Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2026,
Volumen 10, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i3

ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA E INMUNOESTMULANTE DEL ACEITE ESENCIAL DE ORIGANUM VULGARE FRENTE A VIBRIO SPP. EN PENAEUS VANNAMEI

EFFECTS OF OREGANO ESSENTIAL OIL (ORIGANUM VULGARE) ON VIBRIO LOAD AND IMMUNE RESPONSE IN PACIFIC WHITE SHRIMP (PENAEUS VANNAMEI)

Bryan Alvaro Pindo Gavilanes
Universidad Técnica de Machala

Christopher Alexander Armijos Flores
Universidad Técnica de Machala

Luis David Vacacela Cajamarca
Universidad Técnica de Machala

Lita Scarlett Sorroza Ochoa
Universidad Técnica de Machala

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i3.24246

Actividad antibacteriana e inmunoestmulante del aceite esencial de *Origanum vulgare* frente a *Vibrio* spp. en *Penaeus vannamei*

Bryan Alvaro Pindo Gavilanes[1]
bryanpindo@gmail.com
https://orcid.org/0009-0007-0975-1125
Universidad Técnica de Machala
Ecuador

Christopher Alexander Armijos Flores
chris25_alex@outlook.com
https://orcid.org/0009-0008-6643-6647
Universidad Técnica de Machala
Ecuador

Luis David Vacacela Cajamarca
frent700@gmail.com
https://orcid.org/0009-0008-9733-423X
Universidad Técnica de Machala
Ecuador

Lita Scarlett Sorroza Ochoa
slita@utmachala.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-8829-0414
Universidad Técnica de Machala
Ecuador

RESUMEN

El incremento creciente del cultivo de camarón blanco (*Penaeus vannamei*) ha generado un incremento de la incidencia de enfermedades bacterianas asociadas al género Vibrio, produciendo el uso de varios tipos de insumos para su control (antibióticos, ácidos orgánicos, etc.). Por lo cual, fitobióticos surgen como alternativas sostenibles para el control sanitario en acuicultura. El presente estudio evaluó la actividad antibacteriana e inmunomoduladora del aceite esencial de orégano (EO) mediante ensayos *in vitro* e *in vivo.* La prueba de sensibilidad se realizó por difusión en disco de Kirby–Bauer, generando halos de inhibición promedio de 13 mm. En el ensayo *in vivo* los organismos estuvieron alimentados durante 10 días con tres tratamientos; el control, 50 y 100 µg mL^{-1} de EO. A pesar de que no hubo diferencia significativa en la carga de *Vibrio* spp ($p > 0,05$), los tratamientos presentaron una diferencia respecto al control. El recuento total de hemocitos presentó diferencias significativas ($p < 0,05$), implicando un efecto inmunoestimulante asociado a los compuestos fenólicos del carvacrol y timol. Los resultados sugieren que el EO podría emplearse como una estrategia terapéutica o profiláctica en camaronicultura, sin embargo, es necesario investigaciones adicionales para analizar su efecto inmunomodulador.

Palabras clave: Origanum vulgare; fitobióticos; camaronicultura; Vibrio spp.; inmunoestimulante.

[1] Autor principal
Correspondencia: bryanpindo@gmail.com

Effects of oregano essential oil (*Origanum vulgare*) on *Vibrio* load and immune response in Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*)

ABSTRACT

The increasing intensification of white shrimp (*Penaeus vannamei*) farming has led to a higher incidence of bacterial diseases associated with the genus *Vibrio*, resulting in the widespread use of various control inputs such as antibiotics and organic acids. Consequently, phytobiotics have emerged as sustainable alternatives for health management in aquaculture. The present study evaluated the antibacterial and immunomodulatory activity of oregano essential oil (EO) through both in vitro and in vivo assays. Antimicrobial susceptibility was assessed using the Kirby–Bauer disk diffusion method, producing inhibition halos with an average diameter of 13 mm. In the in vivo trial, shrimp were fed for 10 days with three dietary treatments: control, 50 µg mL^{-1} EO, and 100 µg mL^{-1} EO. Although no significant differences were observed in the *Vibrio spp.* load ($p > 0.05$), the treated groups showed a practical reduction compared to the control. Total hemocyte count showed significant differences ($p < 0.05$), suggesting an immunostimulatory effect associated with the phenolic compounds carvacrol and thymol. The results suggest that EO could be used as a therapeutic or prophylactic strategy in shrimp farming; however, further studies are required to better understand its immunomodulatory effects.

***Keywords*:**. Origanum vulgare; phytobiotics; shrimp farming; Vibrio spp.; immunostimulant.

Artículo recibido 25 marzo 2026
Aceptado para publicación: 25 abril 2026

INTRODUCCIÓN

Actualmente la acuicultura es el sector con mayor crecimiento en la industria alimentaria contribuyendo en gran medida al sector pesquero (Huang et al., 2022), proporcionando proteína animal a la población y mejorando las condiciones de las diferentes regiones del mundo (Barrantes, 2023). En el campo acuícola resalta la producción del camarón blanco *Penaeus vannamei*, siendo la sexta especie más cultivada (Wang et al., 2020), por ende, se ha desarrollado tecnológicamente permitiendo alcanzar altos niveles de productividad en diferentes rangos de salinidad, lo que ha facilitado su expansión en numerosos países (Torres et al., 2021).

El incremento de la demanda comercial ha favorecido la intensificación en el cultivo de camarón aumentando la susceptibilidad a la aparición de patógenos oportunistas y agentes infecciosos (Sorroza et al., 2017; Barrantes, 2023), incluyendo diferentes hongos, parásitos, virus y bacterias (Varela & Choc-Martínez, 2020), destacando bacterias heterotróficas (*Flavobacterium, Pseudomonas* y *Aeromonas*) y *Vibrio* spp. que han ocasionado graves pérdidas económicas en la industria acuícola (Varela & Choc-Martínez, 2020; Saucedo-Uriarte et al., 2020).

En la camaronicultura el *Vibrio* spp. es el patógeno con mayor impacto en la salud del organismo (Torres et al., 2021), entre algunas especies aisladas y documentadas está: *V. vulnificus*, *V. harveyi*, *V. parahaemolyticus*, *V. campbellii*, *V. alginolyticus* y *V. anguillarum* (Abdel-Latif et al., 2022) , que se encuentran relacionadas a múltiples enfermedades tales como el Síndrome de la gaviota, Síndrome de la Zoea II, Necrosis hepatopancreática aguda (AHPND/EMS) y enfermedad de luminiscencia (Armijos & Vacacela, 2022).

Por el contexto anterior, se ha llegado a utilizar antibióticos para controlar la problemática bacteriana del género *Vibrio*, sin embargo, su uso excesivo e inadecuado ha generado: la resistencia bacteriana ante los antibióticos (Al-Sagheer et al., 2017; Saucedo-Uriarte et al., 2020; Peralta-Sánchez et al., 2021), efectos adversos al ecosistema y la salud humana (Sorroza et al., 2017; Aguirre et al., 2021; Abdel-Latif et al., 2022). Por lo cual, es necesario desarrollar en alterativas terapéuticas, siendo una de ellas, los fitobióticos (aceites esenciales y extractos de plantas) (Varela-Mejías & Alfaro-Mora, 2018; Aguirre et al., 2021; Hernández-Cabanyero, et al., 2023), ya que presentan baja toxicidad en ciertas concentraciones (Zheng & Bossier, 2023), siendo bactericidas o bacteriostáticos ante microorganismos

(Sorroza et al., 2017) gracias a compuestos con concentraciones mínimas inhibitorias (MIC) como el ácido cinámico, timol, cinamaldehído, carvacrol, perillaldehido, y eugenol (Burt, 2004).

Para contrarrestar brotes bacterianos los fitobióticos han sido evaluados, por ejemplo: extracto de manzanilla (*Matricaria recutita*) (Fazelan et al., 2020), aceite de coco (*Cocos nucifera*) (Hernández-Sandoval et al., 2022) y aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*), este último conteniendo: timol, terpineno, carvacrol y p-cimeno (Luo et al., 2022; Heluy, 2019). Entre las principales propiedades del carvacrol y el timol es la capacidad antimicrobiana ante bacterias Gram positivas y Gram negativas, mediante la desintegración de la pared celular externa e inhibición de su crecimiento (Chanta, 2019). Sin embargo, su aplicación en la camaronicultura y su posible impacto tóxico en el *P. vannamei* no ha recibido la atención de la comunidad científica, por lo tanto, no se tienen datos suficientes para evaluar sus efectos (Zheng & Bossier, 2023).

Por ende, el propósito de este estudio es evaluar los efectos del aceite esencial de orégano (*O. vulgare*) mediante la cuantificación de la carga bacteriana de *Vibrio* spp. y bacterias totales, así como su posible efecto tóxico en el recuento total de hemocitos en el *P. vannamei,* con el fin de determinar su potencial como alternativa profiláctica en la camaronicultura.

METODOLOGÍA

El diseño experimental incluyó un preensayo para evaluar la efectividad del aceite esencial de orégano mediante una prueba de sensibilidad antimicrobiana. Posteriormente, se obtuvieron los organismos experimentales de la camaronera LIGFA, ubicada en el cantón de Santa Rosa, vía a Puerto Jeli. Se recolectaron 120 camarones con un peso promedio de 10.5 g y sin signos clínicos de enfermedad tras una evaluación *ex situ.* Los organismos fueron transportados al laboratorio de Citogenética y Sanidad de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Técnica de Machala, donde se realizó el ensayo.

Diseño experimental

Para el experimento se utilizaron nueve gavetas plásticas transparentes con capacidad de 45 L, cada una con un volumen operativo de 30 L y una densidad de 5 organismos por cada unidad experimental (10.5g). Se presentó un recambio de agua del 35% cada 3 días. Los parámetros fisicoquímicos del agua se mantuvieron en una salinidad de 25 UPS en promedio, oxígeno disuelto de 6,4 ppm, temperatura de 26 ± 0,5 °C, pH de 7,75±0,15 y una concentración de amonio de 1 ppm. Los organismos utilizados en el experimento pasaron por un proceso de aclimatación de 5 días con alimento balaceado (30% de proteína).

El producto seleccionado para este experimento fue el aceite esencial comercial de orégano (*Origanum vulgare)*, que contiene compuestos activos como el carvacrol y timol en una concentración de 85% y 15%. El balanceado empleado fue de 30% de proteína y sus dosis se dieron a razón del 5% del peso de la biomasa.

Para el experimento se establecieron dos dosis (50 µg mL^{-1} y 100 µg mL^{-1}) y el control (0 µg mL^{-1}) con tres réplicas por tratamiento. Los animales fueron alimentados por 10 días con las dietas predefinidas. Las dosis de balanceado fueron dosificadas al 5% de la biomasa y repartidas en dos raciones diarias, hasta el término del experimento. Finalizado el periodo experimental, se recolectaron muestras de hepatopáncreas y hemolinfa para los respectivos análisis microbiológicos e inmunológicos.

Los datos obtenidos fueron sometidos a pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas. Las variables relacionadas con la carga bacteriana de Vibrio spp. y el recuento total de hemocitos no cumplieron con los supuestos de normalidad, por ende, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para muestras independientes. El procesamiento estadístico se realizó con el programa IBM SPSS Statistics, versión 25.0 Base para Windows, con un nivel de confianza del 95% ($\alpha = 0,05$).

Ensayo de sensibilidad contra cepas de *Vibrio spp*

Los aislamientos bacterianos de *Vibrio* spp. fueron obtenidos a partir del hepatopáncreas de los organismos utilizados en el ensayo *in vivo*. Para ello, las muestras fueron sembradas mediante agotamiento por estría en agar TCBS (Tiosulfato Citrato Bilis Sacarosa) suplementado con 2,5% de NaCl e incubadas durante 24 h a 30 °C, según Ron et al. (2020). Posteriormente, las colonias aisladas

fueron transferidas a TSB (Caldo Soya Tripticaseína) hasta alcanzar una concentración aproximada de 1×10^5 UFC mL^{-1}.

La prueba de sensibilidad antimicrobiana se realizó mediante el método de difusión en disco de Kirby–Bauer. Para ello, se sembró 50 µL del inóculo bacteriano en placas Petri con agar Mueller–Hinton. Los discos de papel (estériles) fueron impregnados con 5 µL de la solución madre de EO a una concentración de 10.000 µg mL^{-1}, posteriormente, se colocaron sobre la superficie del agar previamente inoculado. Las placas se incubaron a 30 °C durante 12 h antes de la medición de los halos de inhibición.

Ensayo experimental *in vivo*

La dosis de alimento se dividió en dos dosis diarias durante un periodo de 10 días, cabe mencionar que la alimentación presentó una razón del 5% del peso de la biomasa. El aceite esencial de orégano (EO) se aplicó de forma extra-pellet mediante aspersión hasta humectar totalmente el alimento. Para garantizar la calidad del agua en las unidades experimentales, se realizaron recambios de agua con agua de mar filtrada y sifoneo cada 3 días. Una vez finalizado el ensayo los organismos fueron sacrificados para realizar el análisis microbiológico del hepatopáncreas y el conteo de hemocitos.

Análisis microbiológico del hepatopáncreas (HP)

Se recolectó el HP de los organismos de cada una de las unidades experimentales y las muestras fueron agrupadas en función de su tratamiento, posteriormente se maceraron y se extrajo 1 g de la muestra para la siembra microbiológica por duplicado hasta dilución 10^{-2}.

La siembra se realizó en una cámara de flujo laminar en donde la dilución seriada se usó solución salina al 1,5% y con la ayuda de un asa de Dygraski se sembró 100 µL en TCBS. Posterior a la siembra se incubo durante 24 horas a 30 °C.

Extracción y conteo de hemocitos en hemolinfa

La extracción de hemolinfa se realizó en dos camaroneres por cada unidad experimental y se coloran en tubos Eppendorf con formol al 4% para su conservación. La hemolinfa se obtuvo de la parte ventral del camarón entre el cuarto y tercer par de pereiópodos, utilizando jeringas de 1 ml previamente cargadas con 0.2 ml de solución anticoagulante (citrato de sodio al 10% estéril) según lo indicado por Van de Braaak et al. (1996).

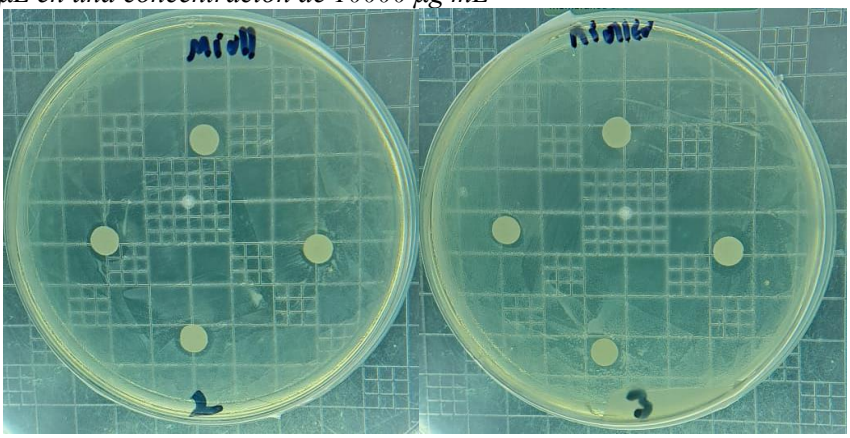
Posteriormente, para la conservación de las muestras se adoptó el protocolo establecido por Rubio et al (2014), mezclando 50 µL del combinado hemolinfa con anticoagulante en 150 µL de formol al 4%. Para el recuento total de hemocitos se utilizó una cámara de Neubauer.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actividad antibacteriana del aceite esencial de *Origanum vulgare* frente *Vibrios* spp.

El EO presentó actividad antibacteriana frente a *Vibrio* spp., formando un halo de inhibición con un diámetro promedio de 13 mm. Estos resultados son similares a los obtenido por da Rosa Coelho et al. (2021), donde el carvacrol generó halos de inhibición frente a *V. harveyi* y *V. parahaemolyticus*, con 12,92 y 13,75 mm, respectivamente. De manera similar, la investigación de Agurto-Rodríguez et al. (2022), donde obtuvieron halos desde 13 mm hasta 21 mm en discos impregnados con diferentes volúmenes de aceite esencial (10 µL, 15 µL, 20 µL y 25 µL), en concentraciones 40000 µg mL-1. Incluso los estudios realizados por Aguirre Chanta et al., (2021) el EO presentó halos de inhibición mayores que la oxitetraciclina, siendo 14.0 ± 3.2 mm frente a los 5.4 ± 0.8 mm del antibiótico comercial

Figura 1.
Actividad antibacteriana de aceite esencial de O. vulgare frente Vibrio spp. Volumen del disco fue de 5 µL en una concentración de 10000 µg mL⁻¹



Desafío experimental de la dosis EO contra bacterias Vibrios

En la Tabla 1, se observa el resultado de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, indicando que no existe diferencia significativa en la concentración de *Vibrio* spp. entre los tratamientos evaluados (p-valor > 0.05). Por ende, se sostiene la hipótesis nula, estableciendo que la carga de *Vibrio* spp. presentó un comportamiento similar entre las diferentes dosis de OE y el control.

Tabla 1

Resultados del contraste estadístico entre dosis del aceite esencial de orégano y la concentración de Vibrio spp

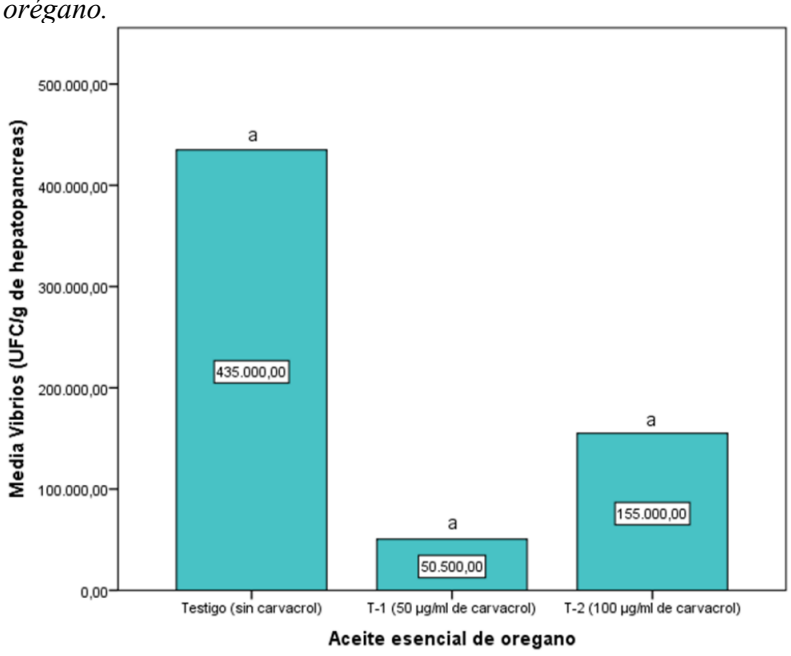
Hipótesis nula	Prueba	Si.	Decisión
La distribución de *Vibrio* spp. (UFC/g de hepatopáncreas) es la misma entre las categorías de Aceite esencial de orégano	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,113	Retener la hipótesis nula

Nota. Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.

A pesar de no existir diferencia significativa, los tratamientos mostraron una reducción de la carga bacteriana en comparación con el grupo control. En la Figura 2, se observa que el tratamiento presentó la mayor reducción de la carga bacteriana en un 88,4% y el tratamiento 2 un 64,37% en relación con el control.

Figura 2

Respuesta de la carga bacteriana de Vibrio spp. (UFC) frente a diferente dosis de aceite esencial de orégano.



Nota: Las letras minúsculas indican diferencia estadística entre tratamientos (p <0,05) (prueba de Duncan).

De acuerdo a Agurto-Rodríguez et al. (2022) y Das et al. (2021) el efecto antibacteriano se puede relacionar con los compuestos bioactivos de carvacrol y timol, reconocidos por sus propiedades antimicrobianas, antioxidantes e inhibitorias del sistema de quorum sensing bacteriano (QS). Asimismo, Sorroza et al. (2017) menciona que la presencia de timol y carvacrol tiene eficacia contra bacteria

gramnegativas y grampositivas, corroborado por Sotomayor et al. (2019), sin embargo, da Rosa Coelho et al. (2021) menciona que las bacterias grampositivas son más susceptibles a los aceites esenciales que las gramnegativas, lo cual puede explicarse por la diferencia en la estructura de sus membranas.

Por otro lado, Aguirre (2019) menciona que las patógenos más relevantes en sistemas acuícolas incluyen *V. parahaemolyticus*, *V. anguillarum* y *V. harveyi*; en el estudio realizado por Gracia et al. (2014) evidenció el efecto antimicrobiano del aceite esencial de orégano frente a bacterias gramnegativas del género *Vibrio*, logrando reducir el recuento de cada especie en el hepatopáncreas y músculo de juveniles de *P. vannamei*. En otras investigaciones como Das et al., (2021) demostraron que las concentraciones subinhibitorias (375 µg ml^{-1} y 75 µg ml^{-1}) de carvacrol inhiben el crecimiento y la virulencia de genes de *V. cholerae* como: *tcpA* , *ctxB* , *hlyA* y *toxT* .

De manera similar, Rodríguez et al. (2024) usaron dosis subletales, inhibiendo de manera eficaz los fenotipos de virulencia de *V. parahaemolyticus* , incluyendo la motilidad de enjambre, la formación de biopelícula y la producción de EPS. Por otro lado, en el ensayo *in vivo* incide negativamente a la virulencia de *V. parahaemolyticus*, debido a que el carvacrol actúa principalmente sobre la membrana externa y citoplasmática bacteriana, provocando alteraciones estructurales y funcionales que afectan a la síntesis de ácidos nucleicos, generando pérdidas del contenido celular, desequilibrios metabólicos e inhibición de los mecanismos de comunicación bacteriana asociados al QS (da Rosa Coelho et al., 2021)

De igual manera, Luo et al., (2022) señalo que el EO muestra una notable actividad antibacteriana contra *V. vulnificus*, actuando mediante la inducción de especies reactivas de oxígeno, lo que provoca peroxidación lipídica (daño por oxidación) y daño estructural en la membrana celular bacteriana. Este proceso altera la permeabilidad, reduce la concentración intracelular de ATP y modifica la morfología bacteriana, Además, concentraciones de EO del 0,06% y 0,09% lograron reducciones bacterianas del 29,6% y 48,2%, respectivamente. Por otra parte, los ensayos *in vitro* realizados por Rodríguez et al. (2024) indican que el OE redujo significativamente los fenotipos de virulencia de *V. parahaemolyticus* y para la fase *in vivo*, el OE afectó negativamente la virulencia presentando una menor tasa de mortalidad.

Desafío experimental de la dosis EO en el recuento total de hemocitos (RTH)

En la Tabla 2 se presenta el resultado de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, donde se observó que existe diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos con respecto a la cuantificación de

hemocitos en la hemolinfa de camarón. Por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula, estableciendo que al menos una de las medias en la cuantificación de los hemocitos es diferente.

Tabla 2

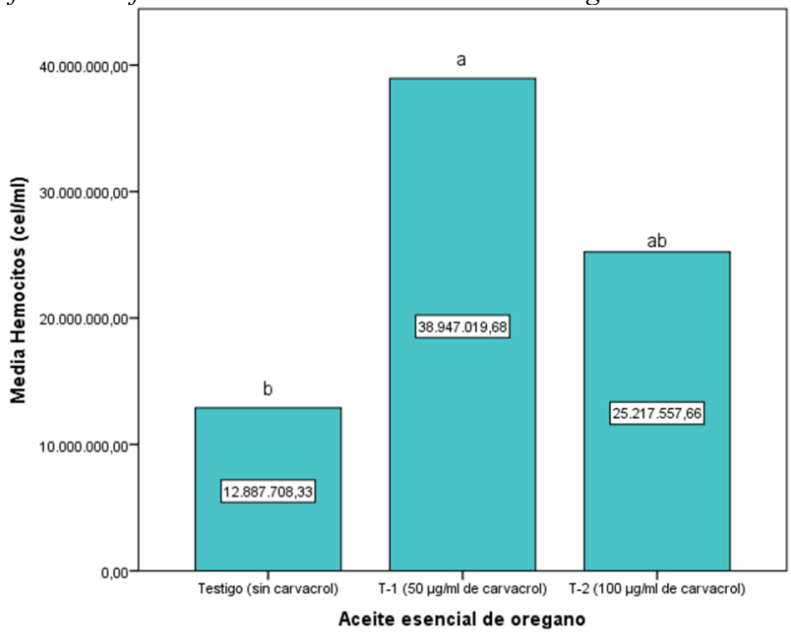
Comparación estadística del recuento de hemocitos entre tratamientos con aceite esencial de orégano.

Hipótesis nula	Prueba	Si.	Decisión
La distribución de Hemocitos (cel/ml) es la misma entre las categorías de Aceite esencial de orégano	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula

Nota. Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.

Figura 3

Efecto de diferentes dosis de aceite esencial de orégano sobre la concentración de hemocitos (cel mL⁻¹)



Nota. Las letras minúsculas indican diferencia estadística entre tratamientos (p <0,05)

La Figura 3 presenta que el tratamiento con 50 µL presentó la mayor concentración de hemocitos, diferenciándose estadísticamente del grupo control. Por otro lado, el tratamiento con 100 µL presentó valores intermedios, compartiendo similitud estadística con ambos grupos.

En función de los resultados obtenidos, se observó que el tratamiento 1 presentó el mayor recuento total de hemocitos ($3{,}8x10^7$ cel mL^{-1}) en comparación con el tratamiento 2 ($2{,}5x10^7$ cel mL^{-1}) a pesar de que este último tuvo una mayor concentración de aceite esencial. Sin embargo, en ambos tratamientos se evidenció una respuesta inmunitaria frente a bacterias patógenas del género *Vibrio*. Estos resultaos

coinciden con lo reportado por Mansour et al., (2023), quienes observaron un incremento en la respuesta inmunológica de *P. vannamei* infectado con *Fusarium solani* y suplementado con 1 mL/kg de aceite esencial en la dieta, lo que permite disminuir la inmunosupresión, al igual que las alteraciones hispatológicas junto con la mortalidad en un 16,66%.

De igual forma la investigación realizada por da Rosa Coelho et al., (2021) informó que el número de RTH en *P. vannamei* alimentado con carvacrol a concentraciones de 3 y 4 mg L^{-1} aumentó en comparación con el control y el nivel de inclusión más bajo (1 mg L^{-1}). Esta respuesta observada en *P. vannamei* podría relacionarse con el incremento de hemocitos hialinos inducido por la presencia de bacterias patógenas del género *Vibrio*, de manera que se activa los efectores de la parte inmunológica celular (Camacho, 2012), además contribuye en la producción de melanina a través de los sistemas de profenoloxidasa (ProPO) como parte esencial de los mecanismos de defensa, y el RTH al ser utilizado como indicador no específico del estado inmunitario es útil para conocer la influencia de los compuestos bioactivos como el timol y carvacrol en camarones (Novriadi et al., 2023)

Por otro lado, si bien los resultados del tratamiento 2 es mayor en comparación al tratamiento 1, se observa una reducción del 35,25%, equivalente a $2,5x10^{7}$ cel mL^{-1}. Con lo cual se infiere que la concentración máxima evaluada produjo un efecto contraproducente en la concentración de RTH, Sotomayor et al. (2019) menciona, si bien los aceites esenciales tienen un efecto en el crecimiento bacteriano también pueden llegar a ser tóxicos, esto afirma Domínguez (2020) quien reportó un efecto en la viabilidad de los hemocitos en postlarvas de *P. vannamei* al aplicar una dosis (10 µg mL^{-1}) de los EO.

Sin embargo, Novriadi et al. (2023) indica que el RTH también puede verse influenciado por diversos factores, entre ellos: estrés, factores ambientales, enfermedades e infecciones, alimentación y nutrición; exposición a sustancias químicas; y medicación y tratamientos.

CONCLUSIÓN

Se concluye que el aceite esencial de *O. vulgare* presentó actividad antibacteriana frente a *Vibrio spp*., evidenciada tanto en el ensayo *in vitro* mediante la formación de halos de inhibición, como en el ensayo *in vivo*, reflejada en la reducción de la carga bacteriana en el hepatopáncreas de *P. vannamei*. Además, la dosificación en la dieta con EO contribuyo en la respuesta inmunológica de los organismos, dando

como resultado en incremento del RTH, siguiendo un efecto inmunoestimulante sin evidencia de toxicidad bajo las dosis evaluadas.

Por cual los resultados apoyan el potencial del EO como una alternativa terapéutica o profiláctica frente a bacterias del genero Vibrio, colaborando a reducir la dependencia del uso de antibióticos o ácidos orgánicos en la camaronicultura y proporcionando una nueva estrategia para una producción sostenible. No obstante, se recomienda la realización de estudios adicionales orientados a determinar dosis óptimas, efectos a largo plazo y mecanismos moleculares asociados a su acción antimicrobiana e inmunomoduladora en sistemas productivos comerciales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdel-Latif, M., Yilmaz, E., Dawood, M. A., Ringø, E., Ahmadifar, E., & Yilmaz, S. (2022). Shrimp vibriosis and possible control measures using probiotics, postbiotics, prebiotics, and synbiotics: A review. *Aquaculture, 551*, PENDIENTE. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.737951

Aguirre Chanta, L. E., Sánchez-Suárez, H. A., & Ordinola-Zapata, A. (2021). Resistencia antibiótica en Vibrio spp aislados de camarón blanco Litopenaeus vannamei. Alternativas de tratamiento con extractos de Azadirachta indica y Origanum vulgare. *Rev Inv Vet Perú, 32*(4), 1-15. https://doi.org/10.15381/rivep.v32i4.19386

Agurto-Rodríguez, G., Domínguez-Borbor, C., Tomalá-Beltrán, C., Malavé, R., & Rodríguez, J. (2022). Immunomodulatory and anti-vibrio properties of plant extract to manage the health of the shrimp Penaeus vannamei. *AquaTechnica, 4*(2), 109-123. https://doi.org/10.5281/zenodo.6975284

Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology, 94*(3), 223-253. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022

Camacho, M. (2012). *Efecto de la aplicación de probióticos en diestas para camarón blanco Litopenaeus vannamei, mediante indicadores de crecimiento y respuesta inmune [tesis de posgrado, Instituto Tecnológico de Sonora]*. Repositorio institucional, Obregón. http://biblioteca.itson.mx/dac_new/tesis/516_camacho_marcela.pdf

Chanta, L. E. (2019). *Efecto del neem (Azadirachta indica) y orégano (Origanum vulgare) en el crecimiento de Vibrio spp. resistentes a antibióticos, aislados de Litopenaeus vannamei (Tesis de pregrado).* Tumbes, Perú: Universidad Nacional de Tumbes.

da Rosa Coelho, J., Victória Rosa, K., Sousa Rocha, J., Bolívar Ramirez, N. C., Maraschin, M., & do Nascimento Vieira, F. (2021). In vitro antimicrobial activity of carvacrol against shrimp pathogens and its use as feed additive for the pacific white shrimp. *Boletim Do Instituto De Pesca, 47*(1), 1-9. https://doi.org/https://doi.org/10.20950/1678-2305/bip.2021.47.e645

Das, S., Chourashi, R., Mukherjee, P., Kundu, S., Koley, H., Dutta, M.,aei Chatterjee, N. S. (2021). Inhibition of growth and virulence of Vibrio cholerae by carvacrol, an essential oil component of Origanum spp. *Journal of Applied Microbiology, 131*(3), 1-15. https://doi.org/10.1111/jam.15022

Fazelan, Z., Akrami, R., & Morteza Hoseini, S. (2020). Effects of different levels of chamomile extract on growth and antioxidant parameters of zebrafish (Danio rerio). *International Journal of Aquatic Biology, 8*(4), 288-295.

Hai, N. V. (2015). The use of probiotics in aquaculture. *Journal of Applied Microbiology, 191*(4), 917–935. https://doi.org/10.1111/jam.12886

Heluy, G. M. (2019). *Óleo essencial de orégano (Origanum vulgare) como aditivo em dieta para alevinos de tilápia Oreochromis niloticus criadas em água salinizada (Tesis de pregrado).* Rio de Janeiro, Brazil: Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro.

Hernández-Sandoval, P., Timaná-Morales, M., Robles-Ravelero, M., Peraza-Gómez, V., Ascencio, F., & Jiménez-Ruíz, E. (2022). Incremento de la supervivencia de camarón blanco (Litopenaeus vannamei) infectado con el virus de la mancha blanca y alimentado con una dieta suplementada con aceite de coco (Cocos nucifera). *Abanico veterinario, 12*, 1-21. http://dx.doi.org/10.21929/abavet2022.2

Huang, C., Luo, Y., Zeng, G., Zhang, P., Peng, R., Jiang, X., & Jiang, M. (2022). Effect of adding microalgae to whiteleg shrimp culture on water quality, shrimp development and yield. *Aquaculture Reports, 22*. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100916

Luo, K., Zhao, P., He, Y., Kang, S., Shen, C., Wang, S., . . . Shi, C. (2022). Antibacterial Effect of Oregano Essential Oil against Vibrio vulnificus and Its Mechanism. *Foods, 11*(403), 1-17. https://doi.org/10.3390/foods11030403

Mansour, A. T., Eldessouki, E. A., Khalil, R. H., Diab, A. M., Abo Selema, T. A., Younis , N. A., & Abdel-Razek , N. (2023). In vitro and in vivo antifungal and immune stimulant activities of oregano and orange peel essential oils on Fusarium solani infection in whiteleg shrimp. *Aquaculture International*(31), 1959–1977. https://doi.org/10.1007/s10499-023-01065-z

Novriadi, R., Herman, Malahayati, S., & Kuan, S. (2023). Supplementation Effect of Dietary Carvacrol and Thymol Polyphenols from Oregano Origanum vulgare on Growth Performance and Health Condition of Pacific White Shrimp Litopenaeus vannamei. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research, 24*(1), 27-39. https://doi.org/10.9734/AJFAR/2023/V24I1626

Rodríguez, J., Domínguez-Borbor, C., Gallardo-Matus, J., Sánchez-Rodríguez, A., Salinas, J. F., & Sonnenholzner, S. (2024). Oregano essential oil has the potential to reduce the virulence of Vibrio parahaemolyticus causing acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) in Penaeus vannamei. *Research Square*, 1-38. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5276769/v1

Soltani, M., Ghosh, K., Hoseinifar, S. H., Kumar, V., Lymbery, A. J., Roy, S., & Ringø, E. (2019). Genus bacillus, promising probiotics in aquaculture: Aquatic animal origin, bio-active components, bioremediation and efficacy in fish and shellfish. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 27*(3), 331-379. https://doi.org/10.1080/23308249.2019.1597010

Sorroza, L., Campoverde, M., & Santacruz, R. (2017). Estudio preliminar del extracto de dos plantas medicinales con efecto antibacteriano para su uso en acuicultura. *AquaTIC, 49*, 1-7. https://doi.org/http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/285/303

Sotomayor, M. A., Reyes, J. K., Restrepo, L., Domínguez-Borbor, C., Maldonado, M., & Bayot, B. (2019). Efficacy assessment of commercially available natural products and antibiotics, commonly used for mitigation of pathogenic Vibrio outbreaks in Ecuadorian Penaeus (Litopenaeus) vannamei hatcheries. *PLoS ONE, 14*(1), 1-19. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210478

Varela, A., & Choc-Martínez, L. F. (2020). Técnicas diagnósticas para enfermedades bacterianas en camarones. Usos, alcances y limitaciones. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 31*(3), PENDIENTE. http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i3.18165

Zheng, X., & Bossier, P. (2023). Toxicity assessment and anti-Vibrio activity of essential oils: Potential for application in shrimp aquaculture. *Reviews in Aquaculture, 15*(4), 1554–1573. https://doi.org/10.1111/raq.12795