



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

REVISIÓN SISTEMÁTICA DEL POTENCIAL PROBIÓTICO DE *BIFIDOBACTERIUM SPP.* PARA LA RESISTENCIA A *VIBRIO SPP.* PRESENTE EN CAMARONES (*LITOPENAEUS VANNAMEI* Y *LITOPENAEUS STYLIROSTRIS*)

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniera (o) en Biotecnología

AUTORES: SHEYLAH HERMAIONE HOPPE MARTÍNEZ
JOHN JOSÉ SANTOS GÓMEZ

TUTOR: M. Sc. BRENDA PATRICIA LÓPEZ ULLOA

Guayaquil-Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, John José Santos Gómez con documento de identificación N° 0924114739 y Sheylah Hermaione Hoppe Martínez con documento de identificación N° 0954197448; manifestamos que:

Somos las autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 26 de febrero del año 2024
Atentamente,



John José Santos Gómez
CI: 0924114739



Sheylah Hermaione Hoppe Martínez
CI: 0954197448

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, John José Santos Gómez con documento de identificación No. 0924114739 y Sheylah Hermaione Hoppe Martínez con documento de identificación No. 0954197448, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto de investigación: “REVISIÓN SISTEMÁTICA DEL POTENCIAL PROBIÓTICO DE *BIFIDOBACTERIUM SPP.* PARA LA RESISTENCIA A *VIBRIO SPP.* PRESENTE EN CAMARONES (*LITOPENAEUS VANNAMEI* Y *LITOPENAEUS STYLIROSTRIS*)”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero/a en Biotecnología*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 26 de febrero del año 2024
Atentamente,



John José Santos Gómez
CI: 0924114739



Sheylah Hermaione Hoppe Martínez
CI: 0954197448

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Brenda Patricia López Ulloa con documento de identificación N° 0960450922, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación “REVISIÓN SISTEMÁTICA DEL POTENCIAL PROBIÓTICO DE BIFIDOBACTERIUM SPP. PARA LA RESISTENCIA A VIBRIO SPP. PRESENTE EN CAMARONES (LITOPENAEUS VANNAMEI Y LITOPENAEUS STYLIROSTRIS)”, realizado por John José Santos Gómez con documento de identificación N° 0924114739 y por Sheylah Hermaione Hoppe Martínez con documento de identificación N° 0954197448, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 26 de febrero del año 2024
Atentamente,



MSc. López Ulloa Brenda Patricia PhD
CI: 0960450922

AGRADECIMIENTO

Le agradezco infinitamente a mi madre por darme todo el cariño, inspiración y aliento para continuar con este trabajo, por ser mi pilar fundamental, por despertarse temprano y dormir tarde por ayudarme en toda mi vida universitaria, por esos deliciosos desayunos con amor; a mi hermana, por siempre estar disponible para mí y animarme cuando perdía la esperanza, por enseñarme que la vida es más que una calificación y hacerme reír; a mi padre por llevarme hasta el fin de mundo si es necesario y sus consejos que conservaré en mi corazón; a mi tutora Brenda, por sus esfuerzos inigualables, energía inagotable y paciencia; a toda mi familia por ser personas increíbles que la vida me otorgó; a mi mejor amigo, Fernando, por motivarme constantemente a mejorar; finalmente, a mi gatita Lana, por estar siempre despierta conmigo acompañándome en mis madrugadas de trabajo.

Sheylah Hermaionie Hoppe Martínez

DEDICATORIA

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi tía y mi abuela por su constante apoyo y sus bendiciones incondicionales. A mis padres, por sus sabios consejos y por ser mi roca en momentos de estrés. A mis amigos, tutora y a Dios, por brindarme el apoyo necesario durante la realización de mi tesis y por permitirme la oportunidad de estudiar en todos estos periodos electivos.

John José Santos Gómez

RESUMEN

La industria acuícola ha crecido exponencialmente por la creciente demanda de productos marinos. Sin embargo, este crecimiento conlleva desafíos, entre ellos, las infecciones bacterianas, especialmente por *Vibrio spp.*, que representan una amenaza significativa para la producción de camarones. En este contexto, surge la necesidad de encontrar alternativas sostenibles para controlar estas infecciones. Este estudio se enfoca en investigar el potencial de *Bifidobacterium spp.* como probiótico para mejorar la resistencia de los camarones a las infecciones por *Vibrio spp.* Se llevó a cabo una exhaustiva revisión sistemática de la literatura científica, donde se recopilaron y analizaron más de 6,000 artículos, de los cuales se seleccionaron 51 para los análisis relacionados con probióticos, camarones, *Vibrio spp.* y sus interacciones. Se encontró que la administración de *Bifidobacterium spp.* puede mejorar significativamente la resistencia de los camarones a las infecciones por *Vibrio spp.*, mediante la competencia por recursos y la modulación del sistema inmunológico de los hospederos. Además, se identificaron varios mecanismos de virulencia de *Vibrio spp.*, lo que contribuye a una comprensión más profunda de la dinámica de la infección. Como conclusión se destaca que este estudio proporciona evidencia sólida del potencial de *Bifidobacterium spp.* como una herramienta prometedora para el control de las infecciones bacterianas en la acuicultura. La aplicación de probióticos ofrece una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente para mejorar la salud de los camarones y reducir las pérdidas económicas asociadas con las enfermedades bacterianas. Estos hallazgos tienen importantes implicaciones para la industria acuícola y la seguridad alimentaria, destacando la necesidad de seguir investigando en esta área para desarrollar estrategias efectivas de manejo de enfermedades en el futuro.

PALABRAS CLAVE: Vibriosis, acuicultura, camarón, probiótico, *Bifidobacterium spp.*

ABSTRACT

The aquaculture industry has grown exponentially due to the increasing demand for marine products. However, this growth comes with challenges, including bacterial infections, especially *Vibrio spp.*, which significantly threaten shrimp production. In this context, the need arises to find sustainable alternatives to control these infections. This study investigates the potential of *Bifidobacterium spp.* as a probiotic to improve the resistance of shrimp to infections by *Vibrio spp.* An exhaustive systematic review of scientific literature was carried out, where more than 6,000 articles were collected and analyzed, of which 51 were selected for analyses related to probiotics, shrimp, *Vibrio spp.*, and their interactions. The results show promising potential of *Bifidobacterium spp.* as a probiotic agent in aquaculture. It was found that the administration of *Bifidobacterium spp.* can significantly improve the resistance of shrimp to infections by *Vibrio spp.*, through resource competition and modulation of host immune systems. Furthermore, several virulence mechanisms of *Vibrio spp.* were identified, contributing to a deeper understanding of infection dynamics. In conclusion, it is highlighted that this study provides solid evidence of the potential of *Bifidobacterium spp.* as a promising tool for controlling bacterial infections in aquaculture. Applying probiotics offers a sustainable and environmentally friendly alternative to improve shrimp health and reduce economic losses associated with bacterial diseases. These findings have important implications for the aquaculture industry and food safety, highlighting the need for further research in this area to develop effective disease management strategies in the future.

KEY WORDS: Vibriosis, aquaculture, shrimp, probiotic, *Bifidobacterium spp.*

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| Capítulo I | 1 |
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1 Antecedentes | 1 |
| 1.2 Planteamiento Del Problema | 2 |
| 1.3 Justificación | 4 |
| 1.4 Objetivos | 6 |
| 1.4.1 Objetivo General | 6 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos | 6 |
| 1.5 Hipótesis | 7 |
| Capítulo II | 8 |
| 2. Marco Teórico | 8 |
| 2.1 Industria Acuícola | 8 |
| 2.2 Sector Camaronero | 9 |
| 2.2.1 <i>Litopenaeus vannamei</i> | 10 |
| 2.2.2 <i>Litopenaeus stylirostris</i> | 11 |
| 2.2.3 Alerta Por Vibriosis | 12 |
| 2.3 <i>Vibrio spp.</i> | 13 |
| 2.3.1 <i>Vibrio vulnificus</i> | 14 |
| 2.3.2 <i>Vibrio parahaemolyticus</i> | 15 |
| 2.3.3 <i>Vibrio cholerae</i> | 16 |
| 2.4 Utilización De Antibióticos En Vibriosis | 16 |
| 2.5 <i>Bifidobacterium Spp.</i> | 18 |
| Capítulo III | 22 |
| 3. Metodología | 22 |
| 3.1 Estrategia Metodológica | 22 |
| 3.2 Búsqueda De Literatura | 22 |
| Capítulo IV | 26 |
| 4. Resultados | 26 |
| Selección De Estudios | 26 |
| 5. Discusión | 31 |
| 6. Conclusiones | 38 |
| 7. Recomendaciones | 40 |
| 8. Bibliografía | 41 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Clasificación taxonómica de <i>Vibrio</i> spp. obtenida en ITIS (Integrated Taxonomic Information System) | 14 |
| Tabla 2. Número de resultados por base de datos y palabras de búsqueda categorizados entre sin filtros y con los criterios de exclusión. | 27 |
| Tabla 3. Número de resultados de artículos totales disponibles. | 27 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. <i>Litopenaeus vannamei</i> (whiteleg shrimp) | 10 |
| Figura 2. <i>Litopenaeus Stylirostris</i> . | 12 |
| Figura 3. Transferencia de genes. | 18 |
| Figura 4. Estrategia para la selección de cepas probióticas | 20 |
| Figura 5. Diagrama de flujo para la selección y descarte de artículos para revisión bibliográfica. | 26 |
| Figura 6. Densidad de visualización de la herramienta de información Scopus con palabras clave “Vibrio AND shrimp”. | 28 |
| Figura 7. Densidad de visualización de la herramienta de información Scopus con palabras clave “Vibriosis AND probiotics”. | 29 |
| Figura 8. Relación de búsquedas digitales específicas al tema de investigación con las palabras clave “bifidobacterium AND probiotics AND shrimp”.. | 29 |
| Figura 9. Documentos registrados por territorio con la búsqueda ‘Vibrio AND shrimp’ en plataforma Scopus.. | 30 |
| Figura 10. Documentos registrados por año con la búsqueda ‘Vibrio AND shrimp’ en plataforma Scopus. | 30 |
| Figura 11. Sistema de secreción tipo VI en bacterias. | 32 |
| Figura 12. Diferencias físicas entre un camarón sano y un camarón con la enfermedad de necrosis aguda del hepatopáncreas (AHPND). | 33 |
| Figura 13. Información sobre el alineamiento entre <i>P. japonicus</i> y <i>L. vannamei</i> . | 36 |
| Figura 14. Resumen gráfico del alineamiento entre <i>P. japonicus</i> y <i>L. vannamei</i> . | 36 |
| Figura 15. Información sobre el alineamiento entre <i>P. japonicus</i> y <i>L. stylirostris</i> . | 37 |
| Figura 16. Resumen gráfico de alineamiento entre <i>P. japonicus</i> y <i>L. stylirostris</i> | 37 |

Capítulo I

1. Introducción

1.1 Antecedentes

La industria acuícola ha aumentado exponencialmente en los últimos años debido a la creciente demanda de productos del mar y la disminución de las capturas pesqueras naturales, por lo que se ha recurrido a la implementación de granjas, cubriendo la alta demanda; sin embargo, se han reportado diversas enfermedades en los cultivos, siendo el género *Vibrio spp.* el causante del mayor porcentaje de pérdidas (Novriadi, 2016). Las infecciones por *Vibrio spp.* han afectado al mercado acuicultor durante los últimos años, disminuyendo la producción, provocando grandes pérdidas económicas y aumentando los casos severos de vibriosis en humanos, infección resultante del contacto por heridas abiertas o consumo de animales marinos sin cocer (Janda *et al.*, 2015).

En diversos estudios se ha analizado la epidemiología de vibriosis, además de investigaciones acerca de la diversidad genética entre cepas de *Vibrio spp.* en distintos ambientes, pero la complejidad y grandes diferencias provocan dificultades para encontrar un posible camino para combatir la infección (Mohamad *et al.*, 2019)

En Ecuador, *Vibrio vulnificus*, *Vibrio cholerae* y *Vibrio parahaemolyticus* son las tres cepas de *Vibrio spp.* reconocidas por provocar infecciones relacionadas al consumo de animales provenientes del mar sin cocer; por lo que, se han utilizado antibióticos como florfenicoles, oxitetraciclinas y enrofloxacina en un intento de tratamiento y prevención de

enfermedades graves en las especies de cultivo (Sperling *et al.*, 2015). Es importante destacar que el uso de antimicrobianos puede ser necesario para controlar la vibriosis, no obstante, se debe usar con precaución y bajo supervisión de profesionales para evitar el desarrollo de resistencia bacteriana y minimizar el impacto ambiental.

Combatir la vibriosis en los cultivos acuícolas requiere de un enfoque multifacético que abarque medidas preventivas de manejo y tratamiento, así como el desarrollo de estrategias a largo plazo para mejorar la resistencia de los organismos cultivados. Se ha estudiado extensamente la administración de prebióticos, postbióticos, probióticos y simbióticos como medidas de control contra infecciones relacionadas a *Vibrio spp.* en camarones para la mejora de inmunidad, debido a la prohibición del uso de antibióticos en animales para el consumo, por parte de la FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos) (Abdel-Latif *et al.*, 2022).

1.2 Planteamiento del Problema

Existe una amplia diversidad de enfermedades que afectan a las especies acuícolas causadas por patógenos como virus, bacterias, hongos, entre otros (Gómez-Gil *et al.*, 2015). La mayoría de las infecciones cuentan con protocolos establecidos para la identificación respectiva del patógeno causante, sin embargo, aún se presentan lagunas de información en relación con el tratamiento, prevención y cura contra ciertos grupos de bacterias, donde el género *Vibrio spp.* es el causante principal de enfermedades en los camarones peneidos (Gómez-Gil *et al.*, 2015). El problema con este tipo de bacterias es que son imperceptibles para su detección hasta el desarrollo juvenil o adulto del camarón, lo que sugiere que las especies de *Vibrio spp.* no son sencillas de detectar (Gómez-Gil *et al.*, 2015).

Para el tratamiento se han estudiado diversos antibióticos, no obstante, la resistencia ante éstos es un conflicto recurrente en la camaronicultura, según (Aguirre Chanta *et al.* 2021), una investigación previa tuvo como objetivo caracterizar la resistencia antibiótica en *Vibrio spp.* aislados de *Litopenaeus vannamei* donde se evaluó la resistencia a 10 antibióticos y se identificaron las bacterias patógenas, de las cuales 28 cepas analizadas fueron resistentes al menos a uno de los antibióticos, 64.3% fueron multirresistentes y 50% fueron resistentes a oxitetraciclina (antibiótico común como tratamiento de enfermedades bacterianas). Asimismo, se realizó una evaluación de inhibición bacteriana con extractos de plantas medicinales como el orégano (*Origanum vulgare*) y neem (*Azadirachta indica*) con resultados negativos (Aguirre Chanta *et al.* 2021)., en consecuencia, podría sugerirse que el uso de microorganismos con potencial probiótico sería una posible alternativa como prevención y tratamiento ante este tipo de enfermedad, destacando a *Bifidobacterium spp.* como un posible aliado prometedor para estos estudios.

Dentro del panorama global relacionado con el consumo de camarones infectados por *Vibrio spp.*, se han identificado repercusiones adversas en la salud humana desde la década de 1950. Un estudio de caso específico subraya la necesidad de enfocarse en la seguridad alimentaria, ya que este tipo de infección prevalece en las zonas costeras de América (Lira Morales, 2023). En dichas regiones, las infecciones por *Vibrio parahaemolyticus* son particularmente recurrentes en productos pesqueros y mariscos donde las manifestaciones de esta enfermedad conllevan la aparición de brotes de gastroenteritis, agravándose por la presencia de cepas resistentes a antibióticos betalactámicos (antibióticos de actividad bactericida lenta) (Lira Morales, 2023). Este escenario resalta la urgencia de reforzar las medidas de inocuidad alimentaria, especialmente en áreas propensas a la proliferación de tales

patógenos, con el fin de mitigar los riesgos asociados al consumo de productos marinos (Lira Morales, 2023).

En el Ecuador, se han reportado casos de *Vibrio Cholerae* y *Vibrio parahaemolyticus* en poblaciones de peces como el Guanchiche (*Hoplias malabaricus*) en la provincia de los Ríos cantón Vinces (Álvarez-Sánchez et al., 2022). Como se ha indicado previamente, *Vibrio spp.* constituye una potencial amenaza para la seguridad alimentaria de productos de origen marino (Intriago Bermúdez, 2020), generando complicaciones económicas asociadas a la elevada prevalencia de *Vibrio spp.* en muestras de camarón procedentes de los mercados minoristas, con referencia específica al cantón Manta. (mercados Central de Manta, Playita Mía y Eloy Alfaro), de las cuales se detectaron *vibrios* potencialmente patógenos; *Vibrio cholerae*, *Vibrio parahaemolyticus* y *Vibrio vulnificus*, con una presencia de infección del 69.7%, 49.2% y 4.43% respectivamente (Intriago Bermúdez, 2020).

Basado en los datos presentados, podemos decir que la presencia de *Vibrio spp.*, puede afectar la reputación de la industria pesquera local, la percepción de que los productos del mar están contaminados resulta en una disminución de la demanda e influye negativamente en gran medida a los pescadores y comerciantes. Por otra parte, los brotes de enfermedades infecciosas generan costos significativos para el sistema de salud pública. El tratamiento de las personas afectadas, la investigación epidemiológica y las medidas de control de enfermedades pueden suponer una carga económica para el sistema de salud y, en última instancia, para la sociedad.

1.3 Justificación

Esta investigación destaca la importancia del uso de probióticos dentro de la industria acuícola, dado que es una alternativa que satisface las necesidades ambientales para el

desarrollo correcto de una acuicultura sostenible. Este tipo de agentes mejoran tanto la salud humana como la del ganado marino. Ha sido comprobado en diversos estudios que la aplicación de los probióticos además de ayudar a mantener la microbiota intestinal, son capaces de antagonizar con patógenos, colonizar el tracto gastrointestinal e incrementar la resistencia de los huéspedes ante infecciones o enfermedades (Gatesoupe, 1998).

Debido a las variaciones ambientales dentro de los sistemas de cultivos se genera un ambiente inestable que favorece la aparición y propagación de enfermedades infecciosas (Rodríguez *et al.*, 2015). Regularmente, para resolver estas afecciones se utilizaban tratamientos poco controlados con antibióticos. Ahora estos presentan restricciones para su uso, esta problemática llevó a buscar alternativas que mejoren la producción, como el uso de probióticos en la producción pecuaria (Naranjo *et al.*, 2015). Siguiendo esta sugerencia, una alternativa sería utilizar probióticos aislados de la flora natural del huésped para crear una comunidad bacteriana benéfica que proporcione beneficios fisiológicos a los animales, impidiendo el crecimiento de bacterias indeseadas, y fortaleciendo su sistema inmunológico (Rodríguez *et al.*, 2015).

Los probióticos han demostrado un gran impacto dentro de la acuicultura, referente a estimular la respuesta inmune, incrementar la supervivencia de las larvas, el apetito, la resistencia a enfermedades, asimismo, mejorar el crecimiento, rendimiento y producción, además de reducir notablemente la producción de residuos contaminantes (Pérez-Chabela *et al.*, 2020). En este estudio se plantea el uso de *Bifidobacterium spp.* como un potencial probiótico para tratamiento y prevención ante infecciones de vibriosis de las especies de camarón *Litopenaeus vannamei* y *Litopenaeus stylirostris* debido a sus beneficios demostrados,

amplia aplicabilidad, facilidad para colonización y estudios sobre los efectos de su administración (Pérez-Chabela *et al.*, 2020).

Bifidobacterium spp. no es un género bacteriano exclusivo de especies de camarones; esta especie ampliamente distribuida en el tracto intestinal de mamíferos, aves e insectos que ha demostrado tener un alto potencial como probiótico mediante el aprovechamiento de sus características funcionales, como la capacidad de sobrevivir en el intestino y la adhesión a la mucosa y/o a células epiteliales, así como las interacciones con el ambiente gastrointestinal y el metabolismo de carbohidratos (Rodríguez, 2014).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Realizar una revisión exhaustiva de la literatura científica relacionada con la interacción entre *Bifidobacterium spp.* y *Vibrio spp.*, enfocada especialmente en estudios que involucran a las especies *Litopenaeus vannamei* y *Litopenaeus stylirostris*, explorando sus mecanismos subyacentes e implicaciones biotecnológicas.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Examinar datos obtenidos de repositorios científicos e identificar patrones asociados con la resistencia a *Vibrio spp.* y la colonización de *Bifidobacterium spp.* del tracto gastrointestinal de *L. vannamei* y *L. stylirostris*.

2. Investigar los posibles mecanismos mediante los cuales *Bifidobacterium spp.* mejora la resistencia a *Vibrio spp.*, incluyendo la competencia por recursos y la modulación del sistema inmunológico.

3. Evaluar el impacto clínico y la potencial aplicabilidad de los hallazgos en *Litopenaeus vannamei* y *Litopenaeus stylirostris* en otras especies de camarones, considerando la transferibilidad de los resultados a diferentes contextos acuícolas.

1.5 Hipótesis

La administración de cepas probióticas específicas de *Bifidobacterium spp.* a las especies de camarones *Litopenaeus vannamei* y *Litopenaeus stylirostris* puede ayudar a mejorar su resistencia a las infecciones por *Vibrio spp.* Se ha observado que estos camarones son susceptibles a las infecciones por *Vibrio*, bacterias conocidas por su resistencia a los antibióticos. Dicha administración se atribuye a la competencia microbiana, la modulación del sistema inmunológico y la producción de metabolitos bioactivos por parte de *Bifidobacterium spp.* en el sistema gastrointestinal del camarón.

Capítulo II

2. Marco Teórico

2.1 Industria Acuícola

La industria acuícola es el sector dedicado a la cría, cultivo y producción de organismos acuáticos, como peces, mariscos, moluscos, crustáceos y algas en ambientes controlados con el fin de obtener alimentos, productos y subproductos acuáticos, desempeña un rol indispensable en la seguridad alimentaria, nutrición y el desarrollo económico, proporcionando alimentos de alta calidad para la dieta humana, asimismo, contribuye a la generación de empleo y la conservación de los recursos naturales (Monsalve & Quiroga, 2022)

La producción acuícola mundial se ha mantenido en crecimiento durante y después de la pandemia de COVID-19, mostrando incluso un aumento de 2,7% en 2020 referente al año previo; este crecimiento empezó desde la última década del siglo XX, con una expansión del 609% en producciones anuales de 1990-2020. (FAO, 2022).

La Zona Económica Exclusiva (área marítima que se extiende más allá de las aguas territoriales de un país costero, que mantiene los derechos exclusivos para explotar y administrar) de Latinoamérica ha aportado a más del 15% de la producción acuícola mundial, convirtiendo a la región en una fuente primordial de exportación principalmente al continente asiático y Europa, con un aumento exponencial de la demanda con el avance de los años (Muñiz *et al.*, 2022), llevando a la creación de granjas acuícolas de distintas especies en la zona costera de Ecuador.

El aumento de la importancia del sector acuicultor, ha llevado a restricciones y mejoras en la administración de políticas para la inocuidad alimentaria, bioseguridad, así como progreso en el área científica; investigando posibles mejoramientos genéticos y formulación para su alimento (Bartley, 2020).

2.2 Sector Camaronero

El cultivo de crustáceos es parte importante de la acuicultura, representando en 2018 9.4 millones de toneladas de la producción total de 82.1 millones de las cifras obtenidas por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2018). Según la FAO; en Ecuador uno de los productos principales de la acuicultura es el camarón, siendo predominante en la región Costa, mercado que resultó exitoso durante varios años, pero ha presentado una larga caída; la Cámara Nacional de Acuicultura (2023) revela los datos sobre los ingresos económicos en relación la producción, que ha resultado en pérdidas alarmantes.

Ecuador ha mantenido su auge de exportación de camarón durante la última década, no obstante, se han presentado sucesos que afectan a la industria camaronera; entre ellos se encuentran la sensibilidad del producto a cambios climáticos, infecciones virales post-larvarias como el “síndrome de la mancha blanca” causado por virus de la familia *Nimaviridae* y el “síndrome de Taura” causado por virus pertenecientes a la familia *Dicistroviridae*. (Bolaños *et al.*, 2020).

En el continente americano existen dos especies de camarones que se encuentran entre las más producidas y exportadas durante la última década que son: *Litopenaeus vannamei* y

Litopenaeus stylirostris (éste último decayendo debido a la crisis por el virus del síndrome de la mancha blanca). (Monsalve & Quiroga, 2022).

2.2.1 *Litopenaeus vannamei*

Litopenaeus vannamei, comúnmente conocido como camarón blanco del Pacífico, es una especie de camarón peneido con un cuerpo alargado y estilizado, los machos tienen una longitud que oscilan entre los 10-15 centímetros, mientras que las hembras pueden alcanzar tamaños de más de 20 centímetros. Su coloración varía desde tonos translucidos y amarillos hasta tonos marrones y verdes. La cabeza de *L. vannamei* es distintiva, con un rostro prominente y ojos negros que sobresalen. Tiene un par de antenas largas y delgadas, así como un par de anténulas más cortas (Ramos-Cruz, 2000).



Figura 1. *Litopenaeus vannamei* (whiteleg shrimp). Fuente Briggs & Fox, 2022.

Litopenaeus vannamei emerge como la especie de camarón de mayor relevancia en la acuicultura de América, esta especie es especialmente cultivada en países como Ecuador y

México (Cuzon *et al.*, 2004). *Litopenaeus vannamei* presenta un notable potencial de crecimiento y demuestra resistencia ante enfermedades virales, como la enfermedad de la cola blanca, y en cierta medida, frente a otros patógenos como el WSS (White Spot Syndrome o síndrome de la mancha blanca), esto último depende del manejo del estanque. Se ha centrado la mayor parte de la investigación en esta especie para mejorar la comprensión de su nutrición y fisiología. Actualmente, se pueden estudiar las relaciones entre la nutrición y la genética gracias a la existencia de cepas altamente endogámicas en *Litopenaeus vannamei* (Cuzon *et al.*, 2004).

Esta especie se encuentra entre las cuatro más cultivadas en granjas y entre las dos más importantes a escala industrial, junto a *Penaeus monodon*, predominante en Asia, mientras *L. vannamei* es popular en las regiones del Este debido a su facilidad para la domesticación y rapidez de reproducción. (Dastidar *et al.*, 2013).

2.2.2 *Litopenaeus stylirostris*

También denominado camarón azul debido a su coloración distintiva tiene un tamaño máximo de 23 cm y con cáscara una longitud máxima de 5.9 cm (Stimpson, 1874).



Figura 2. *Litopenaeus Stylirostris*. Fuente Darryl Jory, 2019

Litopenaeus stylirostris desempeña un papel significativo en la industria camaronera de Ecuador y otros países. La acuicultura de esta especie es una fuente crucial de ingresos para la pesca artesanal e industrial en la economía ecuatoriana (Córdova *et al.*, 2022). Asimismo, se ha investigado el crecimiento individual del camarón azul en relación con el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en una granja acuícola ubicada en el Golfo de California. Los resultados indican que ambos tipos de camarones exhiben un patrón de crecimiento asintótico y sigmoideo; la importancia económica del camarón azul y blanco se informa de cómo crece en comparación con otra especie en un lugar específico (Aragón-Noriega, 2016).

2.2.3 Alerta por Vibriosis

Vibrio spp. constituye un género de bacterias originarias de entornos acuáticos y ampliamente distribuidas en los sistemas de producción acuícola. Aunque existen numerosas especies de *Vibrio spp.* inofensivas, también se hallan frecuentemente en animales acuáticos

de granja que gozan de buena salud, existen ciertas especies y cepas de *Vibrio spp.* que actúan como agentes patógenos, dando origen a diversas enfermedades conocidas como vibriosis (Souza Valente & Wan, 2021).

La vibriosis comprende un conjunto de infecciones que afectan tanto al intestino como a otras partes del cuerpo; como úlceras en la boca, pigmentación en la piel, branquias erosionadas, necrosis en pereiópodos (apéndices salientes del tórax para el movimiento), dependiendo del avance de la infección, siendo causadas por bacterias marinas pertenecientes al género *Vibrio* (Chandrakala & Priya, 2017). Tales infecciones pueden manifestarse desde formas leves hasta condiciones severas, como el cólera y la fascitis necrotizante. La mayoría de las enfermedades asociadas a la vibriosis provienen del contacto directo con entornos marinos o del consumo de mariscos (Janda *et al.*, 2015).

A pesar de numerosos estudios orientados a entender la epidemiología de la vibriosis en la acuicultura, se han logrado avances significativos en la comprensión del agente causal y el desarrollo de esta enfermedad, no obstante, la patogénesis de la vibriosis sigue siendo un área poco clara (Mohamad *et al.*, 2019). La amplia diversidad biológica y genética de *Vibrio spp.* en el medio acuático complica la comprensión de las enfermedades transmitidas por especies individuales. De hecho, la falta de investigación sobre la infección por *Vibrio* en peces, especialmente en especies menos comúnmente reportadas (a excepción de *Vibrio anguillarum*), ha obstaculizado el progreso y ha comprometido el desarrollo de medidas curativas y preventivas efectivas para combatir esta enfermedad (Mohamad *et al.*, 2019).

2.3 *Vibrio Spp.*

Vibrio spp. es un género de bacterias gram negativas que incluye numerosas especies, algunas de las cuales son patógenas para humanos y animales, mientras que otras son

ambientales y desempeñan funciones ecológicas importantes en los ecosistemas acuáticos. Estas bacterias pertenecientes a la familia *Vibrionaceae*, dentro del orden *Vibrionales*, son generalmente curvas o con forma de coma, y poseen un solo flagelo que les confiere movilidad.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Vibrio spp.* obtenida en ITIS (Integrated Taxonomic Information System)

| Clasificación taxonómica | |
|---------------------------------|----------------------------|
| Reino | <i>Bacteria</i> |
| Subreino | <i>Negibacteria</i> |
| Filo | <i>Proteobacteria</i> |
| Clase | <i>Gammaproteobacteria</i> |
| Orden | <i>Vibrionales</i> |
| Familia | <i>Vibrionaceae</i> |
| Género | <i>Vibrio</i> |

2.3.1 *Vibrio vulnificus*

Vibrio vulnificus, una bacteria con forma de bastón y Gram negativa que pertenece a la familia *Vibrionaceae*, es un patógeno oportunista y mortal para los humanos, siendo responsable de la mayoría de las muertes vinculadas con productos del mar en todo el mundo (Heng *et al.*, 2017). La infección por *V. vulnificus* puede resultar letal, debido a su posibilidad de causar afecciones graves en heridas, las cuales podrían requerir amputación o inducir sepsis en individuos susceptibles. El tratamiento se vuelve cada vez más difícil, ya que *V. vulnificus* ha empezado a desarrollar resistencia contra ciertos antibióticos debido a su uso indiscriminado (Heng *et al.*, 2017).

Este agente patógeno genera implicaciones económicas en la atención médica y en la industria de la acuicultura, aspectos como la formación de biopelículas y la producción de

exotoxinas contribuyen a su permanencia en la naturaleza y al desarrollo de la enfermedad durante las infecciones (Choi & Choi, 2022). *Vibrio vulnificus* produce diversos factores de virulencia que mejoran su capacidad de adaptación en entornos cambiantes y amplifican los efectos perjudiciales en las células huésped, así como las respuestas inflamatorias durante las infecciones (Choi & Choi, 2022).

2.3.2 *Vibrio parahaemolyticus*

Vibrio parahaemolyticus es una bacteria Gram negativa halófila que se encuentra principalmente en productos marinos, como pescados, camarones y mariscos a nivel global, siendo la principal causa de enfermedades diarreicas transmitidas por productos del mar en humanos (Li *et al.*, 2019). Las personas de naciones tanto industrializadas como en vías de desarrollo enfrentan un riesgo elevado de experimentar los impactos perjudiciales de alimentos no seguros. A nivel mundial, *Vibrio parahaemolyticus* ha sido responsable de numerosos brotes que continúan incrementando, a pesar de la implementación de métodos de gestión apropiados. La infección asociada a esta bacteria surge por la manipulación y preparación inadecuadas de los alimentos y su capacidad para resistir la virulencia del intestino humano (Letchumanan *et al.*, 2019).

De manera significativa, investigaciones recientes han evidenciado que la mayoría de las cepas de *V. parahaemolyticus*, tanto aquellas encontradas en entornos ambientales como en contextos clínicos, presentan resistencia a diversos medicamentos. Este hecho subraya la imperante necesidad de desarrollar enfoques alternativos para el tratamiento y la prevención de estas cepas (Li *et al.*, 2019).

2.3.3 *Vibrio cholerae*

La bacteria *Vibrio cholerae* es la causa subyacente del cólera, una enfermedad diarreica grave en humanos (Cho *et al.*, 2021). Se encuentra en diversos entornos a nivel mundial, tiene un ciclo de vida que abarca etapas ambientales e infecciosas. *Vibrio cholerae* habita en ecosistemas acuáticos, tanto en condiciones de vida libre como asociada con una variedad de organismos acuáticos, y ciertas cepas pueden desencadenar epidemias en seres humanos (Bueno *et al.*, 2020).

La importancia de esta información no solo radica en aspectos epidemiológicos, sino también porque las infecciones en animales acuáticos, como peces pequeños y camarones, en sistemas de acuicultura abiertos pueden ser consumidas por aves, que luego actúan como portadoras y propagadoras del patógeno. En otras palabras, la infección puede transmitirse a través de tres vías: aves, alimentos y contaminación ambiental (Chen *et al.*, 2022).

2.4 Utilización de Antibióticos en Vibriosis

Para el tratamiento de vibriosis, se ha recurrido a un sinnúmero de antibióticos en etapas tempranas de la infección, intentando un control para reducir las pérdidas de producción y, por tanto, económicas, convirtiéndose en uno de los medios principales para el combate contra este patógeno. Sin embargo, el uso desmesurado de antibióticos de amplio espectro sin la identificación específica de la cepa, en un intento desesperado de contener la infección, provoca un incremento garrafal de resistencia a antibióticos; produciendo bacterias drogorresistentes (Xu *et al.*, 2023).

Entre los antibióticos utilizados se toma en consideración a las tetraciclinas, quinolonas y sulfonamidas, que inicialmente resultaron exitosas para reducir la tasa de mortalidad de individuos infectados por vibriosis (Kah Sem *et al.*, 2023) Algunas cepas de *Vibrio spp.* que no pertenecen a las mencionadas anteriormente, han demostrado poseer resistencia contra ciertos antibióticos, como la ampicilina y cefalexina (Pandey *et al.*, 2023). *V. parahaemolyticus* ha sido descrita como resistente, mientras *V. cholerae* aún presenta sensibilidad a azitromicina, cloranfenicoles, neomicinas, entre otros. *V. vulnificus*, en cambio, se divide en tres biotipos, y su resistencia depende de esta clasificación (Xu *et al.*, 2023), en algunos casos resulta resistente a penicilina G, ampicilina, bacitracina, entre otros (Kah Sem *et al.*, 2023).

Adicionalmente, es posible la transmisión de genes para la resistencia antibiótica (ARGs, Antibiotic Resistance Genes), suponiendo una amenaza grave para la seguridad alimentaria debido a su extensión entre microorganismos; sea por herencia mediante transferencia vertical de genes (adquirido por ancestros) (Figura 3), o a una distinta especie por la transferencia horizontal del gen (traspaso entre especies distintas). En el caso de una hiperacumulación de genes drogorresistentes, existe la posibilidad de la producción de bacterias con alto potencial patogénico resistente a la mayoría de los antibióticos (Tao *et al.*, 2022).

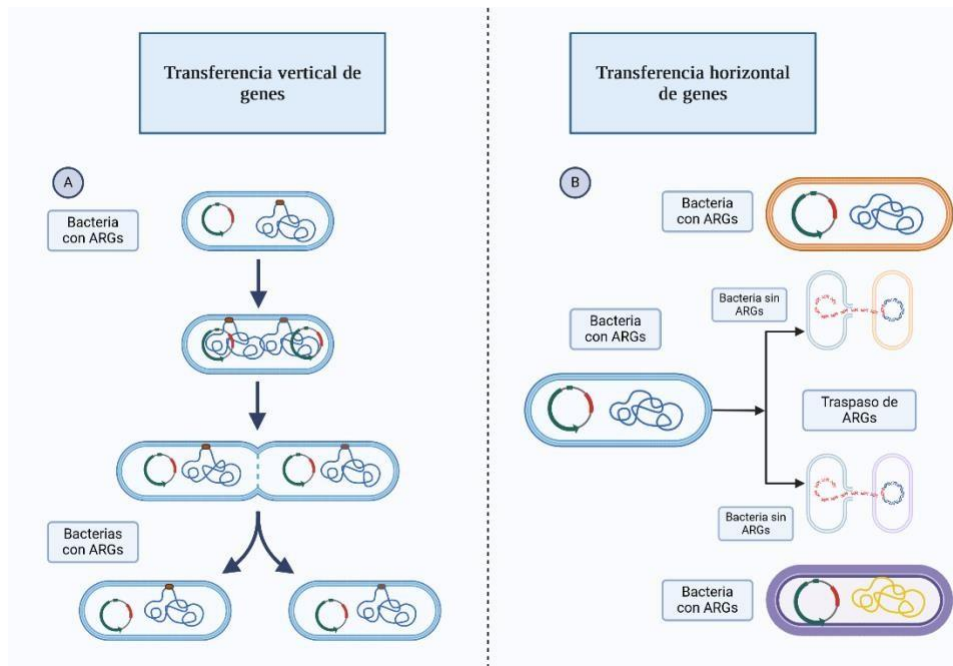


Figura 3. Transferencia de genes. **A.** En bacterias los genes de resistencia a antibióticos (ARGs) son transmitidos por varias generaciones mediante fisión binaria. **B.** Transferencia de ARGs a una distinta especie. Creada en BioRender.

En Ecuador, según el acuerdo Nro. MAP-SCI-2018-0001-A de la Subsecretaría de Calidad e Inocuidad: se encuentra prohibida la importación de antibióticos para uso acuícola, especialmente de enrofloxacina, debido a normativas estadounidenses (Destino popular para la exportación) debido al aumento de la frecuencia de resistencia de las bacterias ante las sustancias antimicrobianas (Subsecretaría de Calidad e Inocuidad, 2018).

2.5 *Bifidobacterium Spp.*

Antiguamente denominado '*Bacillus bifidus*', corresponde al género de bacterias Gram positivas, generalmente anaeróbicas (varía según la especie), productoras de ácido láctico; que pueden ser halladas en intestinos de humanos, animales e insectos, cavidad oral y vaginal, heces de infantes (Sgorbati *et al.*, 1995). Es uno de los géneros de bacteria de mayor dominancia en la microbiota intestinal, presenta un rol modulador de actividad metabólica e inmunológica,

que se ve evidenciado por la colonización intestinal en los primeros meses de vida humana (Milani *et al.*, 2014)

Esta especie de bacterias presenta la transferencia vertical de genes, su número se reduce al pasar a la adultez del individuo, por procesos complejos ocurridos en el tracto gastrointestinal, relacionados con actividad oxidativa, osmótica, sales biliares, altas temperaturas, cambios de pH, competencia con otras bacterias, entre otros (Alessandri *et al.*, 2021)

Bifidobacterium spp. presenta varias características positivas relacionadas a su capacidad de adhesión a las células epiteliales, del metabolismo de glicanos del individuo hospedero, su protección contra bacterias patógenas; además, es posible la síntesis y producción de vitaminas y biomoléculas como ácido fólico, niacina, piridoxina; por lo que es utilizada comúnmente en la formulación de productos fermentados lácteos, evidenciando su potencial probiótico (Sharma *et al.*, 2021).

Durante la lactancia de infantes el proceso de fermentación lleva a cabo la elaboración de ácidos grasos de cadena corta, siendo influyentes en diversas actividades metabólicas como fuente de energía para los colonocitos, reguladores del crecimiento celular, disminución del pH intestinal y la inhibición del crecimiento de patógenos como *Escherichia coli* y *Clostridium perfringens* (Berruezo *et al.*, 2010). Incluso se ha demostrado que los probióticos en infantes son una herramienta ante enfermedades diarreicas, en enterocolitis necrosante con una disminución significativa de la mortalidad y se ha mostrado evidencia significativa en las horas de llanto en cólico del lactante (Camacho-Cruz *et al.*, 2022).

A nivel industrial el uso de *Bifidobacterium spp.* como probiótico en grandes producciones es adecuado, no obstante, es de vital importancia entender que no todas las cepas serán capaces o eficientes en la adhesión del tracto digestivo, por ello, la cepa seleccionada deberá tener ciertas características estructurales y metabólicas para cumplir con su propósito correctamente (Bibiloni, 2001). Esta situación tiene solución seleccionando cepas del mismo hábitat natural que se desea colonizar para garantizar su adaptación, y adecuándolo al mismo ambiente realizando un estudio bioquímico y fisicoquímico de los componentes que determinan esa colonización (Bibiloni, 2001).

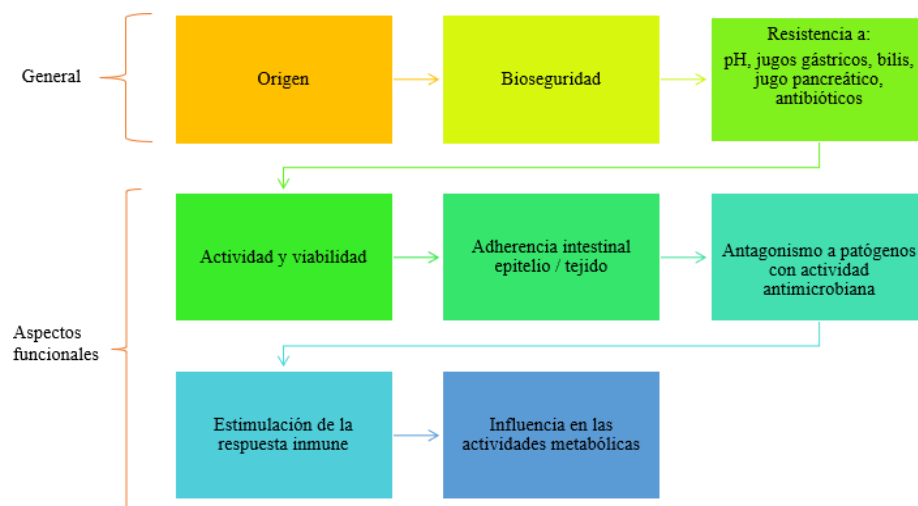


Figura 4. Estrategia para la selección de cepas probióticas. Editado de Sanders & Huis in't Veld, 1999.

Los criterios de evaluación para su selección y controles de calidad, es necesario una correcta identificación a nivel de género y especie, para respaldar que se trata de microorganismos inocuos y de grado alimentario. Debido a ello, es necesaria su identificación mediante métodos de caracterización fenotípica y genotípica (Collado Amores, 2005).

Dentro de sus características fisiológicas cuando se encuentran en ausencia de una fuente de nitrógeno orgánico segregan grandes cantidades de aminoácidos (con algunas

especies de origen animal), como treonina, alanina, valina y ácido aspártico (Collado Amores, 2005).

Con relación a sus características bioquímicas las bifidobacterias se distinguen del resto de bacterias ácido-lácticas dado que además de producir ácido láctico, también producen ácido acético como uno de sus principales productos de fermentación, sumado que no producen dióxido de carbono, ácidos butíricos y propiónicos. *Bifidobacterium spp.* degrada hexosas exclusivamente mediante la ruta fructosa-6-fosfato, que es la enzima característica para el metabolismo de azúcares (Collado Amores, 2005).

Capítulo III

3. Metodología

3.1 Estrategia Metodológica

La presente investigación se utilizará como estrategia la revisión sistemática, la cual tiene como meta acumular información sistemática y objetiva de evidencias obtenidas de estudios. Con el fin de recabar información, se tomó en consideración la metodología propuesta por (Gómez-Luna *et al.* 2014)

3.2 Búsqueda de Literatura

3.2.1 Definición del problema: Tomando en consideración la relevancia de la industria acuícola en el país y los controles necesarios para salvaguardar la salud animal y humana, se resaltó la importancia de contrarrestar las infecciones por *Vibrio spp.* en camarónicas.

3.2.2 Búsqueda sistemática: Se revisan en diferentes bases de datos de alta fiabilidad como: ScienceDirect, Scopus, EuropePMC, Pubmed, Redalyc, Dialnet, BioImage, BioStudies, Google Scholar, artículos en español e inglés relacionados con medidas de control de *Vibrio spp.*, tipos de infecciones relacionadas al género de bacterias, mejora de salud inmune de diferentes especies de camarones, utilización de probióticos, antibióticos, probióticos más utilizados y sus propiedades beneficiosas para el organismo, así como sus vías de administración y diseños metodológicos. Se utilizan las palabras clave traducidas a inglés: *Vibrio spp.*, vibriosis, camarón, probiótico, *Bifidobacterium spp* para realizar las búsquedas utilizando los operadores booleanos ‘AND’, ‘OR’ y ‘NOT’, además de la adición de filtros en cada base de datos tomando en consideración los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión:

- Estudios experimentales de especies de camarones infectadas con *Vibrio spp.*
- Estudios experimentales de especies de camarones y peces suplementados con *Bifidobacterium spp.* y sus efectos.
- Revisiones bibliográficas sobre cepas de bacterias como probióticos potenciales.
- Metodologías de administración de probióticos en especies de camarones y peces.
- Factores genéticos relacionados a: virulencia de *Vibrio spp.*, efectos de mejoría de sistema inmune a organismos huéspedes suplementados con *Bifidobacterium*, relación entre causantes de infección de distintas cepas de *Vibrio spp.*
- Investigaciones bibliográficas y experimentales en los idiomas inglés y español a nivel mundial.

Criterios de exclusión:

- Estudios experimentales o bibliográficos sobre organismos distintos a camarones, peces o humanos.
- Estudios de fuentes no oficiales, como blogs y revistas de bajo impacto y/o no indexadas.
- Artículos en un idioma distinto al inglés y español.
- Artículos de años previos a 1990.

3.2.3 Búsqueda manual: Tras haber seleccionado los 54 artículos científicos, basándonos en sus referencias, se incluyeron 12 nuevos artículos, reportes, acuerdos legales y trabajos de tesis, por considerarlos útiles en la investigación.

3.2.4 Organización de información: Una vez recolectada la evidencia científica, los artículos científicos que potencialmente podrían formar parte de la revisión sistemáticos se

organizaron según el año de su publicación, fiabilidad de la base de datos, pertinencia con el tema. Priorizando investigaciones más recientes, publicadas en revistas científicas de renombre; tomando en consideración el número de artículos publicados y las citas recibidas.

3.2.5 Análisis bibliométrico: Se utiliza la herramienta VOSviewer, para la construcción y el análisis de mapas o redes bibliométricas y visualización de la actividad científica literaria utilizando las palabras claves. Archivos provenientes de bases de datos como Web of Science, Scopus, Dimensions, Lens y PubMed.

3.2.6 Análisis de la información: Se realiza una examinación exhaustiva de los artículos recopilados, los resultados con sus respectivas conclusiones, diseños experimentales utilizados, recomendaciones sobre cepas de *Bifidobacterium spp.*, caracterización genética de cepas de *Vibrio* que representan mayor amenaza al sector camaronero, problemas con antibióticos, métodos de administración.

3.2.7 Aplicabilidad de investigaciones: En artículos sobre la administración de *Bifidobacterium spp.* para la mejora de la resistencia contra Vibriosis (estudios de supervivencia, interacciones) en otras especies de la misma familia se realiza un alineamiento múltiple de secuencias de ADN mitocondrial en el programa bioinformático BLAST para conocer la similitud entre las especies y su posible aplicabilidad.

3.2.8 Aplicación biotecnológica: Revisando todos los artículos, se busca proponer un método de control biológico para disminuir la problemática de infecciones por *Vibrio* en el

país, en este caso, se sugiere la relación entre *Bifidobacterium spp.* y la mejora del sistema inmune para aumentar la resistencia al patógeno *Vibrio spp.*

Capítulo IV

4. Resultados

Selección de estudios

Para contabilizar los artículos disponibles se realizó la importación de datos por cada base consultada con la herramienta informática Octoparse, se realizó un deduplicado manual por base; obteniendo 7.611 resultados totales con los criterios de exclusión aplicados y el deduplicado por base, para eliminar todos los títulos repetidos se realizó un deduplicado general combinando todos los artículos en un documento, obteniendo 6.896. Finalmente, se seleccionaron 54 resultados de revisión y experimentales para el análisis; y se adicionaron 12 artículos de fuentes externas, para un total de 66 artículos seleccionados. (Figura 5 y tabla 2).

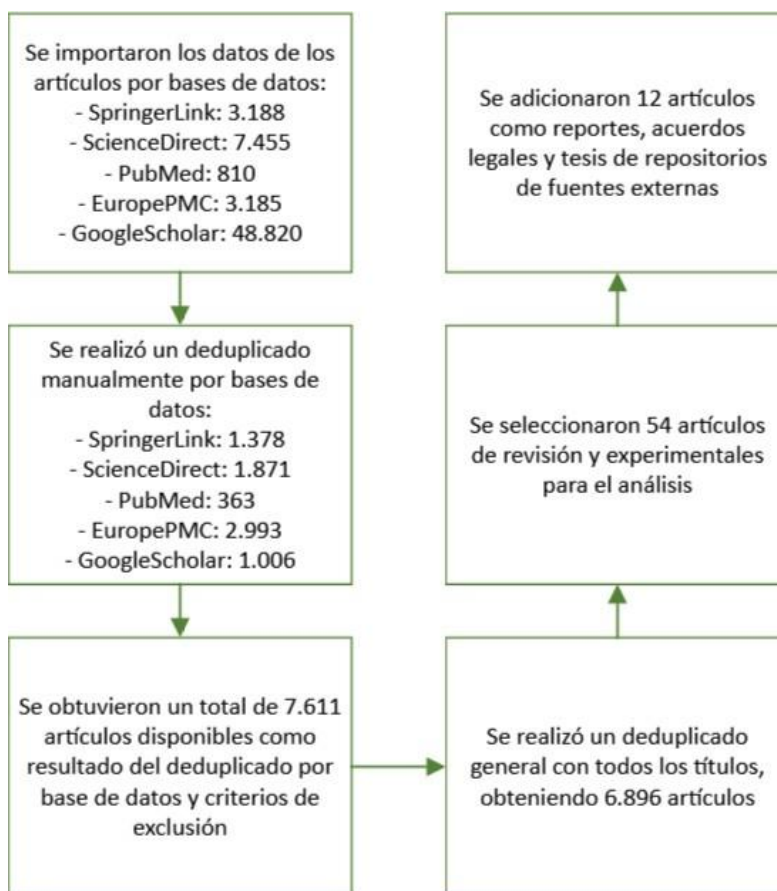


Figura 5. Diagrama de flujo para la selección y descarte de artículos para revisión bibliográfica.

Características de los estudios

En la tabla 2 es posible observar los resultados específicos al realizar las tres búsquedas utilizando las palabras claves y los operadores en bases de datos principales: ‘Vibrio AND shrimp AND fish’, ‘vibriosis AND probiotics’, ‘Bifidobacterium AND probiotics AND shrimp’. Para ‘Vibrio AND shrimp AND fish’ se encontraron 37.225 artículos, ‘Vibriosis AND probiotics’ 18.542 resultados y ‘Bifidobacterium AND probiotics AND shrimp’ 7.691 resultados. Posteriormente, de haber realizado la búsqueda exhaustiva, aplicando los criterios de exclusión fueron seleccionados un total de 63,458 artículos los cuales fueron clasificados según su base de datos, teniendo un total de 3.188 para SpringerLink, 7.455 para ScienceDirect, 810 para PubMed, 3.185 para EuropePMC, 48.820 para GoogleScholar, como se resume en la tabla 3.

Tabla 2. Número de resultados por base de datos y palabras de búsqueda categorizados entre sin filtros y con los criterios de exclusión.

| Búsqueda | Base de datos Criterio | SpringerLink | | ScienceDirect | | PubMed | | EuropePMC | | Google Scholar | |
|--|---------------------------|--------------|------------|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------|------------|
| | | Sin filtro | Con filtro | Sin filtro | Con filtro | Sin filtro | Con filtro | Sin filtro | Con filtro | Sin filtro | Con filtro |
| <i>Vibrio AND shrimp AND fish</i> | | 3.320 | 2.581 | 6.659 | 6.301 | 635 | 622 | 2.700 | 2.621 | 59.500 | 25.100 |
| <i>Vibriosis AND probiotics</i> | | 378 | 315 | 582 | 582 | 184 | 183 | 265 | 262 | 21.600 | 17.200 |
| <i>Bifidobacterium AND probiotics AND shrimp</i> | | 527 | 292 | 572 | 572 | 5 | 5 | 302 | 302 | 6.610 | 6.520 |
| | TOTAL | 4.225 | 3.188 | 7.813 | 7.455 | 824 | 810 | 3.267 | 3.185 | 87.710 | 48.820 |

Tabla 3. Número de resultados de artículos totales disponibles.

| Resultados totales con criterios de exclusión | | | | | TOTAL |
|---|---------------|-------------|--------------|----------------|--------|
| SpringerLink | ScienceDirect | PubMed | EuropePMC | Google Scholar | |
| 3188 (5,02%) | 7455 (11,75%) | 810 (1,28%) | 3185 (5,02%) | 48820 (76,93%) | 63.458 |

Análisis de densidad mediante la herramienta VOSviewer se evaluaron 3,841 artículos relacionado a las palabras clave “Vibrio AND shrimp”, “Vibriosis AND probiotics”, “bifidobacterium AND probiotics AND shrimp” obtenidos del resultado de la plataforma científica Scopus donde solo se hizo una exclusión de palabras clave en la aplicación “artículo científico” la cual no estaba directamente relacionada con la búsqueda de información científica. En la figura 6 y 7 podemos ver que las palabras con mayor densidad son especies no

de búsqueda, seguido el color verde claro con una intensidad intermedia de relación y verde oscuro que tiene una relación a las palabras clave en segundo plano, todo esto ayuda a determinar la importancia de búsqueda de artículos científicos en base a su intensificación.

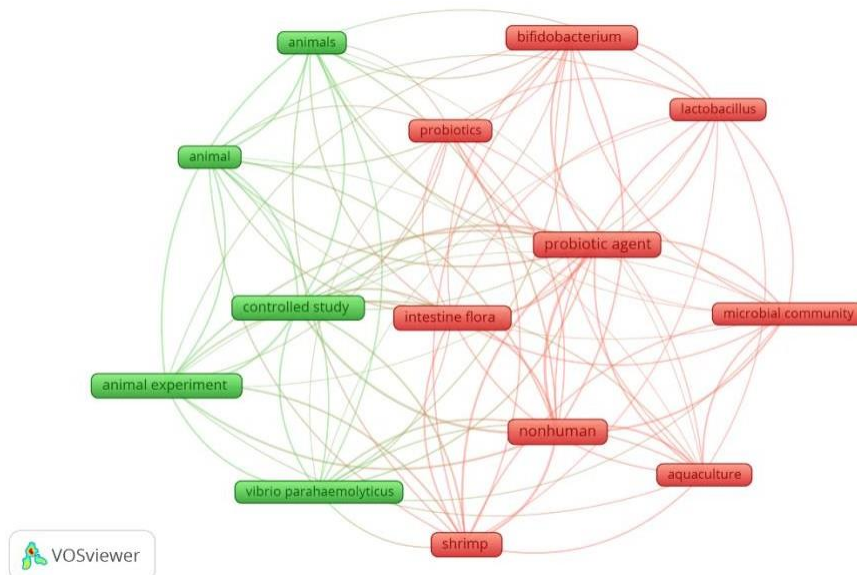


Figura 8. Relación de búsquedas digitales específicas al tema de investigación con las palabras clave “bifidobacterium AND probiotics AND shrimp”. Con únicamente 14 archivos relacionados. Empleada por redes de coocurrencia de palabras clave y de términos, obteniendo redes de concentración más específicas sobre las tendencias de investigación del tema propuesto, siendo el color rojo el más común seguido del color verde.

Al realizar un análisis por territorio y país, se muestra una destacada presencia de artículos en los continentes de Asia, América y Europa, siendo Asia el principal contribuyente al ocupar los tres primeros lugares. China lidera el listado con un total de 1,110 artículos publicados hasta el presente año, superando al segundo puesto por una diferencia de 625 documentos. Este dominio asiático refleja la relevancia y el interés que esta región tienen en la investigación sobre *Vibrio spp.* y su relación con la industrial del camarón. Además, se observa un notable aumento en el número de artículos registrados por año con las mismas búsquedas durante los últimos años (2011 a 2024). Este incremento posiblemente sugiere un creciente interés en encontrar medidas de control ante las considerables pérdidas causadas por las infecciones por *Vibrio spp.*, en el mercado acuícola, impulsando así la investigación y la implementación de estrategias preventivas.

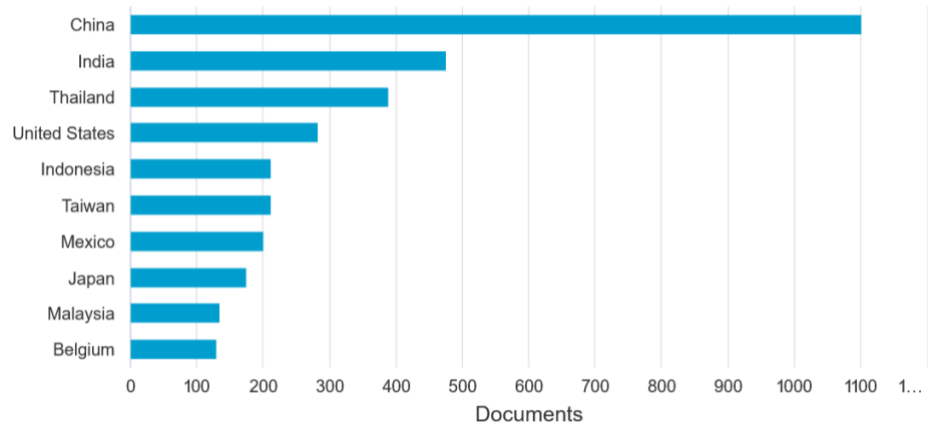


Figura 9. Documentos registrados por territorio con la búsqueda 'Vibrio AND shrimp' en plataforma Scopus. China liderando por 1.110 artículos publicados, India y Tailandia con 475 y 388 artículos publicados, respectivamente.

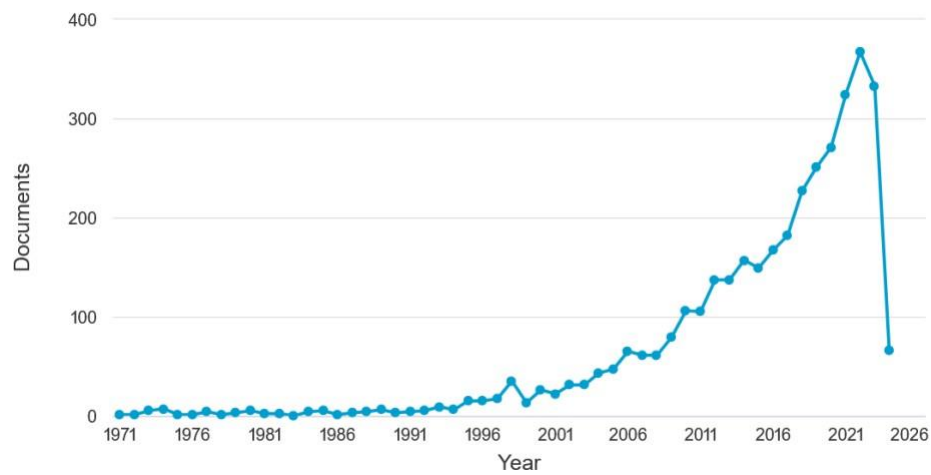


Figura 10. Documentos registrados por año con la búsqueda 'Vibrio AND shrimp' en plataforma Scopus. Aumento de artículos subidos a la plataforma Scopus en los años 2011 a 2024.

5. Discusión

En esta investigación, nos centramos en *Vibrio vulnificus*, *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus* como principales causantes de los casos de Vibriosis en *L. vannamei* y *L. stylirostris*, que han demostrado diferencias genéticas y distintas causas que provocan la infección vibriosis en camarones.

En la cepa *V. vulnificus*, se considera como uno de los factores más relevantes para la virulencia a la toxina RtxA1, de la familia de MARTX (toxinas RTX de autoprosesamiento multifuncional), que provoca la permeabilización de la membrana al contacto con otras células durante la competencia bacteriana e infecciones, protegiendo a *V. vulnificus* del proceso de fagocitosis (Kuo *et al.*, 2015). RtxA1 es causante de la muerte de células epiteliales del intestino, induciendo la sepsis (Li & Wang, 2020).

En la cepa *V. cholerae*, dos factores son determinantes para la magnitud de virulencia de la bacteria; la toxina cholera (CT) y la toxina corregulada pilus (TCP) reguladas por T6SS (Sistema de Secreción Tipo 6), un mecanismo que funciona como transportador para la competencia con otras bacterias, debilitando la membrana celular de éstas. Figura 11. (Cho *et al.*, 2021) Stolle *et al.* (2021) sugiere que la activación de T6SS induce la capacidad de los patógenos de colonización del tracto intestinal, en el caso de *V. cholerae* es de modo no dirigido, sin necesidad de un ataque inicial de otras bacterias. Se compone de 13 proteínas, lo que marca la diferencia entre una posible relación simbiótica y una antagonista frente a otras bacterias (Russell *et al.*, 2014).

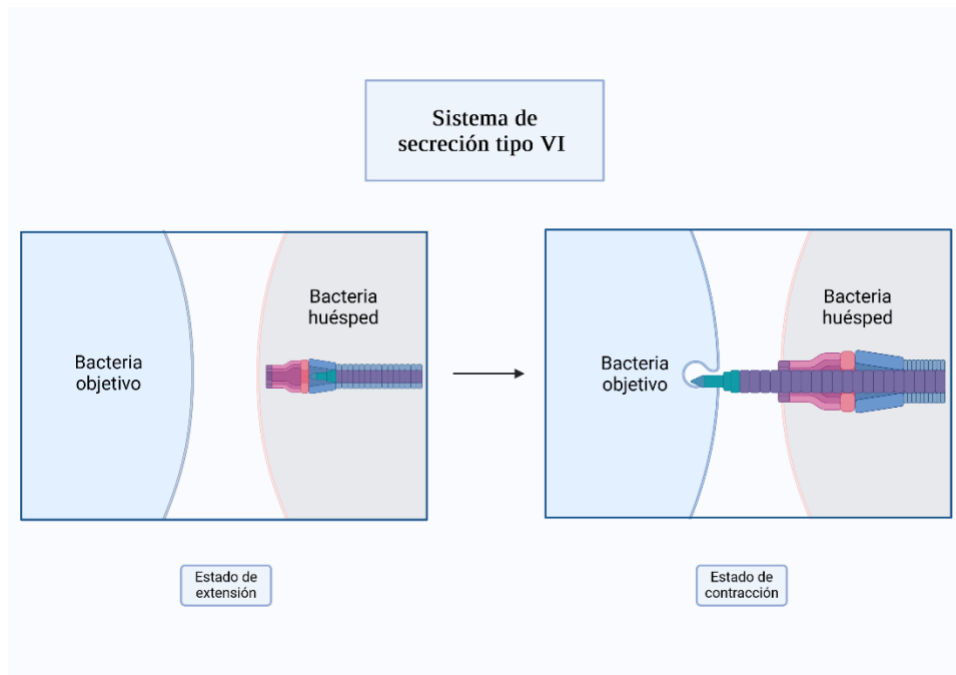


Figura 11. Sistema de secreción tipo VI en bacterias. La bacteria huésped activa el mecanismo T6SS, que actúa como una nano-jeringa con células de otro individuo secretando sustancias características del organismo huésped. Creado en BioRender.

En *V. cholerae*, la mayoría de los componentes de T6SS se encuentran codificados en el cromosoma II, siendo el gen *VgrG* el responsable de la actividad antibacteriana (Crisan *et al.*, 2019). Una similitud notable entre *V. vulnificus* y *V. cholerae* es la aparición de toxinas del grupo MARTX A, aunque mantengan distintos mecanismos y los genes codificantes no son iguales; la repetición de esta toxina es clave para determinar la virulencia (Cho *et al.*, 2021).

La cepa *V. parahemolyticus* es una de las principales causantes de AHPND (Enfermedad de necrosis aguda del hepatopáncreas), un tipo de infección de las enfermedades de Vibriosis, posiblemente causada por las toxinas Pir (Photorhabdus relacionadas a insectos); que producen muerte celular en el hepatopáncreas (glándula digestiva) (Zheng *et al.*, 2018).

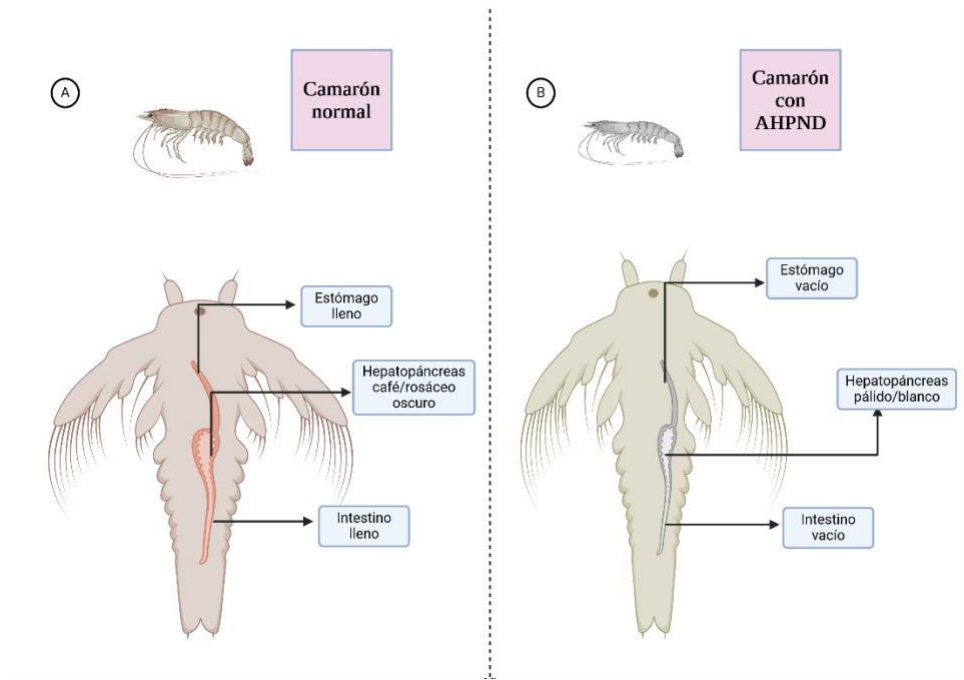


Figura 12. Diferencias físicas entre un camarón sano y un camarón con la enfermedad de necrosis aguda del hepatopáncreas (AHPND). A. Estómago lleno, hepatopáncreas de tonalidad café o rosácea oscura, intestino lleno. B. Bajo peso, estómago vacío, hepatopáncreas de tonalidad pálida o blanco, intestino vacío. Creado en BioRender.

Para su defensa durante la infección por AHPND causada por *V. parahaemolyticus*; *L. vannamei* en una investigación demostró componentes celulares y humorales como parte de su respuesta inmune; que se activan por mecanismos como el sistema antioxidante, proteínas relacionadas a la apoptosis, hemolinfa, entre otros; la hemocianina (proteína en la hemolinfa) presenta una respuesta inmune no específica y actividad neutralizante de toxinas (Velázquez-Lizárraga *et al.*, 2019).

Sin embargo, no todas las cepas *Vibrio spp.* presentan patogenicidad, se encuentran comúnmente en ecosistemas acuáticos e incluso tienen propiedades que pueden convertirlos en candidatos eficientes para probióticos como tratamiento para Vibriosis; como *Vibrio diabolicus* y *Vibrio hepatarius*, investigadas por sus ventajas prometedoras y características que permiten que califiquen como bacterias beneficiosas para el organismo huésped, como estimular el

sistema inmune para mejorar la supervivencia y su facilidad para la colonización del organismo (Ramirez *et al.*, 2022).

Las principales bacterias utilizadas como probióticos pertenecen a la familia de bacterias de ácido láctico (LAB), común en productos fermentados y en el intestino humano. En las cuales se encuentra *Bifidobacterium spp.*, a pesar de que no se les ha atribuido la capacidad de enfrentar enfermedades, los probióticos han desarrollado un papel importante en padecimientos/patologías intestinales como enfermedades diarreicas causadas por infecciones (Gil *et al.*, 2020).

La exclusión competitiva en el contexto de las bacterias se refiere a la capacidad de una especie bacteriana para competir de manera más efectiva por alimentos y sitios receptores en el tracto gastrointestinal que otras especies. Esta son características de las cepas con actividad probiótica y se plantea diversos mecanismos, como la reducción del pH luminal, la competencia por fuentes nutricionales y la producción de bacteriocinas o sustancias similares, para la exclusión de patógenos (Gil *et al.*, 2020).

Dentro de la actividad enzimática las bifidobacterias exponen más de 20 actividades enzimáticas diferentes, siendo la actividad β -galactosidasa la más descrita. (Gil *et al.*, 2020). *Bifidobacterium longum* contribuye a generar cambios específicos en la microbiota intestinal y además es capaz de disminuir la actividad de la β -glucuronidasa, asociada con la formación de criptas aberrantes y marcador preneoplásico temprano de carcinogénesis de colon (Mendoza Flores, 2014).

La mayoría de bacterias del género *Bifidobacterium*, como consecuencia de su actividad metabólica generan ácidos grasos de cadena corta, ejerciendo efecto en diversos tejidos como el intestino, hígado, tejidos adiposos, muscular y cerebral (Gil *et al.*, 2020).

Los ácidos grasos de cadena corta favorecen la función de barrera del epitelio por aumentar la expresión de uniones estrechas, así como la secreción de péptidos antimicrobianos, y también funcionan como inmunomoduladores (Romero, 2020). Las bacterias como *Bifidobacterium spp.* compiten por nutrientes expresando enzimas hidrolíticas que pueden metabolizar prebióticos ricos en carbohidratos de la dieta humana como los fructo-oligosacáridos y los β -galacto-oligosacáridos, útiles para la proliferación bacteriana (Romero, 2020). Es decir, que favorece la composición de la microbiota intestinal, ya sea en mayor medida de microorganismos comensales, mejorando la integridad del sistema inmunitario para la protección contra enfermedades.

Se ha mencionado que *Bifidobacterium longum* no sólo es eficiente contra patógenos bacterianos, si no que ha demostrado una variedad de áreas de aplicabilidad en la salud y acuicultura; éste presenta la capacidad de inhibir la replicación de rotavirus hasta un 36,05 %, además de proteger a las células de infecciones virales hasta un 48,50 %, así como la capacidad de desplazar e impedir la adhesión de diferentes patógenos bacterianos (Moreno-Muñoz *et al.*, 2022).

Para analizar los efectos de *Bifidobacterium spp.* en especies de camarones contra enfermedades se consideró un estudio de Itami *et al.* (1998), que demuestra que la administración de peptidoglucano extraído de la pared celular de *B. thermophilum* produce una mejora en la resistencia contra enfermedades en *Penaeus japonicus*, logrando un aumento de

la tasa de supervivencia a enfermedades como el síndrome de Mancha Blanca y competencia contra *Vibrio penaeicida*. Dado que este estudio evalúa la eficacia de *Bifidobacterium* frente a infecciones de *Vibrio Penaeus japonicus*, hemos decidido investigar la aplicabilidad de sus hallazgos en las especies de camarón de nuestro interés. Para ello, realizamos un alineamiento de secuencias de ADN mitocondrial utilizando la herramienta bioinformática BLAST. Nuestro análisis indica que existe un alto grado de similitud entre las secuencias de *L. vannamei* y *Penaeus japonicus*, con un porcentaje de identidad de 81.46%. Del mismo modo, para *L. stylirostris*, la identidad es de 81.75%, lo que sugiere una estrecha relación entre estas especies, como se muestra en las Figuras 13 a 16. Estos hallazgos nos permiten concluir que los resultados del estudio de Itami *et al.* son extrapolables a *L. vannamei* y *L. stylirostris*.

| Sequences producing significant alignments | | Download | Select columns | Show | 100 | | | |
|---|-----------------|-----------|----------------|-------------|---------|------------|----------|---------------|
| Description | Scientific Name | Max Score | Total Score | Query Cover | E value | Per. Ident | Acc. Len | Accession |
| <input checked="" type="checkbox"/> NC_009626.1 Penaeus vannamei mitochondrion, complete genome | | 12166 | 12166 | 93% | 0.0 | 81.46% | 15990 | Query_1945075 |

Figura 13. Información sobre el alineamiento entre *P. japonicus* y *L. vannamei*. Demostrando el porcentaje de identidad descrito previamente y el bajo puntaje de E-value, 0.0 indica un significativo emparejamiento biológico.

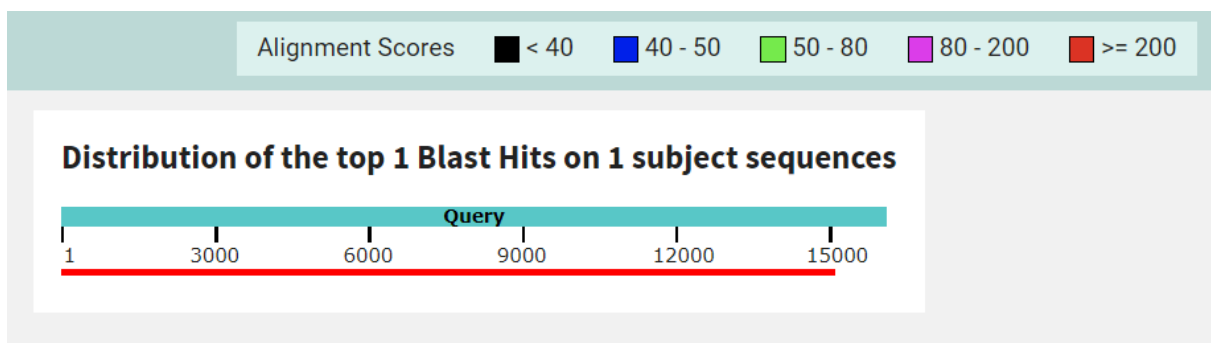


Figura 14. Resumen gráfico del alineamiento entre *P. japonicus* y *L. vannamei*. Resumen general de la secuencia de ADN mitocondrial de *L. vannamei* alineada con la secuencia de ADN mitocondrial de *P. japonicus*. La barra horizontal de color rojo demuestra una alta puntuación mayor o igual a 200, denotando una elevada similitud entre las secuencias.

| Sequences producing significant alignments | | Download | Select columns | Show | 100 | | | |
|--|-----------------|-----------|----------------|-------------|---------|------------|----------|---------------|
| Description | Scientific Name | Max Score | Total Score | Query Cover | E value | Per. Ident | Acc. Len | Accession |
| <input checked="" type="checkbox"/> NC_012060.1 <i>Litopenaeus stylirostris</i> mitochondrion, complete genome | | 12401 | 12401 | 93% | 0.0 | 81.75% | 15988 | Query_7258709 |

Figura 15. Información sobre el alineamiento entre *P. japonicus* y *L. stylirostris*. Demostrando el porcentaje de identidad descrito previamente y el bajo puntaje de E-value, 0.0 indica un significativo emparejamiento biológico.

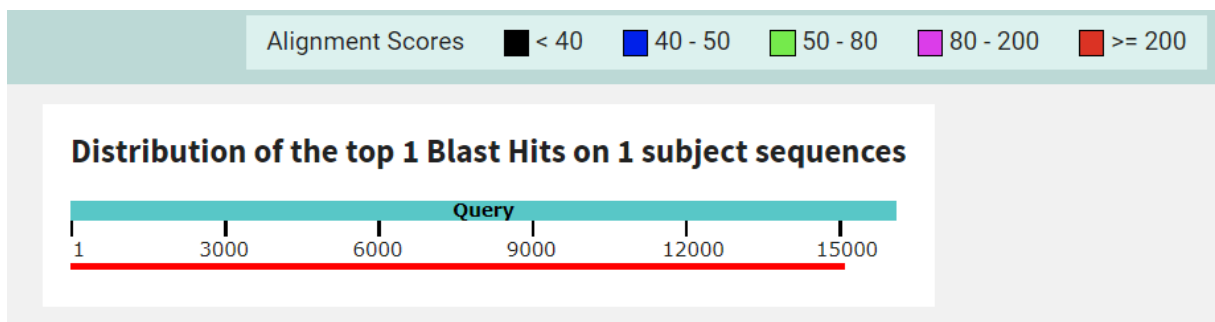


Figura 16. Resumen gráfico de alineamiento entre *P. japonicus* y *L. stylirostris*. Resumen general de la secuencia de ADN mitocondrial de *L. stylirostris* alineada con la secuencia de ADN mitocondrial de *P. japonicus*. La barra horizontal de color rojo demuestra una alta puntuación mayor o igual a 200, denotando una elevada similitud entre las secuencias.

Otro análisis experimental sobre la suplementación de *Bifidobacterium longum* y *Lactobacillus paracasei* en *Litopenaeus vannamei* para la resistencia contra *V. parahaemolyticus* realizado por Huang *et al.* (2022), reveló que *B. longum* aumenta el conteo total de hematocrito, clave para la mejora de la respuesta inmune, demostrando ser un probiótico ideal con efectos superiores a los descritos con *L. paracasei*.

Un estudio realizado a una especie acuática no relacionada a *Penaes spp.*, *Lateolabrax japonicus*, se evidenció los efectos de la suplementación de *Bifidobacterium animalis* subsp.

lactis y los cambios en la respuesta inmune; se descubrió el aumento de células T reguladoras y la mejora de la inmunidad innata posterior a la ingesta del probiótico (Xu *et al.*, 2023).

6. Conclusiones

La revisión bibliográfica detallada y el análisis crítico de la literatura científica revelan la complejidad de las interacciones entre *Bifidobacterium spp.* y *Vibrio spp.*, específicamente en el contexto de las especies de camarones *Litopenaeus vannamei* y *Litopenaeus stylirostris*, para entender esta relación se tomaron en consideración análisis experimentales y artículos de revisión.

Se determina al género *Vibrio spp.* como uno de los principales causantes de pérdidas económicas y problemas de salud para especies acuáticas y consumidores. La resistencia creciente a los antibióticos y la necesidad de abordar preocupaciones ambientales resaltan la importancia de buscar alternativas sostenibles y eficaces.

La administración de cepas específicas de *Bifidobacterium spp.* como *B. longum*, *B. thermophilum*, *B. animalis*, presentan resultados alentadores, por ende, emerge como una estrategia prometedora para mejorar la resistencia de los camarones a las infecciones por *Vibrio spp.* La evidencia presentada sugiere que los probióticos, particularmente *Bifidobacterium spp.*, influyen positivamente en la salud inmunológica de los camarones, aumentando la resistencia a enfermedades bacterianas y mejorando la tasa de supervivencia.

Los resultados también resaltan la importancia de comprender los mecanismos de acción de *Vibrio spp.*, identificando factores clave de virulencia que pueden ser blanco de intervenciones probióticas. Las diferencias genéticas y los distintos mecanismos patogénicos entre las cepas de *Vibrio spp.* subrayan la necesidad de enfoques personalizados para abordar cada especie de manera efectiva.

La metodología empleada además de una exhaustiva búsqueda de información y criterios claros de inclusión y exclusión garantiza la validez y la relevancia de los estudios

seleccionados para el análisis. La aplicación de la herramienta bioinformática BLAST permitió la evaluación del porcentaje de similitud genética entre especies de camarones, el resultado demostró la posibilidad de extrapolación de hallazgos a las especies estudiadas.

La discusión destaca estudios específicos que respaldan la hipótesis planteada, revelando mecanismos potenciales mediante los cuales *Bifidobacterium spp.* mejora la resistencia ante *Vibrio spp.* donde la identificación de toxinas y factores de virulencia específicos de *Vibrio spp.* proporcionando información valiosa para el diseño de estrategias probióticas dirigidas.

En cuanto a las aplicaciones biotecnológicas, se sugiere la implementación de *Bifidobacterium spp.* como parte de un enfoque integral para controlar las infecciones por *Vibrio spp.* en la acuicultura. Gracias a la capacidad de estas bacterias probióticas para competir por nutrientes, modular el sistema inmunológico y generar metabolitos beneficiosos resaltando su potencial como herramientas eficaces y sostenibles.

7. Recomendaciones

Debido a la escasez de investigaciones experimentales sobre el potencial probiótico de *Bifidobacterium spp.* específicamente para las especies de camarones *Litopenaeus vannamei* y *Litopenaeus stylirostris* para la resistencia contra *Vibrio spp.*, se recomienda llevar a cabo estudios *in vivo* para evaluar la eficacia de cepas específicas como probióticos en estas especies de camarones, considerando diferentes dosis, duración y frecuencia de administración de los probióticos. Esto ayudaría a eliminar la barrera de conocimiento identificada en esta revisión.

Se sugiere llevar a cabo estudios comparativos entre el uso de probióticos, en particular *Bifidobacterium spp.*, y antibióticos convencionales en términos de eficacia, resistencia bacteriana y efectos secundarios. Esto ayudaría a respaldar la viabilidad de utilizar probióticos como alternativa a los antibióticos en la camaronicultura.

Para abordar de manera integral la problemática de Vibriosis a nivel mundial y otras enfermedades en camarones que afectan al producto y al consumidor; se recomienda investigar estrategias integradas que combinen el uso de probióticos con otras prácticas de manejo, como la mejora de condiciones ambientales y la calidad del agua.

La investigación sobre el potencial probiótico de comunidades bacterianas benéficas como *Bifidobacterium spp.* en camarones es prometedora; puede contribuir significativamente a la salud y sostenibilidad de la camaronicultura. Continuar profundizando en este campo es esencial para combatir enfermedades y mejorar la producción de camarones de manera responsable.

8. Bibliografía

- Abdel-Latif, H. M. R., Yilmaz, E., Dawood, M. A. O., Ringø, E., Ahmadifar, E., & Yilmaz, S. (2022). Shrimp vibriosis and possible control measures using probiotics, postbiotics, prebiotics, and synbiotics: A review. In *Aquaculture* (Vol. 551). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.737951>
- Aguirre Chanta, L. E., Sánchez-Suárez, H. A., & Ordinola-Zapata, A. (2021). Resistencia antibiótica en *Vibrio* spp aislados de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Alternativas de tratamiento con extractos de *Azadirachta indica* y *Origanum vulgare*. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(4).
- Alessandri, G., van Sinderen, D., & Ventura, M. (2021). The genus bifidobacterium: From genomics to functionality of an important component of the mammalian gut microbiota running title: Bifidobacterial adaptation to and interaction with the host. In *Computational and Structural Biotechnology Journal* (Vol. 19). <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2021.03.006>
- Álvarez-Sánchez, A. R., Cevallos-Zambrano, J. A., Batista-Casaco, A. R., & Monge-Freile, M. F. (2022). Microbiological characterization of pathogenic *Vibrio*-like bacteria in the native species Guanchiche (*Hoplias malabaricus*) in the Vinces River, Ecuador. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 3441-3445.
- Aragón-Noriega, E. A. (2016). Crecimiento individual de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) y camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1874)(Decapoda: Penaeidae) con un enfoque multi-modelo. *Latin american journal of aquatic research*, 44(3), 480-486.
- Bartley, D. (2020). World Aquaculture 2020. In *World Aquaculture 2020 – A brief overview*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb7669en>

- Berruezo, G. F. R., Graciá, M. D. C. M., & Arques, J. A. V. (2010). Probióticos y producción de ácidos grasos de cadena corta en la salud intestinal del lactante. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*, (23), 161-168.
- Bibiloni, R. (2001). Características probióticas de *Bifidobacterium*: estudio, selección de cepas y desarrollo (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Bolaños, J., Mora, N., & Espinoza, C. (2020). Disrupción, resiliencia y evolución del sector camaronero ecuatoriano entre 2010 y 2019. *593 Digital Publisher CEIT*, 5(6–1). <https://doi.org/10.33386/593dp.2020.6-1.413>
- Bueno, E., Pinedo, V., & Cava, F. (2020). Adaptation of *Vibrio cholerae* to hypoxic environments. *Frontiers in Microbiology*, 11, 739.
- Camacho-Cruz, J., Castañeda-Gutierrez, L. D., Mongui-Gutierrez, D., Martin-Ramirez, A., Espinosa Orozco, A. M., Castillo Chiquiza, J. S., Valencia Hueras, L., et al. (2022). Probióticos: Una mirada al mecanismo de acción y aplicaciones clínicas en pediatría. *Salud Uninorte*, 38(03), 891–918. <https://doi.org/10.14482/sun.38.3.618.92>
- Cámara Nacional de Acuacultura. (2023). Sector camaronero: el principal producto de exportación denuncia abandono por parte del gobierno. Cámara Nacional de Acuacultura. <https://www.cna-ecuador.com/sector-camaronero-el-principal-producto-de-exportacion-denuncia-abandono-por-parte-del-gobierno/>
- Chandrakala, N., & Priya, S. (2017). Vibriosis in Shrimp Aquaculture A Review. *International Journal of Scientific Research in Science*, 3(2).
- Chen, Y., Ai, X., & Yang, Y. (2022). *Vibrio cholerae*: a pathogen shared by human and aquatic animals. *The Lancet. Microbe*, 3(6), e402.
- Cho, J. Y., Liu, R., Macbeth, J. C., & Hsiao, A. (2021). The Interface of *Vibrio cholerae* and the Gut Microbiome. *Gut Microbes*, 13(1).

- Choi, G., & Choi, S. H. (2022). Complex regulatory networks of virulence factors in *Vibrio vulnificus*. *Trends in Microbiology*, 30(12), 1205–1216.
- Collado Amores, M. C. (2005). Caracterización de cepas del género *Bifidobacterium* con carácter probiótico. [Universidad Politécnica de Valencia]. In Riunet. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/1907>
- Córdova, B. N. M., Maza, J. A. A., Fuentes, L. P. C., & Maldonado, M. F. S. (2022). Estrategias Competitivas en las Empresas Ecuatorianas exportadoras de Camarón hacia el Mercado Europeo. *Mikarimin. Revista Científica Multidisciplinaria*, 8(3), 41-50.
- Crisan, C. V., Chande, A. T., Williams, K., Raghuram, V., Rishishwar, L., Steinbach, G., Watve, S. S., Yunker, P., Jordan, I. K., & Hammer, B. K. (2019). Analysis of *Vibrio cholerae* genomes identifies new type VI secretion system gene clusters. *Genome Biology*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s13059-019-1765-5>
- Cuzon, G., Lawrence, A., Gaxiola, G., Rosas, C., & Guillaume, J. (2004). Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. *Aquaculture*, 235(1-4), 513-551.
- Dastidar, P. G., Mallik, A., & Mandal, N. (2013). Contribution of shrimp disease research to the development of the shrimp aquaculture industry: An analysis of the research and innovation structure across the countries. *Scientometrics*, 97(3). <https://doi.org/10.1007/s11192-013-0977-9>
- de Souza Valente, C., & Wan, A. H. L. (2021). *Vibrio* and major commercially important vibriosis diseases in decapod crustaceans. *Journal of Invertebrate Pathology*, 181.
- FAO. (2022). In *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*. <https://doi.org/10.4060>
- FAO-Fishstat. (2020). *FAO-Fisheries and Aquaculture Information and Statistics*. FAO-Fishstat.
- Gatesoupe, F. J. (1998). Uso de probióticos en acuicultura. *Avances en Nutrición Acuícola*.

- Gil, Á., Plaza-Díaz, J., Ruiz-Ojeda, F. J., Gómez-Llorente, C., & Fontana, L. (2020). Mecanismo de acción de los probióticos. *Anales de Microbiota, Probióticos y Prebióticos*, 1(1), 61-65.
- Gómez-Gil, B., Roque, A., & Soto-Rodríguez, S. (2015). Vibriosis en camarones y su diagnóstico. *Avances en acuicultura y manejo ambiental*. México. p, 137-150.
- Gómez-Luna, E., Fernando-Navas, D., Aponte-Mayor, G., & Betancourt-Buitrago, L. A. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *DYNA (Colombia)*, 81(184). <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n184.37066>
- Heng, S.-P., Letchumanan, V., Deng, C.-Y., Ab Mutalib, N.-S., Khan, T. M., Chuah, L.-H., Chan, K.-G., Goh, B.-H., Pusparajah, P., & Lee, L.-H. (2017). *Vibrio vulnificus*: An Environmental and Clinical Burden. *Frontiers in Microbiology*, 8(MAY), 997.
- Huang, H. T., Hu, Y. F., Lee, B. H., Huang, C. Y., Lin, Y. R., Huang, S. N., Chen, Y. Y., Chang, J. J., & Nan, F. H. (2022). Dietary of *Lactobacillus paracasei* and *Bifidobacterium longum* improve nonspecific immune responses, growth performance, and resistance against *Vibrio parahaemolyticus* in *Penaeus vannamei*. *Fish and Shellfish Immunology*, 128. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2022.07.062>
- Intriago Bermúdez, D. (2020). Prevalencia de vibrios patógenos en camarón de comercio minorista en mercados del cantón Manta (Master 's thesis, Calceta: ESPAM MFL).
- Itami, T., Asano, M., Tokushige, K., Kubono, K., Nakagawa, A., Takeno, N., Nishimura, H., Maeda, M., Kondo, M., & Takahashi, Y. (1998). Enhancement of disease resistance of kuruma shrimp, *Penaeus japonicus*, after oral administration of peptidoglycan derived from *Bifidobacterium thermophilum*. *Aquaculture*, 164(1-4). [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00193-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00193-8)

- Janda, J. M., Newton, A. E., & Bopp, C. A. (2015). Vibriosis. In *Clinics in Laboratory Medicine* (Vol. 35, Issue 2). <https://doi.org/10.1016/j.cll.2015.02.007>
- Kah Sem, N. A. D., Abd Gani, S., Chong, C. M., Natrah, I., & Shamsi, S. (2023). Management and Mitigation of Vibriosis in Aquaculture: Nanoparticles as Promising Alternatives. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 24, Issue 16). <https://doi.org/10.3390/ijms241612542>
- Kuo, S. Y., Chou, M. C., Lee, S. L., Wang, Y., Chen, C. L., Lin, P. T., & Lo, H. R. (2015). *Vibrio vulnificus* RtxA1 modulated calcium flux contributes reduced internalization in phagocytes. *Life Sciences*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2015.03.027>
- Letchumanan, V., Loo, K. Y., Law, J. W. F., Wong, S. H., Goh, B. H., Mutalib, N. S. A., & Lee, L. H. (2019). *Vibrio parahaemolyticus*: The Protagonist Causing Foodborne Diseases. *Progress in Microbes and Molecular Biology*, 2(1).
- Li, L., Meng, H., Gu, D., Li, Y., & Jia, M. (2019). Molecular mechanisms of *Vibrio parahaemolyticus* pathogenesis. *Microbiological Research*, 222, 43–51.
- Lira Morales, C. (2023). Detección de factores de virulencia, serotipificación y evaluación de la resistencia antimicrobiana en cepas de *Vibrio parahaemolyticus* aisladas de camarón y ostión en Sinaloa. Repositorio Institucional de Buelna. http://repositorio.uas.edu.mx/jspui/handle/DGB_UAS/501
- Mendoza Flores, P. (2014). Actividad biológica de factores extracelulares de *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium longum* sobre la línea celular HT-29 de cáncer de colon humano (Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Milani, C., Lugli, G. A., Duranti, S., Turrone, F., Bottacini, F., Mangifesta, M., Sanchez, B., Viappiani, A., Mancabelli, L., Tamini, B., Delcenserie, V., Barrangou, R., Margolles, A., Sinderen, D. van, & Ventura, M. (2014). Genomic encyclopedia of type strains of

- the genus *Bifidobacterium*. *Applied and Environmental Microbiology*, 80(20).
<https://doi.org/10.1128/AEM.02308-14>
- Mohamad, N., Amal, M. N. A., Yasin, I. S. M., Zamri Saad, M., Nasruddin, N. S., Al-saari, N., Mino, S., & Sawabe, T. (2019). Vibriosis in cultured marine fishes: a review. In *Aquaculture* (Vol. 512). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734289>
- Monsalve, E. R., & Quiroga, E. (2022). Farmed shrimp aquaculture in coastal wetlands of Latin America — A review of environmental issues. In *Marine Pollution Bulletin* (Vol. 183). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113956>
- Moreno-Muñoz, J. A., Martín-Palomas, M., & Jiménez-López, J. (2022). *Bifidobacterium longum* subsp. *infantis* CECT 7210 (*B. infantis* IM-1®) muestra actividad frente a patógenos intestinales. *Nutrición Hospitalaria*, 39(SPE3), 65-68.
- Muñiz, R. D. L. M. J., Jimber Del Río, J. A., Jiménez Beltrán, F. J., & Vera Gilces, P. (2022). The fisheries and aquaculture sector in Latin America: Exports to East Asia and production. *PloS One*, 17(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0267862>
- Naranjo, R. G., Gutiérrez, L., & RB, C. A. D. (2015). El uso de los probióticos en la industria acuícola. Artículo de revisión. *Alimentos Hoy*, 23(36), 165-178.
- Novriadi, R. (2016). Vibriosis in aquaculture. *Omni-Akuatika*, 12(1). <https://doi.org/10.20884/1.oa.2016.12.1.24>
- Pandey, R., Sharma, S., & Sinha, K. K. (2023). Evidence of Antibiotic Resistance and Virulence Factors in Environmental Isolates of *Vibrio* Species. *Antibiotics*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/antibiotics12061062>
- Pérez-Chabela, M. D. L., Alvarez-Cisneros, Y., Soriano-Santos, J., & Pérez-Hernández, M. A. (2020). Los probióticos y sus metabolitos en la acuicultura. Una Revisión. *Hidrobiológica*, 30(1), 93-105.

- Ramirez, M., Domínguez-Borbor, C., Salazar, L., Debut, A., Vizuete, K., Sonnenholzner, S., Alexis, F., & Rodríguez, J. (2022). The probiotics *Vibrio diabolicus* (Ili), *Vibrio hepatarius* (P62), and *Bacillus cereus sensu stricto* (P64) colonize internal and external surfaces of *Penaeus vannamei* shrimp larvae and protect it against *Vibrio parahaemolyticus*. *Aquaculture*, 549. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737826>
- Ramos-Cruz, S. (2000). Composición por tallas, edad y crecimiento de *Litopenaeus vannamei* (Natantia: Penaeidae), en la laguna Mar Muerto, Oaxaca-Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical*, 48(4), 873–882
- Rodríguez, I. G. (2014). Caracterización de cepas de *bifidobacterium* (Doctoral dissertation, Universidad de Oviedo).
- Rodríguez, J., Domínguez, C., Chalén, B., Agurto, G., Betancourt, I., Panchana, F., & Bayot, B. (2015). Probióticos, parte de la solución: alternativas de uso en el cultivo de camarón. VII Foro Iberoamericano de los recursos marinos y acuicultura. Fondo Editorial, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 9-22.
- Romero, S. (2020). Sistema inmune y microbiota. Coordinaciones de enseñanza y evaluación de inmunología.
- Russell, A. B., Peterson, S. B., & Mougous, J. D. (2014). Type VI secretion system effectors: Poisons with a purpose. In *Nature Reviews Microbiology* (Vol. 12, Issue 2). <https://doi.org/10.1038/nrmicro3185>
- Sanders, M. E., & Huis in't Veld, J. (1999). Bringing a probiotic-containing functional food to the market: microbiological, product, regulatory and labeling issues. *Antonie van Leeuwenhoek*, 76(4), 293–315.

- Sgorbati, B., Biavati, B., Palenzona, D. (1995). The genus *Bifidobacterium*. In: Wood, B.J.B., Holzapfel, W.H. (eds) *The Genera of Lactic Acid Bacteria. The Lactic Acid Bacteria*, vol 2. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5817-0_8
- Sharma, M., Wasan, A., & Sharma, R. K. (2021). Recent developments in probiotics: An emphasis on *Bifidobacterium*. In *Food Bioscience* (Vol. 41). <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100993>
- Sperling, L., Alter, T., & Huehn, S. (2015). Prevalence and antimicrobial resistance of *Vibrio* spp. in retail and farm shrimps in Ecuador. *Journal of Food Protection*, 78(11). <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-15-160>
- Stimpson, W. (1874). VI.—Notes on North American Crustacea, in the Museum of the Smithsonian Institution. No. III. *Annals of The Lyceum of Natural History of New York*, 10(1). <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1874.tb00028.x>
- Stolle, A. S., Meader, B. T., Toska, J., & Mekalanos, J. J. (2021). Endogenous membrane stress induces T6SS activity in *Pseudomonas aeruginosa*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(1). <https://doi.org/10.1073/pnas.2018365118>
- Subsecretaría de Calidad e Inocuidad. (2018). ACUERDO Nro. MAP-SCI-2018-0001-A. Ministerio de Acuacultura y Pesca.
- Tao, S., Chen, H., Li, N., Wang, T., & Liang, W. (2022). The Spread of Antibiotic Resistance Genes In Vivo Model. In *Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology* (Vol. 2022). <https://doi.org/10.1155/2022/3348695>
- Velázquez-Lizárraga, A. E., Juárez-Morales, J. L., Racotta, I. S., Villarreal-Colmenares, H., Valdes-Lopez, O., Luna-González, A., Rodríguez-Jaramillo, C., Estrada, N., & Ascencio, F. (2019). Transcriptomic analysis of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone 1931) in response to acute hepatopancreatic necrosis disease caused

by *Vibrio parahaemolyticus*. PLoS ONE, 14(8).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220993>

Xu, K., Wang, Y., Yang, W., Cai, H., Zhang, Y., & Huang, L. (2023). Strategies for Prevention and Control of Vibriosis in Asian Fish Culture. In *Vaccines* (Vol. 11, Issue 1).

<https://doi.org/10.3390/vaccines11010098>

Xu, P., Cui, K., Chen, L., Chen, S., & Wang, Z. (2023). Effect of dietary *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BLa80 on growth, immune response, antioxidant capacity, and intestinal microbiota of juvenile Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*). *Aquaculture International*. <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01240-2>

Zheng, Z., Wang, F., Aweya, J. J., Li, R., Yao, D., Zhong, M., Li, S., & Zhang, Y. (2018). Comparative transcriptomic analysis of shrimp hemocytes in response to acute hepatopancreas necrosis disease (AHPND) causing *Vibrio parahaemolyticus* infection.

Fish and Shellfish Immunology, 74. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.12.032>