



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

TÍTULO DEL ENSAYO

Biotecnología y acuicultura: manejo de enfermedades en especies destinadas a consumo humano. Un análisis bibliográfico.

AUTORA

Ing. Valverde Asanza Angie Zamira

TRABAJO DE TITULACIÓN

**Previo a la obtención del grado académico en
MAGÍSTER EN ACUICULTURA**

TUTORA

PhD. Mendoza Lombana Sonnya Patricia

Santa Elena, Ecuador

Año 2026



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos calificadores, aprueban el presente trabajo de titulación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por el Instituto de Postgrado de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

PhD. Roxana Álvarez Acosta
**COORDINADORA DEL
PROGRAMA**

PhD. Sonnya Mendoza Lombana
TUTORA

PhD. Jorge García Regalado
ESPECIALISTA 1

PhD. Mery Ramírez Muñoz.
ESPECIALISTA 2

Ab. María Rivera González, Mgtr.
**SECRETARIA GENERAL
UPSE**



UPSE

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN:

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por Angie Zamira Valverde Asanza, como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Acuicultura.

Atentamente,

PhD. Sonnya Patricia Mendoza Lombana
TUTORA



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Angie Zamira Valverde Asanza

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, **Biología y acuicultura: manejo de enfermedades en especies destinadas a consumo humano. Un análisis bibliográfico**; previo a la obtención del título en Magister en Acuicultura, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Santa Elena, a los 15 días del mes de marzo de año 2026

Ing. Angie Zamira Valverde Asanza
AUTORA



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

AUTORIZACIÓN

Yo, Angie Zamira Valverde Asanza

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de la investigación con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este informe de investigación dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Santa Elena, a los 15 días del mes de marzo de año 2026

Ing. Angie Zamira Valverde Asanza
AUTORA



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
INSTITUTO DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado Biotecnología y acuicultura: manejo de enfermedades en especies destinadas a consumo humano. Un análisis bibliográfico; presentado por el estudiante, **Angie Zamira Valverde Asanza** fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 5%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

 **INFORME DE ANÁLISIS**
magister

Valverde Asanza Angie Zamira
4

5%
Textos sospechosos

2% Similitudes
0 % similitudes entre comillas
0 % entre las fuentes mencionadas

3% Idiomas no reconocidos (ignorado)

3% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Valverde Asanza Angie Zamira 4.docx ID del documento: dfa3c8137f2958742cb6c342b13531ee407c00bc Tamaño del documento original: 74,97 kB	Depositante: SONNYA PATRICIA MENDOZA LOMBANA Fecha de depósito: 7/10/2025 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 7/10/2025	Número de palabras: 7690 Número de caracteres: 52.530
--	---	--

PhD. Sonnya Patricia Mendoza Lombana
TUTORA

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi tutora PhD. Sonnya Mendoza Lombana por el acompañamiento y la orientación brindados durante el desarrollo de este trabajo. Sus comentarios y observaciones fueron de gran ayuda para darle forma y claridad a esta investigación.

También agradezco a quienes, de una u otra manera, colaboraron y me apoyaron a lo largo de este proceso, ya sea con su tiempo, sus conocimientos o su disposición para ayudar.

De manera especial, agradezco a mi familia por el apoyo constante, la paciencia y la comprensión durante esta etapa. A mis amigos y colegas, gracias por el ánimo y el acompañamiento que hicieron más llevadero el camino hasta la finalización de esta maestría

Angie Zamira Valverde Asanza

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, por el apoyo permanente, la paciencia y la comprensión durante todo este proceso. Su acompañamiento fue fundamental para poder avanzar en cada etapa y superar las dificultades que se presentaron a lo largo del camino.

También la dedico a quienes estuvieron presentes con palabras de aliento, consejos y gestos de apoyo en los momentos más exigentes. Este trabajo es, en parte, resultado de ese acompañamiento constante.

Angie Zamira Valverde Asanza

ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL DE GRADO.....	II
CERTIFICACIÓN.....	III
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDA.....	IV
AUTORIZACIÓN.....	V
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
DEDICATORIA.....	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
RESUMEN.....	XII
ABSTRAT.....	XIII
INTRODUCCIÓN	2
Objetivo General:	5
Objetivos Específicos:	5
DESARROLLO	6
Acuicultura	6
Principales productos acuícolas del Ecuador.....	7
Manejos de especies acuícolas.....	7
Principales enfermedades de especies acuícolas destinadas a consumo humano.....	8
Tratamientos actuales para las enfermedades de especies acuícolas destinadas para consumo humano.....	17
Biotecnología.....	18
Biotecnología en la acuicultura	18
Técnicas biotecnológicas para el diagnóstico de enfermedades en especies acuícolas destinadas al consumo humano	19
Marco metodológico.....	22

Método y técnica, a implementar en el estudio	23
Hallazgos.....	23
CONCLUSIONES	27
REFERENCIAS	28
ANEXOS	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Enfermedades en especies acuícolas para consumo humano	8
---	---

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Tabla de recopilación de investigaciones consultadas	36
Anexo 2. Principio del qRT-PCR (reacción en cadena de la polimerasa con transcripción reversa en tiempo real).	37
Anexo 3. Principio del método FISH (Hibridación fluorescente in situ).....	38
Anexo 4. Respuesta en peces vacunados por inmune inducida por proteínas	39
Anexo 5. Mecanismo de acción del sistema CRISPR-Cas9 para la edición dirigida del genoma.	40
Anexo 6. Los principales formatos de ensayo de ELISA: Directo, Sándwich y Competitivo en una representación esquemática	40
Anexo 7. Métodos para administrar moléculas de ARN de interferencia (ARNi) en terapias, entre los que se incluyen la vía oral, la electroporación, la microinyección y el uso de nanopartículas poliméricas.....	40

RESUMEN

En Ecuador, la biotecnología constituye un campo muy importante para poder aumentar el aprovechamiento de los recursos marinos, ofreciendo alternativas innovadoras para enfrentar los retos sanitarios en la acuicultura. Sin embargo, existe un problema en el limitado financiamiento destinado a la investigación, por lo que se ha restringido su desarrollo, dificultando así la consolidación de prácticas eficientes y sostenibles en la producción. Se propuso como objetivo general: Realizar una revisión bibliográfica sobre el manejo de enfermedades en especies destinadas a consumo humano. La revisión, que fue desarrollada con un enfoque cualitativo y descriptivo, siendo apoyada en la teoría fundamentada y la investigación documental, permitió identificar las principales patologías que llegan afectar a peces, moluscos y crustáceos. Entre las principales patologías se encuentran: bacteriosis como *Salmonella* spp. y *Vibrio* spp., virosis como el Koi herpesvirus y el betanodavirus, micosis como *Saprolegnia*, y parasitosis como *Neobenedenia*, dichas enfermedades ocasionan un impacto considerable, ya que la inocuidad de los alimentos al igual que las enfermedades son factores de grandes problemas para los cultivos; por lo que deben ser respaldados por el uso de herramientas biotecnológicas que de manera exacta y efectiva amparan al control, empleando herramientas de primera generación. Con respecto al diagnóstico y control, se han incorporado herramientas biotecnológicas de gran utilidad, como PCR, qPCR, FISH, ELISA y técnicas de secuenciación de nueva generación, además de estrategias de prevención que incorporan vacunas recombinantes, probióticos, bioflocs y métodos de edición genética.

Palabras claves: Acuicultura, enfermedades, diagnóstico molecular, prevención, biotecnología.

ABSTRACT

In Ecuador, biotechnology is a very important field for increasing the utilization of marine resources, offering innovative alternatives to address health challenges in aquaculture. However, limited funding for research has restricted its development, hindering the consolidation of efficient and sustainable production practices. The general objective was to conduct a literature review on disease management in species intended for human consumption. The review, which was developed with a qualitative and descriptive approach, supported by grounded theory and documentary research, allowed for the identification of the main pathologies that affect fish, mollusks, and crustaceans. Among the main pathologies are bacterioses such as *Salmonella* spp. and *Vibrio* spp., viruses such as Koi herpesvirus and betanodavirus, mycoses such as *Saprolegnia*, and parasitosis such as *Neobenedenia*, these diseases cause a considerable impact, since food safety, like diseases, are major problems for crops. Therefore, they must be supported by the use of biotechnological tools that accurately and effectively support control, using first-generation tools. With regard to diagnosis and control, highly useful biotechnological tools have been incorporated, such as PCR, qPCR, FISH, ELISA and next-generation sequencing techniques, in addition to prevention strategies that incorporate recombinant vaccines, probiotics, bioflocs and gene editing methods.

Keywords: Aquaculture, diseases, molecular diagnosis, prevention, biotechnology.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la biotecnología es un campo aún poco explorado con gran potencial en Ecuador para el desarrollo de recursos marinos y lacustres, que no han sido ampliamente investigados. Ecuador tiene los recursos naturales necesarios para descubrir organismos útiles en biotecnología, pero la falta de inversión en investigación y desarrollo limita su avance y coloca al país en desventaja frente a otros (Mosquera, 2022). Es urgente establecer programas de investigación que permitan un uso sostenible de estos recursos y fortalezcan la economía local.

Por demás, la acuicultura moderna es una biotecnología que ha avanzado desde los años 50, integrando varias ciencias como biología, fisiología, nutrición y patología. Recientemente, también se han incluido ciencias "ómicas" como la nutrigenómica y la microbiómica (Espinós, 2020). Se cultivan diferentes especies acuáticas como peces, crustáceos, moluscos, equinodermos y algas, para esto las características importantes para seleccionar estas especies incluyen la demanda y el precio en el mercado, el crecimiento rápido, la calidad nutricional, la resistencia a enfermedades, y la capacidad de reproducción en cautiverio.

Sin embargo, a pesar de su importancia, la industria acuícola es susceptible a condiciones ambientales desfavorables y patógenos que amenazan su producción. La intensificación de los cultivos en estuarios, estanques o jaulas crea un entorno propicio para la propagación de enfermedades infecciosas, ya sea por la calidad del agua, la densidad de los cultivos o incluso por el canibalismo entre peces enfermos o muertos (Naspirán et al., 2021).

Además, la naturaleza omnipresente de la mayoría de los patógenos complica el aislamiento de los peces afectados por infecciones (Alcántara et al., 2022). Asimismo, el crecimiento del comercio nacional e internacional ha facilitado la introducción y difusión de enfermedades causadas por protozoos, hongos y bacterias, que son los principales responsables de la mortalidad en los cultivos (Pérez et al., 2020).

En lo que respecta a la producción, las enfermedades infecciosas constituyen una de las problemáticas más significativas, generando pérdidas económicas debido a la mortalidad animal, los altos costos de los tratamientos necesarios para combatir a los patógenos y las disminuciones en la producción (Hamid et al., 2022). Esta situación se pone de manifiesto con datos de la FAO, que señala que "los brotes de enfermedades han provocado pérdidas de decenas de miles de millones de dólares en el sector acuícola durante los últimos 20 años", siendo los principales agentes patógenos virus, bacterias y parásitos (FAO, 2022).

Teniendo esto en consideración, la biotecnología ha proporcionado herramientas fundamentales para optimizar la acuicultura, la pesca y la industria alimentaria de manera sostenible. El consumo de los productos del mar ha aumentado en grandes volúmenes, generándose deterioros de los entornos marinos, por lo cual los científicos examinan como la biotecnología pueda mejorar la producción de alimentos marinos (Salido et al., 2024). Al igual que con todos los alimentos mejorados mediante biotecnología, la acuicultura estará sujeta a estrictas regulaciones antes de que se permita su comercialización. La acuicultura biotecnológica también presenta ventajas para el medio ambiente. Cuando se integra de manera adecuada con otras tecnologías dedicadas a la producción de alimentos, productos agrícolas y servicios, la biotecnología puede resultar invaluable para atender las necesidades de una población en crecimiento y cada vez más urbanizada en el futuro próximo.

Se emplean diferentes métodos biotecnológicos para lograr optimizar la crianza de especies acuáticas, siendo estas: manejo de enfermedades, mejora genética, optimización alimentaria, creación de sistemas de cultivo y la reproducción controlada.

Además, se usa en la biorremediación para purificar el agua con microorganismos (Guzwami et al., 2023). En lo que refiere a la biotecnología, en la acuicultura comprende varios aspectos en los que se trabaja, tales como: la edición genética para generar organismos con características productivas superiores. El salmón AquAdvantage, por ejemplo, incorpora un gen de salmón Chinook que acelera su crecimiento en condiciones controladas; Además, la herramienta CRISPR/Cas9 ha sido utilizada para editar genes como myostatin o *dnd*, logrando mayor masa muscular y control de la fertilidad en especies como tilapia y salmón (World Aquaculture Society, 2023).

En otro orden de ideas, la biotecnología ha transformado radicalmente la forma en que se identifican las enfermedades en los seres que viven en el agua. Métodos como la PCR han hecho posible detectar agentes dañinos antes de que se propaguen por todo el sistema de cultivo, lo que ayuda a mejorar la prevención (IJISRT, 2023). Igualmente, los biosensores a nanoescala han facilitado la medición de indicadores biológicos como el nivel de glucosa o cortisol en los peces, lo que permite controlar su nivel de estrés y su estado de salud al instante (SpringerLink, 2024; Blue Biotechnology, 2025).

Otro aspecto, que ha sido importante en la actualidad como aporte de la biotecnología en la acuicultura, es el desarrollo de vacunas recombinantes y subunitarias mediante expresión vegetal representa un avance hacia métodos de inmunización más seguros y eficaces, incluso mediante formulaciones orales (Frontiers in Plant Science, 2021). Por otro lado, de acuerdo con estudios revisados, también se han empleado microalgas como vectores de vacunas y como fuente de compuestos antivirales o inmunoestimulantes (MDPI, 2018). Probióticos como *Rhodovulum sulfidophilum* también han demostrado que se puede obtener un mejor crecimiento, conversión alimenticia y la calidad del agua en cultivos de camarones ha sido favorable (Tamiselman y Raja, 2024).

Otro uso de la biotecnología es la nanotecnología aplicada, la cual permite encapsular fármacos, vacunas y genes en nanopartículas que ayudan a mejorar su absorción y eficacia. Un ejemplo de esto es, las nanovacunas, las cuales son basadas en partículas de quitosano, protegiendo contra patógenos como *Listonella anguillarum* y *Piscirickettsia salmonis* (Blue Biotechnology, 2025).

La biotecnología se ha evidenciado como un recurso esencial para lograr enfrentar los problemas que hoy afectan a los cultivos acuáticos. El uso de estas van desde optimizar la genética hasta asegurar la protección del medio ambiente, favoreciendo así una producción más confiable y perdurable. En este sentido, se puede afirmar que la biotecnología moderna ya está realizando contribuciones significativas y presenta importantes desafíos para el avance de la acuicultura y la pesca. En la actualidad las biotecnologías contemporáneas deben utilizarse como un complemento, no como un reemplazo de las tecnologías tradicionales, al abordar problemas, y que su aplicación debe centrarse más en las necesidades que en la tecnología misma (García et al., 2021).

El progreso y la implementación exitosa de la biotecnología son factibles únicamente cuando se cuenta con una sólida base de investigación y conocimientos en biología, variación, cría, agronomía, fisiología, patología, bioquímica y genética del organismo manipulado. Los beneficios que ofrecen las nuevas tecnologías no se pueden alcanzar sin un compromiso constante con la investigación básica. Los programas biotecnológicos deben estar completamente integrados en un marco de investigación y no pueden ser descontextualizados si se busca que tengan éxito. Entre las posibles aplicaciones de la biotecnología en la acuicultura se incluyen el uso de hormonas sintéticas en la cría inducida, los peces transgénicos, los bancos de genes, poblaciones uniparentales y poliploides, así como la gestión de la sanidad.

Objetivo General:

Realizar una revisión bibliográfica sobre el manejo de enfermedades en especies destinadas a consumo humano.

Objetivos Específicos:

- Identificar las enfermedades más relevantes que impactan a las especies destinadas al consumo humano.
- Analizar diversos métodos actuales de prevención de enfermedades y control de las patologías presentes en la producción acuícola.
- Describir la importancia de la biotecnología en el cultivo de peces, camarones y moluscos.

DESARROLLO

La acuicultura en la actualidad, es una fuente de ingresos importantes para los países que se dedican a esta actividad económica, siendo Ecuador uno de ellos, es importante realizar estudios que abarquen la importancia que tiene la biotecnología como factor para optimizar la producción acuícola, en especial en el control de enfermedades en especies para el consumo humano; cabe destacar que previo a esto es importante definir lo que implica tanto la acuicultura, como la biotecnología, además de la incidencia de esta última en la actividad acuícola, es por esta razón es considera pertinente plantear un breve marco teórico que aborde ambos conceptos:

Acuicultura

La acuicultura se destaca como el sector de mayor crecimiento en la producción de alimentos, ofreciendo una solución para alimentar a una población humana en constante aumento, especialmente ante el hecho de que los niveles biológicos de producción ya han sido alcanzados o se han visto comprometidos por la sobrepesca y la degradación de los hábitats (Romero, 2020).

De acuerdo con la FAO (2020) la acuicultura es definida como el cultivo de organismos acuáticos, tales como peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas. Esta práctica implica la intervención en el proceso productivo, que incluye actividades como la alimentación constante, el control de depredadores, entre otros. También implica la propiedad personal o colectiva de los recursos producidos.

Para realizar análisis de datos, se entiende que la acuicultura abarca a los seres vivos acuáticos que son criados por un individuo o una colectividad; en cambio, los seres vivos aprovechados como bien público, ya sea con o sin permiso, se consideran producto de la pesca (Fernández y Vilavicencio, 2024).

El sector camaronero experimentó un notable cambio, aumentando considerablemente las exportaciones y ha alcanzado diversos mercados a nivel global. Este desarrollo generó fuentes de trabajo y su vez apoyo a la comunidad (Zuñiga et al., 2022). De acuerdo con Rimbaldo y otros (2024), dentro del sector de la producción acuícola, China se considera como el mayor productor a escala internacional.

En Sudamérica, los países que destacan en la producción son Ecuador, Chile, Brasil, México y Colombia. Es relevante señalar que las naciones de América Latina están llevando a cabo esfuerzos para diversificar su industria, con el objetivo de no depender de una única especie. En conclusión, en la última década, la producción pesquera mundial ha experimentado un aumento significativo gracias al sector acuícola, que ha crecido a un ritmo superior al de cualquier otra rama de producción animal, haciendo que los peces y mariscos sean una fuente esencial de alimentación para las comunidades (Moreno, 2021).

Principales productos acuícolas del Ecuador.

De acuerdo a lo que menciona Jiménez, y Torres (2023) en Ecuador, la acuicultura se ha expandido principalmente gracias al cultivo de camarón blanco y tilapia. La región costera es donde se concentra la mayor parte de la producción a nivel nacional. En la zona Interandina se cultivan otras especies acuáticas, como la trucha (*Oncorhynchus mykiss*), mientras que en la zona Amazónica se encuentran la cachama, el sábalo y el Paiche, que se destinan al consumo local (Garrido, 2022).

El cultivo de ostras también es bastante desarrollado en Ecuador, enfocándose principalmente en la especie *Crassostrea gigas*. Este cultivo es realizado a través de la acuicultura en estanques de camaronerías y la maricultura, siendo en la maricultura técnicas de suspensión en el océano (Pineda, 2021). En sitios como Jaramijó y Santa Elena, se están implementando proyectos piloto para fomentar la producción a nivel comercial y ofrecer oportunidades de ingresos adicionales a las comunidades costeras.

Manejos de especies acuícolas

El cultivo de estas especies, comprende técnicas y destrezas para reproducir y criar organismos del agua, ya sean peces, moluscos o plantas. Su meta es obtener productos destinados a la alimentación de personas o con fines ornamentales. Este proceso va desde la elección del sitio de cultivo hasta la cosecha y el procesamiento final. La acuicultura fomenta la seguridad alimentaria, la conservación de especies y el desarrollo económico.

Es fundamental seleccionar una situación de crianza correcto, para poner en marcha protocolos de seguridad biológica y tener un control del agua, para así tener salubridad y un estado ideal. De igual manera se debe suministrar una alimentación equilibrada a las especies y estar alerta a las enfermedades.

Las correctas costumbres acuícolas ayudan a asegurar la duración y defensa del entorno. En Ecuador, la acuicultura es importante, especialmente en la elaboración de camarón y tilapia, y se anima la acuicultura ecológica para aminorar el impacto ambiental.

Principales enfermedades de especies acuícolas destinadas a consumo humano

Las especies acuáticas comestibles sufren de diversas dolencias, como infecciones causadas por bacterias, virus, parásitos y hongos, además de problemas por toxinas. Estas afecciones impactan a distintos peces y crustáceos, generando fuertes golpes económicos y peligros para la salud de las personas.

Tabla 1.

Enfermedades en especies acuícolas para consumo humano

Enfermedades en peces**Enfermedades causadas por bacterias:**

Vibriosis, originada por *Vibrio anguillarum*, golpea a los peces de mar, generando la destrucción de sus tejidos y una muerte rápida (Alcántara et al., 2022).

Aeromonas (especialmente *A. hydrophila*). Causa septicemia hemorrágica, úlceras cutáneas, letargia y mortalidades agudas en cultivo intensivo; su patogenicidad depende de factores de virulencia y condiciones ambientales (temperatura, calidad del agua) y presenta crecientes perfiles de resistencia antimicrobiana (AMR), lo que complica el tratamiento (manejo, vacunación experimental, probióticos) (Ghanbari et al., 2024).

Streptococcus (S. iniae, S. agalactiae). Produce estreptococosis con signos neurológicos (nado errático), exoftalmía, anorexia y lesiones meningoencefálicas; se asocia a alta mortalidad en aguas cálidas; el control combina bioseguridad, manejo del estrés y, cuando están disponibles, vacunas autógenas/comerciales (Jones et al., 2023).

Edwardsiella (E. ictaluri, E. piscicida, ocasionalmente E. tarda). Provoca edwardsiellosis septicémica; estudios genómicos recientes describen diversidad y evolución de E. ictaluri y su relevancia en peces de cultivo (incluida tilapia en algunos focos) (Abayneh et al., 2023).

Mycobacterium (p. ej., M. marinum). Micobacteriosis crónica con emaciación y granulomas; implica riesgo ocupacional (zoonosis cutánea) y requiere diagnóstico histopatológico/molecular; el manejo se basa en eliminación de lotes/ bioseguridad (fuentes generales de patología de peces; no todas listadas aquí). (Alcántara et al., 2022).

Enfermedades causadas por virus:

Entre los virus se tiene, la anemia infecciosa del salmón (ISA), causada por un ortomixovirus, responsable de devastadores brotes de mortalidad. La necrosis pancreática infecciosa (IPN), cuyo culpable es el IPNV, el cual ataca mayormente a los peces jóvenes (Arcilla y Morales, 2025).

Tilapia Lake Virus (TiLV). Ocasiona mortalidades elevadas (>70–90% en brotes), presentando letargia, hiperpigmentación, signos neurológicos y distención abdominal; esta es una de las amenazas virales emergentes considerada la más importantes para tilapia; el diagnóstico de este virus es por RT-qPCR y la prevención depende de cuarentena, bioseguridad y semillas certificadas (Selvaraj et al., 2024).

Iridovirus. Se han descrito brotes esporádicos asociados a encefalopatía y retinopatía (nodavirus) y a síndromes sistémicos (iridovirus); el control se centra en bioseguridad y manejo del estrés (síntesis en revisiones recientes de enfermedades emergentes en tilapia) (Liu et al., 2024).

Betanodavirus. Necrosis nerviosa viral (VNN). El betanodavirus, también conocido como virus de la necrosis nerviosa viral (VNN), es un virus ARN no envuelto que afecta a más de 50 especies de peces, tanto marinos como de agua dulce. Este virus posee una elevada capacidad para causar enfermedad, sobre todo en las fases de larva y juventud, y se distingue por la muerte de células nerviosas en el encéfalo y la retina, lo que podría provocar defunciones generalizadas en grupos de seres vivos impactados (Nakai et al., 2024).

Un tipo de virus similar al herpes, llamado virus del herpes del Koi (KHV) o virus del herpes ciprínido 3 (CyHV-3), ataca mayoritariamente a la carpa común y koi de adorno. Considerado un microorganismo patógeno altamente contagioso, que se propaga por el acercamiento físico entre peces infectados, los animales infectados pueden mantenerse con vida de manera provisional en el agua.

Los síntomas que presentan son: branquias moteadas, ojos hundidos, lesiones en la piel y comportamiento anómalo. La mortalidad puede alcanzar hasta el 100% en poblaciones susceptibles, especialmente a temperaturas que se encuentran entre 16–25 °C. Actualmente no existe un tratamiento específico pero al mantener el agua por debajo de los 15 °C puede reducir la mortalidad (Universidad de California en Davis, 2020).

Enfermedades fúngicas:

La saprolegniosis es una enfermedad micótica causada por *Saprolegnia* parasítica, afecta a peces adultos y de igual manera a sus huevos. La infección pueda darse de manera secundaria, a través de heridas o estrés, y se manifiesta como una masa algodonosa en piel o branquias, comprometiendo la función osmótica y respiratoria. Esta enfermedad ocasiona pérdidas importantes en acuicultura, pero primordialmente en especies como salmón y trucha. La prevención incluye control del hacinamiento, higiene y buena calidad del agua (Universidad Nacional Agraria La Molina, 2018).

Enfermedades causadas por parásitos:

Los parásitos también generan enfermedades, tales como: *Ichthyophthirius multifiliis* es el causante de la enfermedad del "punto blanco", que se hace visible por las heridas cutáneas y la respiración dificultosa. Las invasiones de monogéneos, como *Gyrodactylus* spp. y *Dactylogyrus* spp., son habituales en la cría intensiva, dañando las branquias y la epidermis de los peces (Arcilla y Morales, 2025).

	<p>Monogeneos (Cichlidogyrus, Gyrodactylus). Ectoparásitos branquiales/cutáneos que causan irritación, hipersecreción mucosa y mortalidad en grandes cantidades; los tratamientos pueden ser: baños con formalina, peróxido, praziquantel y manejo térmico (según regulación) (Shinn et al., 2024).</p> <p>Neobenedenia: Se trata de un gusano parásito monogeneo que pertenece a la familia Capsalidae, cuyo objetivo primordial son los peces de mar. Este gusano se fija a la piel, ojos, branquias y aletas, causando hinchazón, desprendimiento de la capa externa de la piel, segregación de baba y deterioro de los tejidos, pudiendo originar defunciones a gran escala. Su desarrollo vital es simple y basado en huevos, cuyas larvas contagiosas, conocidas como oncomiracidias, tienen la capacidad de infestar diversas clases de peces.</p> <p>Los tratamientos empleados en acuicultura para combatir este parásito consisten en emplear tratamientos como praziquantel, peróxido de hidrógeno y extractos vegetales para controlar infestaciones (Iglesias-Prieto et al., 2023).</p> <p>Protozoarios ciliados (Trichodina). Ectoparasitosis que incrementa mortalidad en larvas y juveniles; control mediante mejoras de calidad de agua y baños químicos permitidos (King et al., 2023)</p>
<p>Enfermedades en camarones</p>	<p>Enfermedades causadas por virus:</p> <p>Dentro del cultivo de camarón, los virus representan el peligro principal.</p>

El síndrome de la mancha blanca (WSSV). Es una enfermedad muy contagiosa y mortal causada por un virus de ADN bicatenario, que afecta sobre todo al camarón blanco del Pacífico (*Penaeus vannamei*) (Lightner, 2011).

Síndrome de Taura (TSV), siendo descubierto inicialmente en Ecuador, causa muerte celular y una alta tasa de mortalidad en camarones jóvenes. De igual manera, el virus de la mionecrosis infecciosa (IMNV), daña la musculatura de los camarones, causando dificultad en su movilidad y causando muerte paulatina (Tang et al., 2013).

Hepatopancreatic parvovirus (HPV/DHPV). Parvovirus de hepatopáncreas (hoy conocida como “Decapod hepanhamaparvovirus”); causa un retraso en el crecimiento y mortalidad en larvas/juveniles; el diagnóstico se da por PCR; se han descrito cepas/aislados nuevos (Choi et al., 2023).

Enfermedades causadas por bacterias:

Las enfermedades bacterianas también tienen un gran efecto, siendo la vibriosis una de las más frecuentes, causada por diversas especies como *Vibrio harveyi* y *Vibrio parahaemolyticus*. Es especialmente preocupante la necrosis hepatopancreática aguda (AHPND), una forma grave de la infección por *V. parahaemolyticus* que genera toxinas mortales para la hepatopáncreas (Tang et al., 2013).

Vibrio parahaemolyticus (AHPND y otros cuadros). Cepas portadoras de toxinas PirAB^{Vp} que causan AHPND con necrosis hepatopancreática y mortalidades bastante elevadas; su diagnóstico puede ser por PCR (genes *pirA/pirB*) o inmunoensayos; la manera de controlar puede ser a través de bioseguridad, manejo del microbioma del agua/suelo y probióticos (Thitamadee et al., 2023).

V. vulnificus, *Salmonella*, *Campylobacter*. Considerados relevantes, sobre todo como peligros de inocuidad alimentaria en la cadena de valor (contaminación poscosecha/ambiente), con brotes y rechazos comerciales documentados; implican buenas prácticas de cosecha, frío y HACCP (Sánchez-Vázquez et al., 2025).

Enfermedades causadas por parásitos:

Nematopsis spp. Causa gregarinidosis, se trata de una infección del intestino, afectando la asimilación de nutrientes. Además, el microsporidio *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) se asocia al síndrome de crecimiento lento, lo cual afecta negativamente la producción (Lightner, 2011).

Enterocytozoon hepatopenaei (EHP). Microsporidio emergente que provoca retraso de crecimiento y heterogeneidad de tallas; aumenta la susceptibilidad a otras enfermedades; el diagnóstico puede ser por PCR/ISH y manejo mediante exclusión y control del biofilm/alimentación (Piamsomboon et al., 2023).

Enfermedades fúngicas:

“Infecciones por hongos acuáticos” son menos frecuentes en penaeidos cultivados que en peces, pero pueden complicar cuadros en larvicultura; su manejo se centra en calidad de agua y desinfección.

**Enfermedades en
moluscos****Enfermedades causadas por virus:**

Las almejas y los mejillones, por ejemplo, sufren también de varias dolencias que ponen en peligro su crianza.

Virus del herpes del ostión (OsHV-1). Ocasiona un gran número de muertes, sobre todo en las crías y en los ejemplares jóvenes de *Crassostrea gigas* (Burge et al., 2006). Se ha dado cuenta de este mal en varios continentes, entre ellos Europa y América.

Enfermedades causadas por bacterias:

Vibrio spp. Son comunes en las etapas de larva, lo que afecta a su vida y a su crecimiento (Carnegie & Burreson, 2011). En las abulones, *Nocardia* spp. puede causar nocardiosis, una dolencia que daña varios órganos.

Salmonella spp., bacterias patógenas que representan un riesgo para la salud humana cuando se consumen crudos o mal cocidos. La polución se produce sobre todo mediante el agua, cuando esta se ve sucia por culpa de vertidos de aguas fecales o de residuos provenientes de animales enfermos. Los seres vivos más perjudicados son las almejas, los mejillones y también las ostras. Normalmente, la existencia de *Salmonella* en los moluscos no daña su bienestar, aunque sí señala que hay contaminación fecal y un peligro para quien los come (Mossel et al., 2005).

Enfermedades fúngicas:

En entornos de tensión, surgen infecciones oportunistas y hongos; aunque su efecto es menor comparado con los protozoos ya mencionados, son importantes si el ambiente se degrada.

Enfermedades causadas por parásitos:

Entre los parásitos que más daño hacen a los moluscos están *Perkinsus marinus* (que causa la perkinsosis), *Marteilia refringens* (que causa la marteiliosis) y *Bonamia ostreae* (que causa la bonamiosis), que se meten en los tejidos blandos, entorpecen la función inmune y causan muertes masivas tanto en los lugares naturales como en los de cultivo (Carnegie and Burreson, 2011).

Perkinsus marinus (“dermo”). Provoca pérdida de condición y mortalidad en *Crassostrea virginica*; el diagnóstico molecular qPCR específico ha avanzado notablemente; virulencia varía entre cepas/ambientes (Tang et al., 2024).

Bonamia ostreae. Causa bonamiosis en *Ostrea edulis* con pérdidas significativas; se están desarrollando métodos no invasivos de diagnóstico y programas de restauración con semilla libre de *Bonamia* (Oidtmann et al., 2023).

Marteilia spp. (*M. refringens* / *M. pararefringens*). Parásito del tracto digestivo; puede causar mortalidades del 50–90% en ostión europeo durante verano-otoño; manuales y actualizaciones regulatorias (WOAH/autoridades) distinguen especies y hospedadores susceptibles (FAO/WOAH, 2024).

Nota: Esta tabla muestra las principales enfermedades que afectan a las especies acuícolas como a peces, camarones y moluscos; en donde se incluye el agente etiológico y las herramientas de diagnóstico.

Tratamientos actuales para las enfermedades de especies acuícolas destinadas para consumo humano

Para preservar la salud de los animales que crecen en el agua y que nos sirven de alimento, las tácticas principales se centran en evitar que enfermen y en curarlos si es necesario. Evitar las enfermedades pasa por tener medidas de seguridad biológica y hacer las cosas bien, algo esencial para que no haga falta usar tantos medicamentos. Esto incluye mantener la limpieza, elegir animales fuertes, darles buena comida, usar agua sin contaminación y no juntar demasiados animales (Jimenez & Torres, 2023). En cuanto al tratamiento, se usan fármacos como antibióticos (enrofloxacina, oxitetraciclina) contra bacterias, desinfectantes contra parásitos externos y antiparasitarios para tratar infestaciones. También, hay opciones como vacunas, probióticos y hierbas que fortalecen la salud de los peces y previenen enfermedades (Alcántara y otros, 2022).

Los animales acuáticos que se sirven en nuestras mesas son examinados mediante los diversos métodos biotecnológicos, que nos ofrecen distintas soluciones. Entre las opciones disponibles, se encuentran: probióticos, vacunas y las metodologías moleculares, las cuales son valiosas para el diagnóstico y el perfeccionamiento genético (Pérez et al., 2020).

Los probióticos, esos microorganismos vivos provechosos, mejoran la salud de esos animales. Las vacunas actúan como escudos protectores, aumentando sus defensas naturales para evitar dolencias. El diagnóstico molecular ayuda a detectar velozmente cualquier amenaza, facilitando de este modo su control. El mejoramiento genético, con instrumentos como CRISPR/Cas9, genera peces más resistentes y eficientes en su alimentación (Jaies et al., 2024).

La biorremediación emplea microorganismos para depurar el agua y, de este modo, disminuir la aparición de dolencias. Las microalgas, tanto las silvestres como las alteradas, se emplean como sustento que optimiza su salud. Adicionalmente, se puede manejar su sexo y procreación, lo que incrementa el rendimiento en la producción.

Biotecnología

La transgénesis, por su parte, es una biotecnología que se puede aplicar en plantas y animales, y consiste en incorporar un gen, ya sea de origen animal o vegetal, al genoma que se desea modificar. Este se denomina transgén o gen añadido. El transgén se integra en el genoma del organismo receptor y el nuevo rasgo que otorga se transmite a la descendencia, lo que implica que la transgénesis es de tipo germinativo (Lara, 2021)

Si analizamos la biotecnología desde la ciencia, notaremos que se basa en muchos estudios que se remontan a las teorías de Charles Darwin y Gregor Mendel sobre la selección natural y la herencia. Alrededor de 1830, T. Schwamm y M. Schleiden descubrieron que las células componen todos los seres vivos. Tomando como base estos descubrimientos, Oswald Avery y otros científicos determinaron que el ADN (Ácido Desoxirribonucleico) guarda la información genética que controla cómo están hechos y cómo funcionan los organismos (Hernández et al., 2020). Gracias a estos avances, se desarrolló la manipulación genética en los seres vivos, que hoy en día se utiliza en la modificación de la estructura biológica de los alimentos.

La biotecnología se enriquece de diversas disciplinas, entre las que se incluyen: Microbiología, Genética, Bioquímica, Biología celular, Química, Ingeniería (bio)química, Ciencias de los alimentos, Ciencias de la salud, Ciencias Ambientales, además de la Ética y la Epistemología de las Ciencias y la Tecnología (Testillano, 2021).

Biotecnología en la acuicultura

Originada en Asia como un método para generar alimentos en agua dulce, la acuicultura se ha extendido globalmente, integrando diversos entornos acuáticos y especies. Lo que antes era una labor manual y familiar, hoy engloba la producción industrial a gran escala de especies apreciadas, vendidas tanto dentro como fuera del país (Crespo y Jiménez, 2021). Si bien la mayor parte de la producción sigue estando en Asia y depende de operaciones pequeñas, se reconoce su capacidad para cubrir la necesidad mundial de pescado nutritivo y apoyar de forma sostenible las economías locales.

Este campo ha evolucionado velozmente, fusionando saberes ancestrales con biotecnología. Se prevé que, en el futuro, las biotecnologías de punta sean clave para satisfacer la demanda de alimentos acuáticos. La acuicultura es un sistema de producción

relativamente nuevo en muchos lugares y, pese a que las biotecnologías se usan en la gestión pesquera, su aplicación es menor en comparación con la acuicultura.

Las biotecnologías se han aplicado en diversas áreas vinculadas a la producción acuícola y la gestión pesquera, resaltando cuatro ejes centrales: optimización genética y control reproductivo; bioseguridad y prevención de dolencias; gestión del entorno y biorremediación; y protección de la biodiversidad y regulación de la pesca (Betsy y Silva, 2023).

Los brotes de enfermedades representan un grave obstáculo para el avance de la acuicultura. En este ámbito, la lucha contra las enfermedades y la gestión de la salud son distintas a las del sector ganadero terrestre, debido principalmente al entorno inestable en el que los organismos acuáticos se desarrollan (Alcántara et al., 2022). Las enfermedades pueden encontrarse en todos los sistemas, desde los más extensivos hasta los intensivos, y las pérdidas son posibles en todos los tipos de producción.

Dentro del sector de la pesca extractiva, la administración sensata y la preservación a largo plazo resultan fundamentales. Es por esto que resulta vital ahondar en el conocimiento de cómo se organizan internamente las poblaciones de peces. A pesar de que ya se han puesto en práctica ciertas técnicas biotecnológicas, aún existe un gran margen para usarlas en la gestión pesquera a escala internacional. El empleo de indicadores moleculares, junto con los principios básicos de la genética de poblaciones, ha probado ser de gran ayuda para valorar la diversidad genética real dentro de cada población y para medir el nivel de diferenciación entre las diversas poblaciones.

Técnicas biotecnológicas para el diagnóstico de enfermedades en especies acuícolas destinadas al consumo humano

La acuicultura se ha convertido en una de las industrias de producción con mayor auge a nivel global, proveyendo proteínas de excelente calidad a un sinnúmero de personas. No obstante, el aumento en la producción ha traído consigo un incremento en la aparición de males causados por bacterias, virus y parásitos, lo que representa un riesgo considerable para la salud de los seres vivos cultivados y, posiblemente, para quienes los consumen (Santos et al., 2022). Frente a este panorama, las técnicas biotecnológicas se han vuelto

cruciales para identificar de forma rápida y exacta agentes que causan enfermedades en los animales acuáticos.

La acuicultura actual lucha continuamente por preservar el bienestar de los seres vivos que cría, ya que la cantidad de individuos y el entorno pueden propiciar la manifestación de dolencias causadas por virus, bacterias y parásitos. Gracias a la biotecnología, se han creado tácticas sofisticadas para evitar, encontrar y manejar estas enfermedades, elevando así la producción y asegurando el suministro de alimentos (Santos et al., 2022). Entre los métodos biotecnológicos más usados en la actualidad están:

1. Vacunación y desarrollo de vacunas recombinantes

Una de las herramientas más efectivas para la prevención de enfermedades bacterianas y virales es la vacunación. La biotecnología ha facilitado la creación de vacunas recombinantes y subunitarias, que emplean antígenos específicos del patógeno para inducir una respuesta inmune protectora sin riesgo de infección. Por ejemplo, se han desarrollado vacunas recombinantes contra *Vibrio anguillarum* y el virus de la necrosis nerviosa viral (VNN) en peces marinos, que han demostrado reducir la mortalidad y limitar la diseminación del agente patógeno (FAO, s.f.; Bagni et al., 2020).

2. Terapias genéticas y edición de genomas

La edición genética mediante CRISPR-Cas9 y otras tecnologías emergentes ha abierto la posibilidad de crear peces y moluscos más resistentes a patógenos específicos. Estudios recientes han explorado la modificación de genes involucrados en la respuesta inmune de especies como tilapia y salmón, aumentando la resistencia a virus y bacterias comunes en la acuicultura (Zhang et al., 2021).

3. Probióticos y microbioma manipulado

El uso de probióticos y biofloc ha demostrado ser una estrategia eficiente para prevenir infecciones bacterianas en cultivos de peces y camarones. La biotecnología permite seleccionar cepas específicas que colonizan el intestino del hospedador, compiten con patógenos y modulan la respuesta inmune, reduciendo la incidencia de enfermedades (Balcázar et al., 2020).

4. Diagnóstico temprano mediante técnicas moleculares

La prevención efectiva depende también de la detección temprana de patógenos. Herramientas como PCR, qPCR, FISH, ELISA y secuenciación de nueva generación (NGS) permiten identificar y cuantificar agentes infecciosos antes de que se produzcan brotes masivos. Esto facilita la implementación de medidas de control oportunas, como cuarentenas, ajustes de densidad y tratamientos dirigidos (Santos et al., 2022).

5. Terapias basadas en RNAi y antivirales

El uso de interferencia por RNA (RNAi) y moléculas antivirales específicas se está explorando como estrategia de control frente a virus que afectan peces y moluscos. Esta tecnología permite silenciar genes esenciales del patógeno, inhibiendo su replicación sin afectar al hospedador, lo que representa un enfoque altamente específico y sostenible (Li et al., 2021).

6. Control ambiental asistido por biotecnología

Finalmente, la biotecnología se usa igualmente para vigilar y mejorar el ambiente donde crecen los animales acuáticos. Esto se hace con sensores avanzados y sistemas para verificar la calidad del agua, lo cual ayuda a mantener las condiciones perfectas y a disminuir el estrés, haciendo que los seres vivos sean menos propensos a enfermarse (FAO, s. f.).

Vistas en conjunto, estas tácticas evidencian que la biotecnología no solo ayuda a detectar y curar males en la acuicultura, sino que también impide que aparezcan y se extiendan.

El uso de vacunas, el control del entorno, la vigilancia molecular, la terapia genética y el manejo del microbioma conforma un enfoque integral, fortaleciendo la salud de los organismos acuáticos y, al mismo tiempo, asegura la provisión de alimentos ideales para el consumo humano. En este marco, la secuenciación de nueva generación (NGS) ha marcado un giro en los últimos años, gracias a esta tecnología es posible analizar de manera detallada el microbioma y poder detectar patógenos emergentes, incluso en muestras que se presenten complejas o con múltiples organismos, ampliando significativamente las capacidades de prevención y control sanitario en los sistemas de producción acuícola. (Santos et al., 2022).

El uso de estas metodologías no solo beneficia el bienestar de los animales y la eficiencia en la cría acuática, sino que además apoya de forma clara el abasto de alimentos, al facilitar la identificación rápida de elementos que podrían afectar la aptitud de los productos para el consumo de las personas. De este modo, la biotecnología se establece como una pieza clave en el manejo de la sanidad en acuicultura, incorporando enfoques moleculares y serológicos que refuerzan la vigilancia de las dolencias y disminuyen los peligros de polución en el proceso alimentario (FAO, s. f.; Santos et al., 2022).

Marco metodológico

Enfoque de investigación por aplicar

El enfoque seleccionado para desarrollar el eje temático es el cualitativo; el cual “puede concebirse como un conjunto de prácticas interpretativas que hacen al mundo “visible”, lo transforman y convierten en una serie de representaciones en forma de observaciones, anotaciones, grabaciones y documentos” (Guzmán, 2021, p. 23)

Tipo de alcance de la investigación

La presente investigación será de tipo descriptiva, esto, a razón de que este tipo de investigación facultaría un análisis más pormenorizado acerca del uso de biotecnología en el manejo de enfermedades de especies acuícolas. En lo que refiere a la investigación de tipo descriptiva Guevara et al. (2020), la definen como:

Tipo de investigación que tiene como objetivo describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utiliza criterios sistemáticos que permiten establecer la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio, proporcionando información sistemática y comparable con la de otras fuentes (p. 166).

Diseño de la investigación

El diseño de la investigación se caracterizó por ser no experimental, debido a que no se procedió a manipular las variables de ninguna forma en el estudio (Calle, 2023). Asimismo, se adoptó un diseño transeccional, lo que significa que la investigación se llevó a cabo en un solo periodo de tiempo, abarcando un lapso único, con el objetivo de describir lo que ocurre con las variables durante ese periodo determinado.

Método y técnica, a implementar en el estudio

Método

Se usó como base la teoría fundamentada, una estrategia cualitativa cuyo propósito es edificar una teoría directamente a partir de los datos obtenidos. A diferencia de otras metodologías que parten de una hipótesis predefinida, los investigadores que utilizan la teoría fundamentada inician con un área de estudio concreta y recopilan información relevante para la misma (de la Espriella & Gómez, 2020).

Técnica

Para efectos de esta investigación, la técnica a utilizar es la investigación documental, la cual es definida por Reyes y Carmona (2020) como:

Una de las técnicas de la investigación cualitativa que se encarga de recolectar, recopilar y seleccionar información de las lecturas de documentos, revistas, libros, grabaciones, filmaciones, periódicos, artículos resultados de investigaciones, memorias de eventos, entre otros; en ella la observación está presente en el análisis de datos, su identificación, selección y articulación con el objeto de estudio. (p. 1)

Hallazgos

De acuerdo con la revisión bibliografía realizada a partir de diferentes autores, se puede decir que la producción de estudios e investigaciones sobre el uso de la biotecnología para el control de enfermedades en especies de consumo se encuentra en constante evolución y desarrollo conforme pasa el tiempo, esto porque la biotecnología previamente en su mayoría estaba enfocada a la reproducción y a la genética, mientras que el control de enfermedades se trataba a partir de métodos tradicionales, con base en esto se presenta una serie de estudios que de acuerdo a su metodología presentan resultados importantes a considerar en este aspecto considerado innovador.

Uno de los estudios encontrados es el planteado por Saucedo et al. (2020), el cual se titula “Bacteriófagos: aliados para combatir enfermedades bacterianas en acuicultura. Un primer punto de partida en la acuicultura ecológica” pone de manifiesto que actualmente, estos microorganismos se obtienen de diversos entornos como el mar, ríos, lagos, aguas residuales y muestras de tejido.

Además, se ha observado que estos virus funcionan mejor cuando se administran a través del agua en lugar de los alimentos. El empleo de mezclas de fagos para controlar infecciones provocadas por bacterias dañinas en entornos de acuicultura está ganando terreno rápidamente, pues se presenta como una alternativa económica, amigable con el medio ambiente y sin riesgos para la acuicultura, las personas y los animales.

A pesar de todo lo dicho en la investigación, se subraya que hay pocas normas sobre su aplicación y se generan debates sobre la resistencia a los fagos. Por lo tanto, antes de implementar los fagos a nivel industrial, es fundamental realizar más investigaciones que establezcan estándares específicos para incrementar la productividad y el beneficio económico, al mismo tiempo que se garantizan productos inocuos y respetuosos con el medio ambiente.

En otro estudio titulado “Sistemas acuícolas: compuestos bioactivos de macroalgas para el control de bacterias patógenas. Un análisis bibliográfico” realizado por Vásquez (2021) pone de manifiesto que el uso de macroalgas marinas con propiedades antibacterianas es un tema de investigación importante, con 52 estudios que documentan la obtención de metabolitos y extractos. Estas sustancias obtenidas de algas podrían reemplazar a los antibióticos en la cría de animales acuáticos. De esta forma, se combaten las bacterias sin crear cepas resistentes, disminuyendo el daño al medio ambiente y cuidando la salud de las personas.

Las algas verdes, o chlorophytas, son las más analizadas, abarcando un 44% del total. Les siguen las algas rojas (rhodophytas) con un 31% y las pardas (ochrophytas) con un 25%. Estos productos de algas son buenos para frenar bacterias dañinas en animales como el langostino jumbo, el langostino blanco y la trucha arcoíris, funcionando muy bien contra *Yersinia ruckeri* y *Vibrio* spp (Vásquez, 2021).

Por otra parte, otro grupo de investigadores del Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (2022), en su proyecto mostraron que la biotecnología azul ofrece aplicaciones prometedoras para la acuicultura, especialmente en relación con los desafíos actuales, dado que utiliza productos naturales y aprovecha la capacidad bioactiva de microorganismos acuáticos y sus derivados para combatir infecciones bacterianas. El propósito de la propuesta fue desarrollar protocolos para el control de *Vibrios* patógenos en cultivos de camarón, mediante la incorporación funcional, ya sea de manera individual o combinada, de microalgas, macroalgas, bacterias probióticas y/o productos extracelulares.

Entre los resultados de interés del proyecto se encuentran: pruebas *in vitro* estandarizadas para evaluar virulencia de bacterias, prueba *in vivo* estandarizada de larvas de camarón desafiadas con bacterias *Vibrio*, extractos de algas marinas disminuyen la virulencia de *Vibrio* patógenos para camarón, productos procesados y funcionales contra *Vibrios* patógenos, una bacteria potencialmente probiótica para camarón, a más de extractos de algas marinas semi-purificados y fraccionados (CENAIM, 2022).

Por último, Santos et al. (2022) presentaron un estudio que lleva por título “Biotecnología para el diagnóstico, tratamiento y prevención de las enfermedades infecciosas en acuicultura”, entre sus resultados más importantes destaca que es importante implementar un diseño y validación de métodos proteómicos y diagnósticos para identificar bacterias patógenas en peces, como *Flavobacterium psychrophilum* y *Aeromonas salmonicida*. Debido a que estos métodos permiten la detección de biomarcadores y genes de resistencia a antibióticos, facilitando el diagnóstico temprano de enfermedades en peces y en su entorno acuático. Además, en la actualidad se establece que se están analizando los mecanismos de virulencia de estas bacterias, incluyendo su capacidad para formar biopelículas y evadir la respuesta inmune del hospedador.

Por demás, en cuanto a prevención y control, también se han desarrollado nuevas vacunas para combatir tenacibaculosis y vibriosis, así como el uso de enzimas para manejar enfermedades bacterianas en acuicultura y salud humana. Se investiga también la eficacia de probióticos y otros compuestos en la prevención de infecciones en acuicultura.

Por último, los autores del estudio hacen énfasis en que se trabaja en la producción de microalgas marinas para mejorar la acuicultura multitrófica y en el uso de biopolímeros en biomedicina y en la creación de nuevos anti-bioincrustantes, manteniendo colaboraciones internacionales para estos fines.

Una vez realizado un recorrido por bibliografía específica sobre la temática de la biotecnología en el control de enfermedades de especies acuícolas para el consumo humano, es importante destacar que, Se requiere una mejora en la gestión de los sistemas intensivos, y para ello se están implementando biotecnologías. En la actualidad, en naciones en desarrollo, se están adoptando métodos de diagnóstico que emplean ensayos de inmunoadsorción y técnicas de ADN para identificar o confirmar la presencia de diferentes agentes patógenos importantes en la acuicultura.

Asimismo, uno de los factores más importantes para disminuir el uso de antibióticos en la acuicultura es la adopción de medidas preventivas adecuadas que ayuden a combatir enfermedades que pueden provocar altas tasas de mortalidad en peces y mariscos cultivados. La utilización de vacunas se considera una herramienta efectiva de inmunoprofilaxis para varias de las enfermedades infecciosas más relevantes que afectan a los peces con aletas. Dado que la producción de vacunas moleculares depende en gran medida de herramientas biotecnológicas, estas vacunas se desarrollan principalmente en países desarrollados.

CONCLUSIONES

En función de los estudios analizados se puede concluir que, ha habido un giro importante mediante el cual la biotecnología ha dado un cambio en su orientación en relación al manejo de las enfermedades que generan impacto en la acuicultura, al pasar de una biotecnología que únicamente pretendía mejorar la genética, a una biotecnología centrada en la producción de nuevas estrategias en el manejo de las enfermedades en los peces y en los mariscos. En los últimos años la tendencia hacia el uso de alternativas biológicas ha sido mayor frente al uso de antibióticos, destacando entre estos, los bacteriófagos y los extractos derivados de macroalgas. Estas opciones han ayudado a disminuir la resistencia bacteriana y también a reducir los efectos negativos sobre el medio ambiente.

La biotecnología azul ha presentado resultados favorables al integrar probióticos, microalgas y macroalgas en el control de patógenos en camarones. A su vez, el empleo de técnicas ómicas, como la proteómica y la genómica, ha perfeccionado los diagnósticos, al facilitar la identificación de patógenos y de genes asociados a la resistencia a los antibióticos, permitiendo anticipar posibles brotes.

También se ha impulsado avances en el diseño de vacunas y enzimas dirigidas a enfermedades de gran impacto, como es el caso de la vibriosis, siendo esto una estrategia clave para reducir la dependencia de los antibióticos y lograr obtener una mejor salud en los ecosistemas acuícolas. No obstante, aún existen obstáculos tanto en el ámbito normativo como en el técnico, las cuales complican la aplicación de estas tecnologías, sobre todo en los países que aún se encuentran en desarrollo. La incorporación de biotecnologías en estos países es clave para lograr alcanzar una acuicultura más sostenible, aunque es también se considera necesario fortalecer la capacitación, así como el acceso a los recursos necesarios.

Finalmente, se propone la promoción de proyectos de investigación que integren biotecnología, microbiología, ecología y acuicultura. Es esencial establecer regulaciones sobre el uso de bacteriófagos y probióticos, apoyar alternativas a los antibióticos y potenciar capacidades tecnológicas en países en desarrollo.

REFERENCIAS

- Abayneh, T., Colquhoun, D. J., & Sørum, H. (2013). *Edwardsiella piscicida* sp. nov., a novel species pathogenic to fish. *Journal of Applied Microbiology*, 114(3), 644–654. <https://doi.org/10.1111/jam.12080>
- Alcántara, F., Valladares, B., & Ortega, C. (2022). Enfermedades bacterianas y bacterias obtenidas en peces cultivados de México. *Revista MVZ Córdoba*, 27(2), 1-12. <https://doi.org/https://doi.org/10.21897/rmvz.2387>
- Arcila Quintero, M. S., & Morales Polo, S. M. (2025). Implementación de la tecnología CRISPR-Cas para el tratamiento de enfermedades en la acuicultura de peces: Revisión sistemática. *Hechos Microbiológicos*, 15(1), 31–43. <https://doi.org/10.17533/udea.hm.v15n1a04>
- Bagni, M., Marino, G., Scapigliati, G., & Picchiatti, S. (2020). Advances in fish vaccination: Recombinant and DNA vaccines in aquaculture. *Fish & Shellfish Immunology*, 103, 123–134. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.01.003>
- Balcázar, J. L., De Blas, I., Ruiz-Zarzuela, I., Vendrell, D., Gironés, O., & Múzquiz, J. L. (2020). The role of probiotics in aquaculture. *Veterinary Microbiology*, 142(3-4), 113–130. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2020.05.002>
- Betsy, J., & Silva, C. (2023). Biotecnología en la pesca. En J. Betsy, & C. Silva, *Biotecnología y bioinformática pesquera* (págs. 1-6). Springer.
- Blue Biotechnology. (2025). Advances in nanotechnology for aquatic health. *Blue Biotechnology*, 2(1).
- Burge, C. A., Griffin, F. J., & Friedman, C. S. (2006). Mortality and herpesvirus infections of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in Tomales Bay, California, USA. **Diseases of Aquatic Organisms**, 72(1), 31–43. <https://doi.org/10.3354/dao072031>

- Calle, S. (2023). Diseños de investigación cualitativa y cuantitativa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 1865-1879. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7016
- Carnegie, R. B., & Burreson, E. M. (2011). Declining impact of an introduced pathogen: *Haplosporidium nelsoni* in the oyster *Crassostrea virginica* in Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series*, 432, 1–15. <https://doi.org/10.3354/meps09138>
- Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas. (2022). *INÉDITA Biotecnología Azul*. ESPOL.
- Choi, M. G., Hong, S. J., Kim, S. M., & Kim, K. H. (2023). A new genotype of decapod hepanhamaparvovirus 1 (DHPV) from cultured *Penaeus vannamei* in South Korea. *Diseases of Aquatic Organisms*, 156, 53–57. <https://doi.org/10.3354/dao03761>
- Crespo, J., & Jiménez, A. (2021). *Hacia el desarrollo sostenible de la pesca y la acuicultura en México: marcos normativos, organización socioeconómica y desafíos*. UMA. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v60i3.15953>
- de la Espriella, R., & Gómez, C. (2020). Teoría fundamentada. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 49(2), 127–133.
- Espinós, F. (2020). La acuicultura como activo económico y social. *Mediterráneo Económico*, 33, 289-307.
- FAO. (s.f.). Las biotecnologías en la pesca y la acuicultura en los países en desarrollo. Recuperado de <https://www.fao.org/biotech/sectoral-overviews/fisheries/es/>
- FAO. (2020). *Glosario de términos*. FAO.
- FAO. (2022). *El estado Mundial de la pesca y la acuicultura*. FAO.
- FAO/WOAH (2023–2024). Infection with *Marteilia refringens* – Manual/updates. WOAH.

- FAO. (2024). El estado Mundial de la pesca y la acuicultura. FAO.
- Fernández, C., & Vilavicencio, C. (2024). *Características socioeconómicas de la población pesquera artesanal del perfil costero de la provincia de El Oro*. Ediciones UTMACH.
- Frontiers in Plant Science. (2021). Plant-based vaccines for aquaculture. *Frontiers in Plant Science*, 12, 718775. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.718775>
- García, R., Soler, S., & Castellanos, M. (2021). Saberes tecnoproductivos tradicionales de pesca y buenas prácticas en la comunidad costera Castillo de Jagua-Perché, Cuba. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(5), 416-430.
- Garrido, K. (2022). *Estudio de la densidad óptima para la crianza de sábalo (Brycon melanopterus)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Ghanbari, M., Shokrak, N. M., Abozahra, N. A., Elshamy, Y. M., Kadira, H. I., & Mohamed, R. A. (2024). Aquaculture and *Aeromonas hydrophila*: A complex interplay of environmental factors and virulence. *Aquaculture International*, 32(3), 987–1008. <https://doi.org/10.1007/s10499-024-01535-y>
- Gómez, L. (2023). Análisis de factores influyentes en la comercialización y consumo de ostra japonesa depurada, en Samborondón. UTPL
- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), 163-173. [https://doi.org/https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Guzmán, V. (2021). El método cualitativo y su aporte a la investigación en las ciencias sociales. *Gestionar: revista de empresa y gobierno*, 1(4), 19-31. <https://doi.org/https://doi.org/10.35622/j.rg.2021.04.002>
- Guzwami, M., Trudeau, V., & Singh Lakra, W. (2023). Capítulo 1 - Biotecnología en la acuicultura moderna : innovaciones, avances y desafíos. *Fronteras en la*

- biotecnología de la acuicultura*, 1-13.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91240-2.00003-8>
- Hamid, G., Qadri, H., & Rehman, K. (2022). *Bacterial Fish Diseases*. Academic Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/C2020-0-02560-0>
- Haro, F. (2021). La estructura financiera y el fracaso empresarial: una apreciación a las grandes empresas de pesca y acuicultura. *Revista Ciencia Multidisciplinaria CUNORI*, 5(1), 1-16.
- Hernández, C., Castrillón, E., & Gallego, J. (2020). Descubrimiento de fármacos basado en imagenología de células vivas. *Revista Colombiana de Ciencias Químico - Farmacéuticas*, 49(1), 114-136.
<https://doi.org/https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v49n1.87026>
- Iglesias-Prieto, R., Castro-Madrazo, J., & Pérez-Rodríguez, L. (2023). Control y manejo de *Neobenedenia* spp. en acuicultura marina: estrategias farmacológicas y naturales. *Aquaculture Research*, 54(2), 412–428.
<https://doi.org/10.1111/are.15432>
- IJISRT. (2023). Review paper on recent advances of biotechnology application to aquaculture development. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 8(4). <https://www.ijisrt.com/review-paper-on-recent-advances-of-biotechnology-application-to-aquaculture-development>
- Jaies, I., Shah, FA, Qadiri, SSN et al. (2024). Técnicas de diagnóstico inmunológico y molecular en la salud de los peces: prospecto presente y futuro. *Mol Biol Rep* 51, 551 <https://doi.org/10.1007/s11033-024-09344-5>
- Jimenez, J., & Torres, G. (2023). Diagnóstico de la maricultura en Ecuador: oportunidades y desafíos. *AquaTechnica*, 5(3), 134-155.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.8411400>

- Jones, S. R., McDonald, J. C., & McAllister, T. A. (2023). *Streptococcus iniae* in aquaculture: A review of pathogenesis, virulence, and antibiotic resistance. *Microorganisms*, 11(6), 1507. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11061507>
- King, W. L., Debnath, S. C., McMurtrie, J., Delamare-Deboutteville, J., Mohan, C. V., & Tyler, C. R. (2023). Tilapia aquaculture, emerging diseases, and the roles of the skin microbiome. *Aquaculture International*, 31(1), 115–132. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00765-1>
- Lara, L. (2021). Transgénesis: una aproximación a sus riesgos y beneficios. *Acta Médica del Centro*, 15(1), 141-155.
- Lightner, D. V. (2011). Virus diseases of farmed shrimp in the Western Hemisphere (the Americas): A review. *Journal of Invertebrate Pathology*, 106(1), 110–130. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2010.09.012>
- Li, C., Zhang, Q., & Zhang, X. (2021). RNA interference-based strategies for viral disease control in aquaculture. *Frontiers in Immunology*, 12, 682. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.682>
- Liu, Q., Zhang, Y., Wang, Y., & Li, X. (2024). Current updates on viral infections affecting tilapia. *Aquaculture and Fisheries*, 9(3), 355–365. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2024.03.001>
- Moreno, A. (2021). *planificación estratégica y desarrollo corporativo del sector pesquero del cantón Puerto López, año 2021*. UNESUM.
- Mosquera, T. (2022). *Productos naturales: investigación y perspectivas en Ecuador*. Abya-Yala. <https://doi.org/10.7476/9789978108260>
- Mossel, D. A., Corry, J. E., Struijk, C. B., & Baird, R. M. (2005). *Essentials of the microbiology of foods: A textbook for advanced studies* (5th ed.). Chichester: Wiley-Blackwell.
- MDPI. (2018). Genetically engineered microalgae for aquaculture. *Biology*, 7(2), 24. <https://www.mdpi.com/2079-7737/7/2/24>

- Nakai, T., Mori, K., Sugaya, T., Nishioka, T., & Mushiake, K. (2024). Current knowledge of viral nervous necrosis (VNN) and its causative betanodaviruses. *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh*.
- Naspirán-Jojoa, D. C., Fajardo-Rosero, A. G., Ueno-Fukura, M., & Collazos-Lasso, L. F. (2022). Perspectivas de una producción sostenible en acuicultura multitrófica 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>
- Oidtmann, B., et al. (2023). Non-invasive detection of *Bonamia ostreae* in *Ostrea edulis*. *Aquaculture*, 586, 740598.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (2024). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. FAO.
- Pacheco, N., Cuevas, J., & Vázquez, A. (2023). *Estado actual del uso de pesticidas en productos agropecuarios de la península de Yucatán y su impacto en la sociedad: retos y perspectivas*. CONAHCYT.
- Pérez, M., Alvarez, Y., Soriano, J., & Pérez, M. (2020). Los probióticos y sus metabolitos en la acuicultura. Una Revisión. *Hidrobiológica*, 30(1), 93-105. <https://doi.org/https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2020v30n1/perez>
- Piamsomboon, P., et al. (2023). Enterocytozoon hepatopenaei infection in shrimp: Diagnosis and food safety. *Microorganisms*, 11(7), 1759.
- Pineda, A. (2021). *Teledetección aplicada al análisis de sitios óptimos para la maricultura de ostión (Crassostrea gigas) en Esmeraldas-Ecuador*. PUCE.
- Reyes, L., & Carmona, F. (2020). *Investigación documental*. Universidad Simón Bolívar.
- Romero, M. (2020). M.R. Acuipro. Acuicultura - Investigación – Producción. *Polo del conocimiento*, 5(8), 1321-1331.

- Salido, M., Soto, M., & Seoane, S. (2024). Algas marinas: perspectiva nutricional y gastronómica. Una revisión. *Investigación sobre algas*, 77. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103357>
- Sánchez-Vázquez, F. J., Rodríguez, F., & Martínez, S. (2025). Comprehensive analysis of Salmonella in seafood (focus on shrimp). *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24, e13410. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13410>
- Santos, Y., Muñoz, A., Seoane, R., Sainz, V., Aguilera, A., Regueiro, B., & Otero, A. (2022). Biotecnología para el diagnóstico, tratamiento y prevención de las enfermedades infecciosas en acuicultura. *Semaforo*, 53-54, 1-2.
- Sarmiento, S., & Perez, N. (2022). impacto de la acuicultura en restaurantes y en la gastronomía de San Andrés – Colombia. *Punto de vista*, 12(19), 126-135.
- Saucedo, J., Honorio, C., Vallenas, Y., & Acuña, A. (2020). Bacteriófagos: aliados para combatir enfermedades bacterianas en acuicultura. Un primer punto de partida en la acuicultura ecológica. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 7(2), 107-121.
- Selvaraj, C., Arul Kumar, V., Francis Densil Raj, A., & Dalvin Vinoth Kumar, A. (2023). Identification and pathogenetic study of tilapia lake virus (TiLV) isolated from naturally diseased tilapia. *Aquaculture*, 565, 391–396. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.738166>
- Shinn, M. A., Grano-Maldonado, M. I., & Martínez-Rodríguez, G. (2024). Tratamiento para el control de Gyrodactylus sp. y Cichlidogyrus sp. asociados con mortalidad en tilapia (*Oreochromis niloticus*). *CIMAR*, 1(2). <https://revistas.uas.edu.mx/index.php/CIMAR/article/view/379336624>.
- SpringerLink. (2024). Applications of biosensors in aquaculture monitoring. *Aquaculture and Fisheries Research*, 12(3).

- Tamilselvan, M., & Raja, S. (2024). Exploring the role and mechanism of potential probiotics in mitigating the shrimp pathogens. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 31(3), 103938. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2024.103938>
- Tang, K. F., Han, J. E., Aranguren, L. F., White-Noble, B., Schmidt, M. M., & Pantoja, C. R. (2013). Detection of unique DNA fragment in *Vibrio parahaemolyticus* strains causing AHPND. *Diseases of Aquatic Organisms*, 105(3), 201–206.
- Tang, X., Kim, S.-H., Bathige, S. D. N. K., Kim, H. J., Jeon, H.-B., Lee, J.-H., & Park, K.-I. (2024). A highly sensitive and specific real-time quantitative polymerase chain reaction assay for *Perkinsus marinus* detection in oysters. *Scientific Reports*, 14(1), 123456. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-76822-y>
- Testillano, P. (2021). Biotecnología para los retos del siglo XXI. *Newsletter*(3), 1-25.
- Tingfeng, Xiong, R., & Peng, H. (2023). Uso productivo de los recursos naturales en la agricultura: principales lecciones de política. *Política de recursos*, 85. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103793>
- Thitamadee, S., Sritunyalucksana, K., & Flegel, T. W. (2023). Acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND): Molecular pathogenesis and host immunity. *Fish & Shellfish Immunology*, 141, 108874. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2023.108874>
- Universidad de California en Davis. (2020). Koi herpesvirus (KHV). School of Veterinary Medicine. Recuperado de <https://healthtopics.vetmed.ucdavis.edu/health-topics/koi-herpesvirus-khv>
- Universidad Nacional Agraria La Molina. (2018). *Saprolegnia parasitica*: Un patógeno oportunista en acuicultura. Recuperado de <https://rnia.produce.gob.pe/cientificos-descubren-proceso-de-infeccion-de-saprolegnia-parasitica-que-afecta-a-la-acuicultura-mundial>
- Vásquez, J. (2021). *Sistemas acuícolas: compuestos bioactivos de macroalgas para el control de bacterias patógenas. Un análisis bibliográfico*. UPSE.

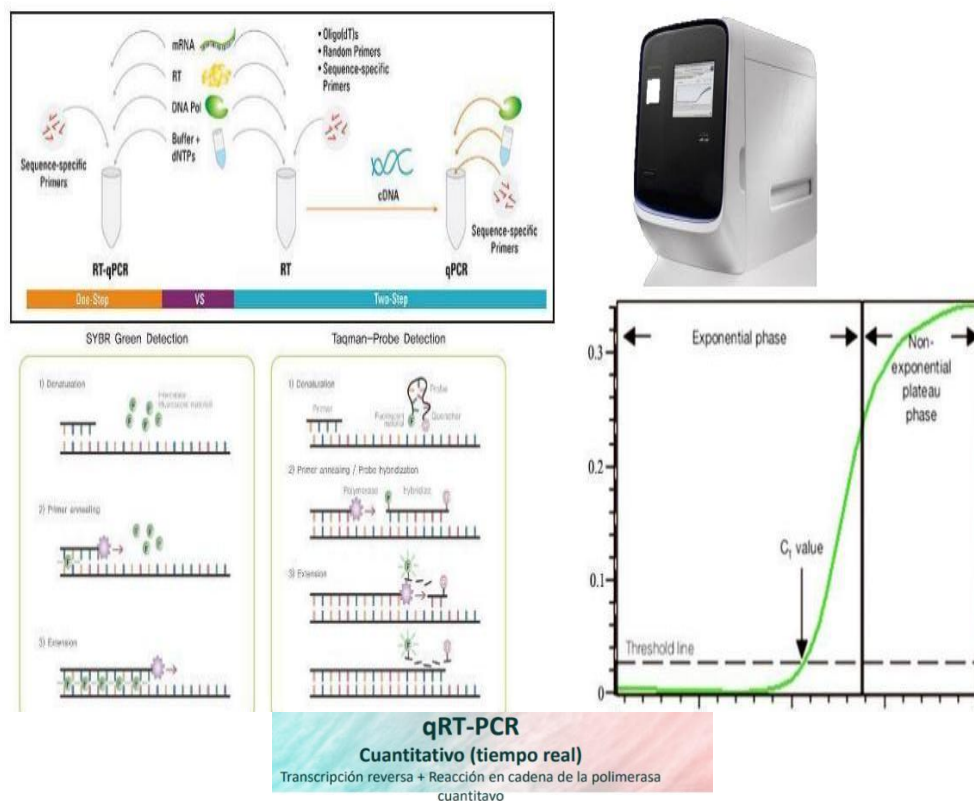
- World Aquaculture Society. (2023). The future of genetic engineering in aquaculture. <https://www.was.org/articles/A-perspective-of-the-future-value-and-challenges-of-genetic-engineering-in-aquaculture.aspx>
- Zhang, H., Xu, D., Li, J., & Wang, Y. (2021). CRISPR-Cas9 applications in aquaculture: Disease resistance and genome editing. *Aquaculture Reports*, 20, 100724. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100724>
- Zuñiga, A., Maza, E., Romero, W., & Ollague, J. (2022). Diagnóstico productivo y comercial del camarón con valor agregado de la provincia de El Oro. *593 Digital Publisher CEIT*, 7(4-1), 510-520. <https://doi.org/https://doi.org/10.33386/593>

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de recopilación de investigaciones consultadas

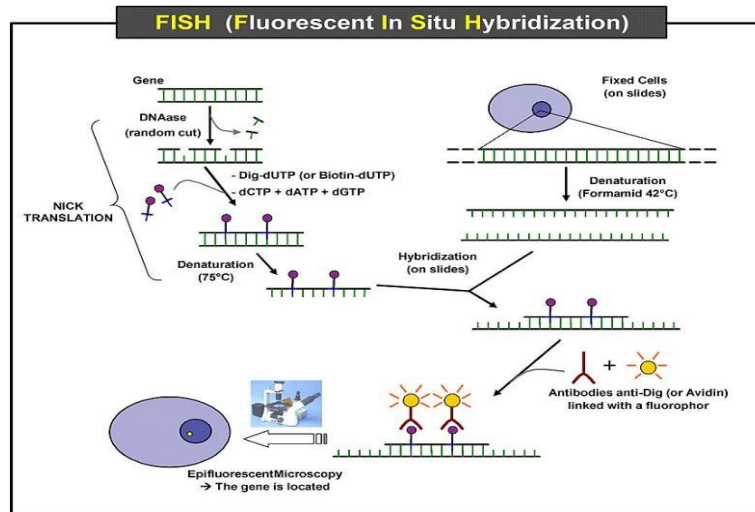
Autor	Año	Titulo	Conclusiones más importantes
Saucedo et al.	2020	Bacteriófagos: aliados para combatir enfermedades bacterianas en acuicultura. Un primer punto de partida en la acuicultura ecológica	La utilización de cocteles de fagos para combatir infecciones causadas por bacterias patógenas en sistemas de acuicultura se está convirtiendo en un fenómeno destacable, ya que resulta ser una opción rentable, ecológica y segura para la acuicultura, los seres humanos y los animales.
Vásquez	2021	Sistemas acuícolas: compuestos bioactivos de macroalgas para el control de bacterias patógenas. Un análisis bibliográfico	Estos extractos pueden servir como sustitutos de los antibióticos en la acuicultura, ayudando a controlar bacterias sin generar resistencia, reduciendo impacto ambiental y protegiendo la salud humana
Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas	2022	INÉDITA Biotecnología Azul	pruebas in vitro estandarizadas para evaluar virulencia de bacterias, prueba in vivo estandarizada de larvas de camarón desafiadas con bacterias Vibrio, extractos de algas marinas disminuyen la virulencia de Vibrio patógenos para camarón, productos procesados y funcionales contra Vibrios patógenos, una bacteria potencialmente probiótica para camarón, a más de extractos de algas marinas semi- purificados y fraccionados
Santos et al.	2022	Biotecnología para el diagnóstico, tratamiento y prevención de las enfermedades infecciosas en acuicultura.	Es importante diseñar y validar métodos proteómicos y diagnósticos para identificar bacterias patógenas en peces, como Flavobacterium psychrophilum y Aeromonas salmonicida. Estos métodos ayudan a detectar biomarcadores y genes de resistencia a antibióticos, lo que facilita el diagnóstico temprano de enfermedades en peces. También se están analizando los mecanismos de virulencia de estas bacterias, como su capacidad para formar biopelículas y evadir la respuesta inmune del hospedador.

Anexo 2. Principio del qRT-PCR (reacción en cadena de la polimerasa con transcripción reversa en tiempo real).



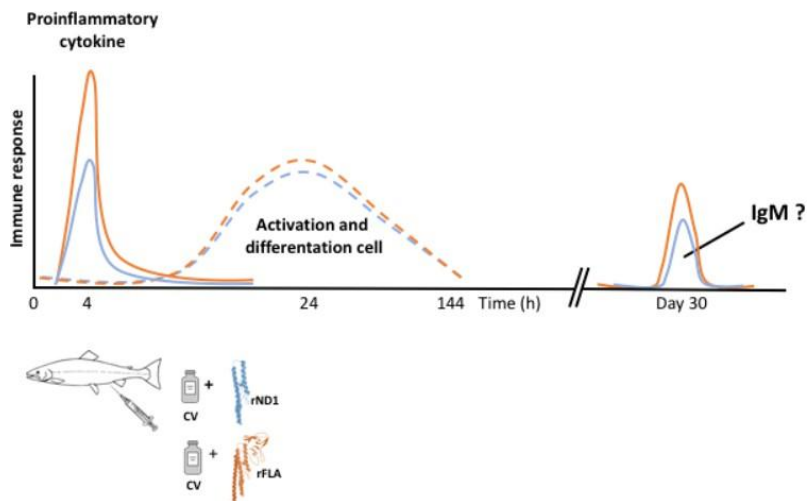
Nota: Adaptado de *Virtual Course on Aquatic Animal Health / Capacity Development — Nivel III: Análisis molecular* (p. 17), por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Recuperado de https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/faoweb/FI/news/VirtualCourseCapacity/p17.pdf

Anexo 3. Principio del método FISH (Hibridación fluorescente in situ).



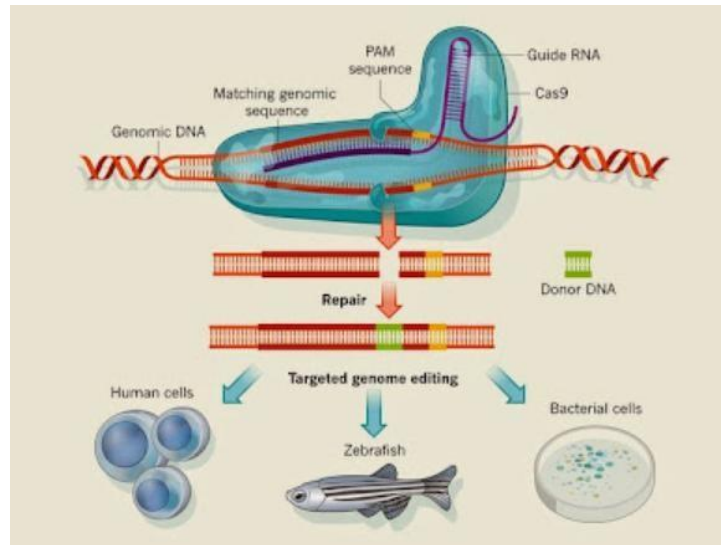
Nota: Adaptado de *Fluorescent in situ hybridization (FISH) technique*, por S. T. Ke, *Methods in Cell Biology*, Vol. 123, Elsevier, 2015. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1046202315301663>

Anexo 4. Respuesta en peces vacunados por inmune inducida por proteínas.



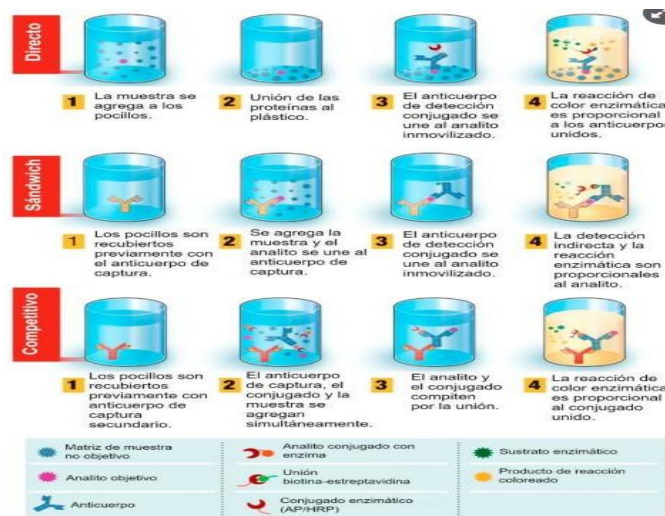
Nota: Adaptado de “Péptidos podrían mejorar la efectividad de vacuna contra piscirickettsiosis”, por Doctorado en Ciencias de la Acuicultura, Universidad Austral de Chile, 2019, <http://doctoradoacuicultura.uach.cl/peptidos-podrian-mejorar-la-efectividad-de-vacuna-contra-piscirickettsiosis/>. Copyright 2019 por la Universidad Austral de Chile.

Anexo 5. Mecanismo de acción del sistema CRISPR-Cas9 para la edición dirigida del genoma.



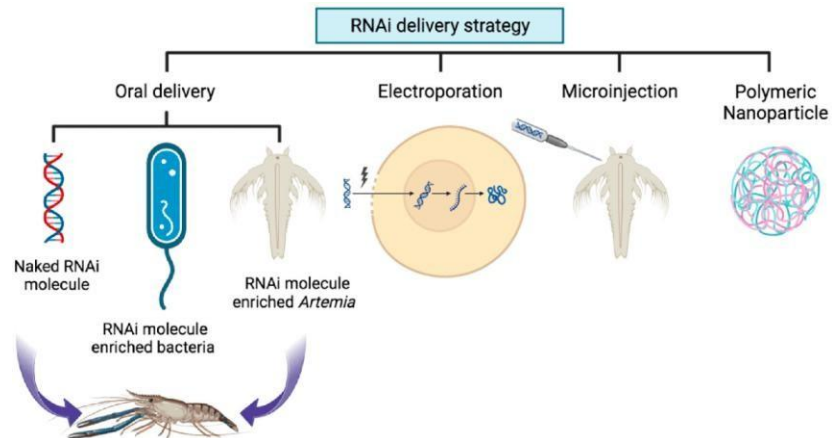
Nota: Adaptado de "La revolución CRISPR-Cas" por J. M. Rodríguez, 2014, *Curiosidades de la Microbiología* (<https://curiosidadesdelamicrobiologia.blogspot.com/2014/05/la-revolucion-crispr-cas.html>).

Anexo 6. Los principales formatos de ensayo de ELISA: Directo, Sándwich y Competitivo en una representación esquemática.



Nota: Adaptado de "El test ELISA como herramienta de diagnóstico (1/2): Principios básicos" por A. Ramirez, 2022, *3tres3* (https://www.3tres3.com/latam/articulos/elisa-como-herramienta-de-diagnostico-1-2-principios-basicos_14334/).

Anexo 7. Métodos para administrar moléculas de ARN de interferencia (ARNi) en terapias, entre los que se incluyen la vía oral, la electroporación, la microinyección y el uso de nanopartículas poliméricas.



Nota: Adaptado de "Cómo las terapias basadas en ARNi combaten las enfermedades virales del camarón" por Md. S. Alam, 2023, *Global Seafood Alliance* (<https://www.globalseafood.org/advocate/como-las-terapias-basadas-en-arni-combaten-las-enfermedades-virales-del-camaron/>).