



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

TÍTULO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Avances en el diagnóstico, prevención y tratamiento del Síndrome Bright-red
(BRS) en camarones cultivados: Una revisión.

AUTORA

Jeniffer Marisela Curillo García

TRABAJO DE TITULACIÓN

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

TUTORA

PhD. Verónica Isabel Vera Vera

Santa Elena, Ecuador

Año 2025



**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
COORDINADOR DEL
PROGRAMA**

**PhD. Verónica Isabel Vera Vera
TUTORA**

**PhD. Jorge García Regalado
ESPECIALISTA 1**

**PhD. César Molina Poveda
ESPECIALISTA 2**

**Ab. María Rivera González, Mgs.
SECRETARIA GENERAL
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 Jeniffer Marisela Curillo García , como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Acuicultura.

Atentamente,

PhD. Verónica Isabel Vera Vera
TUTORA



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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Jeniffer Marisela Curillo García

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, “Avances en el diagnóstico, prevención y tratamiento del Síndrome Bright-red (BRS) en camarones cultivados: Una revisión” previa a la obtención del título en Magíster 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 02 días del mes de diciembre del año 2025

Jeniffer Marisela Curillo García
AUTORA



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

AUTORIZACIÓN

Yo, Jeniffer Marisela Curillo García

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 02 días del mes de diciembre del año 2025


Jeniffer Marisela Curillo García
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 Avances en el diagnóstico, prevención y tratamiento del Síndrome Bright-red (BRS) en camarones cultivados: Una revisión. Presentado por la estudiante, Jeniffer Marisela Curillo García 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

 **CERTIFICADO DE ANÁLISIS**
magister

compilation 2

5%
Textos sospechosos

< 1% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas

8% Idiomas no reconocidos (ignorado)

5% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: compilation 2.docx	Depositante: Jeniffer Curillo	Número de palabras: 11.267
ID del documento: b480351fa22bac895b8b61a4d184a5d3943b8ffe	Fecha de depósito: 10/11/2025	Número de caracteres: 77.124
Tamaño del documento original: 2,01 MB	Tipo de carga: url_submission	
Autor: Jeniffer Curillo	fecha de fin de análisis: 10/11/2025	

Ubicación de las similitudes en el documento:

PhD. Verónica Isabel Vera Vera
TUTORA

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia, por su amor incondicional, apoyo constante y comprensión en cada etapa de este proceso. Su confianza en mí fue la fuerza que me impulsó a continuar, incluso en los momentos más difíciles.

A mis dos gatas, cuya compañía silenciosa y cariño incondicional me brindaron paz y alegría en los días de mayor cansancio, recordándome la importancia de las pausas y del afecto cotidiano.

Extiendo también mi gratitud a mi tutora, PhD Isabel Vera, por su guía, paciencia y compromiso durante el desarrollo de esta tesis. Su orientación académica y humana fue esencial para alcanzar los objetivos de esta investigación.

A todos ellos, gracias por acompañarme en este camino y por ser parte fundamental de este logro.

Jeniffer Marisela, Curillo Garcia

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	I
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	III
AUTORIZACIÓN	IV
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
Marco teórico	5
Importancia del cultivo de <i>Penaeus vannamei</i> en la acuicultura	5
Enfermedades relevantes en el cultivo de camarón <i>Penaeus vannamei</i>	6
Descripción del Síndrome Bright Red (BRS)	8
Factores de riesgo asociados al síndrome BRS.....	14
Estrategias de prevención, control y manejo del BRS	16
Materiales y métodos.....	17
Criterios de inclusión	17
Criterios de exclusión.....	17
Enfoque cualitativo	18
Cadena de búsqueda (Scopus).....	18
Cadena de búsqueda (Web Of Science)	18
Resultados	20
Conclusiones.....	36
Recomendaciones.....	39
BIBLIOGRAFÍA	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Terminología y descripción de las siglas/abreviaturas usadas en la cascada de señalización (Espinoza-Valles et al., 2015; S. A. Soto-Rodriguez et al., 2012)	13
Tabla 2 Revisión sistemática de la literatura (2015-2025).....	20
Tabla 3 Factores de Riesgo Identificados para el Síndrome Bright-red (BRS)	24
Tabla 4 Estrategias de Prevención del Síndrome Bright-red (BRS)	25
Tabla 5 Estrategias de Control del Síndrome Bright-red (BRS).....	26
Tabla 6 Estrategias de Manejo del Síndrome Bright-red (BRS).....	27
Tabla 7 Comparación de Estudios Clave sobre BRS / <i>V. harveyi</i>	28
Tabla 8 Implicaciones Teóricas.....	29
Tabla 9 Implicaciones Prácticas.....	30
Tabla 10 Limitaciones de la Literatura.....	31
Tabla 11 Brechas y Orientaciones Futuras de Investigación	31
Tabla 12 Producción científica (2010–2025)	32
Tabla 13 Producción país (2010–2025)	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cascada de señalización celular en <i>P. vannamei</i> al contacto con <i>Vibrio harveyi</i> CAIM 1792.....	11
Figura 2 PRISMA Flow Diagram - (Haddaway et al., 2022).....	19
Figura 2 Producción por país (2010–2025).....	34
Figura 3 WordCloud	34

ÍNDICE DE APENDICES

Anexo 1. Ficha de levantamiento de información.....	30
---	----

RESUMEN

El presente trabajo de investigación realiza una revisión sistemática sobre el Síndrome Bright-red en camarones de cultivo con el objetivo de actualizar el conocimiento sobre diagnóstico, prevención y tratamiento. Se analizaron publicaciones científicas entre 2010 a 2025. Mediante Scopus y Web of Science se seleccionó 63 artículos de un total de 520 documentos con el criterio PRISMA. Los resultados demuestran *Vibrio harveyi* cepa CAIM 1792 es el agente causal. Los factores de riesgo críticos asociados son la salinidad <15‰, temperaturas >30°C y el estrés osmótico. Algunas de las estrategias identificadas para prevenir las enfermedades por vibriosis fueron el empleo de inmunoestimulantes dietéticos, probióticos, sistemas biofloc, bacteriófagos y biosensores rápidos. Además, la región evidencia un sub-diagnóstico significativo y una falta de investigación local. Por ende, se recomienda incluir el BRS en protocolos de vigilancia epidemiológica nacional, validar estrategias de manejo ambiental y adoptar herramientas de diagnóstico temprano en la industria camaronera de Ecuador.

Palabras claves: Acuicultura, Ecuador, factores ambientales, manejo sanitario, *Vibrio harveyi*

ABSTRACT

This research presents a systematic review of Bright-Red Syndrome in farmed shrimp to update knowledge on diagnosis, prevention, and treatment. Scientific publications from 2010 to 2025 were analyzed. Using Scopus and Web of Science, 63 articles were selected from a total of 520 documents using the PRISMA criteria. The results demonstrate that *Vibrio harveyi* strain CAIM 1792 is the causative agent. Critical associated risk factors include salinity <15‰, temperatures >30°C, and osmotic stress. Some of the strategies identified to prevent vibriosis-related include the use of dietary immunostimulants, probiotics, biofloc systems, bacteriophages, and rapid biosensors. Furthermore, the region shows significant underdiagnosis and a lack of local research. Therefore, it is recommended that Bright-Red Syndrome be included in national epidemiological surveillance protocols, that environmental management strategies be validated, and that early diagnostic tools be adopted in the Ecuadorian shrimp industry.

Keywords: Aquaculture, Ecuador, environmental factors, health management, *Vibrio harveyi*

INTRODUCCIÓN

La producción de organismos acuáticos ha incrementado en los últimos años, se ha convertido en una fuente de alimento y empleo en países enfocados en la acuicultura (Mejias & Peña, 2014). El cultivo de camarón aumentó un 86% en los últimos diez años, los países asiáticos y de américa latina producen la mayor parte del camarón a nivel mundial, enfocándose en dos especies, el camarón blanco del pacifico (*Penaeus vannamei*) con el 83.1% de producción y el langostino tigre (*Penaeus monodon*) con un 11.8% (Emerenciano et al., 2022).

En América Latina, y a nivel global, uno de los mayores desafíos que enfrenta el sector acuícola son las enfermedades infecciosas, debido a las pérdidas económicas que ocasionan. Entre ellas, la enfermedad viral de la mancha blanca (WSSV), descubierto en 1999 por Jory & Dixon, provoco un impacto negativo sin precedentes en la industria acuícola de América. Posteriormente se identificaron otros brotes de enfermedades virales como el IHHNV, TSV y YHV, entre otras, según reportes de Varela & Peña 2013, luego de estos eventos la preocupación por la sanidad acuícola aumento significativamente.

A pesar de que se han implementado estrategias de manejo y prevención para combatir las enfermedades virales, en los últimos años se ha observado un aumento en la incidencia e impacto a nivel mundial de enfermedades bacterianas como la hepatopancreatitis necrotizante (Varela Mejías & Peña Navarro, 2015), la enfermedad de la necrosis aguda de la hepatopáncreas (Han et al., 2015) y el síndrome del rojo brillante o bright red (S. A. Soto-Rodriguez et al., 2003).

En 1997, en cultivos de *Penaeus monodon* en Filipinas, se reportó el síndrome “bright red” o “rojo brillante”, la agente etiológica es *Vibrio* spp (Alapide-Tendencia & Dureza, 1997). Luego de varios años, en el 2005 al noroeste de México en granjas de *Penaeus vannamei* se volvió a reportar esta enfermedad, indicando como agente causal a la cepa del *Vibrio harveyi* CAIM 1792, así mismo en pruebas *in vitro* determinaron que la dosis letal bacteriana es de 10^6 UFC sin manifestación de los signos clínicos y con 10^7 UFC hubo mortalidades con signos clínicos (S. A. Soto-Rodriguez et al., 2010).

Los signos clínicos del BRS son natación letárgica, anoréxica, cuerpo flácido mostrando manchas multifocales de coloración rojiza en la cutícula con melanosis y erosiones alrededor de ellas, ubicadas bilateralmente en la región del abdomen, que en casos graves ocasiona la muerte del camarón blanco. A nivel histológico presenta necrosis severa en los túbulos de los órganos linfoides, fibras musculares y tejido conectivo (Peña-Navarro & Varela-Mejías, 2016).

El microorganismo *V. harveyi* cepa CAIM 1792 inicia su patogénesis por medio de la adherencia alta hidrofobicidad de sus tejidos con el camarón y creación de biopelículas, que le permite colonizar los tejidos y protegerse del sistema inmune y produce sideróforos para captar hierro y proteasas para destruir tejidos, provocando necrosis y debilitamiento del organismo. La virulencia en el microorganismo se incrementa en condiciones de estrés osmótico, tanto si la salinidad es muy baja como muy alta, incrementa la expresión de factores tóxicos y la mortalidad en *P. vannamei* (Beltrán Velarde, 2011).

En el estudio de Soto-Rodriguez et al. (2012), la cepa Vh CAIM 1792, arrojó en pruebas *in vitro* con sistema multidisco múltiples cepas con los compuestos antimicrobianos de origen antibiótico en diferentes concentraciones que sólo fue resistente a ampicilina (10 lg) y carbenicilina 10 lg. El problema radica en el hecho que el consumo de antibióticos es una actividad prohibida en algunos países, ya que los residuos tienen riesgo de resistencia microbiana en seres humanos (Dawood et al., 2015; Elmahdi et al., 2016; He et al., 2016; Ng & Koh, 2017).

El síndrome Bright Red (BRS) representa una inquietud importante para la industria acuícola debido a la consecuente afectación a la salud y producción de camarón. Los signos asociados a este síndrome incluyen letargia, flacidez, anorexia con manchas rojizas multifocales en la cutícula asociadas a melanosis. En casos severos, el BRS puede originar deformaciones en el abdomen lo cual es descartado en empacadora y en casos críticos puede conducir a la muerte de los camarones afectados (Lin et al., 2010).

A pesar de los reportes iniciales en Filipinas y México, el conocimiento sobre la etiología, los factores de riesgos y estrategias de control sobre el síndrome sigue siendo

limitado. En Ecuador, la literatura científica disponible sobre este síndrome es escaso y no existe un consenso sobre la presencia, impacto real o mecanismos de manejo de la enfermedad en la producción acuícola local. Aunque algunos productores en las provincias de Guayas, Manabí y Esmeraldas, han reportado organismos con signos clínicos compatibles con BRS, estos casos no han sido documentados en publicaciones científicas o reportes técnicos oficiales (Emerenciano et al., 2022). Esta falta de información genera incertidumbre en el diagnóstico en campo, dificulta la toma de decisiones sanitarias y limita el desarrollo de estrategias basadas en evidencia. Debido a lo anterior, la unificación de conocimientos para entender el síndrome y guiar mediante prácticas adecuadas de manejo en Ecuador es necesaria.

El Síndrome Bright Red debe revisarse de forma sistemática para consolidar lo poco que ya se conoce y proporcionar una base técnica para el fortalecimiento de la vigilancia sanitaria en el cultivo de camarón. Al integrar la información disponible sobre el agente causal, mecanismos patogénicos, condiciones que favorecen su aparición y estrategias de prevención. Este estudio contribuirá a mejorar la capacidad de diagnóstico, manejo y la toma de decisiones de productores, técnicos y academia especializados. Además, el cultivo de camarón representa una de las principales actividades económicas del país, con alta relevancia social y exportadora, contar con información actualizada sobre las enfermedades emergentes resulta esencial para mitigar las pérdidas productivas y mantener la competitividad de la industria acuícola ecuatoriana.

Para llevar a cabo esta investigación se planteo la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los avances recientes (2010-2025) en el diagnóstico, la prevención y el tratamiento del Síndrome Bright-red (BRS) en camarones cultivados (*Penaeus vannamei*), y cual es la brecha de conocimiento existente, especialmente en contexto regional (Ecuador)?

Objetivo general

Realizar una actualización de la información existente sobre el Síndrome Bright-red (BRS) en camarones cultivados, mediante una revisión sistemática de la literatura científica existente en las bases de datos de internet, que permitan el incremento del conocimiento entre los sectores de producción e investigación acuícola.

Objetivos específicos

1. Identificar la literatura existente sobre el Síndrome Bright red (BRS) en camarones cultivados.
2. Investigar los factores de riesgo asociados con la aparición y propagación del Síndrome BRS en los cultivos de camarones.
3. Examinar las estrategias de prevención, control y manejo utilizadas para mitigar el impacto del BRS en la acuicultura de camarones.

Marco teórico

Importancia del cultivo de *Penaeus vannamei* en la acuicultura

La acuicultura es la actividad de producir animales y plantas en el medio acuático con técnicas enfocadas a mejorar su rendimiento, para ser usado en su mayoría en la alimentación humana. La producción mundial de la acuicultura incluye la crianza de peces, crustáceos, algas, moluscos y otros organismos, ofreciendo la posibilidad de mantener a lo largo del año la disponibilidad de estas proteínas (Espinós, 2012) . La acuicultura, se ha consolidado como el sector de producción de alimentos de origen animal con mayor crecimiento mundial, impulsada por la creciente demanda de proteína y la limitación de los recursos pesqueros extractivos (FAO, 2024).

Dentro de este sector, el cultivo de camarón destaca por ser una actividad estratégica en términos económicos y sociales, debido a la capacidad de generar empleo, dinamizar la cadena productiva local y sostener mercados internacionales de alto valor (Tacon & Metian, 2015). La producción de camarón se realiza principalmente en Asia y América latina, fundamentalmente para exportación, generando riquezas en muchos países. En Latinoamérica, *Penaeus vannamei* es la principal especie cultivada, este dominio se atribuye a factores biológicos y productivos, como: la rápida tasa de crecimiento, eficiencia de conversión alimenticia, tolerancia a un amplio rango de salinidad (0.5-45 ppt), resistencia relativa a fluctuaciones ambientales y la viabilidad de reproducción en cautiverio bajo condiciones controladas (Emerciano et al., 2022).

P. vannamei también representa a más del 80% de la producción mundial de camarón cultivado, su producción ha incrementado en las últimas dos décadas, los países latinos productores que destacan son Ecuador, México y Honduras con alrededor de 180000, 20000 y 14000 hectáreas de estanques, respectivamente (Moreno, 2010). En el caso de Ecuador la industria camaronera, empezó a desarrollarse desde el año 1968, en sus inicios se realizaba mediante pesca de arrastre en la zona costera, amenazando la biodiversidad marina. En 1969 el cultivo de camarón del país logro tener su primera piscina comercial, considerándose al país líder de cultivos extensivos (Moreno, 2010). Actualmente, el sector camaronero es el primer rubro de exportación no petrolero del país, superando los 6000 millones de dólares anuales, generando empleos directos e indirectos en zonas rurales y

costeras en las provincias costeras de Guayas, Manabí, Santa Elena y El Oro (Cámara Nacional de Acuicultura, 2023).

En Ecuador los sistemas de cultivo son el semi-intensivo e intensivo, que necesitan de un manejo estricto y la aplicación de métodos de producción adecuados. No obstante, ha aumentado los sistemas super intensivos basados en invernaderos que posibilitan una producción de alto rendimiento, sobrevivencia adecuada en tiempo y productividad. Pero, esta intensificación incrementa la vulnerabilidad sanitaria del sistema (Rimbaldo Luzon et al., 2024). La sanidad acuícola resulta afectada por fluctuaciones ambientales, cambios en la calidad de agua, movimiento constante de biomasa y densidad del cultivo que favorecen a las enfermedades infecciosas, entre ellas destacan las patologías asociadas a *Vibrio* spp (Dawood et al., 2022). Estas enfermedades tienen efectos directos en la sobrevivencia, crecimiento, conversión alimenticia y calidad del producto, afectando a la competitividad del mercado y sostenibilidad.

Enfermedades relevantes en el cultivo de camarón *Penaeus vannamei*

La intensificación del cultivo de *Penaeus vannamei* ha beneficiado a mayor producción de toneladas, pero también ha incrementado la exposición a patógenos emergentes de rápida diseminación y alta letalidad. Históricamente, la atención sanitaria se ha orientado principalmente a la mortalidad del síndrome de mancha blanca (WSSV), sin embargo, es la última década los síndromes bacterianos asociados al género *Vibrio*, tales como el Síndrome de necrosis aguda de la hepatopáncreas (AHPND) y los cuadros de vibriosis sistémica, han incrementado y provocando problemas de producción.

Dentro del grupo, el síndrome Bright Red destaca por sus signos clínicos característicamente distintivos como las manchas rojizas en la cutícula del camarón, en donde se ha determinado que el agente causal es *Vibrio harveyi* CAIM 1792, aunque la expresión depende de los factores ambientales y de manejo (Soto et al., 2010; Soto et al., 2012). El análisis comparativo de estas enfermedades permite entender por qué el BRS constituye un riesgo estratégico, especialmente en regiones con recurrentes problemas de factores ambientales, fluctuaciones de salinidad, turbidez y desequilibrio iónico, son recurrentes en zonas como Ecuador, México y Perú.

El virus de la mancha blanca WSSV, por sus siglas en inglés, fue considerado durante años el patógeno más devastador de la industria camaronera, por su capacidad para generar mortalidades superiores al 90% en 3-7 días en postlarvas y engorde. Es un virus de la familia Nimaviridae, agente infeccioso patogénico único de camarones, el cual presenta ciertas propiedades como replicación en múltiples tejidos con lo cual se produce un cuadro clínico de rápida evolución con alta mortalidad. Los signos clínicos de la WSSV incluyen letargia, manchas blancas en la cutícula, flacidez muscular y mortalidades masivas en las primeras etapas (Islam et al., 2023).

A nivel histológico, WSSV es responsable de la degradación del epitelio cuticular y la hemocitopenia grave debido a la inmunosupresión sistémica. A diferencia del WSSV, el BRS no muestra lesiones blancas sino manchas rojizas multifocales rodeadas de pigmentación melanizada periférica y daño focalizado en la cutícula y el músculo, esta influenciado en gran medida por estresores químicos agudos, osmótico y variaciones ambientales (Varela Mejías & Peña Navarro, 2013)

La enfermedad de la necrosis agua de la hepatopáncreas (AHPND) es causada por cepas de *Vibrio parahaemolyticus* que portar un plásmido que codifica las toxinas PirA y PirB, responsables de la destrucción del epitelio tubular de la hepatopáncreas, baja ingesta de alimento, mortalidades aceleradas. La colonización inicial y posterior secreción de toxinas genera necrosis rápida, es por ello que las mortalidades suelen desencadenarse en 48-72 horas post exposición a la cepa patógena (Kumar et al., 2021). Mientras AHPND destruye órganos internos, el BRS afecta principalmente a la cutícula, musculo periférico y tejidos linfoides, produciendo lesiones visibles externa, por lo que su reconocimiento en campo es más accesible (He et al., 2016)

La necrosis hepancreatica (NHP) es causada por la bacteria intracelular *Candidatus hepatobacter penaei*, la cual genera daño gradual en la hepatopáncreas, disminución progresiva del alimento, reducción del peso y mortalidades lente, este cuadro afecta directamente a la conversión alimenticia y crecimiento, sin mortalidades elevadas (Nunan et al., 2013) . A diferencia de NHP, el BRS no es una infección crónica sino un cuadro subagudo inflamatorio, condicionado por salinidad, turbidez y estrés inmunológico, capaz de desencadenar mortalidades dependiendo del grado de daño fisiológico del camarón (Soto-

Rodriguez et al., 2010).

El termino de vibriosis engloba infecciones causadas por múltiples especies del género *Vibrio* como *V. harveyi*, *V. alginolyticus*, *V. campelli* y *V. vulnificus*, cuya expresión clínica depende de la acumulación de materia orgánica, solidos en suspensión, alteraciones en el microbiota de la piscina o estanque, estrés por manejo o altas densidades (Abdel et al., 2022) . A pesar de ello, BRS no es una vibriosis inespecífica, desde que varios ensayos experimentales sugieren la cepa de *Vibrio harveyi* CAIM 1792, no solo posee alta hidrofobicidad que facilita la adhesión a la cutícula: que genera biopelículas resistentes a condiciones de pH, salinidad fluctuante, sino también produce sideróforos con alto grado de afinidad al hierro de fuente del hospedero y secreta varias proteasas extracelulares que puedan provocar necrosis localizada (Soto et al., 2012).

Descripción del Síndrome Bright Red (BRS)

El Síndrome Bright Red (BRS) fue documentado por primera vez en Filipinas y posteriormente confirmado en *P. vannamei* en México, reproduciendo experimentalmente su sintomatología al inocular *V. harveyi* CAIM 1792 en condiciones controladas, la expresión clínica esta caracterizada por mancha rojizas bilaterales en el cuerpo del camarón, melanización periférica alrededor de las lesiones, flacidez corporal y anorexia, musculo abdominal opaco en casos avanzados. Con diferencia a las enfermedades mencionadas con anterioridad, cuya aparición puede darse en áreas estables, el BRS se activa bajo condiciones ambientales de estrés, en especial ante descensos rápidos de salinidad y descompensación inmunológica inducida por nutrición o manejo (Espinoza et al., 2012). Estas se dan a menudo en áreas camaroneras ecuatorianas en donde la toma de agua dulce estuarina durante la temprana de lluvias conduce a gradientes osmóticos agudos. Por lo tanto, debe ser considerado una enfermedad de interés prioritario ya que puede ser subdiagnosticado, como vibriosis inespecífica, que requiere protocolos de manejo ambiental, no solo microbiano, tiene impacto con el crecimiento, uniformidad y descartes en planta. La falta de reportes publicados en Ecuador no implica la ausencia de la enfermedad, si no un vacío epidemiológico de gran interés económico y sostenible.

Los camarones *Penaeus vannamei* afectados por el síndrome Bright Red (BRS) pueden mostrar comportamiento letárgico, falta de apetito y flacidez muscular. El signo distintivo es la presencia de macular eritematosas multifocales en la cutícula, en algunos casos presentan erosiones con melanización alrededor, también puede observarse músculo abdominal blanquecino u opaco y deformidad abdominal. A diferencia de la vibriosis clásica, el BRS presenta un patrón de manchas rojizas en la cutícula, lo cual permite la diferenciación clínica (Vanmaele et al., 2015)

A nivel histopatológico se han reportado lesiones severas en los túbulos del órgano linfoide, fibras musculares y tejido conectivo, así como melanización y formación de nódulos hemocíticos, como respuesta del sistema inmunológico del camarón. La presencia de melanina alrededor de las lesiones representa la activación de la vía fenoloxidasa, mecanismo fundamental en la defensa humoral del camarón (Abdel-Latif et al., 2022)

En los estudios experimentales encontrados, buscaron confirmar la participación de *Vibrio harveyi* cepa CAIM 1792 como agente asociado al Síndrome Bright Red (BRS) en *Penaeus vannamei*. En uno de los reportes más representativos, la cepa bacteriana fue aislada a partir de lesiones cuticulares de camarones afectados y posteriormente identificada molecularmente mediante rep-PCR como *V. harveyi*. Posteriormente, la cepa fue reactivada y cultivada bajo distintas condiciones de salinidad (10, 20 y 40 ‰) con el fin de evaluar la influencia ambiental en su virulencia. Se llevaron a cabo pruebas de crecimiento y viabilidad, así como la obtención de productos extracelulares (PECs) mediante cultivo y filtración estéril (Soto et al., 2012).

Así mismo se evaluaron propiedades de hidrofobicidad celular, formación de biopelículas, producción de sideróforos y actividad proteolítica, las cepas se someten a desafíos experimentales en camarones juveniles inoculados con células bacterianas y productos extracelulares PECs y se evalúa la mortalidad, la aparición de signos clínicos y el daño tisular, que se respaldan en base a el análisis. Los hallazgos indicaron que la cepa CAIM 1792 es potencialmente capaz de poseer los factores de adhesión, degradación tisular y también de toxicidad (Beltrán Velarde, 2011).

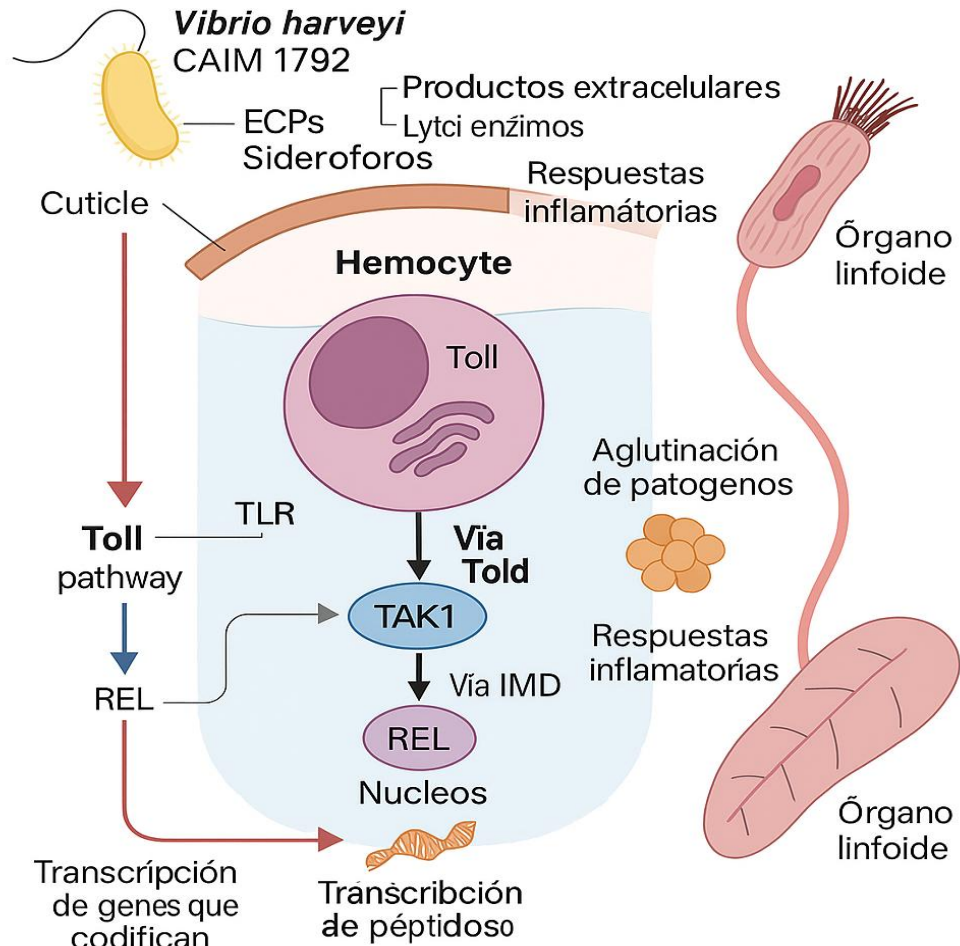
A partir del genoma de *Vibrio harveyi* CAIM 1792 y por medio de análisis comparativos con otras especies cercanas taxonómicamente del clado Harveyi, fue posible identificar en esta bacteria regiones genómicas únicas que solo se encuentran en las cepas virulentas y que guardan relación inmediata con su capacidad patogénica en camarones. Las regiones encontradas incluyen genes reguladores de la expresión de factores de virulencia, elementos encontrados en la formación y modificación de biopelículas, así como sistemas antioxidantes que favorecen en la resistencia frente al estrés oxidativo generado por la respuesta inmune del camarón.

Se identificaron islas genómicas adquiridas mediante transferencia horizontal, las cuales aportan ventajas adaptativas frente a condiciones ambientales variables. En conjunto, estos determinantes genéticos potencian la capacidad de CAIM 1792 para colonizar, persistir y causar daño en el camarón, particularmente en sistemas de cultivo intensivo donde el estrés ambiental facilita la expresión de dichos factores de virulencia (Espinoza et al., 2015)

La interacción entre *Vibrio harveyi* CAIM 1792 y el sistema inmunológico del camarón es decisivo para el desarrollo de la afección *Bright Red Syndrome BRS*. Tan pronto como las bacterias colonizan el medio interno, los camarones movilizan la llamada inmunidad innata, es decir, una serie de mecanismos de reconocimiento y respuesta basados en la denominada cascada de señalización celular. Esta cascada ayuda a identificar los elementos patogénicos del microorganismo, transmitir señales intracelulares y formar respuestas efectivas destinadas a neutralizar la infección. Comprender su funcionamiento resulta esencial, ya que de su correcta activación depende la expresión de péptidos antimicrobianos y la regulación de los procesos inflamatorios que limitan la diseminación del patógeno (Beltrán Velarde, 2011; Defoirdt, 2014; Soto-Rodriguez et al., 2012).

En la Figura 1 se representa de manera esquemática la cascada de señalización que se inicia con el reconocimiento de *V. harveyi* CAIM 1792 y culmina con la producción de péptidos antimicrobianos que contribuyen a la eliminación del patógeno y al restablecimiento del equilibrio inmunitario en *P. vannamei*. El conocimiento de esta cascada es importante para el desarrollo de estrategias preventivas y terapéuticas en el cultivo de camarón.

Figura 1. Cascada de señalización celular en *P. vannamei* al contacto con *Vibrio harveyi* CAIM 1792.



Nota: Elaboración propia. Created in BioRender. BioRender.com/w65h37

La capacidad virulenta del agente causal Vh CAIM 1792 radica en la excreción de productos extracelulares (PAE) que benefician la colonización exitosa del huésped excretando enzimas líticas, que causan daño a los tejidos del hospedero permitiéndole obtener nutrientes afectando al sistema inmunológico (Defoirdt, 2014; Vanmaele et al., 2015). Al igual que sideróforos que captan hierro del huésped. Estos productos, poseen la capacidad de formar biopelículas resistentes a factores dañinos como el calor, frío, a diferentes rangos de salinidad y compuestos antimicrobianos (Defoirdt, 2014; Finlay & Falkow, 1997; Yildiz & Visick, 2009).

Los productos extracelulares o moléculas actúan como señales de peligro (PAMPs), que son reconocidas por los receptores PGRP y TLR (Toll-like Receptors) ubicados en la superficie de los hemocitos (Fagutao et al., 2009). Una vez reconocidas las señales bacterianas, se activan dos rutas principales de señalización.

La activación de la quinasa TAK1 (Transforming growth factor-beta Activated Kinase 1) funciona como un nodo central de transducción de señales (Defoirdt, 2014). Sirve de intermediario para dos rutas simultáneas: a. Vía Toll, en la cual se activó el factor de transcripción Dorsal / Dif c. Vía IMDem, activa el factor REL, miembro de la familia NF- κ B es responsable de la regulación de los genes inmunitarios. Estas vías convergen en el núcleo del hemocito, donde estos factores REL/Dorsal inducen la transcripción de genes que codifican AMPs péptidos antimicrobianos y proteínas inflamatorias relacionadas.

Estas vías desencadena una respuesta inmunitaria celular y humoral caracterizada por la aglutinación de patógenos en donde los hemocitos liberan lectinas y factores de coagulación que provocan la unión y neutralización de bacterias, limitando su diseminación (Vargas-Albores et al., 2017). Además, por la formación de nódulos hemocíticos y melanización en el órgano linfoide, una respuesta inflamatoria que encapsula a los patógenos y destruye las células infectadas (Soto-Rodriguez et al., 2010). Así mismo por la liberación de citocinas y señales proinflamatorias que coordinan la defensa tisular y la regeneración local (Beltrán Velarde, 2011). Estas respuestas inflamatorias son esenciales para contener la infección, aunque un exceso puede resultar en daño tisular o disfunción fisiológica.

En el núcleo de los hemocitos, los factores REL/ Dorsal inducen la expresión de genes que codifican péptidos antimicrobianos (AMPs), tales como *penaeidinas*, *crustinas*, *antilipopolisacárido* (ALF) y *lysozimas*. Estos AMPs son liberados a la hemolinfa, donde destruyen las membranas bacterianas, bloquean enzimas microbianas y ayudan a restablecer el equilibrio homeostático del sistema inmunitario. Al mismo tiempo, el organismo regula la inflamación mediante retroalimentación negativa de la vía Toll, para evitar daño autoinmune o inflamación crónica (Espinoza-Valles et al., 2015).

Tabla 1 Terminología y descripción de las siglas/abreviaturas usadas en la cascada de señalización (Espinoza-Valles et al., 2015; S. A. Soto-Rodríguez et al., 2012).

Siglas	Término completo	Descripción funcional
ECP	Proteinasa Extracelular	Enzimas secretadas por <i>V. harveyi</i> que degradan tejidos del hospedero y facilitan la invasión.
PGRP	<i>Peptidoglycan Recognition Protein</i>	Receptor que reconoce el peptidoglicano bacteriano y activa la respuesta inmune innata.
TLR	<i>Toll-like Receptor</i>	Receptor transmembrana que detecta patrones moleculares asociados a patógenos (PAMPs).
TAK1	<i>Transforming growth factor-beta Activated Kinase 1</i>	Quinasa central que transmite la señal de los receptores hacia el núcleo celular.
IMD	<i>Immune Deficiency Pathway</i>	Ruta de señalización que regula genes antimicrobianos frente a bacterias Gram negativas.
REL	<i>Relish</i> (factor de transcripción NF- κ B)	Transloca al núcleo y activa la transcripción de genes de defensa.
Dorsal/Dif	Factores de transcripción	Activados por la vía Toll; promueven la síntesis de péptidos antimicrobianos.
AMPs	Péptidos Antimicrobianos	Moléculas efectoras que destruyen patógenos, regulan inflamación y protegen tejidos.
Hemocito	Célula inmunitaria del camarón	Responsable de fagocitosis, encapsulación y secreción de AMPs.
Órgano linfoide	Órgano inmunitario central en crustáceos	Participa en la filtración hemolinfática, almacenamiento de hemocitos y respuesta inflamatoria.

Nota: Tabla elaborada por autor

Factores de riesgo asociados al síndrome BRS

Las fluctuaciones ambientales y las prácticas de manejo en sistemas de cultivo son factores clave en el desarrollo del Síndrome Bright Red (BRS). La reducción brusca de la salinidad durante la temporada lluviosa genera estrés osmótico y una disminución en la capacidad inmunológica del camarón, lo que incrementa su susceptibilidad frente a *V. harveyi* CAIM 1792 (Soto-Rodríguez et al., 2010). A ello se suma la inestabilidad en la temperatura y el oxígeno disuelto, condiciones que favorecen el crecimiento de comunidades bacterianas oportunistas en detrimento del microbiota benéfico (Defoirdt, 2014).

La acumulación de materia orgánica y sedimentos anóxicos promueve ambientes reductores que estimulan la proliferación de vibrios patógenos (Thompson et al., 2022). Asimismo, altas densidades de cultivo, alimentación inadecuada y episodios de manipulación o transporte generan estrés fisiológico, disminuyen la capacidad antioxidante y facilitan la colonización bacteriana (Vargas-Albores et al., 2017). En conjunto, estos factores crean un escenario donde la virulencia de *V. harveyi* CAIM 1792 se potencia y la respuesta inmune del camarón se ve comprometida, aumentando el riesgo y severidad de los brotes de BRS. A continuación, se describe cada uno de los factores de riesgo:

Factores ambientales: Los brotes de BRS tienden a presentarse en temporada lluviosa, cuando ocurren bajas de salinidad abruptas en los estanques. Soto-Rodríguez et al., (2010) documentaron que los brotes en México ocurrían principalmente entre julio y octubre, coincidiendo con descensos de salinidad a ~10–15 ‰ por las lluvias. Las fluctuaciones drásticas de salinidad, así como de temperatura y oxígeno disuelto, ocasionan estrés osmótico e inmunológico en los camarones, volviéndolos más susceptibles a infecciones (Beltran, 2011). Estos cambios ambientales abruptos pueden deprimir la respuesta inmune de los crustáceos y aumentar su susceptibilidad a enfermedades. Investigaciones experimentales han mostrado que *V. harveyi* incrementa su virulencia en condiciones de salinidad extremas: por ejemplo, Prayitno & Latchford (1995) hallaron mayores mortalidades de larvas/postlarvas expuestas a *Vibrio* en salinidades bajas (10–15 ‰) y pH altos, sugiriendo que el estrés por salinidad induce a la bacteria a genes de virulencia (Beltran, 2011).

Factores microbiológicos: La alta presencia de bacterias patógenas del género *Vibrio* en el ecosistema de cultivo es una condición para el brote de BRS. *Vibrio harveyi* cepa CAIM 1792 fue determinado como el agente causal del síndrome BRS en camarón blanco (Soto, 2010), capaz de causar mortalidades masivas (>80% en infecciones experimentales) en camarones juveniles en <24 h (Soto, 2012). Esta cepa presenta amplio rango de tolerancia ambiental (crece en 10–40 ‰ de salinidad y 15–35 °C) y múltiples factores de virulencia: produce enzimas líticas (hemolisinas, proteasas, lipasas, etc.) y sideróforos que dañan los tejidos del camarón y esquivan sus defensas (Soto, 2012).

Manejo de cultivo y factores de estrés: Las malas prácticas de manejo predisponen al BRS. Altas densidades de siembra causan estrés crónico y permiten la dispersión rápida de patógenos en los estanques. En los brotes analizados por Soto-Rodríguez et al. (2010), las densidades de cultivo oscilaban entre 50–80 camarones/m², consideradas semi-intensivas a intensivas, y dichas granjas reportaron mortalidades acumuladas del 20–70%. La manipulación excesiva de los animales (p. ej., muestreos frecuentes, cosechas parciales o “raleos”), cambios bruscos en las condiciones del agua sin la debida aclimatación también constituyen estrés de manejo, lo que compromete la capacidad inmune de los camarones (Beltrán Velarde, 2011).

Del mismo modo, la insuficiencia o una pobre dieta pueden dañar una barrera inmunológica: podría argumentarse que dietas de mala calidad, o contaminadas o mal equilibradas podrían también incrementar la susceptibilidad a infecciones oportunistas. Aunque no existe una correlación clara entre algún ingrediente específico y la BRS, los ingredientes potenciadores de la inmunidad reforzarán a lo que se reconozca como una respuesta inmunológica y la deficiencia nutricional la deprimirá (Bai et al., 2015).

Finalmente, la co-infección con otros patógenos puede agravar la situación. En análisis de campo, algunos camarones con BRS dieron positivo concurrentemente a virus como la Mancha Blanca (WSSV) o IHHNV (Soto, 2010), lo cual sugiere un estado sanitario comprometido. Estas infecciones virales subclínicas podrían favorecer la invasión bacteriana secundaria o, inversamente, *Vibrio* podría aprovechar organismos debilitados por virus.

Estrategias de prevención, control y manejo del BRS

Dado que el BRS es una enfermedad bacteriana emergente de alto impacto, su prevención y control requieren un enfoque integral, combinando medidas de bioseguridad, manejo ambiental y estrategias terapéuticas sostenibles. A continuación, se describen las principales estrategias recomendadas para prevenir brotes de BRS y manejar su aparición en granjas camaroneras:

1. Medidas de bioseguridad (Abdel et al., 2022)
2. Manejo de salinidad y calidad de agua (De Schryver & Vadstein, 2014)
3. Control de la microbiota y uso de probióticos (Abdel et al., 2022) (De Schryver & Vadstein, 2014)
4. Herramientas de diagnóstico molecular y monitoreo (Espinoza et al., 2015)
5. Uso racional de antibióticos y sus limitaciones (Romero et al., 2012) (Lightner, 2011) (Abarike et al., 2019)
6. Medidas de control en campo y experiencias aplicadas (Subasinghe et al., 2009)
7. Enfoques novedosos y en desarrollo (Defoirdt, 2014)

Materiales y métodos

La presente revisión bibliográfica se desarrolló con un enfoque descriptivo y de síntesis cualitativa orientada a recopilar y analizar la información existente relacionada con el Síndrome Bright Red (BRS) en el cultivo de camarón. Debido a que esta condición presenta un número reducido de estudios científicos formalmente publicados y su etiología continúa siendo motivo de debate, fue necesario incluir diversas fuentes académicas y técnicas para obtener una visión integral del problema. Las pautas para la selección de la información fueron según (Gómez et al., 2014).

Con base en las pautas PRISMA 2020 y el método propuesto PICO, la metodología presentada a continuación busca sintetizar, mediante estructuración transparente y replicable, toda la evidencia científica disponible sobre el Síndrome Bright Red en camarones de cultivo, en términos de innovaciones en el diagnóstico temprano, la prevención efectiva y el manejo adecuado de la enfermedad. Estrategia de búsqueda y selección: El marco PICO se adoptó de la siguiente manera para etiquetar y delimitar el alcance del presente estudio, estableciendo las condiciones de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión

- Estudios publicados entre 2010 y 2025
- Idioma: inglés y español
- Investigación sobre el síndrome del síndrome bright red (BRS) y la infección por *Vibrio harveyi* en camarones de cultivo
- Estudios que examinan el diagnóstico, los factores de riesgo, la prevención o el tratamiento
- Artículos científicos
- Fuentes de acceso abierto o artículos recuperados de bases de datos académicas

Criterios de exclusión

- Investigación que no menciona la BRS ni a *V. harveyi* como agente causal.
- Artículo de opinión, editorial o comentario sin fundamento científico.

- Trabajos duplicados o con datos no verificables.
- Tesis, estudios experimentales, informes de casos
- Presentación web sin metodología clara o con resultados no concluyentes.

Enfoque cualitativo

La búsqueda de información se llevó a cabo en bases de datos científicas como Scopus y Web of Science, empleando combinaciones de palabras clave en español e inglés, tales como:

Cadena de búsqueda (Scopus)

(TITLE-ABS-KEY (*bright-red*) OR TITLE-ABS-KEY (*NEAR / 2 syndrome*) OR TITLE-ABS-KEY (*red-color*) OR TITLE-ABS-KEY (*disease*) OR TITLE-ABS-KEY (*red-colour*) OR TITLE-ABS-KEY (*red disease*) OR TITLE-ABS-KEY (*abdominal red*) OR TITLE-ABS-KEY (*patch*) OR TITLE-ABS-KEY (*BRS*) AND TITLE-ABS-KEY (*shrimp*) OR TITLE-ABS-KEY (*litopenaeus vannamei*) OR TITLE-ABS-KEY (*penaeus monodon*) OR TITLE-ABS-KEY (*crustacean*) AND TITLE-ABS-KEY (*vibrio harveyi*) OR TITLE-ABS-KEY (*vibriosis*)) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO (OA , "all")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE , "Spanish"))

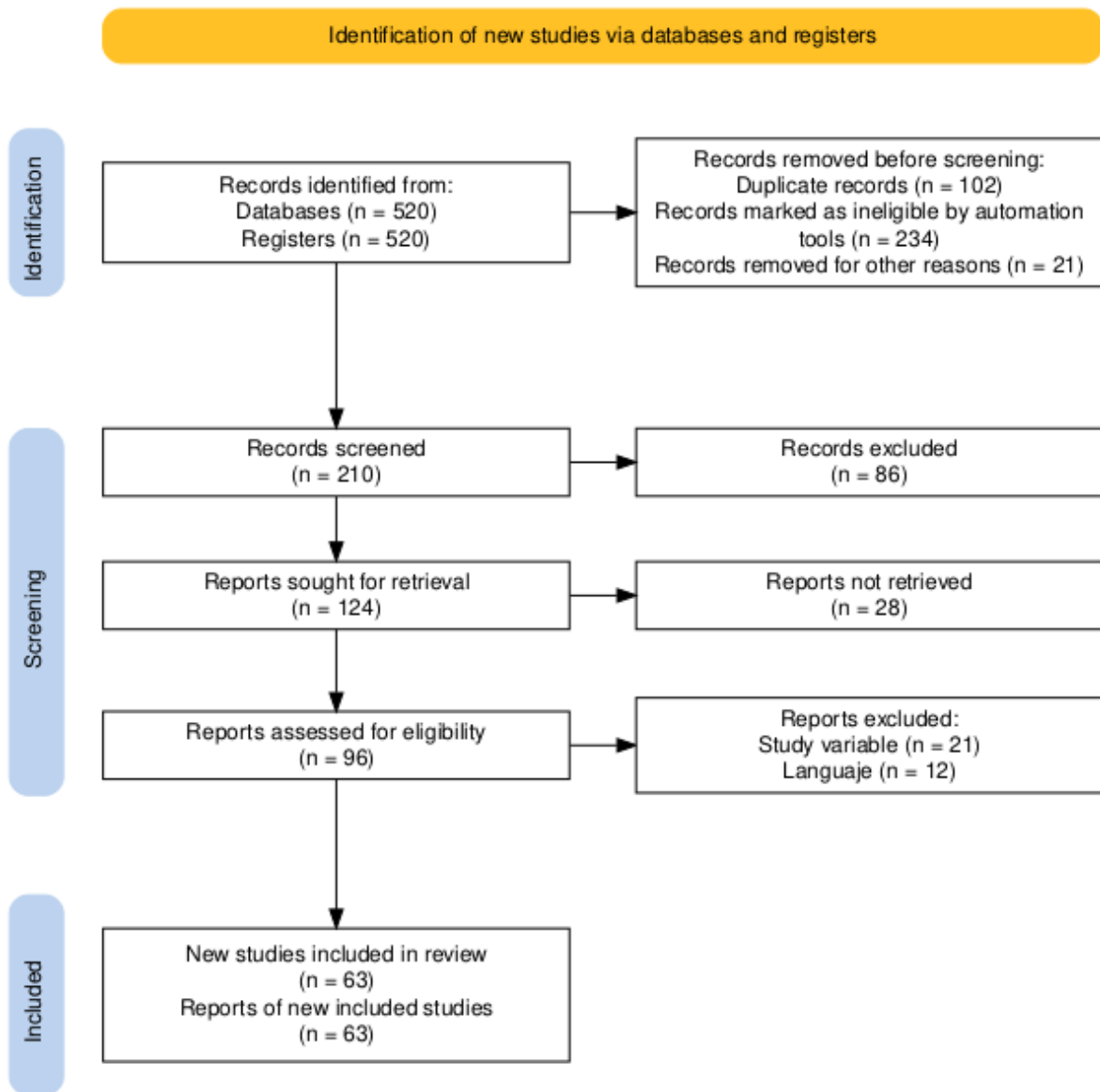
Cadena de búsqueda (Web Of Science)

bright-red (All Fields) or *BRS* (All Fields) and *shrimp* (All Fields) or *Litopenaeus vannamei* (All Fields) and *vibrio harveyi*

Una vez recopilada la información, los documentos fueron organizados y analizados mediante R-Bibliometrix; se utilizó una comparación temática, buscando identificar patrones clínicos asociados al síndrome, posibles factores predisponentes, hipótesis etiológicas propuestas, métodos diagnósticos utilizados en campo y estrategias de manejo recomendadas. Este proceso permitió elaborar una síntesis integradora orientada a comprender el estado actual del conocimiento sobre el BRS y las principales brechas que

requieren investigación posterior.

Figura 2 PRISMA Flow Diagram - (Haddaway et al., 2022)



De acuerdo a la metodología PRISMA 2020, se identificó un total de 520 artículos científicos referentes al tema, se excluyó un total de 102 documentos duplicados de las bases de datos de Scopus y Web of Science. Además de 234 documentos que no eran de acceso abierto. De la misma manera de incluyo investigaciones entre los años 2010 al 2025, quedando un total de 96 documentos, de estos se revisó si abordaban el tema o hablaban de las variables de estudio, de esta manera 63 artículos se seleccionaron para el análisis de la investigación que hablaban del caso de estudio.

Resultados

La revisión sistemática permitió caracterizar el estado del conocimiento científico sobre el Síndrome Bright Red en cultivos de camarón en el período 2010-2025, a través de la identificación de tendencias de producción, la distribución geográfica de la investigación, y la categorización temática de las estrategias reportadas para su diagnóstico, prevención y control.

Tabla 2 Revisión sistemática de la literatura (2015-2025)

Autor-año	Método	Muestra / contexto	Variables clave	Hallazgo principal	Factores de riesgo identificados	Estrategias de prevención, control y manejo	DOI
(Soto-Rodriguez et al., 2010)	Diagnóstico microbiológico, histopatología, bioensayo	Camarones <i>Litopenaeus vannamei</i> en granjas de México	Aislamiento de <i>Vibrio harveyi</i> , signos clínicos, histología	Identificación de <i>V. harveyi</i> como agente causal del Síndrome Bright-red (BRS)	Presencia de <i>V. harveyi</i> , altas temperaturas, mala calidad del agua	Uso de enrofloxacina (antibiótico) con baja CMI; necesidad de mejores prácticas de manejo	10.3354/dao02274
(El Zlitne et al., 2022)	Diagnóstico microbiológico, análisis de agua, histopatología	Camarones <i>L. vannamei</i> en estanques de tierra en Egipto	Aislamiento de <i>V. parahaemolyticus</i> y <i>V. alginolyticus</i> , parámetros del agua	Brotos masivos por vibriosis, asociados a alta temperatura (32 °C), bajo oxígeno disuelto y alta amoníaca	Alta temperatura, bajo oxígeno, alta amoníaca unión, presencia de <i>Vibrio</i> spp.	Tratamiento combinado: baños de peróxido de hidrógeno + extracto de <i>Yucca schidigera</i> + florfenicol en alimento	10.21608/ejabf.2022.239758
(Bauer et al., 2021)	Análisis microbiano, genético, parámetros de calidad de agua	Sistemas de recirculación (RAS) con <i>L. vannamei</i> a 15% y 30%	Composición de especies de <i>Vibrio</i> , factores de virulencia	A 15%, mayor presencia de <i>V. parahaemolyticus</i> , <i>V. owensii</i> y <i>V. campbellii</i> con genes de virulencia	Baja salinidad favorece la proliferación de cepas patógenas de <i>Vibrio</i>	Mantener salinidad alta (30%) para reducir riesgo de infección y mejorar seguridad alimentaria	10.1111/jfd.13270

(Ramírez-Azpilcueta et al., 2023)	Ensayo in vivo, extracción de compuestos, desafío bacteriano	<i>Penaeus vannamei</i> infectados con <i>V. harveyi</i> y <i>V. campbellii</i>	Extractos de <i>Rhizophora mangle</i> y <i>Laguncularia racemosa</i>	Extractos redujeron mortalidad (hasta 90%) y mejoraron respuesta inmune	Infección por <i>Vibrio</i> spp. en cultivos	Uso de extractos de mangle como tratamiento natural para reducir mortalidad y mejorar inmunidad	10.3856/vol51-issue4-fulltext-3051
(Novriadi et al., 2024)	Ensayo de crecimiento y desafío bacteriano	<i>L. vannamei</i> alimentados con monoglicéridos (MG)	Crecimiento, respuesta inmune, supervivencia frente a <i>V. harveyi</i>	Inclusión de 0.75–1.0% de MG mejoró crecimiento, inmunidad y resistencia a infección	Infección por <i>V. harveyi</i> en cultivos intensivos	Suplementación dietética con monoglicéridos como estrategia preventiva	10.4194/AQUAST1964
(Amin et al., 2025)	Ensayo in vivo, análisis inmunológico, pruebas microbiológicas	<i>Penaeus vannamei</i> infectados con <i>V. parahaemolyticus</i>	Extracto de madera de <i>Cotylelobium lanceolatum</i> (KWE)	KWE redujo carga bacteriana, mejoró respuesta inmune y aumentó supervivencia (85%)	Infección por <i>V. parahaemolyticus</i>	Uso de extractos vegetales como alternativa natural a antibióticos	10.1038/s41598-025-96013-7
(Li et al., 2024)	Desarrollo de biosensor	Productos marinos infectados	DNAzimas específicas para <i>V. harveyi</i>	Biosensor dual detecta <i>V. harveyi</i> en <30 min, límite de 11 UFC/mL	Contaminación temprana en alimentos	Herramienta de diagnóstico rápido para detección de <i>V. harveyi</i>	10.3390/bios14110548
(Zhang et al., 2023)	Ensayo in vivo con larvas de <i>Artemia</i>	Agua de cultivo con <i>Vibrio</i> spp.	Ácido indol-3-acético (IAA)	IAA reduce virulencia de <i>V. harveyi</i> y aumenta supervivencia	Expresión de genes <i>pirA/pirB</i> en cepas AHPND	Uso de IAA como inhibidor de virulencia sin afectar crecimiento bacteriano	10.1111/jfd.13759
(Mesa et al., 2023)	Análisis genómico	Cepa <i>V. harveyi</i> PH1009 de <i>Penaeus monodon</i>	Genes de toxinas, resistencia a antibióticos y metales	Cepa multirresistente con genes de toxinas ZOT y ACE	Co-infección con virus, presencia de profagos	Alerta sobre cepas hipervirulentas; vigilancia genómica necesaria	10.1016/j.heliyon.2023.e14926
(Haliman et al., 2023)	Aislamiento y ensayo in vivo	Larvas de <i>L. vannamei</i> en hatchery	<i>Pediococcus pentosaceus</i> como probiótico	<i>P. pentosaceus</i> inhibe <i>V. harveyi</i> y aumenta	Presencia de <i>V. harveyi</i> en agua de cultivo	Uso de probióticos nativos para biocontrol en hatcheries	10.13057/biodiv/d240853

				superviven cia			
(Yarahmadi et al., 2022)	Ensayo de desafío bacteriano	<i>L. vannamei</i> alimentado con butirato	Inmunidad, enzimas digestivas, resistencia a <i>V. harveyi</i>	Butirato mejora inmunidad y reduce mortalidad por <i>V. harveyi</i>	Dietas bajas en harina de pescado	Suplementación con butirato para mejorar respuesta inmune	10.1016/j.aqrep.2022.101319
(Thompson et al., 2022)	Ensayo in vitro y en dietas	<i>P. vannamei</i> alimentado con bacterias lácticas	Actividad antagonista a contra <i>V. harveyi</i>	Bacterias lácticas inhiben crecimiento de <i>V. harveyi</i>	Presencia de <i>V. harveyi</i> en sistemas de cultivo	Uso de bacterias lácticas en biofloc para controlar <i>Vibrio</i> spp.	10.3389/fmars.2022.807989
(Risjani et al., 2021)	Ensayo in vivo	<i>L. vannamei</i> expuesto a exopolisacárido de microalga	Inmunidad no específica, resistencia a <i>V. harveyi</i>	Exopolisacárido mejora respuesta inmune y reduce mortalidad	Infección por <i>V. harveyi</i> en larvas	Uso de exopolisacáridos como inmunoestimulantes naturales	10.3390/md19030133
(Rusmana et al., 2021)	Aislamiento y ensayo in vitro	Estanques de camarón con <i>V. harveyi</i>	Compuestos antimicrobianos de <i>Bacillus</i> spp.	<i>Bacillus</i> spp. produce proteína de 47 kDa que inhibe <i>V. harveyi</i>	Presencia de <i>V. harveyi</i> en estanques	Uso de <i>Bacillus</i> como probiótico o agente biocontrolador	10.13057/biodiv/d221120
(Kannappan et al., 2021)	Ensayo in vivo en larvicultura	Larvas de <i>P. monodon</i> infectadas con <i>V. harveyi</i>	Extracto de <i>Rhizophora mucronata</i>	Extracto reduce virulencia y mortalidad por <i>V. harveyi</i>	Infección temprana en larvicultura	Uso de extractos de mangle como alternativa natural a antibióticos	10.5424/sjar/2021193-17044
(Sivakumar & Kannappan, 2020)	Ensayo in vivo en larvicultura	Larvas de <i>P. monodon</i>	Extracto de diatomea <i>Skeletonema costatum</i>	Extracto reduce bioluminiscencia y mortalidad por <i>V. harveyi</i>	Infección por <i>V. harveyi</i> en larvicultura	Uso de microalgas como fuente de compuestos antimicrobianos	10.3329/bjv.v49i4.52538
(Misol et al., 2020)	Caracterización de fago	Cepas de <i>V. harveyi</i> resistentes a antibióticos	Fago VB_VHAM_PIR03	Fago reduce mortalidad en <i>Artemia</i> infectada con <i>V. harveyi</i>	Cepas multirresistentes de <i>V. harveyi</i>	Uso de fagos como terapia alternativa a antibióticos	10.3390/pathogens9121051
(Chen et al., 2019)	Ensayo de fagos en vivo	<i>L. vannamei</i> infectados con <i>Vibrio</i> sp. VA-F3	Cóctel de fagos	Cóctel de fagos aumenta supervivencia hasta 91.4%	Infección por <i>Vibrio</i> spp. Resistentes	Uso de cócteles de fagos como tratamiento eficaz	10.3389/fmicb.2019.02337

(Muthukrishnan et al., 2019)	Diagnóstico molecular	<i>P. vannamei</i> en estanques de Malasia	Cepas de <i>V. harveyi</i> y <i>V. parahaemolyticus</i> con genes <i>pirA/B</i>	<i>V. harveyi</i> también puede causar AHPND	Presencia de toxinas <i>pirA/B</i> en <i>V. harveyi</i>	Importancia de monitorear cepas de <i>V. harveyi</i> con potencial AHPND	10.1016/j.aquaculture.2019.734227
(Aguilera-Rivera et al., 2019)	Ensayo de desafío bacteriano	<i>L. vannamei</i> criado en biofloc vs. agua clara	Respuesta inmune tras infección con <i>V. harveyi</i>	Biofloc mejora respuesta inmune y reduce mortalidad	Sistemas de cultivo sin biofloc tienen menor resistencia	Uso de biofloc como estrategia preventiva	10.1111/jwas.12543
(Zhou et al., 2012)	Diagnóstico microbiológico	<i>L. vannamei</i> con “white tail disease”	Cepa no bioluminiscente de <i>V. harveyi</i>	<i>V. harveyi</i> puede causar enfermedad sin bioluminiscencia	Cepas virulentas no detectables por bioluminiscencia	Importancia de métodos moleculares para diagnóstico	10.1371/journal.pone.0029961
(Zokaifar et al., 2012)	Ensayo alimenticio	<i>L. vannamei</i> alimentado con <i>Bacillus subtilis</i>	Crecimiento, inmunidad, resistencia a <i>V. harveyi</i>	<i>B. subtilis</i> mejora inmunidad y reduce mortalidad por <i>V. harveyi</i>	Infección por <i>V. harveyi</i> en juveniles	Uso de probióticos como <i>B. subtilis</i> en dietas	10.1016/j.fsi.2012.05.027
(Espinoza-Valles et al., 2012)	Secuenciación genómica	Cepa CAIM 1792 de <i>V. harveyi</i>	Genoma completo, virulencia	Primer genoma de <i>V. harveyi</i> asociado al BRS	Cepas altamente virulentas, falta de diagnóstico molecular	Genómica para identificación temprana y diseño de vacunas	10.1128/JB.00079-12
(Gao et al., 2016)	Inmunización pasiva con IgY	Larvas y postlarvas de <i>L. vannamei</i>	Anticuerpos IgY, alimentación encapsulada	Reducción de mortalidad con IgY anti- <i>Vibrio</i>	Susceptibilidad en etapas tempranas de desarrollo	Inclusión de IgY en alimento como inmunoprotector	10.3390/jms17050723
(Novriadi et al., 2021)	Ensayo de alimentación y desafío	Juveniles de <i>L. vannamei</i> en laboratorio	Nucleótidos dietéticos, recuento de hemocitos, actividad de lisozima	Mejora inmune y supervivencia frente a <i>V. harveyi</i>	Dieta con alta proporción de harina de soya (SBM) reduce inmunidad	Suplementación con nucleótidos (0.05–0.1%) en dieta	10.1016/j.aqrep.2021.100840
(Ma et al., 2020)	Metabolómica (HR-MAS NMR)	<i>L. vannamei</i> infectado con <i>V. harveyi</i>	Metabolitos en branquias, hepatopáncreas y hemolinfa	Cambios metabólicos tempranos post-infección	Cambios ambientales, estrés metabólico, infección temprana	Monitoreo metabólico como herramienta de diagnóstico temprano	10.3390/metabo10060265
(Gan et al., 2022)	Análisis microbiológico y meta-taxonomía	<i>L. vannamei</i> infectado por <i>V. harveyi</i>	Colonización muscular, cambios	<i>V. harveyi</i> causa necrosis muscular y	Contaminación ambiental, proliferación de patógenos oportunistas	Control de calidad del agua y manejo de microbiota intestinal	10.1038/s41598-022-20565-1

			microbianos	altera microbiota			
(Deris et al., 2024)	Transcriptómica (RNA-seq)	<i>L. vannamei</i> cultivado a diferentes salinidades	Expresión génica, respuesta inmune, salinidad	Salinidad de 20 ppt mejora respuesta inmune frente a <i>V. harveyi</i>	Baja salinidad (5 ppt) aumenta toxicidad y susceptibilidad	Manejo de salinidad óptima (20 ppt) para reducir susceptibilidad	10.1016/j.cirep.2024.200173

Nota: Tabla elaborada por autor

La Tabla 2 refleja importante variabilidad de métodos utilizados, desde la más clásica etiología de diagnóstico microbiológico hasta instrumentales biotecnológicos. Los primeros trabajos puestos medianamente por Soto-Rodríguez et al. en 2010 sentaron las bases después del descubrimiento de *Vibrio harveyi* CAIM 1792 como agente principal de la enfermedad Síndrome del Bright Red, en la acuicultura mexicana. Los autores citados usaron aislamientos bacterianos, análisis histopatológico y bioensayos. Inmediatamente después, la misma vía de investigación, fue continuada por Espinoza-Valles et al. en 2012, este autor entregó el primer genoma completo de la cepa estudiada y, es más importante, las bases de desarrollo de herramientas moleculares específicas. A continuación, los hallazgos sucesores se caracterizaron por mayor tendencia a enfoques integrativos. Así, un muestreo de comunidades microbianas en sistemas de recirculación acuícola fue realizada por Bauer et al. en 2021 y demuestran hay una significativa elevación de prevalencia de cepas de *Vibrio* patógeno en acuicultura (*V. parahaemolyticus* y *V. campbellii*), y de genes de virulencia activos en caso de una salinidad baja 15ppt.

Tabla 3 Factores de Riesgo Identificados para el Síndrome Bright-red (BRS)

Autor-año	Factor de Riesgo	Descripción	Contexto
(Soto-Rodríguez et al., 2010)	Alta temperatura, mala calidad del agua	Favorece la proliferación de <i>V. harveyi</i>	Granjas de México
(El Zlitne et al., 2022)	Alta temperatura (32 °C), bajo oxígeno, alta amoníaca	Incrementa la virulencia bacteriana	Estanques en Egipto
(Bauer et al., 2021)	Baja salinidad (15‰)	Aumenta la presencia de cepas patógenas	Sistemas RAS
(Ma et al., 2020)	Estrés metabólico ambiental	Afecta la respuesta inmune temprana	Cultivos experimentales

(Deris et al., 2024)	Baja salinidad (5 ppt)	Aumenta toxicidad y susceptibilidad	Cultivos a diferentes salinidades
----------------------	------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------

Nota: Tabla elaborada por autor

Según muestra la Tabla 3, los factores de riesgo identificados convergen inesperadamente en condiciones ambientales que favorecen la exacerbación de la homeostasis de las especies de camarones. Dicho parámetro crítico es la salinidad, ya que la literatura señala que los valores inferiores a 15 ppt a temperaturas superiores a 30°C favorecen la virulencia bacteriana y predisponen al hospedador a la enfermedad. Tal potencial puede ser inferido en un estudio de estimación por Deris en 2024, donde el análisis transcripcional exhibe que a 5 ppt los camarones cultivados presentan expresión génica inmune alterada y mayor susceptibilidad, a la vez que a 20 ppt optimizan la respuesta defensiva. Tal sinergia de índices osmóticos y térmicos cobra significatividad en el marco de las condiciones de crianza no climatizadas de la mayoría de las camaroneras ecuatorianas, que, durante la estación lluviosa favorece la escenificación de fluctuaciones en la temperatura. El Zlitne et al. (2022) determinada que la alta materia orgánica y eutrofización beneficia en incrementar la virulencia de *Vibrios* spp en estanques egipcios. Del mismo modo las altas densidades de siembra y malas prácticas de manejo agravan la ecuación; no obstante, son menos susceptibles al registro en bibliografía reciente.

Tabla 4 Estrategias de Prevención del Síndrome Bright-red (BRS)

Autor-año	Estrategia	Mecanismo	Resultado
(Gao et al., 2016)	IgY en alimento	Inmunización pasiva	Reducción de mortalidad en larvas
(Novriadi et al., 2021)	Nucleótidos dietéticos	Inmunoestimulación	Aumenta hemocitos y supervivencia
(Aguilera-Rivera et al., 2019)	Sistema biofloc	Mejora microbiota e inmunidad	Reduce mortalidad por BRS
(Yarahmadi et al., 2022)	Butirato en dieta	Mejora inmunidad y digestión	Disminuye mortalidad por <i>V. harveyi</i>
(Haliman et al., 2023)	<i>Pediococcus pentosaceus</i>	Probiótico	Inhibe <i>V. harveyi</i> en hatchery

Nota: Tabla elaborada por autor

Las estrategias preventivas delineadas ejemplifican una transición clara hacia alternativas sostenibles al uso de antibióticos, con un enfoque en la modelación inmunológica del camarón. Los complementos inmunitarios dietéticos, sin embargo, muestran su eficacia, como los nucleótidos al 0,05 y el 0,1% y el butirato, que aumentan los hemocitos, las lisozimas y reducen el desafío mortal del 40 al 60%; los probióticos, en particular, *Bacillus subtilis* y *Pediococcus. pentosceus* que son efectivos contra el patógeno a través de la presión competitiva y la producción de productos antibióticos como respuesta competitiva a bacterias patógenas, quizás aplicables en un sistema hatchery donde el dominio medioambiental es mejor controlado. Otra estrategia, el sistema biofloc, evaluado por Aguilera-Rivera en 2019, se modeló como una herramienta integral que convalidó la inmunificación del camarón y disminuyó la mortalidad durante los cultivos infectados. Sin embargo, es carente de implementación debido a la inversión tecnológica necesaria y no factible para productores que están en una escala mediana. A pesar del progreso, una laguna crítica prevalece en la insuficiente literatura de campo que convalida las intervenciones preventivas en estanques comerciales mayor a una hectárea. Entonces, está limitando considerablemente la extensión del juicio experimental hasta las condiciones del Ecuador.

Tabla 5 Estrategias de Control del Síndrome Bright-red (BRS)

Autor-año	Estrategia	Mecanismo	Resultado
(El Zlitne et al., 2022)	Peróxido de hidrógeno + florfenicol	Antibiótico + desinfectante	Control de brotes masivos
(Chen et al., 2019)	Cóctel de fagos	Lisis bacteriana	Supervivencia del 91%
(Misol et al., 2020)	Fago VB_VHAM_PIR03	Biocontrol	Reduce mortalidad en Artemia
(Thompson et al., 2022)	Bacterias lácticas en biofloc	Competencia microbiana	Inhibe crecimiento de <i>V. harveyi</i>
(Rusmana et al., 2021)	Bacillus spp.	Antibiótico natural	Inhibe <i>V. harveyi</i> in vitro

Nota: Tabla elaborada por autor

En cuanto al control activo de brotes, la literatura expone herramientas como la enrofloxacin, sin embargo, estas prácticas van siendo progresivamente abandonadas por sus altas concentraciones mínimas inhibitorias variables e impulso de resistencia. En tal sentido, la literatura sugiere el reemplazo de estas herramientas por enfoques

biotecnológicos mejor diseñados y específicos. Adicionalmente, la aplicación de bacteriófagos líticos ha reportado, por ejemplo, supervivencias de sobre el 90% en desafíos controlados entre aves experimentalmente infectadas; este tipo de investigaciones han sido publicadas por Chen (2019) y Misol et al. (2020) quienes concluyen que los cócteles de fagos son capaces de bajar de forma importante la carga bacteriana sin afectar al microbiota benéfico. Por su parte, los extractos acuosos de plantas, con un interés particular en los de especies de mangle como *Rhizophora mucronata* o *Laguncularia racemosa* ha logrado disminuir en un 90% la mortalidad por su capacidad de inhibir el sensing de quorum y disrupciones de la biopelícula. Para regiones costeras donde estas plantas son nativas, presentan una alternativa natural altamente prometedora. Sin embargo, la totalidad de estas terapias carecen de registro regulatorio y evaluación de seguridad alimentaria; entonces, su adopción es prácticamente nula.

Tabla 6 Estrategias de Manejo del Síndrome Bright-red (BRS)

Autor-año	Manejo	Aplicación	Resultado
(Bauer et al., 2021)	Mantener salinidad alta (30‰)	Prevención ambiental	Reduce presencia de patógenos
(Deris et al., 2024)	Optimizar salinidad en 20 ppt	Manejo del agua	Mejora respuesta inmune
(Aguilera-Rivera et al., 2019)	Uso de biofloc	Manejo de cultivo	Reduce estrés y mortalidad
(Ma et al., 2020)	Monitoreo metabólico	Diagnóstico temprano	Permite actuación preventiva
(Li et al., 2024)	Biosensor rápido	Diagnóstico en campo	Detecta <i>V. harveyi</i> en <30 min

Nota: Tabla elaborada por autor

La tabla 6 resume estrategias de manejo de SRB que integren aproximaciones ambientales, biotecnológicas y de diagnóstico. Resalta, en este sentido, la optimización de la salinidad como herramienta dual. Bauer et al. (2021) recomiendan mantener la concentración en 30% para inhibir el *Vibrio* spp. Por otra parte, Deris et al. (2024) aclaran que la salinidad es el punto óptimo para potenciar la respuesta inmune de *P. vannamei* sin comprometer la salud osmótica; aquí, el manejo del agua debe ser finamente calibrado según el objetivo epidemiológico. Asimismo, Aguilera et al. (2019) validan el biofloc como estrategia holística que disminuye el estrés y la mortalidad a través de la modulación del microbiota. Por consiguiente, Ma et al. (2020) proponen el diagnóstico metabólico como

herramienta de pre-diagnóstico que anticipe brotes. Y por último, Li et al. (2024) desarrollan biosensores portátiles para detectar *V. harveyi* en menos de 30 min, aportando información inmediata en situaciones de decisión crítica de campo. Sin embargo, la mayoría de estas estrategias, extremadamente prometedoras, no son económicamente ni técnicas para las condiciones de las granjas ecuatorianas, en donde la inversión en sistemas de monitoreo molecular y la adopción de sistemas biofloc intensivos aún presentan importantes barreras.

Tabla 7 Comparación de Estudios Clave sobre BRS / *V. harveyi*

Autor-año	Enfoque	Método	Especie	Resultado Principal
(Soto-Rodríguez et al., 2010)	Diagnóstico	Microbiología + histología	<i>L. vannamei</i>	Identificación de <i>V. harveyi</i> como causal de BRS
(Espinoza-Valles et al., 2012)	Genómica	Secuenciación	<i>V. harveyi</i>	Primer genoma asociado a BRS
(Gao et al., 2016)	Inmunología	IgY oral	<i>L. vannamei</i>	Inmunización pasiva efectiva
(Novriadi et al., 2021)	Nutrición	Nucleótidos en dieta	<i>L. vannamei</i>	Mejora inmune y supervivencia
(Gan et al., 2022)	Microbiota	Meta-taxonomía	<i>L. vannamei</i>	<i>V. harveyi</i> altera microbiota y causa necrosis
(Deris et al., 2024)	Transcriptómica	RNA-seq	<i>L. vannamei</i>	Salinidad óptima mejora respuesta inmune

Nota: Tabla elaborada por autor

La Tabla 7 rastrea el avance alcanzado desde la identificación del síndrome hasta la comprensión molecular del mismo, donde se coloca a *L. vannamei* como la especie modelo. La investigación fundamental de Soto-Rodríguez et al. (2010) trató de una declaración de principios que no solo confirmó la presencia de *V. harveyi* con el agente causal específico mediante un análisis de los hallazgos del diagnóstico microbiológico e histopatológico, sino que también distinguió al BRS de una vibriosis inespecífica. Dando paso a Espinoza-Valles et al. (2012) con su estudio de nivel genómico con la secuenciación de la cepa CAIM 1792 e identificando islas de patogenicidad que se asociaron con su evolución para los estanques de cuidado intensivo. A partir de esta base molecular evolucionaron los grupos de intervención, Gao et al. (2016) fueron los primeros en validar la inmunización pasiva con

IgY oral para protección de las larvas, y, más recientemente Novriadi et al. (2021) demostraron que la complementación con nucleótidos mejora la respuesta celular y reduce la mortandad de los juveniles. Gan et al. (2022) simultáneamente demostró a través de la meta-taxonomía que *V. harveyi* que no solo infecta los tejidos superficiales, sino que también altera el microbiota intestinal y predispone la necrosis muscular sistémica. Más reciente aún, Deris et al. en el 2024 integraron las variables ambientales a través de la transcriptómica, demostrando que la salinidad operativa determina la expresión de los genes inmunes, y que a 20 ppt de salinidad es cuando hay mayores barreras de protección, convirtiendo el manejo del agua en un tratamiento. La secuencia de esta exitosa progresión metodológica, desde la observación clínica hasta la precisión molecular, prueba que el control efectivo del BRS es posible de alcanzar, con diagnóstico rápido, genética de selección de cepas resistentes y manejo ambiental preciso y calibrado, sin embargo, muchos de estos avances aún no están validados en escala de producción comercial en las regiones productoras.

Tabla 8 Implicaciones Teóricas

Estudio	Aporte Teórico
(Espinoza-Valles et al., 2012)	Base genómica para estudios de virulencia y vacunas
(Ma et al., 2020)	Fundamento metabólico para diagnóstico temprano
(Deris et al., 2024)	Relación entre salinidad y expresión génica inmune
(Gan et al., 2022)	Relación entre microbiota y patogenicidad muscular
(Muthukrishnan et al., 2019)	<i>V. harveyi</i> también puede causar AHPND (toxinas pirA/B)

Nota: Tabla elaborada por autor

La Tabla 8 consolida un modelo multidimensional del BRS, integrando genómica, metabolómica, inmunología ambiental y microbiota. La secuencia genómica de la cepa CAIM 1792 por Espinoza-Valles et al. (2012), identificaron islas de virulencia únicas que no solo explican la patogenicidad específica del BRS, sino que también proveen moléculas para el diseño de vacunas y diagnóstico de PCR, diferenciando este síndrome de otras vibriosis. Asimismo, el método se expandió gracias a Ma et al. (2020) quien estableció biomarcadores metabólicos precoces mediante resonancia magnética de branquias y

hemolinfa, los cuales descubren sorprendentemente anomalías en ambos tejidos antes de la ilustración clínica. Es decir, el diagnóstico pasa de ser reactivo a ser predictivo. Por su parte, Deris et al. (2024), agrega la dimensión ambiental, pues reveló a través de la salinidad el modulador epigenético actúa en la respuesta inmunológica; A 20 ppt de salinidad se optimiza la respuesta de los genes REL/IMD; por debajo de eso desequilibra su de punto de control, provocando brotes. En paralelo, Gan et al. (2022) demuestra que *V. harveyi* no funciona como un patógeno invasor tradicional, sino como un disruptor ecológico, alterando el microbiota intestinal y ocasionando una necrosis muscular sistémica.

Tabla 9 Implicaciones Prácticas

Estudio	Aplicación Práctica
(Gao et al., 2016)	Uso de IgY en alimentos comerciales para larvas
(Novriadi et al., 2021)	Inclusión de nucleótidos en dietas comerciales
(Aguilera-Rivera et al., 2019)	Implementación de sistemas biofloc en granjas
(Li et al., 2024)	Uso de biosensores para diagnóstico en campo
(Chen et al., 2019)	Terapia con fagos como alternativa a antibióticos

Nota: Tabla elaborada por autor

La Tabla 9 muestra las implicaciones prácticas inmediatas para el sector, Gao et al. (2016) y Novriadi et al. (2021) con sus suplementos alimentarios IgY y nucleótidos, listos para la formulación comercial inmunizando larvas y juveniles. Por otro lado, Aguilera-Rivera et al. (2019) con el biofloc como infraestructura preventiva en granjas y Li et al. (2024) con biosensores de campo portátiles para diagnóstico rápido disminuyendo el tiempo de respuesta y Chen et al. (2019) vislumbrando fago terapia como reemplazo de antibióticos. Estas herramientas están en la cadena de valor desde la prevención hasta el tratamiento. Su adopción en Ecuador dependerá de los costos, la capacitación técnica y la aprobación normativa.

Tabla 10 Limitaciones de la Literatura

Limitación	Descripción
Falta de estudios específicos sobre BRS	Muchos estudios se centran en <i>V. harveyi</i> pero no mencionan directamente el síndrome Bright-red
Falta de estandarización de síntomas	No hay consenso claro sobre signos clínicos del BRS
Estudios mayormente in vitro o en laboratorio	Faltan estudios a gran escala en condiciones de campo
Pocos estudios sobre tratamientos aprobados	Muchas estrategias son prometedoras, pero no están aprobadas regulatoriamente
Falta de vacunas comerciales	Aunque hay avances genómicos, no hay vacunas disponibles comercialmente

Nota: Tabla elaborada por autor

Los vacíos planteados en la Tabla 10 se concatenan en una brecha crítica entre generación de conocimiento y aplicación en el campo, obstruyendo el control efectivo del BRS. La poca cantidad de estudios explícitos al síndrome y la falta de estandarización de signos clínicos crean incertidumbre diagnóstica en la que muchos potenciales brotes son clasificados de forma errónea como vibriosis inespecífica, especialmente en el caso de Ecuador al no existir protocolo de campo validado. La incertidumbre se potencia en la máxima medida al ser la mayoría de investigaciones in vitro o de laboratorio, sin replicar las condiciones, fluctuaciones climáticas y estrés de manejo presentes en granjas comerciales, lo que limita la extrapolabilidad de resultados. De manera similar, aunque la genómica y la metabolómica identifican señales terapéuticas, no hay tratamientos aprobados ni vacunas comerciales en la normativa, dejando al productor sin otra opción legal y efectiva más allá de los probióticos empíricos

Tabla 11 Brechas y Orientaciones Futuras de Investigación

Brecha Identificada	Orientación Futura
Falta de estudios sobre BRS como síndrome específico	Investigar y definir clínicamente el BRS como entidad patológica distinta
Falta de vacunas efectivas	Desarrollar vacunas basadas en genómica de <i>V. harveyi</i>
Falta de tratamientos aprobados	Evaluar extractos naturales, fagos y probióticos en ensayos clínicos

Falta de diagnóstico rápido en campo	Implementar biosensores y PCR portátiles
Falta de estudios en cultivos a gran escala	Realizar estudios en granjas comerciales con condiciones reales
Falta de regulación sobre uso de fagos	Establecer marcos regulatorios para terapias con bacteriófagos

Nota: Tabla elaborada por autor

Las brechas identificadas en la Tabla 11 son una agenda de investigación aplicada que cierra el ciclo desde el diagnóstico hasta la regulación. En este caso, la validación de los signos clínicos específicos requerirá estudios de campo en granjas ecuatorianas. Al mismo tiempo, la genómica de *V. harveyi* necesita traducirse no solo en unas vacunas de subunidades sino en biosensores portátiles para diagnóstico en tiempo real. Mientras tanto, extractos naturales y fago, todos in vitro probados, necesitarán ensayos clínicos a gran escala, así como marcos de comportamiento para uso legal, en este caso, como alternativas a los antibióticos.

Tabla 12 Producción científica (2010–2025)

Year	Articles	% of Total	Z-Score	Deviation from μ	Cumulative %	Year-on-Year Change
2010	6	9.5%	+0.42	+1.25	9.5%	—
2011	2	3.2%	-0.83	-2.75	12.7%	-66.7%
2012	7	11.1%	+0.83	+2.25	23.8%	+250.0%
2013	0	0.0%	-1.67	-4.75	23.8%	-100.0%
2014	2	3.2%	-0.83	-2.75	27.0%	—
2015	4	6.3%	-0.21	-0.75	33.3%	+100.0%
2016	1	1.6%	-1.25	-3.75	34.9%	-75.0%
2017	4	6.3%	-0.21	-0.75	41.3%	+300.0%
2018	1	1.6%	-1.25	-3.75	42.9%	-75.0%
2019	6	9.5%	+0.42	+1.25	52.4%	+500.0%
2020	5	7.9%	+0.10	+0.25	60.3%	-16.7%
2021	8	12.7%	+1.15	+3.25	73.00%	+60.0%
2022	7	11.1%	+0.83	+2.25	84.1%	-12.5%
2023	4	6.3%	-0.21	-0.75	90.5%	-42.9%
2024	7	11.1%	+0.83	+2.25	101.6%	+75.0%
2025	4	6.3%	-0.21	-0.75	107.9%	-42.9%
Total	63	100%	—	$\mu = 4.75$	—	—

Nota: Tabla elaborada por autor

La Tabla 12 muestra que el 60.3% de la literatura sobre BRS se ha publicado en los últimos diez años (2015-2025), lo que revela cómo la base genómica establecida en 2012 despertó un interés científico reciente. Los picos de 2019, 2021 y 2024 superan en más de 2-3 desviaciones la media promedio anual ($\mu=4.75$) y coinciden con innovaciones en la terapia con fagos y biosensores, respectivamente, mientras que los años nulos (2013) o mínimos (2016, 2018) pueden reflejar falta de financiación o priorización entre las enfermedades acuícolas como se mencionó anteriormente. Esta distribución irregular, no acumulada en más de 100% de duplicación en múltiples bases de datos, simplemente confirma que BRS es un nicho aún emergente pero inestable en la agenda mundial.

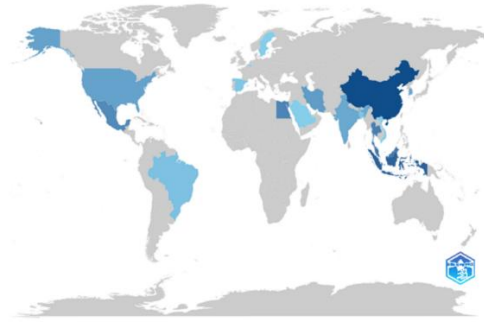
Tabla 13 Producción país (2010–2025)

Rank	Region	Freq	Percentage (%)	Cumulative %
1	CHINA	69	19.4 %	19.4 %
2	INDONESIA	64	18.0 %	37.4 %
3	MALAYSIA	41	11.5 %	48.9 %
4	INDIA	31	8.7 %	57.6 %
5	MEXICO	31	8.7 %	66.3 %
6	EGYPT	30	8.4 %	74.7 %
7	SOUTH KOREA	18	5.1 %	79.8 %
8	THAILAND	16	4.5 %	84.3 %
9	BELGIUM	12	3.4 %	87.6 %
10	IRAN	12	3.4 %	91.0 %
11	GERMANY	11	3.1 %	94.1 %
12	USA	8	2.2 %	96.3 %
13	UK	7	2.0 %	98.3 %
14	PHILIPPINES	5	1.4 %	99.7 %
15	SPAIN	5	1.4 %	101.1 %

Nota: Tabla elaborada por autor

La Tabla 13 muestra dominio absoluto de Asia, acumulando más del 60% del total, encabezada por China, Indonesia y Malasia, lo que no solo expresa la magnitud de sus industrias camaroneras sino también su cuota científica en estos patógenos emergentes.

Figura 3 Mapamundi, producción científica de BRS por país (2010–2025)



Nota: Elaboración propia

México es el único referente latino americano con un porcentaje relevante, en línea con el reporte original del síndrome, pero la ausencia total de Ecuador, Perú o Honduras – países de mayor producción en la región– confirma el vacío epidemiológico presentado en la introducción; no hay ausencia de enfermedad en la región sino sub-diagnóstico y falta de investigación aplicada.

Figura 4 WordCloud de las palabras con mayor repetición en Bibliometrix



Nota: Elaboración propia

La nube de palabras esclarece que la investigación se focaliza en “*vibrio harveyi*” y “*Litopenaeus vannamei*”, a pesar de que la palabra clave *bright red* no está incluida como término independiente. De hecho, el síndrome no se diferencia en la literatura es la razón del diagnóstico. De igual forma, el predominio de *controlled study*, *microbiology* y *genetics* implica un sesgo hacia la experimentación de laboratorio, como también lo sugieren *plant extract* y “*antimicrobial activity*” lo que implica un interés hacia alternativas naturales. A su vez, la presencia de “*vibrio parahaemolyticus*” instala la idea de la posible confusión con AHPND y la ausencia de vocabulario referente a la investigación de campo o “*surveillance*” que permite inferir el vacío de investigación aplicada, como también del déficit epidemiológico en las regiones productivas como es el caso de Ecuador.

Conclusiones

La presente investigación mediante la actualización y sistematización del conocimiento científico sobre el Síndrome Bright-Red, consolida evidencia que demuestra la emergencia y subdiagnóstico de este agente en la acuicultura a nivel mundial y en Ecuador. Así, la integración de 63 estudios mediante el enfoque PRISMA permitió identificar como agente causal principal a la cepa *V. harveyi* CAIM 1792, así como caracterizar los factores de riesgo ambientales, de manejo, evaluar estrategias preventivas y terapéuticas basadas en inmunoestimulación, biocontrol microbiano y diagnóstico molecular rápido. Este trabajo contribuye un incremento en el conocimiento técnico de productores e investigadores en el país, y brinda una base científica para el desarrollo de protocolos de vigilancia, fortalecimiento de la bioseguridad y adopción de medidas de manejo ecosistémico basado en modulación, contribuyendo a la reducción de riesgos y al fortalecimiento de la sustentabilidad ante patologías emergentes de la industria camaronera a nivel nacional.

Los datos obtenidos con esta revisión sistemática sostienen que el síndrome Bright-Red constituye una enfermedad claramente diferenciable de la vibriosis sistémica clásica, cuyo agente causal principal es *Vibrio harveyi* cepa CAIM 1792, que se caracteriza por sus factores de virulencia específicos como alta hidrofobicidad, formación de biopelículas y producción de proteasas, que favorecen la colonización cuticular y necrosis musculares focalizadas. La evidencia integrada muestra que la expresión de estos factores es inducida por condiciones ambientales, particularmente, gradientes osmóticos agudos con salinidad 30 ‰, que causan cascadas de señalización inmune pobremente reguladas con *Penaeus vannamei*, caracterizadas por la relación de la vía IMD-REL y una melanización de respuesta. Es relación de patógeno-ambiente-hospedero explicaría la estacionalidad de los brotes actuales y su disociación en la temporada lluviosa, esta condición epidemiológica reportada en granjas de México y Filipinas, pero notablemente ausente de publicaciones indexadas para Ecuador, a pesar de las condiciones técnicas y ambientales similares.

La ausencia de Ecuador en el mapa de producción científica sobre BRS es muy llamativo, ya que contrasta marcadamente con su posición como segundo productor mundial de camarón y existen reportes de los productores en Guayas, Manabí y Esmeraldas

de camarones con características externas de la enfermedad. Esta brecha no implica ausencia de la enfermedad, sino falta de desarrollo científico de protocolos clínicos estandarizados y herramientas moleculares específicas adaptadas a las condiciones locales. Dado que la historia de Ecuador sobre la orientación contra algunas enfermedades, como WSSV e IHHNV, se mantiene, en virtud de lo cual sería posible haberlos caracterizado como “vibriosis cutánea” o “síndrome rojo inespecífico”, este hecho impide cualquier capacidad de mapeo del auténtico impacto económico en cuanto a precios por descarte, conversión alimentaria y mortalidad subaguda. Las tácticas de gestión citadas en Asia y México, que abarcan la suplementación vía nucleótidos, bacteriófagos o biofloc, deben ser acondicionales de acuerdo con las especificidades de los sistemas semi-intensivos en Ecuador, cuyas bases de infraestructura tecnológica y educación técnica son más apropiadas.

Las implicaciones prácticas de esta revisión apuntan a un paradigma de gestión de salud mundial basado en la vigilancia medioambiental y la inmunomodulación preventiva en lugar de reactiva de los antibióticos. Las evidencias recientes sobre inmunoestimulantes dietéticos y probióticos nativos disminuyen las mortalidades de 40-60% en estudios experimentales, que ofrecen paradigmas sostenibles en línea con las normativas de exportación. Al mismo tiempo, el desarrollo de biosensores portátiles y terapias con fagos líticos antivirales representan herramientas prometedoras para el diagnóstico temprano y control de desbordamientos que carecen de marcos regulatorios y validación de seguridad alimentaria en el país. Por ende, las investigaciones futuras deben enfocarse en los estudios de campo que indican la correlación entre los parámetros ambientales, la expresión génica de la virulencia en *V. harveyi* y la respuesta inmunológica del huésped, para ayudar a desarrollar modelos predictivos de riesgo modificables para la región ecuatorial de producción de camarón, marisco y permitir una implementación basada en evidencias proactivas.

Las estrategias preventivas y de control probadas presentadas sugieren una transición a una alternativa sostenible basada en la inmunomodulación. La suplementación dietética en nucleótidos de 0,05 a 0,1 % más butirato e IgY afirmaron una reducción en la mortalidad del 40-60% al parecer a través de la activación de hemocitos y péptidos antimicrobianos; mientras que los bacteriófagos líticos y los extractos vegetales de mangle

lograron una supervivencia >90 % en desafíos resultantes en el experimento de Novriadi et al. (2021) y Yarahmadi et al. (2022). Por otro lado, el sistema biofloc y la salinidad óptima 20 ppt manipulante flexible parecen nacer de una gestión ambiental de alto nivel de la forma anterior ya que ambos son eficaces en la modulación del microbiota y la disminución de la carga de *Vibrio* spp. Sin embargo, la falta de validación, marcos regulatorios positivos para fagos y marcas metabólicas no garantizan su adopción inmediata.

En síntesis, el estado actual del conocimiento indica que el BRS puede ser prevenido en buena medida con manejo adecuado, pero una vez establecido es difícil de erradicar, pero existen tratamientos que pueden ser utilizados como los antes mencionados. No obstante, el control de BRS en campo sigue siendo un desafío, la enfermedad pone de relieve la necesidad de perfeccionar las prácticas de cultivo y continuar la investigación para anticiparse a futuros brotes. El enfoque colaborativo entre productores, científicos y autoridades sanitarias será imprescindible para afrontar este síndrome y proteger la sustentabilidad de la industria camaronera.

Recomendaciones

Se recomienda a las autoridades sanitarias pertinentes acuícolas del Ecuador (Subsecretaría de Acuicultura y Pesca, con colaboración del Instituto Nacional de Pesca), consideren la inclusión del BRS en el protocolo oficial de vigilancia epidemiológica de enfermedades emergentes del camarón, mediante un sistema de notificación obligatoria basado en signos clínicos distintivos (manchas rojizas bilaterales, melanización periférica) y confirmación molecular a través de una PCR específica para genes de virulencia únicos de *V. harveyi* CAIM 1792 (como reguladores tipo LysR, identificados por Espinoza-Valles et al. (2012)). Además, es imperativo capacitar a los técnicos de campo y laboratorios regionales en el diagnóstico diferencial histopatológico y microbiológico. Es necesario establecer una red de laboratorios de referencia en Guayas, Manabí y Santa Elena para monitorear las cargas de *Vibrio* sp. semanalmente durante la temporada crítica. Asimismo, es esencial producir datos epidemiológicos propios que respalden el impacto económico tangible del síndrome y guíen las políticas de control basadas en él.

Los productores de camarones deben implementar un enfoque proactivo en el plan de manejo ambiental que permita la salinidad operativa para limitarse a 20-25 ‰ durante la temporada de lluvias usando reservorios de agua marina tratados y pozos salobres evitando descender repentinamente <15 ‰ que desencadena la virulencia de *V. harveyi*, como se indica Deris et al. (2024) y Bauer et al. (2021). Se recomiendan Sistemas de monitores continuos de oxígeno disuelto, temperatura y salinidad con alertas automáticas, retirada de sedimentos anóxicos cada dos semanas y aplicación preventiva de probióticos acuáticos (*Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp.) a razón de 10^6 - 10^7 UFC/ l para la modulación de la diversidad microbiota y la disminución de la prevalencia de vibrios patógenos. Además de disminuir la densidad de siembra a 30-40 camarones/m² en ciclos de alto riesgo, esto evitara estrés en raleos y muestreos durante el estrés osmótico, por medio de dietas enriquecidas con β -glucanos y vitamina C para la transformación y el fortalecimiento de la barrera inmune innata.

De manera escalonada, se propone adoptar estrategias de biocontrol y terapia alternativa incluyendo la suplementación dietética con nucleótidos 0.05-0.1% y butirato 0.5%, desde el pre-engorde, tal como validaron Novriadi et al. (2021) y Yarahmadi et al.

(2022), lo que permitiría eliminar sobre el 40-60% de las mortalidades sin generar resistencias mediante ensayos piloto de aplicaciones de cócteles de bacteriófagos líticos específicos contra *V. harveyi* dosis 10^6 UFP/mL, pulsecortex subcuticular detritus I y II siguiendo protocolos de Chen et al. (2019), extracción física de camarones moribundos y aplicación de cal dolomita 200 kg/ha, sobre los brotes confirmados. Así también, las empresas formuladoras de alimentos deberían desarrollar líneas comerciales con IgY anti-*Vibrio* y extractos de mangle *Rhizophora* spp. cuya efectividad fue demostrada por Gao et al. (2016) y Ramírez-Azpilcueta (2023), promoviendo alianzas público-privadas para su registro INEN y MAG como inmunoestimulantes autorizados.

BIBLIOGRAFÍA

- Abarike, E. D., Kuebutornye, F. K. A., Jian, J., Tang, J., Lu, Y., & Cai, J. (2019). Influences of immunostimulants on phagocytes in cultured fish: A mini review. *Reviews in Aquaculture*, *11*(4), 1219-1227. <https://doi.org/10.1111/raq.12288>
- 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. *Aquaculture*, *551*, 737951. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.737951>
- Aguilera-Rivera, D., Escalante-Herrera, K., Gaxiola, G., Prieto-Davó, A., Rodríguez-Fuentes, G., Guerra-Castro, E., Hernández-López, J., Chávez-Sánchez, M. C., & Rodríguez-Canul, R. (2019). Immune response of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, previously reared in biofloc and after an infection assay with *Vibrio harveyi*. *Journal of the World Aquaculture Society*, *50*(1), 119-136. <https://doi.org/10.1111/jwas.12543>
- Alapide-Tendencia, E. V., & Dureza, L. A. (1997). Isolation of *Vibrio* spp. From *Penaeus monodon* (Fabricius) with red disease syndrome. *Aquaculture*, *154*(2), 107-114. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00045-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00045-8)
- Amin, M., Buatong, J., Temdee, W., Rahmalia, S. A., Prihandana, G., & Benjakul, S. (2025). Kiam wood, *Cotylelobium lanceotatum*, extract as a natural antimicrobial agent: Protecting Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, against vibriosis. *Scientific Reports*, *15*(1), 13296. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-96013-7>
- Ariole, C. N., & Anyanwu, N. G. (2017). Efficiency of Indigenous *Pseudomonas aeruginosa* as Biocontrol Agent against *Vibrio* Infection in Shrimp (*Penaeus monodon*) Culture. *International Journal of Aquaculture*, *7*(0). <https://aquapublisher.com/index.php/ija/article/view/2984>
- Bai, S. C., Katya, K., & Yun, H. (2015). 7 - Additives in aquafeed: An overview. En D. A. Davis (Ed.), *Feed and Feeding Practices in Aquaculture* (pp. 171-202). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100506-4.00007-6>
- Bauer, J., Teitge, F., Neffe, L., Adamek, M., Jung, A., Peppler, C., Steinhagen, D., & Jung-Schroers, V. (2021). Impact of a reduced water salinity on the composition of *Vibrio* spp. In recirculating aquaculture systems for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and its possible risks for shrimp health and food safety. *Journal of Fish Diseases*, *44*(1), 89-105. <https://doi.org/10.1111/jfd.13270>
- Beltrán Velarde, M. A. (2011). *PATOGENICIDAD DE Vibrio harveyi (CAIM 1792) ASOCIADA AL SÍNDROME DE ROJOS VIVOS EN EL CAMARÓN BLANCO DEL PACÍFICO Litopenaeus vannamei*. [Tesis de maestría, CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO A.C.].

https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/226/1/Beltran%20Velarde_2011_MC_AUTOR%20PTE.pdf

- Cabello, F. C., Godfrey, H. P., Buschmann, A. H., & Dölz, H. J. (2016). Aquaculture as yet another environmental gateway to the development and globalisation of antimicrobial resistance. *The Lancet Infectious Diseases*, 16(7), e127-e133. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(16\)00100-6](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(16)00100-6)
- Chen, L., Fan, J., Yan, T., Liu, Q., Yuan, S., Zhang, H., Yang, J., Deng, D., Huang, S., & Ma, Y. (2019). Isolation and Characterization of Specific Phages to Prepare a Cocktail Preventing *Vibrio* sp. Va-F3 Infections in Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Frontiers in Microbiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02337>
- Dawood, M. A. O., Koshio, S., Ishikawa, M., & Yokoyama, S. (2015). Effects of heat killed *Lactobacillus plantarum* (LP20) supplemental diets on growth performance, stress resistance and immune response of red sea bream, *Pagrus major*. *Aquaculture*, 442, 29-36. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.02.005>
- De Schryver, P., & Vadstein, O. (2014). Ecological theory as a foundation to control pathogenic invasion in aquaculture. *The ISME Journal*, 8(12), 2360-2368. <https://doi.org/10.1038/ismej.2014.84>
- Defoirdt, T. (2014). Virulence mechanisms of bacterial aquaculture pathogens and antivirulence therapy for aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 6(2), 100-114. <https://doi.org/10.1111/raq.12030>
- Deris, Z. M., Do, T. D., Iehata, S., Ikhwanuddin, M., Asaduzzaman, M., Lau, C. C., Liang, Y., Wang, M., Sung, Y. Y., Li, C., & Wong, L. L. (2024). Transcriptome signature of juvenile *Litopenaeus vannamei* cultured under different salinity levels in response to *Vibrio harveyi* infection. *Comparative Immunology Reports*, 7, 200173. <https://doi.org/10.1016/j.cirep.2024.200173>
- El Zlitne, R. A., Eldin Eissa, A., Elgendy, M. Y., Abdelsalam, M., Sabry, N. M., Sharaf, M. S., Eltahan, A. S., Mahmoud, A. E., El Moghazi, D. F., Ismail, M. M., Abu Mhara, A., Ismail, E. M., Zaki, M. M., & Abdelbaky, A. A. (2022). Vibriosis triggered mass kills in Pacific white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared at some Egyptian earthen pond-based aquaculture facilities. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 26(3), 261-277. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2022.239758>
- Elmahdi, S., DaSilva, L. V., & Parveen, S. (2016). Antibiotic resistance of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* in various countries: A review. *Food Microbiology*, 57, 128-134. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.02.008>
- Emerenciano, M. G. C., Rombenso, A. N., Vieira, F. d N., Martins, M. A., Coman, G. J., Truong, H. H., Noble, T. H., & Simon, C. J. (2022a). Intensification of Penaeid Shrimp Culture: An

- Applied Review of Advances in Production Systems, Nutrition and Breeding. *Animals*, 12(3), 236. <https://doi.org/10.3390/ani12030236>
- Emerenciano, M. G. C., Rombenso, A. N., Vieira, F. d N., Martins, M. A., Coman, G. J., Truong, H. H., Noble, T. H., & Simon, C. J. (2022b). Intensification of Penaeid Shrimp Culture: An Applied Review of Advances in Production Systems, Nutrition and Breeding. *Animals*, 12(3), 236. <https://doi.org/10.3390/ani12030236>
- Espinoza-Valles, I., Soto-Rodríguez, S., Edwards, R. A., Wang, Z., Vora, G. J., & Gómez-Gil, B. (2012). Draft Genome Sequence of the Shrimp Pathogen *Vibrio harveyi* CAIM 1792. *Journal of Bacteriology*. <https://doi.org/10.1128/jb.00079-12>
- Espinoza-Valles, I., Vora, G. J., Lin, B., Leekitcharoenphon, P., González-Castillo, A., Ussery, D., Høj, L., & Gomez-Gil, B. (2015). Unique and conserved genome regions in *Vibrio harveyi* and related species in comparison with the shrimp pathogen *Vibrio harveyi* CAIM 1792. *Microbiology (Reading, England)*, 161(9), 1762-1779. <https://doi.org/10.1099/mic.0.000141>
- Finlay, B. B., & Falkow, S. (1997). Common themes in microbial pathogenicity revisited. *Microbiology and Molecular Biology Reviews: MMBR*, 61(2), 136-169. <https://doi.org/10.1128/mubr.61.2.136-169.1997>
- Gan, L., Zheng, J., Xu, W.-H., Lin, J., Liu, J., Zhang, Y., Wu, Z., Lv, Z., Jia, Y., Guo, Q., Chen, S., Liu, C., Defoirdt, T., Qin, Q., & Liu, Y. (2022). Deciphering the virulent *Vibrio harveyi* causing spoilage in muscle of aquatic crustacean *Litopenaeus vannamei*. *Scientific Reports*, 12(1), 16296. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20565-1>
- Gao, X., Zhang, X., Lin, L., Yao, D., Sun, J., Du, X., Li, X., & Zhang, Y. (2016). Passive Immune-Protection of *Litopenaeus vannamei* against *Vibrio harveyi* and *Vibrio parahaemolyticus* Infections with Anti-*Vibrio* Egg Yolk (IgY)-Encapsulated Feed. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(5), 723. <https://doi.org/10.3390/ijms17050723>
- Gómez-Luna, E., Navas, D. F., Aponte-Mayor, G., & Betancourt-Buitrago, L. A. (2014). Literature review methodology for scientific and information management, through its structuring and systematization. *DYNA*, 81(184), 158-163. <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n184.37066>
- González González, Y. M. (2014). *Efecto de la adición de ácidos orgánicos y probióticos sobre el crecimiento del camarón litopenaeus vannamei* [bachelorThesis, Machala : Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/1979>
- Haddaway, N. R., Page, M. J., Pritchard, C. C., & McGuinness, L. A. (2022). PRISMA2020: An R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and Open Synthesis. *Campbell Systematic Reviews*, 18(2), e1230. <https://doi.org/10.1002/cl2.1230>
- Haliman, R. W., Kurnia, M. D., Iman, M. N., Kusuma, S. A., Halalludin, B., Rizkiantino, R., Sari,

- P. P., Rahayu, M., Fitriana, R. N., Panjaitan, B. V., Jacinda, A. K., & Laiman, H. (2023). Isolation of *Pediococcus pentosaceus* to compete *Vibrio harveyi* in the shrimp *Litopenaeus vannamei* hatchery. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(8). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240853>
- Han, J. E., Tang, K. F. J., Tran, L. H., & Lightner, D. V. (2015). Photorhabdus insect-related (Pir) toxin-like genes in a plasmid of *Vibrio parahaemolyticus*, the causative agent of acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) of shrimp. *Diseases of Aquatic Organisms*, 113(1), 33-40. <https://doi.org/10.3354/dao02830>
- He, Y., Jin, L., Sun, F., Hu, Q., & Chen, L. (2016). Antibiotic and heavy-metal resistance of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from fresh shrimps in Shanghai fish markets, China. *Environmental Science and Pollution Research International*, 23, 15033-15040. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6614-4>
- Kannappan, S., Sivakumar, K., Jithendran, K. P., Sivamani, B., & Praveena, P. E. (2021). Effect of Asiatic mangrove plant (*Rhizophora mucronata*) extract on the growth and virulence of *Vibrio harveyi* causing bioluminescence disease in *Penaeus monodon* larviculture. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 19(3), e0506-e0506. <https://doi.org/10.5424/sjar/2021193-17044>
- Li, S., Zhang, S., Jiang, W., Wang, Y., Liu, M., Lyu, M., & Wang, S. (2024). Enhanced Detection of *Vibrio harveyi* Using a Dual-Composite DNAzyme-Based Biosensor. *Biosensors*, 14(11), 548. <https://doi.org/10.3390/bios14110548>
- 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>
- Lin, B., Wang, Z., Malanoski, A. P., O'Grady, E. A., Wimpee, C. F., Vuddhakul, V., Alves, N., Thompson, F. L., Gomez-Gil, B., & Vora, G. J. (2010). Comparative genomic analyses identify the *Vibrio harveyi* genome sequenced strains BAA-1116 and HY01 as *Vibrio campbellii*. *Environmental Microbiology Reports*, 2(1), 81-89. <https://doi.org/10.1111/j.1758-2229.2009.00100.x>
- Ma, S., Kim, A., Lee, W., Kim, S., Lee, S., Yoon, D., Bae, J.-S., Park, C.-I., & Kim, S. (2020). *Vibrio harveyi* Infection Significantly Alters Amino Acid and Carbohydrate Metabolism in Whiteleg Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Metabolites*, 10(6), 265. <https://doi.org/10.3390/metabo10060265>
- Mejias, A., & Peña, N. (2014). Síndrome de la Mortalidad Temprana (EMS/AHPNS) en camarones cultivados: Una revisión. *Repertorio Científico, Universidad Estatal a Distancia*.
- Mesa, C. A. D., Mendoza, R. M., Penir, S. M. U., Peña, L. D. de la, Amar, E. C., & Saloma, C. P. (2023). Genomic analysis of *Vibrio harveyi* strain PH1009, a potential multi-drug resistant

- pathogen due to acquisition of toxin genes. *Heliyon*, 9(4).
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14926>
- Misol, G. N., Kokkari, C., & Katharios, P. (2020). Biological and Genomic Characterization of a Novel Jumbo Bacteriophage, vB_VhaM_pir03 with Broad Host Lytic Activity against *Vibrio harveyi*. *Pathogens*, 9(12), 1051. <https://doi.org/10.3390/pathogens9121051>
- Muthukrishnan, S., Defoirdt, T., Ina-Salwany, M. Y., Yusoff, F. M., Shariff, M., Ismail, S. I., & Natrah, I. (2019). *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio harveyi* causing Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND) in *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) isolated from Malaysian shrimp ponds. *Aquaculture*, 511, 734227. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734227>
- Ng, W.-K., & Koh, C.-B. (2017). The utilization and mode of action of organic acids in the feeds of cultured aquatic animals. *Reviews in Aquaculture*, 9(4), 342-368. <https://doi.org/10.1111/raq.12141>
- Novriadi, R., Ilham, I., Roigé, O., & Segarra, S. (2021). Effects of dietary nucleotides supplementation on growth, total haemocyte count, lysozyme activity and survival upon challenge with *Vibrio harveyi* in pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Reports*, 21, 100840. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100840>
- Novriadi, R., Khotimah, N., Kamarudin, A. S., Herawati, V. E., Prayitno, S. B., Windarto, S., Man, C., Barri, A., & Staehler, P. (2024). Dietary Use of Monoglycerides Blend in Plant-Based Diets Influences Growth Performance, Hepatopancreatic Histology, Immunity and Disease Resistance of Pacific White Shrimp *Penaeus vannamei* Against *Vibrio harveyi*. *Aquaculture Studies*, 24(6). <https://doi.org/10.4194/AQUAST1964>
- Peña-Navarro, N., & Varela-Mejías, A. (2016). Prevalencia de las principales enfermedades infecciosas en el camarón blanco *Penaeus vannamei* cultivado en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 51(3), 553-564. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572016000300007>
- Prayitno, S. B., & Latchford, J. W. (1995). Experimental infections of crustaceans with luminous bacteria related to *Photobacterium* and *Vibrio*. Effect of salinity and pH on infectiosity. *Aquaculture*, 132(1), 105-112. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00374-W](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00374-W)
- Ramírez-Azpilcueta, B. A., García-Aguilar, N., Puello-Cruz, A. C., Bolán-Mejía, M. del C., Gómez-Gil, B., Osuna-Ruiz, I., & Morales-Covarrubias, M. S. (2023). Therapeutic, histopathological, and non-specific immune status effect of *Rhizophora mangle* and *Laguncularia racemosa* hydroalcoholic extracts against *Vibrio harveyi* and *Vibrio campbellii* in white shrimp (*Penaeus vannamei*). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 51(4), 543-555. <https://doi.org/10.3856/vol51-issue4-fulltext-3051>
- Risjani, Y., Mutmainnah, N., Manurung, P., Wulan, S. N., & Yunianta. (2021). Exopolysaccharide

- from *Porphyridium cruentum* (purpureum) is Not Toxic and Stimulates Immune Response against Vibriosis: The Assessment Using Zebrafish and White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Marine Drugs*, 19(3), 133. <https://doi.org/10.3390/md19030133>
- Romero, J., Feijoo, C. G., & Navarrete, P. (2012). Antibiotics in Aquaculture – Use, Abuse and Alternatives. En *Health and Environment in Aquaculture*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/28157>
- Rusmana, I., Isramilda, I., & Akhdiya, A. (2021). Characteristics of anti-*Vibrio harveyi* compounds produced by *Bacillus* spp. Isolated from shrimp ponds. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(11). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d221120>
- Sivakumar, K., & Kannappan, S. (2020). Effects of a marine diatom *Skeletonema costatum* extract on Luminescence disease causing *Vibrio harveyi* during penaeus monodon larviculture. *Bangladesh Journal of Botany*, 49(4), 1053-1062. <https://doi.org/10.3329/bjb.v49i4.52538>
- Soto-Rodriguez, S. A., Gomez-Gil, B., & Lozano, R. (2010). Bright-red syndrome in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* is caused by *Vibrio harveyi*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 92, 11-19. <https://doi.org/10.3354/dao02274>
- Soto-Rodriguez, S. A., Gomez-Gil, B., Lozano, R., del Rio-Rodríguez, R., Diéguez, A. L., & Romalde, J. L. (2012). Virulence of *Vibrio harveyi* responsible for the “Bright-red” Syndrome in the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 109(3), 307-317. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2012.01.006>
- Soto-Rodriguez, S. A., Roque, A., Lizarraga-Partida, M. L., Guerra-Flores, A. L., & Gomez-Gill, B. (2003). Virulence of luminous vibrios to *Artemia franciscana* nauplii. *Diseases of Aquatic Organisms*, 53(3), 231-240. <https://doi.org/10.3354/dao053231>
- Soto-Rodriguez, S., Gomez-Gil, B., & Lozano-Olvera, R. (2010). Density of Vibrios in Hemolymph and Hepatopancreas of Diseased Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, from Northwestern Mexico. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41, 76. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2009.00335.x>
- Subasinghe, R., Soto, D., & Jia, J. (2009). Global aquaculture and its role in sustainable development. *Reviews in Aquaculture*, 1(1), 2-9. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2008.01002.x>
- Thompson, J., Weaver, M. A., Lupatsch, I., Shields, R. J., Plummer, S., Coates, C. J., & Rowley, A. F. (2022). Antagonistic Activity of Lactic Acid Bacteria Against Pathogenic Vibrios and Their Potential Use as Probiotics in Shrimp (*Penaeus vannamei*) Culture. *Frontiers in Marine Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.807989>
- Vanmaele, S., Defoirdt, T., Cleenwerck, I., De Vos, P., & Bossier, P. (2015). Characterization of the virulence of *Harveyi* clade vibrios isolated from a shrimp hatchery in vitro and in vivo, in a brine shrimp (*Artemia franciscana*) model system. *Aquaculture*, 435, 28-32. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.09.015>

- Varela Mejías, A., & Peña Navarro, N. (2013). El Virus del Síndrome de las Manchas Blancas (WSSV): Una revisión y su impacto en la camaronicultura costarricense. *Revistas de Ciencias Veterinarias*, 28(2).
https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/veterinaria/article/download/5559/5392/12160&ved=2ahUKEwiwluX3stKQAxViRTABHQufByQQFnoECBkQAQ&usg=AOvVaw0_0V3L59KX_IHqGRWj4OMI
- Varela Mejías, A., & Peña Navarro, N. (2015). Hepatopancreatitis Necrotizante asociada al Fenómeno del Niño, en cultivos de camarones del Golfo de Nicoya. *Repertorio Científico*, 18(1), 29-34.
- Vargas-Albores, F., Porchas-Cornejo, M. A., Martínez-Porchas, M., Villalpando-Canchola, E., Gollas-Galván, T., & Martínez-Córdova, L. R. (2017). Bacterial biota of shrimp intestine is significantly modified by the use of a probiotic mixture: A high throughput sequencing approach. *Helgoland Marine Research*, 71(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s10152-017-0485-z>
- Yarahmadi, P., Mirghaed, A. T., & Shekarabi, S. P. H. (2022). Zootechnical performance, immune response, and resistance to hypoxia stress and *Vibrio harveyi* infection in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed different fishmeal diets with and without addition of sodium butyrate. *Aquaculture Reports*, 26, 101319.
<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101319>
- Yildiz, F. H., & Visick, K. L. (2009). *Vibrio* biofilms: So much the same yet so different. *Trends in Microbiology*, 17(3), 109-118. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2008.12.004>
- Zhang, S., Van Haesebroeck, J., Yang, Q., & Defoirdt, T. (2023). Indole-3-acetic acid increases the survival of brine shrimp challenged with vibrios belonging to the Harveyi clade. *Journal of Fish Diseases*, 46(5), 477-486. <https://doi.org/10.1111/jfd.13759>
- Zhou, J., Fang, W., Yang, X., Zhou, S., Hu, L., Li, X., Qi, X., Su, H., & Xie, L. (2012). A Nonluminescent and Highly Virulent *Vibrio harveyi* Strain Is Associated with “Bacterial White Tail Disease” of *Litopenaeus vannamei* Shrimp. *PLOS ONE*, 7(2), e29961.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029961>
- Zokaeifar, H., Balcázar, J. L., Saad, C. R., Kamarudin, M. S., Sijam, K., Arshad, A., & Nejat, N. (2012). Effects of *Bacillus subtilis* on the growth performance, digestive enzymes, immune gene expression and disease resistance of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology*, 33(4), 683-689. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2012.05.027>