientas biotecnológicas en sistemas acuícolas intensivos contribuye de manera significativa al mejoramiento de la productividad, la eficiencia alimenticia, la respuesta inmunológica y la sanidad de los organismos cultivados, consolidándose como un eje clave en la transición hacia modelos de producción más sostenibles. No obstante, se identifica que los estudios revisados no siempre permiten distinguir con precisión el aporte específico de cada tecnología dentro de los resultados globales reportados, lo que limita la trazabilidad del impacto individual de cada enfoque biotecnológico.

En este sentido, las evidencias analizadas agrupan de manera general los beneficios asociados a distintas herramientas como probióticos, biofloc, genómica, nutrición funcional y diagnóstico molecular, sin detallar de forma uniforme qué hallazgos corresponden específicamente a cada estudio incluido en la revisión. Esta situación sugiere la necesidad de una mayor desagregación analítica que permita vincular cada tecnología con resultados concretos en términos de crecimiento, supervivencia, control sanitario o eficiencia productiva.

Asimismo, los hallazgos reflejan que, aunque existe consenso en los beneficios de la biotecnología, la heterogeneidad metodológica entre los estudios dificulta la comparación directa de resultados y la cuantificación precisa de sus efectos. Esto evidencia una limitación importante en la literatura revisada, relacionada con la falta de estandarización en la medición de indicadores productivos y sanitarios dentro de los sistemas acuícolas intensivos.

Finalmente, los resultados permiten sostener que la biotecnología representa un componente estratégico para la mejora integral de los sistemas acuícolas, aunque su impacto debe interpretarse en función del tipo de tecnología aplicada y del contexto productivo específico. En consecuencia, se requiere fortalecer futuros estudios con diseños más comparables y desagregados que permitan evaluar con mayor precisión la contribución individual de cada herramienta biotecnológica.

Tabla 2

Matriz de análisis de literatura



Autor	Año	Objetivo	Tecnología analizada	Aporte productivo	Aporte sanitario	Conclusión
FAO	2022	Analizar el futuro de la acuicultura sostenible y su relación con la innovación tecnológica	Innovación biotecnológica en acuicultura	Incremento de la eficiencia productiva y resiliencia del sistema	Mejora de la bioseguridad y reducción de riesgos sanitarios	La biotecnología es clave para la sostenibilidad del sector acuícola
Carrasco	2022	Definir la productividad acuícola desde un enfoque integral	Enfoque de productividad sistémica	Optimización del rendimiento productivo bajo uso eficiente de recursos	Estabilidad del sistema productivo y control de condiciones ambientales	La productividad depende del equilibrio biológico y no solo del volumen
Silva et al.	2020	Evaluar la importancia del equilibrio microbiológico en acuicultura intensiva	Control microbiológico del sistema	Mejora del rendimiento productivo mediante estabilidad del sistema	Reducción de enfermedades por equilibrio ambiental	El control microbiológico es clave para la estabilidad productiva
Sánchez et al.	2024	Analizar el efecto de probióticos en sistemas acuícolas	Probióticos	Mejora del crecimiento y conversión alimenticia	Refuerzo del sistema inmune y reducción de patógenos	Los probióticos mejoran productividad y salud intestinal
Duque et al.	2023	Evaluar el uso de probióticos como alternativa a antibióticos	Microorganismos beneficiosos	Mayor eficiencia en el aprovechamiento de nutrientes	Reducción del uso de antibióticos	Los probióticos son una alternativa sostenible en sanidad acuícola
Martínez et al.	2025	Estudiar el impacto de microorganismos en sistemas intensivos	Biofloc y microbiota funcional	Incremento de crecimiento y supervivencia	Estabilidad del ambiente y control de patógenos	Los microorganismos mejoran rendimiento y estabilidad del sistema
Gutiérrez et al.	2022	Analizar la tecnología biofloc en acuicultura	Sistema biofloc	Mejora de conversión alimenticia y reducción de costos	Mejora de calidad del agua	El biofloc convierte residuos en recurso productivo
Cesari et al.	2025	Evaluar herramientas	Genómica aplicada	Selección de especies más productivas	Mayor resistencia a enfermedades	La genómica mejora la eficiencia del



Autor	Año	Objetivo	Tecnología analizada	Aporte productivo	Aporte sanitario	Conclusión
Troncoso et al.	2022	genómicas en acuicultura Analizar genes asociados al rendimiento acuícola	Genómica molecular	Mejora del crecimiento y adaptación	Resistencia sanitaria mejorada	mejoramiento genético La genética permite optimizar características productivas
Chávez et al.	2025	Evaluar nutrición funcional en acuicultura	Inmunonutrición	Mejora del crecimiento y digestibilidad	Fortalecimiento inmunológico	La nutrición funcional mejora salud y rendimiento
Barahona et al.	2024	Analizar tecnologías ómicas en acuicultura	Ómicas (genómica, proteómica, metabolómica)	Optimización del rendimiento biológico	Identificación de biomarcadores de salud	Las ómicas permiten una acuicultura de precisión
Peña et al.	2023	Estudiar sistemas inteligentes en acuicultura	Tecnologías digitales y biotecnológicas	Mejora en eficiencia productiva	Detección temprana de enfermedades	La integración tecnológica mejora la gestión del cultivo
Suasnávar et al.	2025	Evaluar reducción de antibióticos en acuicultura	Alternativas biotecnológicas	Mejora de sostenibilidad productiva	Disminución de resistencia antimicrobiana	Las alternativas biológicas reducen riesgos sanitarios
Corpas et al.	2022	Definir el concepto de biotecnología acuícola	Biotecnología integral	Optimización de producción acuícola	Control sanitario integral	La biotecnología es un sistema integral de mejora acuícola

Fuente: Elaboración Propia

Nota. La matriz presentada sintetiza los principales aportes teóricos y empíricos de la literatura revisada sobre la aplicación de la biotecnología en sistemas acuícolas intensivos, evidenciando una convergencia general en torno a su impacto positivo en la productividad y la sanidad de los organismos cultivados. En este sentido, los estudios analizados coinciden en que herramientas como los probióticos, el biofloc, la genómica, la nutrición funcional y las tecnologías ómicas contribuyen significativamente a la optimización del rendimiento productivo, la mejora de la eficiencia alimenticia y el fortalecimiento de los mecanismos de defensa inmunológica, lo que permite consolidar sistemas de cultivo más eficientes y tecnológicamente avanzados.



Asimismo, los hallazgos reflejan que la biotecnología no solo actúa como un conjunto de herramientas aisladas, sino como un enfoque integral que transforma la gestión de los sistemas acuícolas intensivos hacia modelos más sostenibles y preventivos. De manera complementaria, se observa que la reducción del uso de antibióticos y el control microbiológico del ambiente acuático representan elementos clave en la mejora de la sanidad del sistema, mientras que los avances en genética y tecnologías de precisión permiten incrementar la capacidad de adaptación y resiliencia de las especies cultivadas. En conjunto, estos aportes evidencian la relevancia estratégica de la biotecnología como eje fundamental para el desarrollo sostenible de la acuicultura moderna.

4. DISCUSIÓN

El análisis de la evidencia seleccionada permitió reconocer que la biotecnología aplicada a la acuicultura intensiva no solo actúa como un conjunto de herramientas de mejora productiva, sino como un enfoque de transformación estructural del sistema de cultivo. Sin embargo, a diferencia de lo que plantean algunos estudios que enfatizan mejoras directas en productividad, la literatura revisada muestra que estos efectos no son homogéneos ni inmediatos, sino que dependen de condiciones específicas del sistema, como el manejo del agua, la especie cultivada y el nivel de tecnificación. En este sentido, aunque existe consenso general sobre la contribución de la biotecnología a la eficiencia productiva, persisten diferencias en cuanto a la magnitud real de sus impactos en contextos productivos comerciales versus experimentales.

En relación con la regulación biológica del sistema, la evidencia revisada coincide en que el uso de comunidades microbianas funcionales contribuye a la estabilidad del entorno acuático; no obstante, Viera et al. (2020) advierten que estos resultados suelen observarse principalmente en condiciones controladas de laboratorio o sistemas altamente tecnificados, lo que limita su extrapolación a unidades productivas de pequeña o mediana escala. Esto evidencia un vacío importante en la literatura respecto a la aplicabilidad real de estos sistemas en contextos productivos heterogéneos, donde las condiciones ambientales son menos estables y el control técnico es limitado.

De manera similar, aunque diversos estudios destacan el papel de la biotecnología en el fortalecimiento inmunológico y fisiológico de las especies cultivadas, la revisión evidencia



que aún existe variabilidad en los resultados reportados. Algunos autores señalan mejoras significativas en supervivencia y conversión alimenticia, mientras que otros indican respuestas moderadas dependiendo del tipo de especie, dieta y condiciones de estrés ambiental. Esta heterogeneidad sugiere que la biotecnología no puede ser entendida como una solución universal, sino como una herramienta dependiente del contexto biológico y productivo en el que se implemente.

Respecto al uso de herramientas genómicas y ómicas, la literatura analizada coincide en su alto potencial para la selección de organismos con características productivas superiores. Sin embargo, Guélac et al. (2023) señalan que su implementación en sistemas reales aún es limitada debido a costos elevados, requerimientos técnicos especializados y falta de infraestructura en muchos países productores. Esta situación genera una brecha entre el avance científico y su transferencia tecnológica al sector productivo, lo cual constituye uno de los principales desafíos actuales de la acuicultura moderna.

En cuanto a la reducción del uso de antibióticos, los estudios revisados muestran un consenso creciente sobre los beneficios de las estrategias biotecnológicas como alternativa preventiva. No obstante, Vasconcelos et al. (2025) advierten que aún no existe un reemplazo total efectivo en todos los escenarios productivos, especialmente en casos de brotes agudos de enfermedades, donde las intervenciones biológicas pueden no ser suficientes. Esto evidencia una limitación importante en la transición hacia sistemas completamente libres de antimicrobianos.

Asimismo, otro hallazgo relevante es la falta de estudios longitudinales que evalúen el impacto a largo plazo de estas tecnologías en la sostenibilidad ambiental y económica de los sistemas acuícolas intensivos. La mayoría de las investigaciones revisadas presentan enfoques de corto plazo o experimentales, lo que limita la comprensión del comportamiento real de estas tecnologías en ciclos productivos completos. Este vacío metodológico restringe la posibilidad de generalizar resultados y dificulta la formulación de políticas productivas basadas en evidencia sólida.

De forma integrada, la discusión de la evidencia permite afirmar que la biotecnología representa un eje fundamental en la modernización de la acuicultura intensiva; sin embargo, su implementación efectiva depende de factores contextuales, económicos y técnicos que aún no han sido completamente resueltos. En este sentido, Naspirán et al. (2022) coincide en que



la transformación del sector requiere no solo innovación tecnológica, sino también capacidades de adaptación institucional y productiva. Por tanto, más que una solución definitiva, la biotecnología debe entenderse como un proceso en evolución cuya efectividad depende de su integración adecuada en sistemas productivos reales y diversos.

5. CONCLUSIÓN

La aplicación de la biotecnología en sistemas acuícolas intensivos se consolida como una estrategia de alto valor científico y tecnológico para fortalecer simultáneamente la productividad, la sanidad y la sostenibilidad del sector. La evidencia científica revisada muestra que la incorporación de herramientas orientadas a la regulación microbiológica, el mejoramiento biológico, la optimización nutricional y el aprovechamiento eficiente de recursos favorece mejoras en el rendimiento productivo, la estabilidad fisiológica de las especies cultivadas y el control preventivo de factores sanitarios que afectan el desempeño del sistema de producción.

Asimismo, se identifica que las tecnologías biotecnológicas generan una transformación progresiva de los modelos tradicionales de manejo acuícola al promover enfoques sustentados en procesos preventivos, equilibrio biológico y eficiencia operativa. La reducción de la dependencia de tratamientos químicos convencionales, junto con el fortalecimiento de mecanismos naturales de adaptación y respuesta sanitaria, evidencia una evolución hacia sistemas productivos más resilientes y con mayor capacidad para responder a exigencias ambientales y alimentarias contemporáneas.

En correspondencia con el objetivo planteado, la revisión bibliográfica realizada permite determinar que la contribución de la biotecnología trasciende el incremento del rendimiento productivo y adquiere una función estructural dentro del desarrollo sostenible de la acuicultura contemporánea. En consecuencia, el fortalecimiento futuro de los sistemas acuícolas intensivos depende de la integración progresiva de innovación científica, eficiencia biológica y gestión sostenible como componentes interdependientes orientados a consolidar modelos de producción más competitivos, bioseguros y ambientalmente responsables.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ángel, S. D., & Duque, N. G. (2023). Cambios ambientales en agua y sedimentos por acuicultura en jaulas flotantes en el Lago Guamuez, Nariño, Colombia. *Acta Agronómica*. <https://doi.org/10.15446/acag.v71n1.98924>
- Barahona, C. L., & Suárez, E. K. (2024). Aplicación de la biotecnología en la bioeconomía avanzada: oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo y sostenible en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.58-2.8>
- Calizaya, C. D., Velazco, R., Rodríguez, L., & Salcedo, L. A. (2023). Resistencia antimicrobiana en los principales recursos acuícolas de los departamentos de Tumbes, Piura, San Martín y Puno. *Uniciencia*. <http://dx.doi.org/10.15359/ru.37-1.30>
- Cañedo, O. H., & González, F. M. (2023). Harina de larva de mosca soldado negro y de organismos unicelulares como alternativas proteicas para alimentos acuícolas. *Epistemus (Sonora)*. <https://doi.org/10.36790/epistemus.v17i34.280>
- Carrasco, B. D. (2022). Espacios costeros marinos de los pueblos originarios y salmonicultura en Chile. Dilemas en perspectiva histórica. *Revista de Historia (Concepción)*. <http://dx.doi.org/10.29393/rh29-2ecdc10002>
- Chávez, A. A., & Villa, R. E. (2025). Análisis del genoma de *Bacillus paralicheniformis* AA1 aislado de un sistema de milpa convencional en la región sur de Sonora, México. *Biotecnia*. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v27.2552>
- Corpas, I. E., & Restrepo, F. G. (2022). Tecnología biofloc: Perspectivas de aplicación en procesos de producción piscícola sostenible. *Revista Lasallista de Investigación*. <https://doi.org/10.22507/rli.v19n1a10>
- FAO. (2022). Previsiones sobre la pesca y la acuicultura, 2022-2032. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/eec5ae0d-eacf-4a06-9649-40e5e39488ba/content/sofia/2024/fisheries-aquaculture-projections.html>
- Guélac, G. J., Sánchez, C. J., & Valles, C. M. (2023). Impacto del uso de herramientas tecnológicas en la producción acuícola. *Enfoque UTE*. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.894>



- Gutiérrez, R. G., & Cabrera, S. A. (2022). Estado actual de la acuicultura de la Selva Peruana: Caso Ucayali. *Revista de Ciencia Animal de los Bosques Andinos*. <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2022.090200049>
- Martínez, M. H., & Bocanegra, G. V. (2025). Biodiversidad: clave del potencial biotecnológico de las bacterias aisladas de Cuatro Ciénegas. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*. <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2024.07.025>
- Naspirán, J. D., Fajardo, R. A., Ueno, F. M., & Collazos, L. L. (2022). Perspectivas de una producción sostenible en acuicultura multitrófica integrada (IMTA): una revisión. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v69n1.101539>
- Peña, P. Y., & Aguila, R. R. (2023). Actividad antibacteriana de bacterias aisladas de sistemas hidrotermales de Baja California Sur, México. *Hidrobiológica*. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2022v32n2/pena>
- Sánchez, C. M., & Loeza, L. P. (2024). Aislamiento de bacterias nativas con potencial en la promoción del crecimiento de maíz criollo mexicano (*Zea mays* L.). *Biotecnia*. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v26i1.2125>
- Silva, L. C., & Pantoja, L. J. (2020). Evaluación del programa de monitoreo ambiental de emprendimientos acuícolas en el Estado de Amazonas, Brasil. *Revista Colombiana de Ciencia Animal RECIA*. <https://doi.org/10.24188/recia.v11.n2.2019.713>
- Suasnávar, I. M., & Fitzmaurice, C. F. (2025). Análisis de la implementación en la política pública pesquera en México (LGPAS). *Estudios Políticos (México)*. <https://doi.org/10.22201/fcpys.24484903e.2022.56.82567>
- Troncoso, S. L., & Díaz, C. F. (2022). Proyectos de acuicultura en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental: Hacia una delimitación conceptual y práctica de su evaluación. *Revista de Derecho (Coquimbo)*. <http://dx.doi.org/10.22199/issn.0718-9753-4483>
- Valverde, A. (2026). *Biotecnología y acuicultura: manejo de enfermedades en especies destinadas a consumo humano. Un análisis bibliográfico*. Universidad Estatal Península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/items/1c8310cc-d411-4346-afdf-8aee724ad631>



Vasconcelos, E. A. (2025). Actividades antibacterianas, citotóxicas y antioxidantes, e identificación de compuestos volátiles bioactivos de *Streptomyces* sp. LV20 aislado de sedimentos del Lago Verde, Alter do Chão, Amazonia, Brasil. *Brazilian Journal of Biology*. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.295912>

Viera, A. W., Tello, T. C., Martínez, S. A., Navia, S. D., Báez, C. F., et al. (2020). Control biológico: una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador. *Journal of the Selva Biosphere*. https://www.researchgate.net/publication/348001337_Control_Biologico_Una_herramienta_para_una_agricultura_sustentable_un_punto_de_vista_de_sus_beneficios_en_Ecuador

Conflicto de Intereses: Los autores afirman que no existen conflictos de intereses en este estudio y que se han seguido éticamente los procesos establecidos por esta revista. Además, aseguran que este trabajo no ha sido publicado parcial ni totalmente en ninguna otra revista.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron financiamiento para el desarrollo de esta investigación.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA:

Nombres de autores e iniciales: Jessica Gricelda Bazurto Espinoza (JGBE)

Guillermo García Pérez (GGP)

Rocío Pérez y Terrón (RPT)

Diego Hernán Tobar Pérez (DHTP)

1. Conceptualización: (JGBE)
2. Curación de datos: (JGBE)
3. Análisis formal: (JGBE)
4. Adquisición de fondos: (JGBE)
5. Investigación: (GGP)
6. Metodología: (GGP)
7. Administración del proyecto: (GGP)
8. Recursos: (GGP)
9. Software: (RPT)
10. Supervisión: (RPT)
11. Validación: (RPT)
12. Visualización: (DHTP)
13. Redacción – Borrador original: (DHTP)
14. Redacción – Revisión y edición: (DHTP)

