

# UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

REPÚBLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

INFORME DE INVESTIGACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA

TEMA:

Revisión sistemática de la evaluación de compuestos bioactivos de extractos de macro y microalgas contra la vibriosis de camarón *Penaeus (Litopenaeus vannamei)*

Autor:

Carla Patricia Albarracín Acosta

Director:

Juan Diego Valenzuela Cobos PhD.

Milagro, 2024

## Derechos de autor

**Sr. Dr.  
Fabricio Guevara Viejó**  
Rector de la Universidad Estatal de Milagro  
Presente.

Yo, **Carla Patricia Albarracín Acosta** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de Magister en Biotecnología, como aporte a la Línea de Investigación **PROMOCIÓN DEL DESARROLLO ECONÓMICO: ECONOMÍA VERDE** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 22 de marzo de 2024.



**Carla Patricia Albarracín Acosta**  
**CI: 050293625-5**

## Aprobación del director del Trabajo de Titulación

Yo, **Juan Diego Valenzuela Cobos PhD**, en mi calidad de director del trabajo de titulación, elaborado por **Carla Patricia Albarracín Acosta**, cuyo tema es **Revisión sistemática de la evaluación de compuestos bioactivos de extractos de macro y microalgas contra la vibriosis de camarón *Penaeus (Litopenaeus vannamei)***, que aporta a la Línea de Investigación **PROMOCIÓN DEL DESARROLLO ECONÓMICO: ECONOMÍA VERDE**, previo a la obtención del Grado Magister en biotecnología. Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 22 de marzo de 2024



**Juan Diego Valenzuela Cobos PhD**

**CI: 0927981670**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA**

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA**, presentado por **ING. ALBARRACIN ACOSTA CARLA PATRICIA**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA EVALUACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE EXTRACTOS DE MACRO Y MICROALGAS CONTRA LA VIBRIOSIS DE CAMARÓN PENAEUS (LITOPENAEUS VANNAMEI)", las siguientes calificaciones:

TRABAJO ESCRITO	55.00
SUSTENTACIÓN	37.00
PROMEDIO	92.00
EQUIVALENTE	Muy Bueno



Firmado digitalmente por:  
**DIEGO GEOVANNY**  
**BARZALLO GRANIZO**

Mgs. **BARZALLO GRANIZO DIEGO GEOVANNY**  
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Firmado digitalmente por:  
**CESAR ANIBAL**  
**BARZOLA GAIBOR**

Ing. **BARZOLA GAIBOR CESAR ANIBAL**  
VOCAL



Firmado digitalmente por:  
**ALEX EDWIN GUILLEN**  
**BONILLA**

Ing. **GUILLEN BONILLA ALEX EDWIN**  
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

## DEDICATORIA

*Cualquier esfuerzo a realizarse requiere de motivación, empeño y voluntad. Mi motivación Christopher, Criss y toda la familia. Empeño y voluntad: ¿cómo no tenerlos si este esfuerzo contribuirá a mi formación profesional? Dedico, entonces, este trabajo a mi motor de vida: mis amados hijo y esposo, así como a quien me dio la vida y es, a su vez, una de mis razones de vivir. Y a mi ñañita, con quien sin importar la distancia física a la que estemos no dejamos que exista trecho entre nuestros corazones. Les amo: Christopher, Criss, Mamita y Majito. Dios les bendiga siempre.*

## AGRADECIMIENTOS

*Expreso mi infinito agradecimiento a Nuestro Padre Creador, por quien todo es hecho; seguramente sin Su acción divina nada sucedería. Gracias Dios por guiarme siempre, desde el inicio de este proyecto, no hay momento en el que me hayas abandonado. Gracias a mi familia, a cada uno de ellos, por estar siempre presentes, por sus oraciones y apoyo incondicional.*

*Agradezco especialmente a mi tutor del proyecto de investigación, Juan Valenzuela PhD., quien con su conocimiento ha contribuido en la realización de este proceso de titulación y con suma paciencia me ha guiado en el trayecto. A cada uno de los profesores por las enseñanzas impartidas y lecciones aprendidas y a la Universidad Estatal de Milagro que forma profesionales con excelencia y alto espíritu de colaboración. Gracias a todos y a cada uno por ser luz en mi vida.*

## Resumen

El sector acuícola, específicamente el productor de camarón peneido, en el Ecuador, es uno de los principales productos de exportación del país, y que, por consiguiente, genera grandes ingresos a la economía del país. La alta productividad del cultivo de *Penaeus (Litopenaeus vannamei)* ha permitido a la industria ecuatoriana posicionarse como la más importante a nivel nacional y a nivel internacional su crecimiento es exponencial. No obstante, la incidencia de enfermedades que afectan a este cultivo representa uno de los principales problemas y es, por ende, la causa de afecciones sanitarias y grandes pérdidas económicas para el sector camaronero.

El presente estudio teórico es una revisión sistemática de investigaciones relacionadas a la evaluación de los compuestos bioactivos de macro y microalgas que han exhibido efecto sobre la vibriosis del camarón, una de las enfermedades que ocasiona grandes pérdidas productivas y económicas a este importante rubro. La búsqueda de la información se la realizó en fuentes como Google Académico, Scopus, y sitios en la web empleando principalmente como palabras clave: compuestos bioactivos, macroalgas, microalgas, vibriosis, camarón, entre otras. Se resumieron los principales hallazgos y procedimientos de alrededor de 30 artículos científicos publicados entre el 2000 y 2023; para la sección de resultados se tomó la información de los últimos 10 años. La información revisada mostró que los compuestos bioactivos, provenientes de macro y microalgas, más comúnmente hallados con significativa evidencia en contra de la vibriosis del camarón son glucanos, ácidos grasos poliinsaturados como el 5 (n-3) EPA, betacaroteno, esteroides y Fucoïdan; y los principales efectos bioactivos sobre el camarón corresponden a: inmunoestimulante, antibacteriano, antioxidante e inmunoprotector. Sin embargo, es pertinente destacar que se requiere profundizar sobre la bioactividad de los compuestos presentes en las macro y microalgas revisadas, de tal forma que se pueda conocer conforme la disponibilidad de biomasa, su evolución temporal y variación espacial de la composición química la posibilidad de estandarización de metodologías de investigación que confirmen su actividad biológica sobre enfermedades causadas por vibrios patógenos.

*Palabras clave: compuestos bioactivos, macro y microalgas, camarón, vibriosis  
evaluación bioactividad.*



## Abstract

The aquaculture sector, specifically the producers of penaeid shrimp, in Ecuador, is one of the country's main export products, and, consequently, generates large income for the country's economy. The high productivity of *Penaeus (Litopenaus vannamei)* cultivation has allowed the Ecuadorian industry to position itself as the most important nationally and internationally its growth is exponential. However, the incidence of diseases that affect this crop represents one of the main problems and is, therefore, the cause of health conditions and large economic losses for the shrimp sector.

The present theoretical study is a systematic review of research related to the evaluation of bioactive compounds from macro and microalgae that have exhibited an effect on shrimp vibriosis; one of the main diseases that causes productive and economic losses to this important sector. The information search was carried out in sources such as Google Scholar, Scopus, and websites using mainly keywords: bioactive compounds, macroalgae, microalgae, vibriosis, shrimp, among others. The main findings and procedures of around 30 scientific articles published between 2000 and 2023 were summarized. For the results section, information from the last 10 years was taken. The information reviewed showed that the bioactive compounds from macro and microalgae most commonly found against shrimp vibriosis are: glucans, polyunsaturated fatty acids such as 5 (n-3) EPA, beta-carotene, steroids and Fucoidan; and the main bioactive effects on shrimp correspond to: immunostimulant, antibacterial, antioxidant and immunoprotective.

However, it is necessary to highlight that a deeper analysis into the bioactivity of the compounds present in the macro and microalgae may be needed in order to find a way that biomass availability, its temporal evolution and spatial variation of the chemical composition gives the opportunity to standardize research methodologies that confirm the biological activity on diseases caused by pathogenic vibrios in shrimp cultivates.

*Palabras clave: bioactive compounds, macroalgae, microalgae, shrimp, Vibrio biological activity.*

## Índice / Sumario

Derechos de autor .....	1
Aprobación del director del Trabajo de Titulación .....	2
Aprobación del tribunal calificador.....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTOS .....	5
Resumen.....	6
Abstract .....	8
Introducción.....	10
Capítulo I: El problema de la investigación .....	12
CAPÍTULO II: Marco teórico referencial .....	17
CAPÍTULO III: Diseño metodológico .....	35
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	35
3.2 La población y la muestra .....	35
3.2.1 Características de la población.....	36
3.2.2 Delimitación de la población .....	36
3.2.3 Tipo de muestra.....	37
3.2.4 Proceso de selección de la muestra .....	37
3.3 Los métodos y las técnicas .....	38
3.4 Procesamiento estadístico de la información .....	39
CAPÍTULO IV: Análisis e interpretación de resultados.....	40
4.1 Análisis de los resultados.....	40
4.2 Interpretación de los resultados .....	41
CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones .....	46
5.1 Conclusiones.....	46
5.2 Recomendaciones .....	47
Bibliografía .....	48

## Introducción

La producción de camarón es la principal actividad del sector acuícola y representa alrededor del 0.81% del PIB del Ecuador (Cooperación Financiera Nacional, 2022). El cultivo de este crustáceo se ha visto afectado por diversas enfermedades, entre ellas la vibriosis que causa la necrosis aguda del hepatopáncreas y por consiguiente grandes pérdidas económicas en su producción y comercialización.

La solución más común adoptada, tanto por grandes como pequeños productores, ha sido el uso de antibióticos de espectro amplio, lo cual ha desencadenado multiresistencia de las cepas bacterianas así como un problema creciente para la salud humana y animal. Se han reportado estudios respecto a residuos de antibióticos o resistencias en especies de cultivo, peces asilvestrados, columna de agua, y sedimentos entre otros; así también que el alimento suministrado con antibióticos a cultivos acuícolas favorecen su bioacumulación en tejidos comestibles, por ende potencialmente perjudiciales para los consumidores, incluso con efectos dañinos a ecología intestinal (González, Vidal, & Pimienta-Concepción, 2021).

Bajo el contexto señalado, alternativas para el uso de antibióticos en el control y disminución de la incidencia en la mortandad del cultivo de camarón en el Ecuador, son necesarias. En los últimos 10 años, se ha investigado respecto al uso de probióticos de diversas fuentes siendo su éxito muy dependiente de los protocolos de aplicación que se empleen. En peces, las bacterias ácido lácticas comúnmente empleadas están descritas como parte de la microflora normal de los organismos (Villamil-Díaz, L, 2009) y su administración exógena se asocia a inhibición en el crecimiento de bacterias patógenas. La investigación de compuestos bioactivos, específicamente con actividad antimicrobiana, en macro y microalgas se ha desarrollado desde la década de los 70's

Las macro y microalgas por ser fuentes ricas en vitaminas, aminoácidos esenciales, minerales, ácidos grasos esenciales y pigmentos carotenoides para los animales acuáticos se presentan como una alternativa válida para el reemplazo de antibióticos

en tratamientos en contra de enfermedades bacterianas que atacan al cultivo de camarón, específicamente.

En ensayos de alimentación realizados sobre ciertas especies de peces, se descubrió que muchos tipos de microalgas aumentan el crecimiento, la utilización de alimentos, la actividad fisiológica, la respuesta al estrés, la tolerancia al hambre y la resistencia a enfermedades (Ju, Forster, & Dominy, 2009).

De ahí que, el presente trabajo se enfoca en realizar una revisión sistemática de la literatura existente sobre estudios realizados respecto a la utilización de macroalgas y microalgas como una alternativa de tratamiento para las infecciones causadas por vibrios en los cultivos de camarón a nivel; manteniendo como hipótesis que los extractos de micro y macroalgas ensayadas contienen compuestos bioactivos que pueden ser empleados como agentes antibacterianos, por lo cual son potencialmente inhibidores de estas bacterias que causan vibriosis en camarón. Así el objeto central de esta revisión sistemática es recoger los principales criterios de evaluación de los compuestos bioactivos de extractos de micro y macroalgas empleadas como alimento vivo en cultivos de camarón y su actividad antimicrobiana contra una de las principales enfermedades que enfrenta la industria camaronera: la vibriosis causada por vibrios, de tal forma que se contribuya al conocimiento teórico de profesionales del área y que permita realizar un análisis general para la toma de decisiones respecto a la aplicación de este tipo de dietas con miras a aplicaciones comerciales con éxito. La revisión sistemática se realiza a partir de fuentes bibliográficas tales como publicaciones institucionales, artículos científicos y libros disponibles.

# Capítulo I: El problema de la investigación

## 1.1 Planteamiento del problema

Actualmente, el sector acuícola, específicamente el productor de camarón peneido, en el Ecuador, es uno de los principales productos de exportación del país, y que, por consiguiente, genera grandes ingresos a la economía del país. La alta productividad del cultivo de *Penaeus (Litopenaeus vannamei)* ha permitido a la industria ecuatoriana posicionarse como la más importante a nivel nacional y a nivel internacional su crecimiento es exponencial. No obstante, la incidencia de enfermedades que afectan a este cultivo representa uno de los principales problemas y es, por ende, la causa de afecciones sanitarias y grandes pérdidas económicas para el sector camaronero. Dentro de las enfermedades más comúnmente incidentes, están las originadas por vibrios, bacterias patógenas que una vez alojadas en el hospedero, generan enfermedad generalizada y por ende disminución en el rendimiento y productividad del cultivo.

Consecuentemente, amplias investigaciones se han centrado en la búsqueda de tratamientos que contrarresten la afectación a los cultivos; empleándose distintos enfoques, desde el uso de metodologías tradicionales, antibióticos, alternativas como probióticos, así como aquellos que permitan un combate eficaz a la enfermedad y asimismo mitiguen los impactos negativos al medio ambiente.

En este contexto, siendo manifiesta resistencia antimicrobiana, sumado a la reducida validez de tratamientos alternativos, las últimas investigaciones se han centrado en evaluar la eficacia del uso de compuestos bioactivos obtenidos a partir de macroalgas y microalgas que neutralicen la enfermedad de los camarones causada por vibrios y a la par representen tratamientos amigables con el medio ambiente.

## **1.2 Delimitación del problema**

Se plantea una revisión sistemática de la evaluación de compuestos bioactivos de extractos de macro y microalgas en función de la determinación de éstos contra la vibriosis de camarón.

## **1.3 Formulación del problema**

En la presente investigación, pretende sistematizar los resultados de la evaluación de compuestos bioactivos de especies de macro y microalgas sobre la incidencia en la mortalidad de los cultivos de camarón *Penaeus* (*Litopenaeus vannamei*) a causa de enfermedades por vibrios.

## **1.4 Preguntas de investigación**

¿Existe evidencia científica respecto de la eficacia de compuestos bioactivos en contra de vibriosis de camarón?

## **1.5 Determinación del tema**

La determinación de la temática de esta investigación se realizó debido al interés de recoger las principales investigaciones relacionadas a la evaluación de compuestos bioactivos a partir de macro algas y microalgas cuyos extractos hayan sido probados para contrarrestar la incidencia de enfermedades causadas por vibrios en el cultivo de camarón, por cuanto uno de los principales rubros de exportación nacional, es el camarón, y adicionalmente, las últimas investigaciones al respecto propenden al hallazgo de evidencia científica de uso alternativo de bioproductos eficaces para enfermedades emergentes y no emergentes de este cultivo.

## **1.6 Objetivo general**

Desarrollar una revisión sistemática de la evaluación de compuestos bioactivos de extractos de macro y microalgas contra vibriosis de camarón *Penaeus* (*Litopenaeus vannamei*).

## 1.7 Objetivos específicos

- Revisar bibliográficamente el cultivo de especies de macro y microalgas destinadas a acuicultura.
- Describir los principales efectos de compuestos bioactivos hallados en macroalgas y microalgas para contrarrestar enfermedades que afectan el cultivo de camarón con enfoque principal a vibriosis, conforme la revisión bibliográfica realizada.
- Comparar las distintas metodologías empleadas por autores en los últimos cinco años, respecto al efecto de compuestos bioactivos, antibacteriano, antioxidante, de macroalgas y micro algas sobre la enfermedad camarón: vibriosis.

## 1.8 Hipótesis

Compuestos bioactivos: antioxidantes y antimicrobianos de extractos de las macro y microalgas son eficaces y reducen la mortalidad causada por vibriosis en cultivos de camarón.

## 1.9 Declaración de las variables (operacionalización)

Conforme la modalidad del informe de investigación, se efectúa la revisión sistemática de la evaluación de compuestos bioactivos de extractos de macro y microalgas contra vibriosis de camarón; por lo cual, las variables difieren entre cada uno de los documentos consultados.

## 1.10 Justificación

Conforme con lo señalado por la (Cooperación Financiera Nacional, 2022) Cooperación Financiera Nacional (2021), el cultivo de camarón representa alrededor del 0.81% del PIB del Ecuador. Es además, el primer producto de exportación no petrolera del país y que genera más de USD \$ 3 mil millones de dólares, superando ligeramente los ingresos por el rubro banano. Sin embargo, las enfermedades prevalentes sobre este cultivo representan una limitante importante sobre su producción; cuya amenaza latente ha causado importantes pérdidas económicas al sector desde los años 90's. Dichas enfermedades afectan directamente a la salud del camarón; (Cooperación Financiera Nacional, 2022) reportaron para el año 2020 la generación de pérdidas económicas, por alrededor de USD \$ 27 mil millones de dólares.

Entre las principales enfermedades que han causado pérdidas económicas importantes, se encuentran, por ejemplo, la epidemia del virus de la mancha blanca (White spot syndrome virus – WSSV) entre el año 1999 al 2003, que provocó incluso una caída al PIB de 4.5 a 1.5%, y consecuentemente la reducción alrededor de USD \$1.2 mil millones de dólares (FAO, 2022).

En la actualidad, las enfermedades emergentes del camarón son provocados especialmente por bacterias del género *Vibrio*, siendo la necrosis hepatopancreática aguda (AHPND, Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease) la enfermedad bacteriana más emergente (Cuéllar-Angel, 2013). Las bacterias causantes de AHPND contienen plásmidos portadores de los genes PirVP que expresan las toxinas (PirA y PirB) y que causan altas tasas de mortalidad en los camarones infectados (Coque, Indacochea, 2019).

Por tanto, con la finalidad de contrarrestar la incidencia de enfermedades, se opta por el uso de antibióticos, que cada vez con más frecuencia, resulta indiscriminado y alejado de las consecuencias; desencadenándose problemas en el sector acuícola. Entretanto, los problemas causados por las enfermedades y por los tratamientos recurrentes con antibióticos poco eficaces han dado lugar a mayores consecuencias negativas para el sector incluyendo la capacidad de resistencia a los antimicrobianos



que desarrollan los patógenos. Esto, sumado a la afectación directa a la salud del animal, ha generado una amenaza real a la salud humana, que habla de una posible transmisión de resistencia antibiótica.

La evaluación de nuevas alternativas sostenibles y eficaces que permitan contar con más óptimas herramientas de combate a patógenos en los camarones, tales como vibrios, es indispensable. Es así que, los extractos de micro y macroalgas, representan, según la bibliografía revisada, una alternativa al hallazgo de la salud de los animales en la industria acuícola, por consiguiente la de los seres humanos de una forma sostenible.

### **1.11 Alcance y limitaciones**

Con base a lo anteriormente citado, el objetivo central del presente trabajo de investigación es desarrollar una revisión sistemática de la evaluación de compuestos bioactivos de extractos de macro y microalgas contra vibriosis de camarón *Penaeus* (*Litopenaeus vannamei*) de tal forma que, a través de esta exploración, se contribuya al mejoramiento del conocimiento de los potenciales compuestos bioactivos que se pueden valorizar a partir de extractos de macro y microalgas que contrarresten las infecciones causadas por las bacterias del grupo *Vibrio* al cultivo de camarones peneidos en Ecuador.

Esto a través de la revisión sistemática de fuentes bibliográficas de publicaciones de alto impacto disponibles durante en el período de 10 años.

En cuanto a la limitación del presente informe de investigación, se puede mencionar que, aún con la creciente tendencia de investigación sobre el tema, existe limitada información disponible en bases de datos abiertas en la web que permitan abarcar un gran número de evaluaciones efectuadas sobre los compuestos extraídos a partir de macro y microalgas y que sean concluyentes en cuanto a la efectividad y eficacia de la enfermedad de la vibriosis del camarón, en el Ecuador.

## CAPÍTULO II: Marco teórico referencial

### 2.1 Antecedentes

A partir de los años 70s la producción acuícola ha tenido un desarrollo creciente a nivel mundial generando importantes ingresos económicos a los países productores y la generación de numerosas fuentes de empleo. En el Ecuador, la acuicultura es amplia; no obstante, está principalmente representada por la producción de camarón blanco *Penaeus (Litopenaeus vannamei)*, que se ha constituido, en los últimos años, uno de los principales rubros de exportación no petrolera; alcanzando aportes significativos en porcentaje al Producto Interno Bruto PIB.

Asimismo, la creciente industria camaronera, tanto a nivel nacional como internacional, ha demandado constantes contribuciones al mejoramiento de la productividad así como al hallazgo de tratamientos eficaces ante amenazantes enfermedades que han desencadenado importantes pérdidas económicas y de producción.

La intensificación de la tecnología de cultivo y el uso de productos químicos que contrarresten enfermedades tradicionales al mismo, ha desencadenado a su vez problemas ambientales y de origen patológico para el camarón.

Las principales enfermedades que, en Ecuador, han afectado a *P. vannamei* son: la mancha blanca (WSSV), el síndrome de Taura (TSV) y la necrosis hepatopancreática aguda (AHPND, conocida como síndrome de mortalidad temprana), la cual es considerada letal puesto que se reporta ocasiona alrededor del 90% de mortalidad (Jalil Zorriehzahara & Banaederakhshan, 2015). Las bacterias del género *Vibrio* es uno de los principales patógenos causantes de infecciones en camarón blanco y las especies identificadas con mayor incidencia en la mortalidad del cultivo son *V. harveyi*, en etapa larval, *V. parahaemolyticus*, *V. campbellii*, *V. vulnificus* y *V. splendidus*, altamente contagiosos (Barrantes, 2023). Generalmente, el mecanismo adoptado por gran parte de productores, como medida de mitigación ante los ataques de vibrios, ha sido el uso de antibióticos, probióticos y químicos

comerciales; sin embargo, el uso intensivo de los mismos ha mermado su eficacia desencadenando, inclusive, afectaciones al consumidor y al medio ambiente.

Consecuentemente, en la actualidad diversos enfoques se han adoptado con la finalidad de determinar tratamientos alternativos que permitan disminuir la incidencia y mortandad de este tipo de enfermedades que afectan significativamente al cultivo de camarón. Diversos estudios realizados sobre macro y microalgas han permitido revelar el amplio potencial de estas especies marinas y su gran cantidad de compuestos bioactivos que coadyuvan al mejoramiento de la inmunidad del camarón blanco frente a las infecciones bacterianas causadas por vibrios. Dichos estudios se han concentrado en desarrollar productos antimicrobianos naturales, compuestos aislados de microalgas, macroalgas, capaces de controlar a los agentes etiológicos de estas enfermedades.

Dentro de los principales compuestos bioactivos, obtenidos a partir de extractos, presentan bioactividad antimicrobiana, antioxidante e inmunoestimulante dando lugar al mejoramiento de la salud y calidad del camarón y control de patógenos.

## **2.2 Contenido teórico que fundamenta la investigación**

### **Acuicultura**

De acuerdo con la (FAO, 2022), de forma global, el estado y tendencia de la producción acuícola mundial, durante el año 2020, pese a la pandemia por la COVID-19, mantuvo su propensión de crecimiento en medio de la propagación mundial de la pandemia, pese a ciertas diferencias entre regiones y países productores dentro de cada región. La producción acuícola total comprendió

Corresponden a 87.5 millones de toneladas de animales acuáticos, principalmente de consumo humano, 35.1 millones de toneladas de algas, de uso alimentario y no alimentario, y 700 toneladas de conchas y perlas de uso ornamental lo cual da un total de 122.6 millones de toneladas en peso vivo en 2020, correspondiente a la producción acuícola. Esto representa un incremento de alrededor de 6.7 millones de toneladas respecto al año 2018 (FAO, 2022).

Asimismo, la producción acuícola mundial de especies animales creció un 2.7% en el año 2020 en comparación con el año 2019, representando una tasa de crecimiento anual mínima no evidenciada por más de 40 años.

En concordancia, el cultivo de peces se mantuvo estable representando alrededor del 66% de la acuicultura mundial durante las últimas décadas. En lo particular, durante el año 2020, la piscicultura alcanzó 57.5 millones de toneladas que representan alrededor de USD \$146.1 mil millones, seccionados en 49.1 millones de toneladas de acuicultura continental y 8.3 millones de toneladas de maricultura (FAO, 2022).

En cuanto a otro tipo de cultivos marinos, alrededor de 30 millones de toneladas fueron producidas durante el año 2020, en su mayoría bivalvos, crustáceos y en menor porcentaje invertebrados y especies semiacuáticas como tortugas y ranas (FAO, 2022).

En cuanto a la producción mundial de camarón, éstos animales marinos predominan en la producción de crustáceos procedentes de la acuicultura costera generando importantes ingresos en divisas para varios países en desarrollo de Asia y América Latina (FAO, 2022).

El camarón peneido, a nivel mundial, es la especie más cultivada. De acuerdo con datos de (FAO, 2022), más del 83% del cultivo corresponde a esta especie, cuyos principales productores son Ecuador, Tailandia, México, China, Vietnam, entre otros del continente asiático.

En el año 2021, la revista Aquaculture posicionó al Ecuador como el primer país productor de camarón a nivel mundial seguido de China, en Asia, México y otros países de Centro América, en América Latina. Por otro lado, en el año 2022, se estimó que la producción de camarón estaría liderada por productores latinoamericanos, específicamente Ecuador y México (Veterinaria Digital, 2022). En efecto, el Ecuador resultó siendo uno de los pioneros en exportación de camarón a países como Estados Unidos, Corea del Sur, Canadá, Inglaterra entre otros (Merizalde , Aguilar , & Tuárez , 2018).

La acuicultura en el Ecuador está representada por alrededor del 95% correspondiente al cultivo de camarón blanco *Penaeus (Litopenaeus vannamei)*.

Según informes de la (Cooperación Financiera Nacional, 2021), el sector de pesca y acuicultura tuvo una participación del 0.81% del PIB total ecuatoriano, lo cual representa alrededor del 16% del PIB agropecuario, siendo por consiguiente un ingreso representativo para el Ecuador. Sin embargo, uno de los más grandes retos que enfrenta la industria camaronera son las enfermedades que afectan al cultivo y que causan descensos en el costo en mercados internacionales así como mermas significativas en la producción. Las principales enfermedades que sufre *Penaeus (Litopenaeus vannamei)* son el virus de la mancha blanca (WSSV), síndrome de la gaviota y de Taura (Ullsco, Garzón, Quesada, & Barrezueta, 2021) y la conocida como vibriosis del camarón, que es producida por el género de bacterias *Vibrio spp.*

### ***Enfermedades importantes para el cultivo de camarón***

Las enfermedades bacterianas en camarón pueden causar mortalidades importantes; específicamente las bacterias del género *Vibrio* se registran como patógenas oportunistas en los diferentes estadios del cultivo (Beltrán, 2011). Las especies más frecuentes con afectaciones significativas son *Vibrio harveyi* y *V. splendidus* en el cultivo larvario, mientras que *Vibrio parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*, *V. vulnificus*, relacionadas en el cultivo de engorde (Cuéllar-Angel, 2013).

El control de la vibriosis, al ser una enfermedad bacteriana se abordado empleando el tratamiento más usado, antibióticos, lo cual si bien ha logrado disminuir la prevalencia de la enfermedad, también ha sido causa de controversias debido a su amplio espectro y abuso en su utilización. Adicionalmente, conforme lo reporta (Gómez-Gil, Roque, & Guerra-Flores, 2016), la elección del antibiótico a emplearse debe abarcar un análisis minucioso tanto del estadio del cultivo cuanto de las condiciones en las que éste se encuentra desarrollándose de tal forma que se determine adecuadamente las dosis a emplearse procurando minimizar el impacto de su uso en el consumidor final.

Entre los principales antibióticos empleados para el control de enfermedades bacterianas en camarón, se encuentran la oxitetraciclina, enrofloxacin y florfenicol (Santiago, Espinosa, & Bermúdez, 2009) (Varela-Mejías & Alfaro-Mora, 2018). Desgraciadamente, la capacidad de rápida reproducción y mutación de las bacterias,

sumado al mal uso sobre los compuestos antibacterianos, han generado el desarrollo de resistencia bacteriana; consecuentemente, en la actualidad, este representa el mayor reto y desafío a resolver para la sostenibilidad de las unidades de producción de camarón.

Conforme lo reporta (Montoya, 2003), la FDA a inicios del 2002 incrementó los controles de inspección de productos acuícolas y realizó llamados de alerta para evitar el uso de drogas prohibidas. Consecuentemente, algunos acercamientos que permitan el reemplazo de los antibióticos en el cultivo de camarón, se han estudiado desde los años 80s.

Con la finalidad de conocer las posibilidades de tratamientos alternativos a antibióticos, los investigadores requirieron comprender ampliamente los mecanismos de acción del sistema inmune del camarón frente a infecciones por patógenos bacterianos. El conocimiento científico actual sobre el sistema inmunológico del camarón es escaso, pero se cree que es primitivo y se basa principalmente en el sistema inmune innato (Martín Ríos, Espinosa, & Carrillo Farnés , 2022).

Asimismo, estas especies presentan un sistema circulatorio abierto y que no exhibe disociación entre el sistema circulatorio y linfático. Los hemocitos, juegan un rol importante en la respuesta inmune del camarón ante infecciones, y éstos se encuentran en la hemolinfa que es el líquido presente en el sistema abierto circulatorio-linfático. Las células identifican al patógeno en interacción con componentes específicos de la pared celular de los organismos invasores y son los encargados de activar los mecanismos de control y eliminación de los patógenos ya sea por medio de aglutinación, fagocitosis y producción de compuestos antimicrobianos y radicales libres (Rendón & Balcázar , 2003)

Regresando la vista a las alternativas generadas para el reemplazo de antibióticos en la acuicultura, una de las opciones para contrarrestar enfermedades infecciosas, ha sido el empleo de aditivos inmunoestimulantes. El  $\beta$ -glucano y ciertos lipopolisacáridos han jugado un rol importante en la acuicultura a gran escala considerándose inmunoestimulantes de amplio espectro (Licona, 2022).

Los probióticos son definidos como “suplementos microbianos vivos que tienen un efecto beneficioso sobre el hospedero, mejorando su respuesta hacia las

enfermedades, modificando la comunidad microbiana del ambiente asociada al hospedero, asegurando un mejor uso del alimento o mejorando su valor nutricional (Rodríguez, Dominguez, Chalen , & Agurto, 2015).

De forma general, las bacterias especialmente del tipo ácido lácticas (BAL) al ser microorganismos de alta tolerancia a ambientes ácidos, realizan funciones como reductores de pH compitiendo por los sitios de anclaje de bacterias patógenas en el hospedero; asimismo, las levaduras por sus propiedades probióticas conceden ventajas en el tracto digestivo de los hospederos estimulando sus mecanismos de defensa a causa de la producción de metabolitos secundarios que evitan la colonización de los patógenos (Licona, 2022).

En la misma sintonía, el estudio del potencial de las algas marinas como agentes terapéuticos o profilácticos en la acuicultura ha venido creciendo en las últimas décadas; esto por la gran variedad de metabolitos activos con propiedades antibacterianas, antivirales y antioxidantes (Vera, 2022). Existen reportes al respecto de la diversidad de propiedades biológicas que exhiben bioactividad en distintas especies de macroalgas y microalgas. Se ha reportado que las algas marinas podrían tener efectos beneficiosos, incluso, en la salud humana, siendo capaces de reducir el colesterol en sangre y la respuesta glucémica; beneficiarían a la microbiota del intestino teniendo repercusiones favorables en el colon; por ende, su actividad antiviral, antiinflamatoria, antiparasitarias y antimicrobiana (Chew, Lim, Omar, & Khoo, 2008).

Se ha reportado que las algas contienen compuestos con actividad inmunoestimulante en peces, y que éstas generan beneficios fisiológicos y mejora en el bienestar animal. Sin embargo, la biomasa de algas que se emplee necesitan pretratamientos previos para la obtención los polisacáridos de interés para así incluirlos como ingredientes de piensos de peces (Osuna, y otros, 2016).

De ahí que en acuicultura, y particularmente para el cultivo de camarón, el uso de la capacidad antimicrobiana de extractos crudos de macroalgas está siendo ampliamente estudiado; esto debido, como ya se mencionó, a la susceptibilidad que tienen éstos crustáceos a ser atacados por patógenos resistentes a antibióticos como

es el caso de *Vibrio harveyi*, *Vibrio splendidus* y *Vibrio parahaemolyticus* (Immanuel , Vincybai, Sivaram, Palavesam, & Marian, 2004).

En cuanto a las macroalgas representan fuentes de metabolitos secundarios altamente bioactivos útiles en el desarrollo de ingredientes funcionales. Las macroalgas son organismos autótrofos que van desde formas unicelulares a multicelulares, y se clasifican en tres grupos principales: algas rojas, algas pardas y algas verdes, en función de su pigmentación ( Esquer-Miranda, Nieves-Soto, Rivas-Vega, Miranda-Baeza, & Piña-Valdez, 2016).

Por otra parte, y en similitud con las macroalgas, estudios efectuados sobre éstas exhiben que son fuentes de producción de antibióticos entre los cuales están ácidos grasos, sustancias fenólicas como: bromofenoles, taninos, terpenoides, polisacáridos y otros carbohidratos, alcoholes glicolípidos, péptidos y enzimas inhibidoras.

De ahí la importancia de la necesidad de los hallazgos científicos que puedan aportar a remediar o mitigar los problemas de salud y la alta mortalidad en las unidades de producción de camarón; así como la exploración de los mecanismos adecuados que contribuyan al mejoramiento de la supervivencia y el crecimiento del crustáceo en cultivos combinados y/o suplementados con macro y microalgas, lo cual genere mejoras en el crecimiento, tasa de conversión alimenticia y el rendimiento general de este importante rubro de exportación para el país.

## ***Macroalgas y microalgas***

### ***Generalidades***

Las algas son plantas marinas; organismos capaces de realizar fotosíntesis a partir del oxígeno y obtener carbono orgánico con la energía solar (Zanolla, 2021). En la cadena alimentaria del medio acuático, las algas ocupan el primer eslabón y constituyen componentes básicos de la producción primaria; siendo las macroalgas las más grandes, estratificadas o filamentosas y que, se menciona incluso, llegan a formar bosques acuáticos (Cuvi & Cornejo, 2020).



En cuanto a las macroalgas puede mencionarse que son uno de los encargados de la producción de materia orgánica y energía ya que absorben nutrientes del agua de mar para su desarrollo y emplean dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como materia prima a través de los procesos de fotosíntesis (Cuvi & Cornejo, 2020).

En el Ecuador, de acuerdo con (Cuvi & Cornejo, 2020), se ha reportado que las macroalgas están distribuidas desde la zona intermareal hasta alrededor de 100 metros de profundidad conforme los requerimientos lumínicos; colonizando estos ambientes y desarrollándose sobre múltiples sustratos que les impidan ser arrasadas por las corrientes marinas (Sánchez & Torres, 2021). Se referencia a la Zona Intermareal Rocosa (ZIR) en Salango, provincia de Manabí, como un área en donde se encuentran distintas especies de macroalgas.

De acuerdo con (Sánchez & Torres, 2021), la flora de esta zona se constituye por algas rojas (Rhodophyta), verdes (Chlorophyta) y pardas (Phaeophyta).

Los grupos más abundantes hallados en aguas poco profundas son las algas bentónicas Phaeophyceae y Chlorophyta que dependen de mayores intensidades lumínicas para su crecimiento; mientras que las algas pertenecientes al grupo Rhodophyta se encuentran a mayores profundidades y en menor abundancia; pese a ello, son bioindicadores para caracterización de la calidad del agua, respecto a contaminación y sustancias tóxicas (Cuvi & Cornejo, 2020).

Por otro lado, en cuanto a las microalgas éstas son organismos unicelulares que habitan tanto aguas marinas como aguas dulces y que efectúan fotosíntesis; en ciertos casos presentan facultad fotosintética superior a muchas otras plantas terrestres (Martínez & Gamero, 2021).

Procedentes de distintos ambientes geográficos del Ecuador, la biodiversidad de microalgas se encuentra distribuida tanto en la Región Sierra como en la Costa del país; se registran principalmente en las provincias de Santa Elena, Guayas, Carchi, Imbabura y Pichincha siendo las diatomeas las más abundantes (Morales, Luna, Navarro, Santana, & Gordillo, 2013).

En estudios relacionados a diversidad de microalgas, se encontró que formaciones de consorcios microalga- cianobacteria, son frecuentes, destacándose alta presencia

de *Chlorella sp.*, *Desmosdesmus sp.* y *Leptolyngbya sp.* (Morales, Luna, Navarro, Santana, & Gordillo, 2013).

Asimismo, se ha reportado que la primera microalga aislada fue *Chlorella vulgaris* en 1890 y mantenida en condiciones; sin embargo, fue hasta inicio de los años cuarenta que se generaron estudios respecto a su fisiología y bioquímica para su caracterización. En concordancia, de acuerdo a (García-Romeral, Pavía-Gómez, Chirivella-Martorell, Garcia Saez, & Serrano-Aroca, 2017), las diatomeas fueron las primeras microalgas.

En cuanto a la composición de estas especies, presentan altos contenidos de proteínas, presentando valores superiores a 50% del peso seco y perfiles de aminoácidos similares a los de la harina de pescado o soya por lo cual su empleo ha ganado gran interés alimentario basado en su calidad de biomasa.

### ***Importancia de las macro y microalgas***

El uso de las microalgas se describe a partir de los años 2000 incrementándose, a medida que transcurre el tiempo, su producción masificada e interés comercial (Martínez & Gamero , 2021). Al igual que las macroalgas, las microalgas forman parte de la flora marina y son organismos fotosintéticos que pueden ser bioindicadores de calidad de agua así como de productividad en cuanto a animales acuáticos; ya que en ciertos casos, resultan ser alimento de los mismos (García-Romeral, Pavía-Gómez, Chirivella-Martorell, Garcia Saez, & Serrano-Aroca, 2017).

La importancia de las microalgas en la biotecnología actual radica en la obtención de productos naturales o bioproductos con distintos fines, dirigidos a industrias como la alimenticia, farmacológica, de biocombustibles (García-Romeral, Pavía-Gómez, Chirivella-Martorell, Garcia Saez, & Serrano-Aroca, 2017) y acuícola a causa de sus distintas propiedades terapéuticas (Pereira, 2021).

En la acuicultura, los cultivos de microalgas resultan esenciales como fuente de alimentación para el desarrollo integral de moluscos, estadíos larvarios de crustáceos y peces; así como para cultivo de especies intermedias como rotíferos, copépodos y

artemias. En la actualidad, parte de la producción también para la alimentación de distintas especies de peces tropicales y en acuicultura para incrementar la pigmentación de las especies más comercialmente demandadas (García-Romeral, Pavía-Gómez, Chirivella-Martorell, Garcia Saez, & Serrano-Aroca, 2017).

Por su parte, al igual que las microalgas, las macroalgas se destacan por su diversidad de usos, siendo la acuicultura, actualmente, uno de los principales destinándose su empleo como alimento, elaboración de piensos, medicinales para uso terapéutico y fertilizante. Cita, (Peña-Rodríguez, Omont, & Elizondo, 2022), que los productos más destacados obtenidos de macroalgas son los alginatos, carragenina y agar; mientras que en menores cantidades las harinas integrales, fertilizantes y compuestos biológicos con aplicaciones farmacológicas, cosmetológicas, nutracéuticas, entre otras.

Estos recursos renovables, demuestran que especies de macroalgas presentan más de 60 oligoelementos y son fuentes importantes de proteínas, polisacáridos, fibra, bromo, minerales, vitaminas, sustancias que estimulan el organismo y contienen compuestos que combaten patógenos; lo cual incluso las posiciona por encima de ciertas especies de plantas terrestres (Sánchez & Torres, 2021). Además, estas especies generan grandes aporte en la salud de animales en cultivo, fortaleciendo su sistema inmune, al igual que en sus actividades biológicas, antimicrobianas, antivirales y antiinflamatorias (Mohy El-Din & El-Ahwany, 2016).

Es así que debido a las propiedades fitoquímicas de las macroalgas, éstas han sido objeto de investigación, especialmente en las últimas décadas, y su aprovechamiento ha sido dirigido con fines de alimentación y salud humana, medicamentos y cosmetología, así como fertilizantes orgánicos y biocombustibles (Cuvi & Cornejo, 2020).

En concreto, como se mencionó anteriormente, dado que en los últimos años se ha dado un incremento significativo al uso de especies de microalgas, y especialmente macroalgas, su cultivo asimismo ha aumentado significativamente.

De acuerdo a lo reportado por la (FAO, 2022), el cultivo de algas a nivel mundial, predominantemente macroalgas marinas, aumentó medio millón de toneladas en el año 2020, representando un incremento del 1.4% en comparación con los 34.6

millones de toneladas registrados en 2019. Entre los principales países productores se destacan China y Japón, y en menor proporción Asia sudoriental y la República de Corea.

### ***Incidencia de las macro y microalgas en la acuicultura***

En los primeros estadios de vida, varias especies de crustáceos, moluscos y peces requieren, dentro de su alimentación, nutrientes esenciales (carbohidratos, proteínas, lípidos) asimilables para la determinación de su calidad, rendimiento y salud, especialmente en cultivos en cautiverio. Por tanto, en la actualidad, el empleo de las microalgas está estrechamente ligado a la nutrición de especies de cultivo que requieren altos valores nutricionales (Salazar & Cornejo, 2022)).

Estudios señalan que alrededor del 30% de la producción mundial de microalgas está dirigida al consumo animal y se reporta que ésta genera beneficios a la productividad en el sector acuícola (Salazar & Cornejo, 2022).

Entre las microalgas más comúnmente empleadas como alimento acuícola se destacan: *Chlorella*, *Tetraselmis*, *Isochrysis*, *Phaeodactylum*, *Chaetoceros*, *Nannochloropsis*, *Skeletonema* y *Thalassiosira* (Trelles, y otros, 2017).

A partir de estudios de caracterización bioquímica de microalgas, se conoce que muchas especies y cepas presentan perfiles muy detallados de aminoácidos, ácidos grasos saturados e insaturados y, en varias de ellas, se han encontrado altos contenidos de vitaminas y otros compuestos relevantes para la alimentación y nutrición de las especies sujetas a cultivo (Salazar & Cornejo, 2022).

De ahí que diversas especies de microalgas (fitoplancton) juegan un rol preponderante como alimento vivo dentro de cultivos bioacuáticos tanto en sus estadios larvarios, desarrollo y etapas finales de crecimiento. Es imperioso mencionar que las microalgas al ser alimento para una gran variedad de especies de crustáceos, peces marinos, moluscos y dulceacuícolas son también de forma indirecta alimento de consumidores primarios (zooplancton) que a su vez lo utiliza como alimento vivo para las especies de cultivo.

De acuerdo a (Salazar & Cornejo, 2022), las especies de microalgas incluidas, de preferencia, como alimento vivo para cultivos de crustáceos son *Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana*, *Isochrysis sp* y *Thalassiosira sp*; siendo ésta última uno de los principales alimentos de *Penaeus (Litopenaeus vannamei)* junto con *Spirulina sp*.

.En cuanto a las macroalgas, en los últimos años, han ganado espacio en el ámbito nutricional tanto para consumo humano como potencial fuente de nutrientes con reducido costo; representando una alternativa interesante para el sector acuícola que, al emplear alimento balanceado, tiene costos operacionales altos, principalmente en cuanto al uso de formulaciones con harina de pescado.

Las características de las macroalgas que conllevan este especial interés radica en los excelentes perfiles proteicos, de ácidos grasos y aminoácidos esenciales para los cultivos de camarón; y si bien, no pueden ser enteramente sustitutas del alimento de peces y crustáceos, por su reducido contenido proteico, su inclusión parcial a la dieta de éstos animales es una opción válida dependiente del organismo a alimentar y la especie de macroalga como fuente alimenticia (Peña-Rodríguez, Omont, & Elizondo, 2022).

En concordancia con las propiedades nutricionales de las macroalgas, éstas presentan además ciertos metabolitos bioactivos que muestran actividad antimicrobiana, antiviral, inmunoestimulante y antioxidante (Dubey & Sivaraman, 2022).

### **Compuestos bioactivos en acuicultura**

Se describe a los compuestos bioactivos como aquellos compuestos que confieren cierto efecto sobre un organismo vivo, que trasciende de su aporte calórico (Rivas-Vega, Miranda-Baeza, & Sandoval, 2015).

Los océanos, por su parte, son el origen de ilimitados productos naturales acumulados, principalmente, a partir de organismos vivos. A partir de ciertos invertebrados marinos se han aislado compuestos con bioactividad terapéutica reportándose que ciertos de éstos son de fuentes microbianas cuyas propiedades denotan actividades farmacológicas que potencialmente son útiles para el

descubrimiento de compuestos bioactivos en contra de enfermedades mortales como cáncer, síndrome de inmunodeficiencia adquirida, entre otras (Pandey, 2012).

En el mismo contexto, los metabolitos secundarios de microorganismos, algas e invertebrados están siendo estudiados con más énfasis en los últimos 20 años por sus características como potencial efecto terapéutico pero también como toxinas mortales. (Rivas-Vega, Miranda-Baeza, & Sandoval, 2015), reporta que más de 18 mil compuestos biológicamente activos han sido aislados de plantas y animales marinos; muchos de cuales confieren las propiedades ya descritas previamente: inmunosupresoras, anti inflamatorias y anticancerígenas.

En la actualidad, estudios realizados sobre diversos organismos de origen marino ha dado lugar al conocimiento de diversos compuestos bioactivos que presentan propiedades antimicrobianas, antioxidantes, biomoduladoras y estimuladoras del crecimiento. En este contexto y específicamente en acuicultura, con la finalidad de reducir el uso indiscriminado de ciertas sustancias químicas responsables de efectos negativos sobre los ecosistemas acuáticos, así como del mejoramiento de la productividad en el cultivo de especies de interés comercial, se ha introducido el empleo de compuestos con bioactividad proveniente de los mismos medios acuáticos, tales como microalgas, macroalgas, ciertas bacterias e invertebrados, como fuente natural de compuestos que presentan ese tipo de propiedades (Rivas-Vega, Miranda-Baeza, & Sandoval, 2015).

### ***Beneficios de los compuestos bioactivos de macro y microalgas***

La cantidad o proporción de compuestos con bioactividad, depende estrictamente de la especie de interés a partir del cual se efectúa su estudio y aislamiento. De acuerdo con el tipo de macroalgas, su actividad biológica es variable por lo cual se puede citar como compuestos útiles en acuicultura ciertos fenoles, polifenoles, flavonoides y auxinas, que confieren propiedades de ataque contra patógenos y que son coadyuvantes de mejor alimentación en camarón (Mohy El-Din & El-Ahwany, 2016).

De acuerdo con (Rivas-Vega, Miranda-Baeza, & Sandoval, 2015), Las algas verde azules poseen importantes cantidades de carotenoides ( $\beta$ -carotenos, licopenos,

luteína) que confieren bioactividad antioxidante. Adicionalmente, los carotenoides, las ficocianinas, proteínas carotenoproteínas anaranjadas, solubles en agua, confieren actividades anti inflamatorias que actuarían generando efecto inhibidor a la formación de leucotrienos, subproducto del ácido araquidónico.

Por otro lado, *Gracilaria verrucosa*, alga roja, cuya fracción de polisacáridos exhibe actividad inmunopotencializadora, es una de las principales especies estudiadas por sus amplios efectos anti inflamatorios y antioxidantes (Rivas-Vega, Miranda-Baeza, & Sandoval, 2015).

Asimismo, en el caso de *Acanthophora spicifera*, compuestos como fenoles, antioxidantes, auxinas y polisacáridos se destacan; especialmente interés se ha conferido al polisacárido galactano sulfatado  $\lambda$ -carragenano por sus propiedades antivirales (Guillén, y otros, 2022).

Por su parte, en sintonía con lo observado en varios piensos acuícolas utilizados, las proteínas de las microalgas muestran perfiles equilibrados de aminoácidos y sus características conferirían similares efectos a los de las microalgas, en cuanto a su bioactividad (Guillén, y otros, 2022).

Conforme las características de los compuestos biológicamente activos, éstos pueden ser clasificados como biomoduladores e inmunoestimulantes, antimicrobianos, antivirales y antioxidantes (Rivas-Vega, Miranda-Baeza, & Sandoval, 2015); por lo cual se los ha denominado, en la actualidad, como potenciales nutraceuticos, lo que quiere decir que son ingredientes o alimentos cuyo beneficio trasciende en la salud de un organismo más allá de su valor nutricional (Tenorio-Rodríguez & Freile-Peigrín, 2021).

### ***Bioactividad en crustáceos: camarón***

El contenido nutricional, al igual que los compuestos bioactivos presentes en las algas conllevan a examinarlos como potenciales elementos en la nutrición de especies acuícolas. Es así que, como ya fue mencionado, en las últimas décadas, se han llevado a cabo diversos estudios de la composición bioactiva de especies vegetales

provenientes de ambientes acuáticos con la finalidad de identificar y valorizar su potencial sobre los productos tradicionalmente empleados en el cultivo de especies marinas de interés comercial, como el caso de peces como el salmón y crustáceos como el camarón (Rivas-Vega, Miranda-Baeza, & Sandoval, 2015).

En cuanto a los crustáceos, los metabolitos secundarios biológicamente activos, han sido generalmente utilizados con dos objetivos centrales: incrementar el crecimiento de la especie de cultivo y su acción antimicrobiana (antibacteriana y antiviral).

Por su parte, investigadores han realizado evaluaciones sobre los efectos del biofloc sobre el crecimiento de *Penaeus (Litopenaeus vannamei)* denotando que éste provocaría un aumento significativo en el crecimiento de los camarones y su acción se atribuiría a los compuestos biológicamente activos presentes en el biofloc; ya que este se define como compuestos agregados y partículas suspendidas de comunidades bacterianas, fitoplancton, zooplancton y materia orgánica viva y muerta particulada (Rivas-Vega, Miranda-Baeza, & Sandoval, 2015) y de los cuales se desprenden los ya indicados metabolitos con bioactividad.

El incremento del uso indiscriminado de antibióticos, antivirales y probióticos que mitiguen la incidencia en la mortalidad del cultivo de camarón ha conllevado a revisar otros perfiles que combatan enfermedades bacterianas y virales que originan las principales pérdidas económicas en este rubro, como el virus de la mancha blanca, vibriosis del camarón, entre otras; dando lugar a la revisión de sustancias inocuas tanto para la especie de cultivo, el medio ambiente y el consumidor final.

En esta línea, las macro y microalgas, al poseer biocompuestos con distintos tipos de bioactividades, se perfilan como una de las opciones potenciales para contrarrestar enfermedades emergentes.

De ahí que, evaluaciones sobre el efecto de recursos marinos como los actinomicetos realizados por (Tarazona-Janampa, 2017) determinaron supervivencia de de postlarvas de *Penaeus monodon* atacados por el virus de la mancha blanca siendo ésta hasta del 70% en los tanques ensayados.

Asimismo, para el control de enfermedades bacterianas, como la vibriosis, se han concentrado distintos enfoques de evaluación, tanto a partir de compuestos bioactivos



provenientes de microorganismos bacterianos así como de otros recursos bioacuáticos como las algas (macro y microalgas).

Se reporta ampliamente, el efecto de ciertos compuestos extracelulares de *Pseudomonas sp.*, como proteasas de bajo peso molecular, sobre el patógeno *Vibrio harveyi*, uno de los más importantes en (Rattanachuay, Kantachote, Tantirungkij, & Nitoda, 2010) acuicultura, inhibiendo su reproducción al causar lisis bacteriana.

Ciertas especies de plantas, específicamente extractos vegetales de ajo y cebolla, han sido también objeto de estudio cuando se trata del hallazgo de potenciales compuestos bioactivos en el control de ectoparásitos y helmintos; sin embargo, no han sido reportada su acción eficaz y no existen regulaciones específicas sobre su utilización en acuicultura (Rivas-Vega, Miranda-Baeza, & Sandoval, 2015).

De acuerdo con (Abalde, Cid, Paredes, Torres, & Herrero, 2015), los factores involucrados en el éxito de las especies a la hora de evaluar su efecto en el cultivo de interés son el tamaño celular y la composición de pared, la digestibilidad y su composición bruta, siendo, por lo cual éstos corresponden a los criterios utilizados a la hora de escoger las cepas microalgales para acuicultura.

En concordancia con los párrafos expuestos anteriormente, las microalgas representan el componente esencial del alimento de moluscos bivalvos, como almejas, mejillones, ostras; larvas de crustáceos, como el camarón; ciertas especies de peces, tilapia, carpas, salmon; así como del zooplancton, especialmente usado la *Artemia*.

### ***Artemia como modelo de evaluación de compuestos bioactivos***

La *Artemia sp.* (Crustacea, Branchiopoda: Anostraca) son organismos caracterizados por un sinnúmero de segmentos en su cuerpo; posee apéndices en forma de brazos en su parte lateral y termina en una cola corta. Poseen cuatro estadios morfológicos: nauplios, metanauplios, pre-adultos y adultos por lo que su ciclo de vida las ha hecho útiles para su uso en acuicultura de crustáceos y peces (Yockteng, 2017).

Investigaciones preliminares realizadas al respecto de la alimentación de estas especies, descubrieron comportamiento gregario en el cual las artemias adultas se trasladan al fondo del medio acuático generando la formación de corrientes que levantan, en forma de columnas de agua, los macro-micro nutrientes (detritus) para que éstos sean aprovechados por la comunidad u otras especies circundantes. Incluso se reportó que restos de macroalgas fueron hallados en el sistema digestivo de artemias, las cuales emplean sus antenas para cortar las algas y poder alimentarse de ellas más fácilmente (Yockteng, 2017).

En Ecuador, se encuentran distribuidas a lo largo de la Costa ecuatoriana, específicamente en Salinas, Galápagos y Pacoa (FAO, 1986).

Como se indicó, las artemias poseen gran contenido nutricional; sin embargo, su capacidad de bioencapsulación, resistencia a condiciones del medio y su alta tasa de crecimiento, la hacen una especie de alta demanda comercial para fines alimenticios en la acuicultura. En concordancia, los productores de este alimento vivo, han direccionado su producción enriqueciéndola con probióticos, vitaminas y microalgas (Pizarro & Bayot, 2021) que les confiera ciertas características de interés para los consumidores, y que le atribuyan a la especie de cultivo propiedades deseadas que, asimismo, incrementen su productividad.

Por otro lado, las artemias, al ser crustáceos, invertebrados, con similares características de respuesta en su sistema inmune, son utilizadas como organismos modelo en estudios de *P. vannamei*, *P. monodon*, y cangrejo azul (*Cardiosoma crassum*) (Pizarro & Bayot, 2021).

Se reporta que en artemias se ha evaluado expresión génica a variaciones de temperatura, que usualmente son provocadas por patógenos virales y bacterianos; así como para la exploración de las reacciones inmunes de camarón a agentes infecciosos como bacterias del género *Vibrio*. Así también se ha evaluado la efectividad de probióticos ensayados en contra de *V. harveyi* a través de pruebas de letalidad, entre otros.

Específicamente, relacionado a compuestos bioactivos, las artemias son también una especie modelo de evaluación. Estudios realizados por distintos autores señalan que éstas resultan ser bioindicadores de resistencia a las infecciones de enfermedades

causadas por vibrios. Tal es el caso de estudios que, enfocados en el hallazgo de compuestos inhibitorios de crecimiento de vibrios, han encontrado que en artemias, la supervivencia de los nauplios mejora al suplementar su alimentación en el agua de cultivo con microalgas que contengan  $\beta$ -hidroxibutirato, un ácido graso, compuesto de almacenamiento de carbono y energía intracelular, y que permitiría la inhibición del crecimiento de una cepa patógena de *Vibrio campbellii* (Defoirdt, y otros, 2006).

Asimismo, estudios han demostrado que los ácidos grasos de cadena corta tienen un efecto inhibitorio del crecimiento de ciertas enterobacterias y levaduras tales como *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* y *Shigella flexneri*; por lo cual, éstos son empleados en mezclas comerciales para el control de salmonelosis en aves (Defoirdt, y otros, 2006).

Por su parte, (Falaise, y otros, 2016) reportan que la incorporación de la microalga *Dunaliella tertiolecta* a la alimentación de la artemia *Artemia franciscana* confiere protección total contra *Vibrio campbellii* y *Vibrio proteolyticus*. Asimismo, al ensayar la microalga *Tetraselmis sp.*, dio lugar a una reducción de hasta el 75% de las bacterias asociadas a enfermedad por *Vibrio alginolyticus*. De ahí que se concluye que la reducción del número de células de los vibrios patógenos podría estar atribuida a los cultivos de artemias enriquecidas con microalgas u otros microorganismos que liberan compuestos bioactivos al medio.

Desde los años 50 se ha sugerido, el empleo de artemias como organismos modelo para pruebas de toxicidad ha sido estudiado; y hoy por hoy, esta especie de crustáceo representa un modelo ideal para pruebas de amplio espectro debido a su sensibilidad a distintas sustancias y compuestos de varios orígenes y que ha facilitado a los investigadores modelar y predecir, a partir de éstos hallazgos, el comportamiento de las variables en cultivos de interés comercial como peces, moluscos y crustáceos (Munguía & Ruiz-González, 2023).

A más de ser biológicamente aplicable, los costos que representa su utilización manifiesta ventajas diferenciadoras a la hora de realizar experimentaciones. El uso de artemia facilita los ensayos a pequeña escala y son cómodamente repetibles así como óptimos en términos de tiempo de duración y son, primordialmente, replicables en camarón *P. vannamei*.

## CAPÍTULO III: Diseño metodológico

### 3.1 Tipo y diseño de investigación

El presente informe de investigación corresponde a una revisión sistemática de investigaciones desarrolladas en relación a la evaluación de compuestos bioactivos cuya procedencia son extractos de macro y microalgas ensayados contra la vibriosis del camarón, enfermedad que afecta significativamente a la productividad de este cultivo que es uno de los principales rubros de exportación no petrolera del Ecuador.

La exploración de la información se la realizó a través de consultas en bases de datos accesibles a través de internet, tales como Google Académico, Scopus y Web of Science, así como otras publicaciones de referencias comprobables en la web.

Para la búsqueda, se emplearon palabras clave y sus combinaciones, utilizando el idioma inglés y español: compuestos bioactivos, macroalgas, microalgas, acuicultura, vibriosis, camarón, entre otras.

### 3.2 La población y la muestra

(Manterola, Astudillo, Arias, & Claros, 2013), respecto a las revisiones sistemáticas, acotan que en este tipo de estudios “(...) *la población procede de artículos de casuística ya publicados (...)*”, tratándose entonces de un “(...) *estudio de estudios (...)*” que compila información y datos desarrollados en investigaciones previas al respecto de un tema determinado.

Por lo cual, tras su exposición, los principales resultados de dichas investigaciones son recogidos y sistematizados para dar lugar a unas conclusiones que se derivan a modo de resumen en comparación y contraste una respecto de otra.

De tal forma que, de acuerdo a la metodología adoptada para el informe de investigación, la población y muestra para este estudio se tomará como referencia la revisión de los artículos y documentos científicos revisados.

Entonces, se define la población y muestra de esta revisión sistemática como el estudio de alrededor de 45 artículos científicos, capítulos de libros y fichas técnicas publicadas entre los años 2000 y 2023.

### **3.2.1 Características de la población**

Las características de la población están definidas como la presentación de la información de los últimos seis años que es seleccionada para la sistematización de los resultados; mientras que la información de años anteriores exhibe también fundamentos teóricos, características y análisis de los métodos de evaluación adoptados por investigadores a la hora de ensayar compuestos bioactivos frente a enfermedades como la vibriosis del camarón.

Consecuentemente, se obtuvieron 10 artículos científicos cuyas investigaciones fueron analizadas para la descripción de los métodos, técnicas, interpretación de resultados y conclusiones.

### **3.2.2 Delimitación de la población**

Como se indicó previamente, al ser la población procedente de artículos ya publicados, el análisis de las 10 evidencias científicas es la referente de los hallazgos recientes al evaluar los compuestos de macro y microalgas cuyos extractos analizados confieren características que contrarrestan la enfermedad causada por vibrios en los cultivos de camarón y que hacen relevante el desarrollo de una revisión bibliográfica concluyente respecto de dichos resultados.

### 3.2.3 Tipo de muestra

El tipo de muestra, en revisiones sistemáticas de investigaciones científicas, se resume a la unidad de análisis, que en este caso corresponde a los estudios primarios realizados sobre la temática abordada. En este caso a los artículos y publicaciones científicas seleccionadas para la sistematización de los resultados de la evaluación de los extractos de macro y microalgas frente a desafíos de infección por virbiosis en cultivos de camarón *P. vannamei*.

### 3.2.4 Proceso de selección de la muestra

De acuerdo a la modalidad del presente trabajo de investigación, el proceso de selección de la muestra se basó en el seguimiento de una secuencia de pasos para la revisión bibliográfica de la temática a abordar. Para lo cual, una vez planteado el tema, para el desarrollo del marco teórico se efectuó lo siguiente:

- Revisión de la temática general y generación de listado de los temas principales como referentes teóricos a desarrollar.
- Organización de los recursos de forma secuencial y lógica aplicando el criterio general a específico, de tal forma que se describa en títulos y subtítulos el abordaje en el marco teórico.
- Definición de las fuentes bibliográficas requeridas, conforme la temática por desarrollar se pueden subdividir las referencias con las palabras clave, en este caso se empleó en el buscador web: compuestos bioactivos, camarón, macroalgas, microalgas, evaluación de actividad, entre otros.

Con lo descrito, se obtuvieron 45 referentes bibliográficas para el desarrollo del informe de investigación; sin embargo, para el desarrollo de la descripción metodológica y presentación de los resultados, se seleccionaron 10 investigaciones científicas, encontradas en bases de datos Scopus, Pubmed, Web of Science, Google Scholar a partir de los cuales se detallarán las técnicas y procedimientos realizados

en ensayos y los resultados derivados de los mismos de tal forma que se puedan exhibir, de forma resumida, las mejores prácticas alcanzadas.

### **3.3 Los métodos y las técnicas**

#### ***De la revisión sistemática: Búsqueda bibliográfica y selección de la información***

La metodología o procedimiento adoptado para la realización del presente trabajo de revisión bibliográfica siguió ciertas técnicas recomendadas por autores para la compilación de datos en forma de meta análisis y codificación de la información (García-Perdomo, 2015).

Siendo, el primer paso, la búsqueda de bibliografía, en el presente documento la documentación revisada se efectuó durante el período de tiempo del 15 de diciembre de 2023 al 02 de febrero 2024 en las bases de datos Google Académico, Scopus y Web of Science, incluyendo como criterios de búsqueda las palabras claves escogidas, en inglés y español, para la sistematización del presente informe de investigación.

Como criterios de inclusión y exclusión, se seleccionó cuatro tipos de documentos: artículos originales, artículos de revisión, capítulos de libro y tesis de pregrado y posgrado.

En cuanto a la selección de información, a partir de definiciones, contextualización y panorama general, se consultaron y desarrollaron los fundamentos, y conceptos de la problemática a abordar. En cuanto que para los resultados y discusión, se realizó una síntesis de los artículos de revisiones y artículos originales y tesis recapitulando los principales hallazgos de la investigación.

Con los documentos encontrados, una vez desarrollados los pasos descritos, se procedió a generar ilustraciones y tablas resumen que describen en la interpretación de resultados, la información más relevante respecto a la metodología adoptada por autores para la evaluación de los compuestos bioactivos, tipos de extractos de macro

y microalgas así como los resultados de su actividad biológica exhibida frente a patógenos, específicamente del género *Vibrio*, que han conducido a concluir su propicia utilización en la acuicultura, particularmente en el cultivo de camarón *Penaeus (Litopenaeus vannamei)*.

### **3.4 Procesamiento estadístico de la información.**

De acuerdo al tipo de trabajo de titulación, adoptada para el presente informe de investigación, la sistematización de los estudios e investigaciones realizadas respecto a la bioactividad de compuestos de macro y microalgas son de carácter cualitativo y no cuentan con datos numéricos que expresen variables cuantitativas analizadas; por lo cual no se efectuó procesamiento estadístico de datos.

La presente revisión de la información constituye la recopilación de conceptos y definiciones, así como el análisis descriptivo de los resultados cualitativos reportados en distintos estudios explorados en el esta síntesis.

La sistematización de los resultados se presenta en la siguiente sección.



## CAPÍTULO IV: Análisis e interpretación de resultados

### 4.1 Análisis de los resultados

De acuerdo a los reportes respecto a revisiones de macroalgas marinas en Ecuador, la biodiversidad de la costa del Pacífico ecuatoriano posee cuatro (4) filos de algas marinas: Rhodophyta (92 especies), Chlorophyta (50 especies), Ochrophyta (24 especies) y Charophyta (1 especie), lo que abarca un total de 41 familias y 167 especies de macroalgas marinas que se encuentran distribuidas en la zona intermareal (Cuvi & Cornejo, 2020).

Por su parte, las microalgas, que corresponden a especies distribuidos en distintos ambientes geográficos del Ecuador, encontrándose en la Región Sierra como en la Costa del país; y las más abundantes en términos de diversidad y frecuencia, son las diatomeas (Morales, Luna, Navarro, Santana, & Gordillo, 2013).

Asimismo, la biodiversidad de microalgas está estrechamente relacionada a consorcios microalga- cianobacteria, por lo que los biofloculos es un término continuo al detallar su acción sobre aguas de cultivo de especies marinas.

Las aplicaciones de las algas marinas en la acuicultura están siendo revisada con un incremento importante en los últimos 10 años. La comunidad científica se ha puesto a desarrollar estudios para investigar los componentes fitoquímicos de los extractos de especies marinas de interés de tal forma que se pueda determinar su bioactividad frente a distintos desafíos que afronta la industria camaronera a nivel mundial.

Compuestos bioactivos como alcaloides, esteroides, terpenoides, flavonoides y flobataninos son, aparentemente, combinaciones ideales para la dieta del camarón de cultivo *P. vannamei*.

La industria camaronera, ha sufrido poderosos embates causales de grandes pérdidas productivas y económicas en el Ecuador, muchos de éstos atribuidos a la

presencia de enfermedades emergentes y no emergentes que atacan a los cultivos de camarón en sus distintas fases de crecimiento.

Entre las principales enfermedades encontradas se registra que diversas especies del género *Vibrio* serían los agentes patógenos causales de múltiples enfermedades del camarón. El *Vibrio harveyi*, *Vibrio parahaemolyticus* y *Vibrio alginolyticus* son registrados como las especies más letales a la hora de evaluar la supervivencia de larvas de camarón (Guillén, y otros, 2022), así como en post larvas e incluso juveniles.

Los enfoques abordados para contrarrestar las enfermedades por vibriosis, corresponden al uso de antibióticos, tradicionalmente empleados, adición de probióticos, así como las más novedosas y, al mismo tiempo, prometedoras, aplicaciones de biopelículas en consorcios bacterianos – microalgas, macroalgas y diversas especies que contienen propiedades con actividad biológica comprobada.

Los resultados encontrados en la revisión de las 10 publicaciones científicas exploradas dan cuenta que los compuestos bioactivos que éstas poseen confieren al camarón de cultivo propiedades de defensa ante patógenos: inmunoprotección e inmunoestimulación, coadyuvantes de crecimiento: bioestimulantes, así como antioxidantes y antimicrobianas, especialmente en pruebas de desafío frente a bacterias patógenas del género *Vibrio*.

## 4.2 Interpretación de los resultados

La bioactividad está definida como aquella característica que confiere a cierto organismo un efecto más allá de su contenido calórico (Rivas, et al, 2015).

La actividad biológica tanto de plantas como microorganismos se deriva principalmente en el efecto dado al organismo receptor, y puede ser: antioxidante, antimicrobiana, antiviral, anticancerígena e inmuno y bioestimulante.

Para el caso de la acuicultura, diversas investigaciones se han desarrollado en cuanto principalmente enfocados a obtención de características antibacterianas e inmuno protectoras; sin dejar de lado también, la bioestimulación del crecimiento, a través de

una dieta alimentaria enriquecida con algún suplemento de especies de macroalgas y microalgas.

En la imagen, se ilustra los tipos de actividad biológica y los principales compuestos que se generan en dichos organismos marinos.

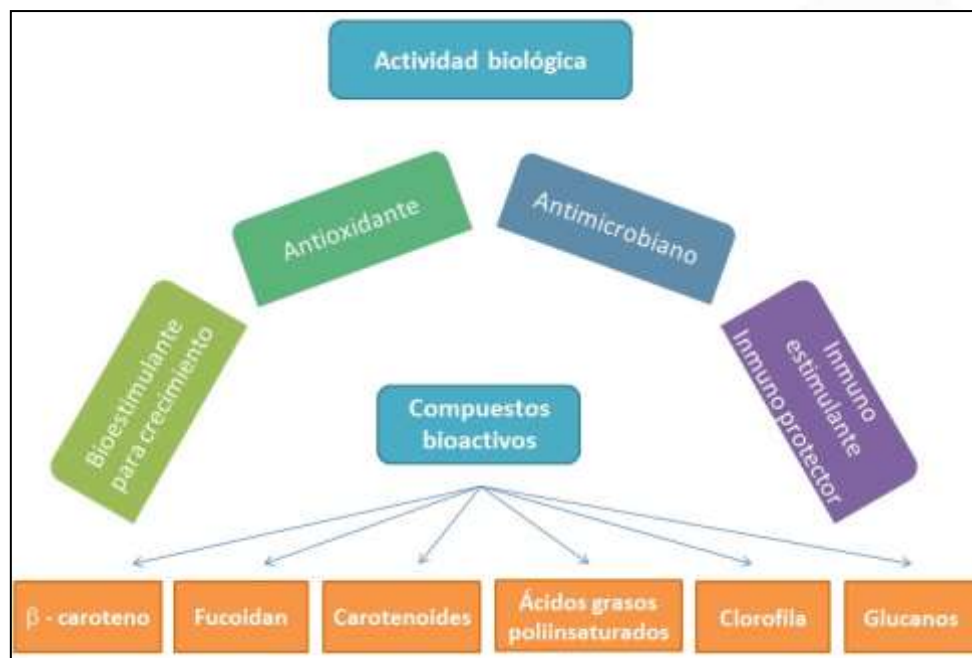


Ilustración de la bioactividad y los compuestos que generalmente confieren propiedades en los cultivos de *P. vannamei*.

En las aguas de cultivo, altas concentraciones de bacterias benéficas, por sí solas o en consorcio con microalgas, benefician el mecanismo de respuesta del sistema inmunológico de camarones. En los estudios propuestos por (Gómez-Ramírez, 2020), se evidencia lo señalado, al analizar el efecto de BNF y BNFP (respectivamente), en tanques de cultivo de juveniles de camaron *P. vannamei*, encontrándose supervivencias altas y camarones con características saludables.

En sintonía, en cuanto a parámetros productivos, autores señalan que las asociaciones microalgas – probióticos favorecen significativamente el cultivo de camarones (Gómez-Ramírez, 2020). Moreno y colaboradores (2018) tras aplicar sistemas con biopelículas-bioflóculos, reportan mayor crecimiento de *P. vannamei* frente a los sistemas tradicionales de cultivo de esta especie, que estaría

directamente asociado a la biodisponibilidad de materia orgánica así como a la recirculación de nutrientes del consorcio bacteriano – microalga.

Por otro lado, varios investigadores anteriores han utilizado diferentes disolventes para extraer compuestos bioactivos de las algas. Se ha descubierto que el metanol es el mejor disolvente para la mayoría de las algas en otros estudios en los que se utilizan varios disolventes ( Esquer-Miranda, Nieves-Soto, Rivas-Vega, Miranda-Baeza, & Piña-Valdez, 2016).

Característica	Ventaja/Desventaja	EC	EM	EZ	EA
Complejidad	<i>Simple</i>	✓	✓		✓
	<i>Complejo</i>			✓	
Rendimiento	<i>Alto</i>			✓	✓
	<i>Medio/bajo</i>	✓	✓		
Precio	<i>Accesible</i>	✓	✓		✓
	<i>Costoso</i>			✓	
Tiempo de proceso	<i>Rápido</i>	✓			✓
	<i>Lento</i>		✓	✓	
Escalable	<i>Si</i>	✓	✓		
	<i>No</i>			✓	✓

Ilustración. Ventajas y desventajas de los métodos de extracción: EC (extractos crudos), (extractos metanólicos, con solventes), (extracción enzimática), (extracción adaptada por microondas) de compuestos bioactivos de macro y microalgas para determinación de actividad biológica. Recopilado de (Dubey & Sivaraman, 2022), ( Esquer-Miranda, Nieves-Soto, Rivas-Vega, Miranda-Baeza, & Piña-Valdez, 2016) (García-Romeral, Pavía-Gómez, Chirivella-Martorell, Garcia Saez, & Serrano-Aroca, 2017). Tabla de elaboración propia.

Los recursos marinos tales como microalgas, macroalgas, bacterias, así como algunos invertebrados son una fuente natural de compuestos bioactivos con grandes beneficios para la salud y con uso potencial en la industria farmacéutica, tanto para el hombre como para uso veterinario. El estudio de organismos de origen marino ha permitido aislar diversos compuestos bioactivos con propiedades antimicrobianas, biomoduladoras, antioxidantes y como estimuladoras del crecimiento. La acuicultura es una importante actividad productiva y su principal objetivo es la producción de alimentos ricos en proteínas para el consumo humano; dos de los principales retos que esta actividad enfrenta actualmente, es la baja tasa de crecimiento de los peces

y crustáceos, así como la aparición de enfermedades virales y bacterianas que han causado cuantiosas pérdidas económicas. Con el fin de mejorar el crecimiento y disminuir la mortalidad de los organismos en cultivo, se ha promovido el uso indiscriminado de sustancias químicas que causan efectos negativos en los ecosistemas acuáticos.

Las algas son abundantes en los océanos y representan una rica fuente de metabolitos secundarios que aún no han sido caracterizados química ni farmacológicamente, sin embargo son los recursos marinos más utilizados como fuente de componentes bioactivos para uso en animales y el hombre (Layse y col. 2011), ya que sintetizan carotenoides, terpenoides, xantofilas, clorofilas, vitaminas, ácidos grasos poliinsaturados, aminoácidos, polifenoles, alcaloides, polisacáridos tales como carragenina, alginato, laminarina y fucoïdan (Paniagua-Michel y col. 2009; Cen-Pacheco y col. 2010; Pallela y col. 2010; Guven y col. 2010). El uso de los compuestos bioactivos de origen marino en la engorda de animales, es un área de investigación reciente (Kalimuthu y Se-Kwon, 2013). Considerando que los peces y crustáceos durante su cultivo están sometidos a condiciones de estrés constantes, ya sea por las condiciones climáticas, manipulación, así como por las enfermedades (Boyd, 1989), el uso de los compuestos bioactivos con capacidad de inhibir patógenos (bacterias y virus), actividad antioxidante y biomoduladora en la acuicultura resulta ser un área de investigación actual de gran interés (Rivas-Vega, Miranda-Baeza, & Sandoval, 2015).

Tipo alga/microorganismo	Especie	Ensayado sobre	Compuesto bioactivo	Efecto
<b>Microalgas</b>	<i>Nannochloropsis oculata</i> <i>Porphyridium cruentum</i>	<i>Vibrio splendidus</i> <i>Vibrio harveyi</i> <i>Aeromonas hydrophila</i>	Ácidos grasos, clorofila, esteroides, alcoholes	Antibacteriano
<b>Microalgas - Microalgas/Consortio bacteriano</b>	<i>Navicula sp.</i> <i>Navicula inserta</i>	<i>Vibrios</i>	Ácidos grasos poliinsaturados: 5(n-3) EPA	Bioestimulante para crecimiento, Inmunoestimulante

<b>Microalgas</b>	<i>Dunaliella sp.</i>	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	Beta caroteno	Antioxidante, Disminución mortalidad a causa de disminución de oxidación de lípidos y aumento de triglicéridos
<b>Macroalgas</b>	<i>Acanthophora spicifera</i>	<i>Vibrio harveyi</i> <i>Vibrio parahaemolyticus</i>	Clorofila, carotenoides, ficoeritrina, ficocianina, auxinas, fenoles,	Bioestimulante para crecimiento, Inmunoestimulante
<b>Macroalgas</b>	<i>Caulerpa sertularioides</i> <i>Ulva lactuca</i>	<i>Vibrio parahaemolyticus</i> <i>Vibrio alginolyticus</i>	Esteroles, vitaminas, hormonas y componentes estructurales de biomembranas	Inmunoestimulante Antibacteriana
<b>Macroalgas</b>	<i>Gracilaria fisheri</i>	<i>Vibrio harveyi</i>	Fucoidan	Inmunoestimulante Antibacteriana

Resumen de las especies marinas revisadas bibliográficamente y su efecto, actividad biológica, en los cultivos de camarón *P. vannamei* analizados frente a patógenos del género *Vibrio*. Tabla de elaboración propia.

Es necesario profundizar respecto a los métodos de extracción y purificación de los compuestos bioactivos presentes en macroalgas (Wijesinghe & You-Jin, 2012).

## CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

La revisión sistemática efectuada da cuenta de la relevancia de las algas marinas y demás microorganismos fotosintéticos como productores primarios de materia orgánica benéfica para el cultivo de especies de interés; así como de fuentes de compuestos bioactivos que confieran características de resistencia a patógenos.

Así también, en la revisión efectuada, las macro y microalgas son presentadas como agentes depuradores de suelos contaminados, aguas residuales, complemento alimenticio para humanos y animales, y bioindicadores de calidad de aguas; por tanto su conservación, estudio y utilización sostenible son de suma importancia para un ecosistema marino saludable.

Actualmente, en la acuicultura, el uso de compuestos con actividad biológica es escaso; no obstante, existe necesidad de la utilización de sustancias inocuas para los organismos en cultivo, entre ellos los peneidos.

Amplias posibilidades se presentan para las investigaciones desarrolladas y que se enfoquen en el hallazgo de compuestos bioactivos de los recursos marinos tales como algas, bacterias, macrófitas entre otros, cuya abundancia debe priorizar su cuantificación caracterización y estudio sobre aplicación de dosificaciones proporcionadas para un efectivo control y mitigación de enfermedades, así como de bioestimuladores del crecimiento.

La información analizada mostró que los compuestos bioactivos presentes en macro y microalgas tales como, ácidos grasos poliinsaturados, compuestos fenólicos, aceites esenciales, carotenos, glucanos, entre otros fueron evaluados con éxito al contrarrestar la enfermedad de camarones causada por vibrios; sin embargo existe aún oportunidades de generar mayor conocimiento sobre cuáles específicamente serían los compuestos de mayor bioactividad sobre este tipo de especie.

La identificación, caracterización y uso de los compuestos bioactivos de macro y microalgas es de alta importancia para el desarrollo de investigaciones biotecnológicas que permitan evaluarse como agentes antimicrobianos de origen natural para controlar patógenos de cultivos acuícolas de interés.

## **5.2 Recomendaciones**

Esta revisión justifica una profundización en la investigación de los compuestos bioactivos presentes en las macro y microalgas revisadas, de tal forma que se pueda conocer la disponibilidad de biomasa de algas, su evolución temporal y variación espacial de la composición química que permita estandarizar las metodologías de investigación y confirmar la actividad biológica sobre patógenos causantes de enfermedades por vibrios. Por lo cual se recomienda que esta línea de investigación sea reforzada de tal forma que se valide su uso en este tipo de especies de cultivo acuícola.

El enfoque del estudio contribuye a visualizar las aplicaciones de estos compuestos para el sector de la acuicultura de tal forma que se continúen efectuando desarrollos innovadores que permitan mitigar el impacto en pérdidas económicas y productivas de las especies de camarón.

Una transición del uso de antibióticos y/o antivirales químicos a una diversificación de productos para el biocontrol con el empleo de biotecnología azul permitiría la sostenibilidad a largo plazo en el cultivo de esta especie que corresponde al principal rubro de exportación no petrolera del Ecuador.



## Bibliografía

- Esquer-Miranda, E., Nieves-Soto, M., Rivas-Vega, M., Miranda-Baeza, A., & Piña-Valdez, P. (Abril de 2016). *Effects of methanolic macroalgae extracts from Caulerpa sertularioides and Ulva lactuca on Litopenaeus vannamei survival in the presence of Vibrio bacteria*. Recuperado el 30 de junio de 2023, de Fish & Shellfish Immunology: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1050464816300729>
- Abalde, J., Cid, A., Paredes, F., Torres, E., & Herrero, C. (2015). *Microalgas: cultivo y aplicaciones*. Obtenido de ISBN: 978-84-97497-69-5: <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497695>
- Barrantes, E. (2023). *Effects of the pathogenic bacterium Vibrio parahaemolyticus on farmed shrimp (Litopenaeus vannamei) and on consumer health*.
- Chew, Y., Lim, L., Omar, M., & Khoo, K. (06 de julio de 2008). *Antioxidant activity of three edible seaweeds from two areas in South East Asia*. Recuperado el 30 de junio de 2023, de LWT - Food Science and Technology: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643807002356>
- Cooperación Financiera Nacional. (2021). *Ficha Sectorial Pesca*. Recuperado el 25 de junio de 2023, de <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2022/fichas-sectoriales-1-trimestre/Ficha-Sectorial-Pesca.pdf>
- Cooperación Financiera Nacional. (Marzo de 2022). *Ficha Sectorial de Pesca*. Obtenido de <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2022/fichas-sectoriales-1-trimestre/Ficha-Sectorial-Pesca.pdf>
- Cuéllar-Angel, J. (agosto de 2013). *Vibriosis*. Recuperado el 30 de junio de 2023, de [https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/226/1/Beltran%20Velarde\\_2011\\_MC\\_AUTOR%20PTE.pdf](https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/226/1/Beltran%20Velarde_2011_MC_AUTOR%20PTE.pdf)
- Cuvi, N., & Cornejo, X. (2020). *Una revisión actualizada de las macroalgas marinas del Ecuador continental*. Obtenido de <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/cna/article/view/1307>
- Defoirdt, T., Hallet, D., Vervaeren, H., Boon, N., Van de Wiele, T., Despreocupado, P., . . . Verstraete, W. (2006). *El compuesto de almacenamiento bacteriano poli-β-hidroxibutirato protege a Artemia franciscana del patógeno Vibrio campbellii*.

Obtenido de <https://ami-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1462-2920.2006.01161.x>

Dubey, A., & Sivaraman, J. (2022). *Unravelling The Antioxidant And Anti-Cancerous Properties Of The Chemical Constituents Present In Methanol Extract Of Green Algae Chaetomorpha Antennina*. Obtenido de [https://bpsa.journals.ekb.eg/article\\_239211\\_58ec92c882f37c50b610ca4be27412fe.pdf](https://bpsa.journals.ekb.eg/article_239211_58ec92c882f37c50b610ca4be27412fe.pdf)

Falaise, C., Francoisse, C., Travers, M., Morga, B., Haure, J., Tremblay, R., . . . Gastineau, R. (2016). *Compuestos antimicrobianos de microalgas eucarióticas contra patógenos y enfermedades humanos en la acuicultura*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/md14090159>

FAO. (1986). *FAO. MANUAL PARA EL CULTIVO Y USO DE ARTEMIA EN ACUICULTURA*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ab474s/AB474S01.htm>

FAO. (2022). *El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura 2022*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/cc0461es/online/sofia/2022/aquaculture-production.html>

García-Perdomo, H. (2015). *Conceptos fundamentales de las revisiones sistemáticas/metaanálisis*. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-uurologia-colombiana-398-articulo-conceptos-fundamentales-revisiones-sistematicas-metaanalisis-S0120789X15000076#:~:text=Las%20revisiones%20sistem%C3%A1ticas%20deben%20cubrir,de%20la%20evidencia%20con%20alguna>

García-Romeral, J., Pavía-Gómez, M., Chirivella-Martorell, A., Garcia Saez, T., & Serrano-Aroca, A. (2017). *Principios de Biotecnología y Bioingeniería en el cultivo de microalgas: importancia, problemas tecnológicos, tipos y sistemas de cultivos, crecimiento, factores limitantes, selección, aislamiento, escalado y caracterización bioquímica*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6041049>

Gómez-Gil, B., Roque, A., & Guerra-Flores, A. (2016). *Enfermedades Infecciosas más Comunes en la Camaronicultura en México y el impacto del uso de antimicrobianos*. Recuperado el 01 de julio de 2023, de <http://cesaibc.org/pdf/infointeres/crustaceos/enfermedadesmexico.pdf>

Gómez-Ramírez, A. L. (2020). *Uso de microalgas bentónicas en diferentes sustratos y su efecto en la respuesta productiva y condición fisiológica de juveniles de Litopenaeus vannamei*. Obtenido de

[https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/226/1/Beltran%20Velarde\\_2011\\_MC\\_AUTOR%20PTE.pdf](https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/226/1/Beltran%20Velarde_2011_MC_AUTOR%20PTE.pdf)

Guillén, P., Motti, P., Mangelinckx, S., De Clerck, O., Bossier, P., & Van Den Hende, S. (2022). *Valorization of the chemical diversity of the tropical red seaweeds Acanthophora and Kappaphycus and their applications in aquaculture: A review*. Obtenido de

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2022.957290/full>

Immanuel, G., Vincybai, V., Sivaram, V., Palavesam, A., & Marian, M. (14 de junio de 2004). *Effect of butanolic extracts from terrestrial herbs and seaweeds on the survival, growth and pathogen (Vibrio parahaemolyticus) load on shrimp Penaeus indicus juveniles*. Recuperado el 01 de julio de 2023, de Aquaculture: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848603008275>

Jalil Zorriehzahara, M., & Banaederakhshan, R. (2015). *Early Mortality Syndrome EMS as new Emerging Threat in Shrimp Industry*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/273522013\\_Early\\_Mortality\\_Syndrome\\_EMS\\_as\\_new\\_Emerging\\_Threat\\_in\\_Shrimp\\_Industry](https://www.researchgate.net/publication/273522013_Early_Mortality_Syndrome_EMS_as_new_Emerging_Threat_in_Shrimp_Industry)

Licona, A. (enero de 2022). *Efecto de la suplementación de inmunoestimulantes sobre parámetros inmunológicos, expresión de genes y resistencia a Vibrio parahaemolyticus en camarón blanco Penaeus vannamei*. Recuperado el 30 de junio de 2023, de Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Noroeste, S.C.:

[http://dspace.cibnor.mx:8080/bitstream/handle/123456789/3106/licona\\_a%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.cibnor.mx:8080/bitstream/handle/123456789/3106/licona_a%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Manterola, C., Astudillo, P., Arias, E., & Claros, N. (2013). *Revisiones sistemáticas de la literatura. Qué se debe saber acerca de ellas*. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-cirugia-espanola-36-articulo-revisiones-sistematicas-literatura-que-se-S0009739X11003307>

Martín Ríos, L., Espinosa, L. G., & Carrillo Farnés, O. (22 de abril de 2022). *Sistema inmune de camarones peneidos de cultivo: Una revisión*. Recuperado el 30 de junio de 2023, de Revista de Producción Animal: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-79202022000100127#:~:text=Los%20crust%C3%A1ceos%20no%20presenta n%20inmunidad,%20C%20respuesta%20celular%20y%20humoral\).](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202022000100127#:~:text=Los%20crust%C3%A1ceos%20no%20presenta n%20inmunidad,%20C%20respuesta%20celular%20y%20humoral).)

- Martínez , A., & Gamero , A. (2021). *Las microalgas y la salud en la actualidad, una revisión bibliográfica*. Obtenido de [https://catedraalimentacioninstitucional.files.wordpress.com/2021/03/tfm\\_final\\_microalgas.pdf](https://catedraalimentacioninstitucional.files.wordpress.com/2021/03/tfm_final_microalgas.pdf)
- Merizalde , M., Aguilar , B., & Tuárez , B. (2018). *Tecnificación en la producción del camarón para su exportación*. Obtenido de Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana: <https://www.eumed.net/rev/oel/2018>
- Mohy El-Din, S. M., & El-Ahwany, A. M. (2016). *Bioactivity and phytochemical constituents of marine red seaweeds (Jania rubens, Corallina mediterranea and Pterocladia capillacea)*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658365515001119>
- Montoya, N. (2003). *Revista Acuicultura*. Recuperado el 20 de junio de 2023, de Desde el CENAIM: [http://www.cenaim.espol.edu.ec/sites/cenaim.espol.edu.ec/files/Montoya\\_0.pdf](http://www.cenaim.espol.edu.ec/sites/cenaim.espol.edu.ec/files/Montoya_0.pdf)
- Morales, E., Luna, V., Navarro, L., Santana, V., & Gordillo, M. (2013). *Diversidad de microalgas y cianobacterias en muestras provenientes de diferentes provincias del Ecuador, destinadas a una colección de cultivos*. Obtenido de <https://remcb-puce.edu.ec/remcb/article/view/240/187>
- Munguía, A., & Ruiz-González, L. (2023). *Héroes sin capa: los organismos modelo*. Obtenido de [http://www.cuc.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/lucidum\\_ciencia\\_heroes\\_sin\\_capa.pdf](http://www.cuc.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/lucidum_ciencia_heroes_sin_capa.pdf)
- Osuna, I., López, C., Burgos, A., Velásquez, C., Nieves, M., & Hurtado, M. (1 de febrero de 2016). *Antioxidant, antimutagenic and antiproliferative activities in selected seaweed species from Sinaloa, Mexico*. Recuperado el 30 de junio de 2023, de PHARMACEUTICAL BIOLOGY: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.3109/13880209.2016.1150305?needAccess=true&role=button>
- Pandey, K. (2012). *Potent bioactive compounds from the ocean: some interesting aspects and applications*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0975357512800149?via%3Dihub>

- Peña-Rodríguez, A., Omont, A., & Elizondo, R. (2022). *Valorización de Macroalgas para su uso como alimento acuícola*. Obtenido de <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/373>
- Pereira, L. (2021). *Macroalgae*. *Encyclopedia*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1010017>
- Pizarro, J., & Bayot, B. (2021). *Diseño de un protocolo para la identificación de probióticos en camarones peneidos utilizando Artemia franciscana como organismo modelo*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/51437/1/T-76723%20Pizarro%20Echeverria.pdf>
- Rattanachua, P., Kantachote, D., Tantirungkij, M., & Nitoda, T. (2010). *Inhibition of shrimp pathogenic vibrios by extracellular compounds from a proteolytic bacterium Pseudomonas sp. W3*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/242552155\\_Inhibition\\_of\\_shrimp\\_pathogenic\\_vibrios\\_by\\_extracellular\\_compounds\\_from\\_a\\_proteolytic\\_bacterium\\_Pseudomonas\\_sp\\_W3](https://www.researchgate.net/publication/242552155_Inhibition_of_shrimp_pathogenic_vibrios_by_extracellular_compounds_from_a_proteolytic_bacterium_Pseudomonas_sp_W3)
- Rendón, L., & Balcázar, J. (2003). *Inmunología de camarones: Conceptos básicos y recientes*. Recuperado el 30 de junio de 2023, de Revista AquaTIC: [http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/19\\_4.pdf](http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/19_4.pdf)
- Rivas-Vega, M. E., Miranda-Baeza, A., & Sandoval, M. I. (2015). Compuestos bioactivos de origen marino y su aplicación en acuicultura. En *Alimentos Funcionales y Compuestos Bioactivos* (pág. 161). ISBN: 978-607-402-822-5.
- Rodríguez, J., Dominguez, C., Chalen, B., & Agurto, G. (2015). *Probióticos, parte de la solución: Alternativas de uso en el cultivo de camarón*. Recuperado el 25 de junio de 2023, de Foro Iberoam. Rec. Mar. Acui.: [https://www.researchgate.net/profile/Jenny-Rodriguez-6/publication/280627728\\_Probioticos\\_parte\\_de\\_la\\_solucion\\_Alternativas\\_de\\_uso\\_en\\_el\\_cultivo\\_de\\_camaron/links/55c02bdc08aed621de13a7f0/Probiotico\\_s-partede-lasolucion-Alternativas-de-uso-en-el-cultivo-de](https://www.researchgate.net/profile/Jenny-Rodriguez-6/publication/280627728_Probioticos_parte_de_la_solucion_Alternativas_de_uso_en_el_cultivo_de_camaron/links/55c02bdc08aed621de13a7f0/Probiotico_s-partede-lasolucion-Alternativas-de-uso-en-el-cultivo-de)
- Salazar, D. A., & Cornejo, M. H. (2022). *REVISIÓN SISTEMÁTICA Y CARACTERIZACIÓN DE MICROALGAS INCORPORADAS COMO ALIMENTO VIVO EN CULTIVOS DE ESPECIES BIOACUÁTICAS EN ECUADOR, 2010-2021*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8864>

- Sánchez, C., & Torres, G. (2021). *Variación espacio-temporal en la composición de macroalgas en la zona intermareal rocosa en Salango, provincia de Manabí, Ecuador*. Obtenido de <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/cna/article/view/1321>
- Santiago, M., Espinosa, A., & Bermúdez, M. (julio de 2009). *Uso de antibióticos en la camaronicultura*. Recuperado el 30 de junio de 2023, de Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas: <https://www.redalyc.org/pdf/579/57912963005.pdf>
- Tarazona-Janampa, U. (2017). *CARACTERIZACIÓN DE ACTINOMICETOS DE SEDIMENTO MARINO Y SU POTENCIAL ACTIVIDAD ANTAGONISTA FRENTE A Vibrio sp. AISLADOS DE Litopenaeus vannamei*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Ulrike-Tarazona/publication/327339360\\_CHARACTERIZACION\\_DE\\_ACTINOMICETOS\\_DE\\_SEDIMENTO\\_MARINO\\_Y\\_SU\\_POTENCIAL\\_ACTIVIDAD\\_ANTAGONISTA\\_FRENTE\\_A\\_Vibrio\\_sp\\_AISLADOS\\_DE\\_Litopenaeus\\_vannamei/links/5b89213ba6fdcc5f8b738555/CARACTE](https://www.researchgate.net/profile/Ulrike-Tarazona/publication/327339360_CHARACTERIZACION_DE_ACTINOMICETOS_DE_SEDIMENTO_MARINO_Y_SU_POTENCIAL_ACTIVIDAD_ANTAGONISTA_FRENTE_A_Vibrio_sp_AISLADOS_DE_Litopenaeus_vannamei/links/5b89213ba6fdcc5f8b738555/CARACTE)
- Tenorio-Rodríguez, P., & Freile-Pelegrín, Y. (2021). *Los colores de la biotecnología*. Obtenido de <https://invdes.com.mx/los-investigadores/los-colores-de-la-biotecnologia/>
- Trelles, A., Díaz, M., Dávila, F. A., Bopp-Vidal, G. M., Vela, K. A., López, J., & Castillo, B. (2017). *Culture of Marine Microalgae with Potential for Aquaculture from the Littoral Between Puerto Salaverry and Puerto Chicama, La Libertad, Peru*. Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2413-32992017000200009](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992017000200009)
- Ullsco, E., Garzón, V., Quesada, J., & Barrezueta, S. (junio de 2021). *Análisis del comportamiento económico de la exportación en el sector camaronero en el Ecuador, período 2015-2019*. Recuperado el 30 de junio de 2023, de <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/418>
- Varela-Mejías, A., & Alfaro-Mora, R. (enero de 2018). *Revisión sobre aspectos farmacológicos a considerar para el uso de antibióticos en la camaronicultura*. Recuperado el 30 de junio de 2023, de Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172018000100001](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172018000100001)

- Vera, M. (2022). *Uso de Artemia franciscana enriquecida con extractos de algas marinas para el control de Vibrio parahaemolyticus en larvas de Penaeus vannamei*. Recuperado el 1 de julio de 2023, de ESPOL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/55870>
- Veterinaria Digital. (2022). *La producción de camarón en 2022 será liderada por productores latinoamericanos*. Obtenido de <https://www.veterinariadigital.com/en/noticias/shrimp-production-in-2022-to-be-led-by-latin-america-producers/>
- Wijesinghe , W., & You-Jin, J. (2012). *Extracción asistida por enzimas (EAE) de componentes bioactivos: un enfoque útil para la recuperación de metabolitos de importancia industrial de las algas marinas: una revisión*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0367326X11002735>
- Yockteng, J. (2017). *Biología de la Artemia sp.* Obtenido de <https://www.bioartemia.com/2017/03/03/biologia-de-la-artemia-sp/>

# UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

*¡Evolución académica!*