



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

**EFFECTO DE ÁCIDOS ORGÁNICOS, ACEITES ESENCIALES Y SU  
SINERGIA EN EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE  
*PENAEUS VANNAMEI***

**AUTOR**

**SULMAN YAMILEX ANZOATEGUI GARCÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

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

**TUTOR**

**Ac. Mendoza Lombana Sonnya Patricia PhD.**

**Santa Elena, Ecuador**

**Año 2025**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

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

**TUTOR**

---

**Ac. Mendoza Lombana Sonnya  
Patricia PhD.**

**25 días del mes de marzo del año 2025**

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

---

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

---

**PhD. Sonnya Mendoza Lombana**  
**TUTOR**

---

**PhD. Mery Ramírez Muñoz**  
**DOCENTE**  
**ESPECIALISTA**

---

**PhD. César Molina Poveda**  
**DOCENTE**  
**ESPECIALISTA**

---

**Abg. María Rivera González, Mgt.**  
**SECRETARIA GENERAL**

## **AUTORIZACIÓN DERECHOS DE AUTOR**

Yo, Anzoategui García Sulman Yamilex

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

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

Santa Elena, a los 25 días del mes de marzo del año 2025

### **EL AUTOR**

---

**Anzoategui García Sulman Yamilex**

# **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Anzoategui García Sulman Yamilex

## **DECLARO QUE:**

El trabajo de Titulación, Efecto de Ácidos Orgánicos, Aceites Esenciales y su Sinergia en el Crecimiento y Supervivencia de *Penaeus vannamei*, previo a la obtención del título en Magíster en Acuicultura, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Santa Elena, a los 25 días del mes de marzo del año 2025

## **EL AUTOR**

---

**Anzoategui García Sulman  
Yamilex**

## INDICE GENERAL

<b>APROBACIÓN DEL TUTOR .....</b>	<b>II</b>
<b>TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....</b>	<b>III</b>
<b>AUTORIZACIÓN DERECHOS DE AUTOR.....</b>	<b>IV</b>
<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....</b>	<b>5</b>
<b>INDICE GENERAL .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURA .....</b>	<b>11</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS .....</b>	<b>12</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS. ....</b>	<b>14</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>15</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>16</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>II. PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>23</b>
<b>III. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>29</b>
<b>IV. OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>32</b>
<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>32</b>
<b>V. HIPÓTESIS.....</b>	<b>33</b>
<b>VI. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>34</b>
<b>Factores que han impulsado la expansión de la acuicultura de camarón a nivel</b>	
<b>mundial .....</b>	<b>34</b>
<b>Historia y expansión de la acuicultura de <i>Penaeus vannamei</i>.....</b>	<b>35</b>
<b>Importancia económica y ecológica del camarón blanco en la acuicultura. ....</b>	<b>36</b>
<b>Historia de los antibióticos en la acuicultura de camarones .....</b>	<b>37</b>
<b>Pasos para frenar el uso de antibióticos en acuicultura .....</b>	<b>38</b>
<b>Ecología bacteriana en sistemas cultivo de postlarvas .....</b>	<b>39</b>
<b>Contaminación del medio ambiente y el surgimiento de resistencia bacteriana .....</b>	<b>39</b>
<b>Factores que han impulsado la expansión de las bacterias .....</b>	<b>39</b>
<b>Consecuencias de las altas cargas patógenas en cultivos acuícolas .....</b>	<b>40</b>
<b>Principales factores que afectan las patógenas en el crecimiento y supervivencia ..</b>	<b>40</b>

<b>Bacterias Patógenas: Gram Negativas .....</b>	<b>42</b>
Medios de cultivos.....	42
<b>Tipos de Enfermedades .....</b>	<b>43</b>
<b>Enfermedades en el camarón.....</b>	<b>44</b>
Enfermedades por bacterias.....	45
<b>Establecimiento de protocolos de bioseguridad .....</b>	<b>46</b>
<b>Incorporación de probióticos y prebióticos .....</b>	<b>46</b>
<b>Probióticos en la alimentación de camarones.....</b>	<b>46</b>
<b>Prebióticos y su impacto en la microbiota intestinal .....</b>	<b>47</b>
<b>Sinergia entre probióticos y prebióticos .....</b>	<b>47</b>
<b>Uso de estimulantes inmunes .....</b>	<b>48</b>
<b>Mantener los mejores estándares de gestión de la calidad del agua .....</b>	<b>48</b>
<b>Prevención de organismos intermediarios.....</b>	<b>48</b>
<b>Capacitación del personal .....</b>	<b>48</b>
<b>PRINCIPALES PROCESOS METABÓLICOS QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO Y LA SALUD .....</b>	<b>49</b>
<b>MECANISMOS DE ACCIÓN SOBRE LA SALUD DE LAS LARVAS DE CAMARÓN .....</b>	<b>50</b>
<b>LA RELEVANCIA DE LOS ÁCIDOS ORGÁNICOS EN LA ACUICULTURA ..</b>	<b>51</b>
Efectos y usos de los ácidos orgánicos en la acuicultura .....	51
Propiedades de los Ácidos Orgánicos.....	53
Estructura química y su categorización .....	53

Actividad antimicrobiana y pKa.....	53
Estabilidad y disolución .....	54
Supresión del nivel de acidez en los intestinos .....	54
<b>CLASIFICACIÓN DE ÁCIDOS ORGÁNICOS .....</b>	<b>55</b>
Ácido cítrico .....	55
Acido fórmico.....	56
Acido propiónico.....	56
Ácido láctico.....	56
<b>Importancia de los fitobióticos y extractos Vegetales en Acuicultura .....</b>	<b>57</b>
Control de patógenos y mejora de la salud intestinal.....	57
Cuestiones Prácticas y Sostenibilidad de los fitobióticos en Acuicultura .....	58
Optimización de la Producción Mediante el uso de fitobióticos .....	58
Aspectos Ecológicos y Reducción del Estrés y Contaminación a Través de fitobióticos.....	59
<b>ACEITES ESENCIALES: PROPIEDADES Y EFECTOS EN ACUICULTURA..</b>	<b>59</b>
Tipos de Aceites Esenciales Usados en la Acuicultura .....	60
Extracto de Aceite Esencial de Ajo ( <i>Allium sativum</i> ).....	61
Extracto de Aceite Esencial de Jengibre ( <i>Zingiber Officinale</i> ).....	61
Extracto de Aceite Esencial de Pimienta Negra ( <i>Piper nigrum</i> ) .....	61
Aceite esencial de orégano ( <i>origanum vulgare</i> ) .....	62
<b>USO COMBINADO DE ACEITES ESENCIALES Y ÁCIDOS ORGÁNICOS EN ACUICULTURA.....</b>	<b>62</b>
<b>VII. METODOLOGÍA.....</b>	<b>64</b>
Área de Estudio .....	64
 <i>Nota: La siguiente imagen corresponde a la ubicación del laboratorio donde se realizaron los respectivos bioensayos. Fuente: imagen obtenida de Google Earth .....</i>	
	64



<b>Producto Experimental .....</b>	<b>64</b>
<b>Diseño Experimental.....</b>	<b>65</b>
Características de los Tanques .....	65
Organismo de Estudio .....	65
Diseño de los Tratamientos.....	66
Extracción de Muestras .....	67
Selección de Muestras.....	67
<b>Análisis de salud de las larvas.....</b>	<b>68</b>
<b>Parámetros Físico-Químicos .....</b>	<b>68</b>
<b>Muestreos Biológicos .....</b>	<b>69</b>
<b>Parámetros de Evaluación .....</b>	<b>69</b>
Factor de conversión alimenticia.....	69
Supervivencia .....	69
<b>Análisis Estadístico .....</b>	<b>69</b>
<b>VIII. RESULTADOS.....</b>	<b>71</b>
<b>Análisis de salud de las larvas.....</b>	<b>71</b>
Análisis de salud en estadio Zoea .....	72
Análisis de salud en estadio Mysis.....	72
Análisis de salud en estadio Post-larva IV.....	73
Análisis de salud en estadio Post-larva VIII.....	74
<b>Análisis microbiológicos para los diferentes tratamientos.....</b>	<b>75</b>
Carga Bacteriana de <i>Pseudomonas</i> en diferentes estadios de desarrollo de <i>P. vannamei</i> .....	75
Carga Bacteriana de <i>V. alginolyticus</i> en diferentes estadios de desarrollo de <i>P. vannamei</i> .....	84
<i>vannamei</i> .....	84
<b>Supervivencia .....</b>	<b>89</b>
<b>Crecimiento .....</b>	<b>90</b>

Uniformidad de tallas .....	90
Uniformidad de peso.....	92
<b>Factor de conversión alimenticio.....</b>	<b>93</b>
<b>Parámetros físico químicos .....</b>	<b>94</b>
<b>X. DISCUSION .....</b>	<b>99</b>
<b>XI CONCLUSIONES.....</b>	<b>103</b>
<b>XII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>105</b>
<b>XIII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>116</b>
<b>CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO .....</b>	<b>119</b>

## ÍNDICE DE FIGURA

<b>Figura 1</b> .....	45
<b>Figura 2:</b> Laboratorio de Larvas.....	64
<b>Figura 3:</b> Diseño de los tratamientos evaluados, representación de los tanques utilizados.....	66
<b>Figura 4</b> .....	71

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Concentración de Pseudomonas de los tratamientos evaluados en Zoea.	77
<b>Gráfico 2:</b> Concentración de Pseudomonas de los tratamientos evaluados en Mysis.	78
<b>Gráfico 3:</b> Concentración de Pseudomonas de los tratamientos evaluados en Post-larva IV.	79
<b>Gráfico 4:</b> Concentración de Pseudomonas de los tratamientos evaluados en Post-larva VIII.	80
<b>Gráfico 5:</b> Concentración de <i>V. vulnificus</i> en Zoea.	81
<b>Gráfico 6:</b> Concentración de <i>V. vulnificus</i> en Mysis.	82
<b>Gráfico 7:</b> Concentración de <i>V. vulnificus</i> en Post-larva IV.	83
<b>Gráfico 8:</b> Concentración de <i>V. vulnificus</i> en Post-larva VIII.	84
<b>Gráfico 9:</b> Concentración de <i>V. alginuliticus</i> en Zoea.	86
<b>Gráfico 10:</b> Concentración de <i>V. alginuliticus</i> en Mysis.	87
<b>Gráfico 11:</b> Concentración de <i>V. alginuliticus</i> en Post-larva IV.	88
<b>Gráfico 12:</b> Concentración de <i>V. alginuliticus</i> en Post-larva VIII.	89
<b>Gráfico 13:</b> Supervivencia de cosecha entre los diferentes tratamientos empleados: T1 (control), T2 (ácido orgánico), T3 (aceite esencial) y T4 (ácido orgánico y aceite esencial)	90
<b>Gráfico 14:</b> Uniformidad de talla entre los diferentes tratamientos empleados: T1 (control), T2 (ácido orgánico), T3 (aceite esencial) y T4 (ácido orgánico y aceite esencial)	91
<b>Gráfico 15:</b> Uniformidad de peso entre los diferentes tratamientos empleados: T1 (control), T2 (ácido orgánico), T3 (aceite esencial) y T4 (ácido orgánico y aceite esencial)	93
<b>Gráfico 16:</b> Factor de conversión alimenticio entre los diferentes tratamientos. ...	94
<b>Gráfico 17:</b> Promedio de Temperatura en los diferentes estadios y tratamientos evaluados.	96
<b>Gráfico 18:</b> Promedio de Oxígeno en los diferentes estadios y tratamientos evaluados.	97

**Gráfico 19:** Promedio de Salinidad en los diferentes estadios y tratamientos evaluados. .... 97

**Gráfico 20:** Promedio de pH en los diferentes estadios y tratamientos evaluados. 98

## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1:</b> Tabla de descripción de cada tratamiento del diseño experimental.	65
<b>Tabla 2:</b> Descripción de la preparación de los medios de cultivos, información recopilada de Ortega, 2024; Condalab, 2021 & CHROMagarTM, 2024.....	67
<b>Tabla 3:</b> Valoración de salud de las larvas, mediante observación microscópicas, los rangos se establece como 0 (presencia nula), 1 (nivel bajo), 2 (nivel medio), 3 (nivel elevado) y 4 (nivel alto); proporcionada por Mendoza 2025 juntos con modificaciones de la autora. .....	68
<b>Tabla 4:</b> Valoración del estado de salud en Zoea. ....	72
<b>Tabla 5:</b> Valoración del estado de salud en Mysis. ....	73
<b>Tabla 6:</b> Valoración del estado de salud en Post-Larva IV.....	74
<b>Tabla 7:</b> Valoración del estado de salud en Post-Larva VIII.....	74
<b>Tabla 8:</b> <i>Concentración bacteriana de Pseudomona en Zoea, Mysis y Post-larva IV y VIII.</i> .....	75
<b>Tabla 9:</b> Concentración bacteriana de <i>V. vulnificus</i> en Zoea, Mysis y Post-larva IV y VIII. ....	80
<b>Tabla 10:</b> Concentración bacteriana de <i>V. alginuliticus</i> en Zoea, Mysis, Post-larva IV y Post-larva VIII. ....	85
<b>Tabla 11:</b> <i>Promedios de parámetros químicos (temperatura, oxígeno, salinidad y pH) en los diferentes tratamientos.</i> .....	95

## RESUMEN

El presente estudio titulado "Efecto de Ácidos Orgánicos, Aceites Esenciales y su Sinergia en el Crecimiento y Supervivencia de *Penaeus vannamei*" tuvo como objetivo evaluar el impacto de los aceites esenciales de orégano (*Origanum vulgare*) y de los ácidos orgánicos sobre el crecimiento y la supervivencia de *Penaeus vannamei* en sus etapas tempranas. El experimento se llevó a cabo en un laboratorio de cultivo de larvas en Santa Elena, donde se utilizaron cuatro tratamientos: control (T1), ácido orgánico (T2), aceite esencial (T3) y una combinación de ambos (T4). Los parámetros fisicoquímicos del agua fueron monitoreados y los tratamientos se aplicaron cada 12 horas durante las fases de Zoea a Postlarva IV. La supervivencia, el crecimiento y las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) de patógenos como *Vibrio* y *Pseudomonas* fueron los principales indicadores evaluados. Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas en la supervivencia entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ), aunque el tratamiento T4 (la combinación de ambos productos) presentó un incremento del 15% en la tasa de supervivencia en comparación con el control. En términos de microbiología, T4 mostró la mayor efectividad en la reducción de UFC de *Pseudomonas* y *Vibrio alginolyticus*. Respecto al crecimiento, no se hallaron diferencias significativas en el Factor de Conversión Alimenticia (FCA) entre los tratamientos. En conclusión, tanto los aceites esenciales como los ácidos orgánicos tuvieron un impacto positivo en la supervivencia y en el control de patógenos, destacándose la combinación de ambos productos como la más eficaz, aunque no se observó un efecto notable en el crecimiento de las larvas.

**Palabras clave:** *Penaeus vannamei*, Ácidos orgánicos, Aceites esenciales, Unidades Formadoras de Colonias (UFC), *Pseudomonas*

## ABSTRACT

The present study entitled “Effect of Organic Acids, Essential Oils and their Synergy on the Growth and Survival of *Penaeus vannamei*” had the objective of evaluating the impact of oregano (*Origanum vulgare*) essential oils and organic acids on the growth and survival of *Penaeus vannamei* in its early stages. The experiment was carried out in a larval culture laboratory in Santa Elena, where four treatments were used: control (T1), organic acid (T2), essential oil (T3) and a combination of both (T4). The physicochemical parameters of the water were monitored and the treatments were applied every 12 hours during the Zoea to Postlarva IV phases. Survival, growth and Colony Forming Units (CFU) of pathogens such as *Vibrio* and *Pseudomonas* were the main indicators evaluated. The results showed that there were no significant differences in survival between treatments ( $p > 0.05$ ), although the T4 treatment (the combination of both products) presented a 15% increase in survival rate compared to the control. In terms of microbiology, T4 showed the greatest effectiveness in reducing CFU of *Pseudomonas* and *Vibrio alginolyticus*. Regarding growth, no significant differences were found in the Feed Conversion Factor (FCR) between treatments. In conclusion, both essential oils and organic acids had a positive impact on survival and pathogen control, highlighting the combination of both products as the most effective, although no noticeable effect on larval growth was observed.

Keywords: *Penaeus vannamei*, Organic acids, Essential oils, Colony-forming units (CFU), *Pseudomonas*



## I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con estadísticas de la FAO, en 2021, el total de la acuicultura global de camarón *Penaeus vannamei* (también llamado camarón patiblanco o camarón blanco del Pacífico) fue de 6.25 millones de toneladas, que representa 87% del volumen, que son criados en estanques de estuarios en países tropicales, con alrededor del 75% en países asiáticos y el resto en América Latina; más de 2 millones de hectáreas de superficie de estanques están dedicadas al cultivo de camarones en todo el mundo (Midland, 2022).

El camarón en América latina se ha convertido en un producto de alto valor para la exportación, el sector productor camaronero ha potenciado su economía en países en vías de desarrollo como Ecuador, el cual es pionero en el continente americano y es una de las industrias más dinámicas en el país desde hace 40 años. En el año 2021, Ecuador consolidó su posición como el principal productor y exportador de camarones del mundo con una producción de más de 1 millón de toneladas métricas de camarones, superando a otros países exportadores como India, Vietnam e incluso Indonesia, ganando el mercado global con un amplio margen al enviar más de 1.855.634.851 camarones, lo que equivale a casi 5.08 mil millones de dólares; considerando que las exportaciones a China representó el 46% de las exportaciones, estas cifras muestran la expansión y consolidación de Ecuador durante el año 2021 en la industria global de camarones (Ochoa, 2022).

Sin embargo, el crecimiento de la producción de camarón ha llevado a un deterioro en la calidad del agua, dando como resultado, el incrementado de la contaminación, favoreciendo la proliferación de ciertas bacterias específicas, como las bacterias patógenas que son causantes de problemas graves en los cultivos, especialmente durante las etapas larvales de *Penaeus vannamei* (Moreira & Méndez, 2024).

Cuando existe un cultivo intensivo de camarón este enfrenta varios problemas, siendo las enfermedades una de las principales amenazas, que causan el fracaso de las cosechas con alta densidad de población o biomasa, una de las más reconocida es la causada por las bacterias vibrios, denominada vibriosis que es la enfermedad bacteriana más común que afecta a las larvas y camarones en crecimiento, siendo un factor principal de mortalidad en la etapa larval (Eras, 2021). En la actualidad uno de los más grandes desafíos en Larvicultura de camarón *P. vannamei* es el tratamiento inadecuado que se le dé a las infecciones de origen bacteriano, debido a la falta de control a tiempo provocando perjuicios considerables dentro de la producción de larvas, disminuyendo notablemente la calidad larvaria, que resulta en un descenso en la curva económica por parte del productor (Echeverria, 2023).

La vibriosis en camarones penaeides ha sido reportada por numerosos investigadores y al menos 14 especies de vibrios han sido identificadas como la causa de las enfermedades bacterianas (Abdullateef et al., 2016). Entre los géneros responsables de las principales patologías, se consideran al clado del vibrio *harveyi* donde podemos encontrar: *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, *V. parahaemolyticus*, *V. vulnificus*, siendo relacionados con mortalidades hasta el 100% a las 24 horas de la propagación (Suarez, 2024).

Si bien los antibióticos han sido una herramienta frecuentemente utilizada para el control de las enfermedades bacterianas, su uso excesivo ha generado resistencia bacteriana, provocando la falta de tolerancia a la acción que realizan, por lo consiguiente, para promover una acuicultura más sostenible y respetuosa con el medio ambiente, se han explorado nuevas alternativas como los probióticos, prebióticos, ácidos orgánicos, aceites esenciales, entre otros; estos ingredientes activos han demostrado ser eficaces en la prevención y control de

enfermedades bacterianas, sin los efectos adversos asociados al uso de antibióticos (Bolívar et al., 2017).

En el estudio de Da Silva et al. (2021) evidenciaron la sinergia en la combinación de sales en conjunto de ácido orgánico para promover el crecimiento de juveniles *P. vannamei*, demostrando el potencial del ácido y sus sales como el fumarato, propionato, butirato y succinato, permitiendo una liberación progresiva en productos que contienen tanto la sal como el ácido, potencializando el efecto bactericida. Por otro lado, Yao et al. (2022) evaluaron de manera combinada y autónoma el uso aceites esenciales y ácidos orgánicos en engorde camarón, donde se puntualizó cuál de las sales evaluadas resultaron más efectivas y dosificaciones que se deben usar para causar efectos bactericidas en la salud del animal.

Otro impacto de los beneficios de los ácidos orgánicos fue demostrado por Magazine et al. (2021), que indicó que al adicionar ácidos orgánicos se mostró una mejora en la tasa de conversión alimenticia y en la reducción de la colonización de bacterias patógenas en el intestino del camarón. De la misma manera, Muñoz (2022) evaluó las estrategias profilácticas en larvicultura, demostrando que los aceites esenciales y ácidos orgánicos presentaron una mayor capacidad antagónica entre las principales bacterias que afectan el cultivo *P. vannamei*, mejorando el crecimiento y supervivencia del organismo en el cultivo.

Actualmente se siguen reportando pérdidas de larvas por problemas netamente bacterianos, a pesar de que se usan una gran variedad de productos para mejorar la salud en los diferentes protocolos aplicados en los laboratorios, estos improvisan la utilización de los mismos y desconocen la dinámica de acción que tienen estos compuestos orgánicos sobre las poblaciones de patógenos y cómo contribuyen al crecimiento y supervivencia en los cultivos de *Penaeus vannamei*. Por lo tanto, es importante la constante evaluación de

productos que salen al mercado y la actualización e interpretando los protocolos a emplear para tratar las patologías frecuentes (Durgel, 2023).

En este contexto, es crucial destacar las enfermedades emergentes como el AHPND (Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease), también conocido como síndrome de mortalidad temprana, causada por *V. parahaemolyticus*, provocando un impacto devastador en la industria camaronera, especialmente en las fases iniciales del cultivo, como la larvicultura, resultando en pérdidas significativas en la producción de camarón blanco, debido a que su propagación es particularmente alarmante por la rapidez con la que se presenta y su alta tasa de mortalidad en las primeras etapas de vida de las larvas, lo que subraya la necesidad urgente de medidas preventivas y el monitoreo constante de la salud en los laboratorios (Diaz, 2022).

Por otro lado las infecciones causadas por *Pseudomonas spp.* han mostrado un efecto negativo considerable en la supervivencia de *P. vannamei*, específicamente en la fase de larvicultura, su presencia ha sido asociada con la disminución en la viabilidad de las larvas, provocando un colapso de la población en cultivos de alto riesgo; se ha observado que afecta el sistema inmunológico de las larvas, alterando su capacidad de respuesta frente a otros patógenos y aumentando la vulnerabilidad de los organismos frente a condiciones ambientales adversas; según estudios recientes, su proliferación en sistemas de cultivo puede estar vinculada a una mala gestión de la calidad del agua y la sobrecarga bacteriana en los laboratorios, resaltando la importancia de un manejo adecuado de los parámetros fisicoquímicos en estos entornos (López et al., 2022).

Por lo tanto, la combinación de la proliferación de bacterias patógenas como *Vibrio parahaemolyticus* y *Pseudomonas spp*, nos permite dar inicio a una revisión constante de los protocolos de manejo junto con la evaluación de los productos comerciales que se emplean para el control bacteriano; es necesario la implementación de tecnologías de monitoreo más precisas y estudios detallados de las interacciones entre los patógenos y los tratamientos como parte fundamental para optimizar la supervivencia de las larvas de *P. vannamei* y lograr minimizar las pérdidas económicas en la industria camaronera (Durgel, 2023).

Existen estudios que documentan los efectos positivos de los aceites esenciales y los ácidos orgánicos, sin embargo, aún es necesario más investigaciones para comprender e interpretar los mecanismos involucrados en su acción sobre el crecimiento, la supervivencia y la salud de *Penaeus vannamei*. Es de importancia investigar la dosis óptima de estos compuestos como también cuáles son sus efectos a largo plazo y las interacciones entre estos profilácticos en sistemas dentro diferentes condiciones de cultivo en etapas tempranas (Verdugo y Andrade, 2018).

Una correcta evaluación de las dosis óptimas de aceites esenciales y ácidos orgánicos en acuicultura se realiza a través de la medición de la concentración inhibitoria mínima (CIM), este método es de gran importancia, debido a que muestra la dosis efectiva contra ciertos patógenos sin tener efectos negativos en los organismos. La CIM se define como la concentración más baja de un agente particular que suprime el crecimiento de un microorganismo, esta técnica garantiza que los ingredientes activos, como los ácidos orgánicos y los aceites esenciales, utilicen las proporciones correctas para aumentar los

efectos positivos, sin perjudicar la salud de los camarones y el medio ambiente acuático; muchos de los estudios recientes sugieren que la optimización de la dosificación mejora la eficacia del tratamiento antimicrobiano natural y ayuda en una mejor gestión de la cultura de camarones (Dawood., et al 2021).

En la acuicultura, los ácidos orgánicos son utilizados comúnmente como aditivos en la alimentación como también para los tratamientos del agua, uno de los principales beneficios de los ácidos orgánicos es su capacidad para mejorar la salud intestinal, reduciendo la carga de patógenos intestinales, mejorando la absorción de nutrientes que permite el refuerzo del sistema inmunológicos (Gómez et al., 2020).

## II. PROBLEMÁTICA

El uso excesivo de antibióticos en la industria camaronera para controlar bacterias patógenas han resultado en una serie de problemas adicionales, entre los principales se encuentran la resistencia bacteriana, que complica el tratamiento de infecciones, como también en la alteración de los ecosistemas acuáticos debido a la acumulación de productos químicos y la posible presencia de residuos de antibióticos en los camarones cultivados, no solo afectando la salud de los animales, sino que también expone el riesgos para la salud humana y el medio ambiente, por lo tanto, en la actualidad ha surgido la necesidad urgente de encontrar alternativas sostenibles que puedan sustituir el uso de antibióticos sin comprometer la eficiencia de la producción (Agurto, 2023).

La resistencia bacteriana, es uno de las causas más problemática, esto es debido al uso excesivo de antibióticos, que reduce la eficacia de estos medicamentos, teniendo como efecto que las bacterias patógenas, como *Vibrio* spp., pueden volverse resistentes a los antibióticos comunes, dificultando el tratamiento de enfermedades como la Necrosis Hepatopancreática Aguda (AHPND) y otras infecciones bacterianas (Huanambal, 2020).

Los antibióticos no solo combaten las bacterias patógenas, sino también las bacterias beneficiosas que forman parte del microbioma intestinal del camarón., debilitando el sistema inmunológico de las larvas, creando que si sistema sea más susceptibles a enfermedades, presentando que las larvas tengan un menor crecimiento, menor tasa de supervivencia y mayor vulnerabilidad a infecciones secundarias (Milthon, 2022).

Los antibióticos también presentan un gran impacto ambiental, debido a que estos no son completamente metabolizados por los organismos y pueden ser excretados al agua, que se acumulan en los cuerpos de agua cercanos, afectando a otros organismos acuáticos y aumentando la resistencia bacteriana en el medio ambiente, de igual manera a la contaminación de ecosistemas acuáticos y su posible afectación a la biodiversidad (Verdugo y Andrade, 2018).

El uso excesivo de antibióticos en la acuicultura puede contribuir al daño en la salud humana, debido a que la presencia de bacterias resistentes en productos marinos destinados al consumo humano, estas bacterias resistentes pueden transferirse a través del consumo de camarones contaminados o por contacto con aguas contaminadas, maximizando el riesgo de infecciones resistentes a antibióticos en la población humana (Acosta y Muñoz, 2022).

Presenta un gran impacto económico en la industria camaronera, el uso indiscriminado de antibióticos aumenta los costos de producción y ha llegado a implementar restricciones comerciales, como por ejemplo, la Unión Europea o Estados Unidos, ha implementado regulaciones estrictas sobre residuos de antibióticos en productos acuícolas, que incluso han rechazado lotes de camarón con problemas en los mercados internacionales, lo que genera pérdidas económicas para los productores (Burel, Celine y Purevdorj, 2021).

El desarrollo de enfermedades más agresivas, puede generar un ambiente propicio para la aparición de cepas bacterianas más virulentas con gran poder de afectación, esto puede acelerar e impulsar brotes de enfermedades como la AHPND, debido a que las bacterias patógenas se adaptan y evolucionan para sobrevivir, dificultando la verificación de brotes y aumentando la mortalidad en las larvas (Chowdhury et al, 2021).



Existen algunas medidas alternativas al uso de antibióticos, permitiendo mitigar estos efectos perjudiciales, por lo tanto, es recomendado adoptar prácticas más sostenibles, como: el uso de probióticos, que promueve el crecimiento de bacterias beneficiosas y mejorando la salud intestinal de las larvas, la calidad del agua, ante la reducción de la carga bacteriana mediante sistemas de filtración y manejo adecuado del agua; teniendo en cuenta en fortalecer el sistema inmunológico de las larvas con inmunoestimulantes y la implementación de protocolos estrictos que faciliten el manejo para prevenir la entrada de patógenos en los laboratorios y camaroneras (Lombana, Gomez y Matamoros, 2016).

Las infecciones bacterianas que afectan las larvas durante sus primeras etapas de desarrollo, son principalmente las bacterias patógenas como *Vibrio* spp. y *Pseudomonas* spp. que son responsables de altas tasas de mortalidad en estas fases tempranas, lo que impacta directamente la productividad y la rentabilidad de la industria camaronera, estas infecciones representan un obstáculo relevante para la sostenibilidad de la acuicultura, debido a que pueden ocasionar la pérdida de cultivos completos, afectando la calidad de las larvas repercutiendo en la siguiente fase de cultivo que es el engorde (Diaz, 2022).

Las enfermedades como la de Necrosis Hepatopancreática Aguda o AHPND, y las infecciones son causantes de las altas tasas de mortalidad que han afectado el crecimiento y la supervivencia de las larvas convirtiéndose en un gran desafío productivo, donde los camarones que sufren de tales enfermedades son propensos a tener un crecimiento atrofiado, lo que, en consecuencia, ralentiza el tiempo de cosecha y los ingresos que se generan dentro de un período determinado. (Panorama Acuícola Magazine, 2023).

Los principales problemas que han surgido en la salud dentro de la acuicultura, es por el uso de antibióticos que han sido severos y han agregado una carga a los problemas

ambientales, especialmente el uso excesivo y sistematizado de estas composiciones puede resultar en la formación de resistencia en las bacterias, lo que propicia a que las futuras infecciones presenten mayor dificultad de tratar, teniendo en cuenta que los microorganismos patógenos presentes en el medio como *Vibrio* y *Aeromonas* son grandes amenazas que afectan las larvas de camarón, debido a que su principal ataque sea de forma directa con respecto a la mortalidad y el crecimiento, lo cual implica grandes problemas, debido a que estos organismos son causantes de enfermedades bacterianas en los camarones y son complicados de tratar (Agurto, 2023).

La aplicación sistemática y excesiva de antibióticos en acuicultura ha incrementado las alertas debido a la aparición de resistencia antimicrobiana (RAM) de bacterias patógenas, en varias regiones, incluida América Latina, donde la investigación científica son más rigurosas porque intentan desarrollar nuevos enfoques para abordar este problema que ocasiona grandes problemas (Verdugo y Andrade, 2018).

En la acuicultura de camarones, los géneros bacterianos *Vibrio* y *Aeromonas* son representantes de las severas amenazas para producción de larvas de camarón, especialmente *Vibrio harveyi*, *V. alginolyticus* y *V. parahaemolyticus* que son conocidos mundialmente por causar indiscriminadamente enfermedades altamente severas y difíciles de manejar, estas bacterias son microorganismos de vida libre en cuerpos de agua, sin embargo, bajo condiciones estresantes o mal gestionadas de parte del acuicultor, pueden volverse patógenas causando infecciones sistémicas febril y necrosis tisular entre los camarones (Huanambal, 2020).

La RAM en acuicultura no solo pone en peligro la salud de los organismos cultivados, sino que también plantea desafíos ambientales, debido a que los residuales pueden ser

retenidos en sedimentos acuáticos, fluctuando la composición microbiana y creando un ambiente selectivo para cepas resistentes, muchas investigaciones han capturado este proceso; por lo tanto, se hace más riguroso y necesario la implementación de prácticas sostenibles en las industrias pesqueras (Smith & Johnson, 2020).

Se ha generado la necesidad de prácticas más sostenibles en acuicultura y creando cambio al uso de antibióticos; logando la inclusión del empleo de bacteriófagos, probióticos, prebióticos y vacunas para gestionar infecciones de una manera más efectiva, permitiendo diferentes tipos de enfoques con la finalidad de reducir la frecuencia de enfermedades y la propagación de microbios resistentes a los medicamentos, logrando fomentar una industria de acuicultura más segura y sostenible (Kumarage et al, 2022).

En recopilación, el desafío del uso de antibióticos en acuicultura es complejo, debido a que presenta repercusiones en la salud animal, la salud humana, incluso al medio ambiente, por lo tanto, se han reforzado algunas de estas prácticas junto con una gestión responsable de la acuicultura que ayude significativamente a superar estos desafíos; se han elaborado varias soluciones como los aceites esenciales y los ácidos orgánicos que han resultado ser bastante eficientes, y por lo tanto brindando una gran mejoría en la salud de las larvas, al disminuir el peligro que las bacterias causan, por sus potenciales propiedades antimicrobianas y antioxidantes, mejorando de forma notable la salud de las larvas de camarón (Cordova, 2024).

Existen diferentes activos de ácidos orgánicos, como el ácido propiónico y el ácido láctico, siendo estos los más comunes que hoy por hoy son bastante utilizados en la reducción de la carga bacteriana, logrando la misión al disminuir las cargas bacterianas patógenas sin los efectos colaterales de los antibióticos convencionales y, por lo tanto,

ayudan en el desarrollo de una acuicultura que es mucho más saludable y sostenible (Mala et al, 2023).

Este estudio tiene como función abordar la evaluación del impacto de los ácidos orgánico y aceite esenciales en la supervivencia de las larvas, su eficiencia en el crecimiento, y la salud general de las larvas , dando énfasis en el control de bacterias patógenas, al proporcionar información sobre estos tratamientos alternativos, esperando contribuir al desarrollo de practicas mas sostenibles en la acuicultura, permitiendo la reducción de la dependencias de los antibióticos, mejorando y promoviendo una producción acuícola más ecológicas y rentable.

### III. JUSTIFICACIÓN

El sector acuícola, especialmente en el cultivo de *Penaeus vannamei*, ha experimentado un crecimiento significativo en Ecuador en los últimos años, lo que ha impulsado la implementación de protocolos más rigurosos de seguridad y calidad; permitiendo mitigar diversos factores como el estrés, las enfermedades y la mortalidad en los cultivos; a medida que la acuicultura en el país se ha expandido, se ha incrementado y propagando de manera urgente la creación de estrategias innovadoras que cumplan con los estándares internacionales de calidad, lo cual es fundamental para mantener la competitividad y sostenibilidad del sector (Gutierrez, 2024).

El uso de ácidos orgánicos y aceites esenciales ha surgido como un enfoque exitoso en la gestión de enfermedades en acuicultura, particularmente en la cría de camarones; presentan propiedades que no solo alteran el microbiota intestinal de los camarones al reducir la carga bacteriana patógena de *Vibrio* spp., sino que también aumentan su respuesta inmunológica y facilitan un crecimiento saludable. Por ejemplo, investigaciones indican que la incorporación de ácido cítrico en la dieta de *Penaeus vannamei* aumenta la supervivencia y la capacidad de resistir infecciones por *Vibrio* spp. (Cordova, 2024).

A nivel mundial, existen regulaciones y estándares que fomentan la adopción de alternativas no antibióticas para las prácticas acuícolas, como por ejemplo esta La Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM) que ha creado borradores para estándares de acuicultura orgánica que alientan el uso limitado de antibióticos y otros productos químicos en la búsqueda de enfoques más holísticos y naturales, además, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la

Agricultura (FAO) ha enfatizado la necesidad de regular la aplicación de productos químicos y antibióticos en la acuicultura para garantizar la sostenibilidad de la industria mediante el uso de medidas estrictas de bioseguridad y alternativas naturales (Armijos, 2023).

Es relevante tener en cuenta que, que los antibióticos han sido útiles para contener enfermedades bacterianas, sin embargo, su uso de manera excesiva, ha provocado la acumulación de metabolitos dentro de los tejidos de los animales acuáticos, estos metabolitos pueden estar presentes en el medio ambiente y pueden incorporarse a la cadena alimentaria, representando un gran amenaza para la salud humana, dando como resultado, la utilización de ácidos orgánicos y aceites esenciales que son considerados como una medida de control de enfermedades eficaz, y al mismo tiempo abordando el problema planteado por los residuos de antibióticos y sus metabolitos (Fao, 2022).

EL uso de ácidos orgánicos y aceites esenciales en acuicultura, son técnicas que proporciona el cumplimiento de los requisitos internacionales destinados a prácticas seguras y respetuosas con el medio ambiente, no solo mejora la salud y productividad de los camarones, sino que también aborda problemas ambientales y de salud pública derivados del uso y abuso de antibióticos y sus metabolitos (Yang et al., 2022).

El camarón *Penaeus vannamei*, posee un sistema inmunológico basado en mecanismos innatos, que es particularmente susceptible a infecciones bacterianas, incrementando que los tratamientos antimicrobianos sean frecuentes y a menudo insuficientes para prevenir enfermedades; estudios recientes han demostrado que las bacterias patógenas, particularmente aquellas del género *Vibrio*, pueden alterar el equilibrio microbiológico en los cultivos, resultando en una disbiosis microbiana que afecta la salud de los organismos, alterando microbiota que compromete tanto el desarrollo como las

funciones fisiológicas de los camarones, lo que incrementa la necesidad de una intervención eficaz y sostenible en los sistemas acuícolas (Zermeño et al, 2023).

El uso de ácidos orgánicos como el ácido láctico y el ácido butírico, y aceites esenciales derivados de plantas, como el aceite de orégano, ha demostrado ser una estrategia eficaz para restaurar el equilibrio microbiano en los cultivos acuáticos, debido a sus propiedades antimicrobianas, capaces de inhibir el crecimiento de bacterias patógenas sin alterar la microbiota beneficiosa (Garibay, 2020). Además, los aceites esenciales presentan actividades antioxidantes que no solo protegen la salud de los camarones, sino que también mejoran el rendimiento en términos de crecimiento y supervivencia.

Por esta razón, el presente estudio tiene una gran importancia para el sector acuícola, contribuyendo a mejorar la salud de los cultivos con técnicas sostenibles que aborda necesidades actuales como el aumento de la utilización de alternativas contra el uso indiscriminado de antibióticos, que genera una gran problemática principalmente por la resistencia bacteriana y sus impactos negativos presentes.

#### **IV. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar el efecto en el crecimiento y supervivencia mediante la aplicación de aceites esenciales de orégano (*Origanum vulgare*) y ácidos orgánicos en etapas tempranas de *Penaeus vannamei*.

#### **Objetivos Específicos**

- Determinar el impacto de los aceites esenciales, ácidos orgánicos y su sinergia en la tasa de supervivencia durante el cultivo.
- Comparar el crecimiento de las postlarvas mediante el factor de conversión alimenticio, uniformidad de tallas y peso entre los diferentes tratamientos empleados con ácidos orgánicos y aceites esenciales.
- Analizar la influencia de los aceites esenciales, ácidos orgánicos sobre las unidades formadoras de colonias (UFC) de vibrios.



## V. HIPÓTESIS

- **Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>):** La adición de aceites esenciales, una mezcla de ácidos orgánicos y su sinergia no tiene un efecto significativo en la supervivencia, el crecimiento y la cantidad de vibrios (UFC) en el sistema estudiado.
- **Hipótesis Alternativa (H<sub>a</sub>):** La adición de aceites esenciales, una mezcla de ácidos orgánicos y su sinergia no tiene un efecto significativo en la supervivencia, el crecimiento y la cantidad de vibrios (UFC) en el sistema estudiado.

## **VI. MARCO TEÓRICO**

### **ACUCULTURA DE CAMARON**

#### **Factores que han impulsado la expansión de la acuicultura de camarón a nivel mundial**

La acuicultura de camarón se ha posicionado como una de las actividades acuícolas más importantes del mundo gracias a su notable crecimiento en las últimas décadas, esta expansión se ha creado por el aumento de la producción de camarón en EE. UU. y Europa, debido a que la demanda es cada vez mayor por productos del mar, por un tanto, esto da lugar al cambio de hábitos alimenticios que parte de la población realiza, así como un interés mayor por la proteína que se obtiene del mar, lo que implica a un gran aumento en la compra y consumo de camarón que hemos observado en los Estados Unidos, Europa y Asia (Armijos, 2023).

Las mejoras en la productividad está relacionada a la implementación de tecnologías avanzadas en la acuicultura, como sistemas de recirculación de agua, mejoramiento genético de las especies y prácticas de manejo más eficientes, que ha permitido aumentar la productividad de los cultivos de camarón, permitiendo que la producción sea más sostenible y rentable (FAO, 2022).

Con respecto a la Recuperación Económica Global, en muchos países impulsaron la inversión en acuicultura lo que facilitó el crecimiento en el sector, esto después de la crisis financiera, dentro de este caso se encuentra en Ecuador, que se ha posicionado como uno de los principales exportadores de camarón, generando beneficios económicos significativos (Armijos, 2023).

Las políticas de apoyo y regulaciones favorables han beneficiado significativamente las necesidades de los productores, al permitir la inversión en acuicultura, impulsando que los gobiernos ofrecieran incentivos fiscales y proporcionar ayuda a la inversión (FAO, 2022).

La globalización ha impulsado nuevos mercados y mejorando las cadenas de suministro, permitiendo a los productores de camarón llegar a nuevos consumidores, además, de fomentar acuerdos comerciales internacionales (Armijos, 2023).

La creciente preocupación por la producción sostenible ha logrado que la industria y los consumidores se preocupan por los productos de acuicultura amigable al adoptar prácticas más responsables, incrementando nuevas innovaciones en la agricultura consciente del medio ambiente (Armijos, 2023).

### **Historia y expansión de la acuicultura de *Penaeus vannamei***

La producción acuícola de *Penaeus vannamei*, conocido como camarón blanco, comenzó en la década de 1970 en Panamá, donde se ha evidenciado los primeros avances en la reproducción dentro de áreas controladas de esta especie, esto permitió que países de América Latina, como Ecuador, México y Brasil, iniciaran su cultivo comercial en la década de 1980, impulsando a la mejora de técnicas de cultivo y manejo. Desde entonces, la especie se ha expandido rápidamente, convirtiéndose en una de las más cultivadas a nivel mundial por su capacidad para adaptarse a diversas condiciones de cultivo y sus características de rápido crecimiento y alta resistencia a enfermedades (FAO, 2020).

La acuicultura de *Penaeus vannamei* experimentó un gran auge a nivel mundial, llegando a ser una de las principales fuentes de ingreso económica, según la FAO, Ecuador es actualmente el mayor exportador mundial de camarón de esta especie, consolidando esta actividad como una fuente clave en el país (FAO, 2021). Este crecimiento ha sido favorecida

por la disponibilidad de tecnologías avanzadas que permiten un manejo más eficiente de los cultivos, además de la mejora genética de las especies criadas en laboratorio.

En la actualidad, la industria del camarón blanco ha incrementado la demanda global de productos del mar, impulsando la mejora de las nuevas técnicas de cultivo y el desarrollo de estrategias de manejo para que sean más eficientes, que han permitido aumentar la producción, al mismo tiempo que se han implementado prácticas más sostenibles para reducir el impacto ambiental del cultivo, sin embargo, la expansión ha conllevado a desafíos, como la propagación de enfermedades, el cambio climático y la presión regulatoria, por ende, ha impulsado la investigación sobre bioseguridad y creación de nuevas tecnologías en la acuicultura, para tener efectos más sostenibles que aseguren la viabilidad a largo plazo de esta importante industria (Campos et al., 2020).

### **Importancia económica y ecológica del camarón blanco en la acuicultura.**

La importancia económica del *Penaeus vannamei* en la acuicultura es de grandes espectros, siendo una de las especies más cultivadas y exportadas a nivel mundial, superando los miles de millones de dólares anuales, con Estados Unidos y Europa siendo los principales mercados consumidores, por lo tanto es un representante de fuente relevante de ingresos y empleo en muchos países de América Latina y Asia; por lo consiguiente, en Ecuador la acuicultura de camarón es responsable de una gran parte de las exportaciones pesqueras, convirtiéndose en un pilar fundamental de la economía nacional (Rodríguez et al., 2022).

Al mismo desempeño, desde el punto de vista ecológico, el cultivo de *P. vannamei* presenta tanto beneficios como riesgos, teniendo en cuenta que es una actividad económica crucial, su expansión ha gran medida ha generado preocupaciones sobre su impacto ambiental, especialmente en la destrucción de ecosistemas costeros, como los manglares, y

la contaminación de aguas, que son impactos causados principalmente por las prácticas de manejo intensivo y el uso de químicos en los procesos de cultivo, por lo tanto se han implementado técnicas para reducir estos efectos y crear un sistema más sostenible con el medio ambiente (González et al., 2021).

Por último, la adopción de tecnologías más sostenibles está mejorando la rentabilidad sin sacrificar la salud de los ecosistemas, las investigaciones recientes destacan la importancia de implementar prácticas de manejo sostenible, como la gestión eficiente de los nutrientes y el tratamiento adecuado de efluentes, para asegurar la sostenibilidad a largo plazo del cultivo de *P. vannamei* (FAO, 2020).

## **ANTIBIOTICOS EN LA ACUICULTURA**

### **Historia de los antibióticos en la acuicultura de camarones**

El sector camaronera es una de las principales actividades que generan economía a nivel mundial, sin embargo, en Ecuador se ha experimentado cambios significativos en el crecimiento económico, así como el desarrollo de tecnología, innovación, aumento de productividad y creación de empleos, permitiendo un desarrollo sostenible del sector (Alvarado, Ullauri, & Benítez, 2020).

En las últimas décadas en sector acuicola ha experimentado un crecimiento significativo en el cultivo de *Penaeus vannamei*, debido a que es una de las especies de mayor producción, por su rápido crecimiento y adaptación a condiciones de cultivo, a pesar de eso, esta industria ha sido constantemente afectada por patógenos virales y bacterianos (Dominguez et al., 2020), amenazando con enfermedades que limitan la productividad de la a nivel mundial, logrando pérdidas notablemente significativas (Keong et al., 2015).

Se empezó a utilizar antibióticos en la década de 1990 como tratamiento metafiláctico o profiláctico para tratar o prevenir enfermedades causadas por bacterias o como promotores de crecimiento antimicrobianos y su uso se fue intensificado a medida que las enfermedades se han vuelto más prevalentes, actualmente se ha reducido el uso antibióticos en los cultivos de animales como control de enfermedades a nivel global, debido al creciente riesgo de bacterias resistentes a los antibióticos, que no solo afecta a la industria, sino también a la salud pública por la transmisión a través de la cadena alimentaria (Kabir et al., 2021).

A pesar de los esfuerzos por reducir el uso de antibióticos, la mortalidad en las etapas tempranas de desarrollo, sigue siendo un desafío en la industria, en la actualidad se han propuesto diversas alternativas a los antibióticos, como por ejemplo, compuestos fitogénicos o aceites esenciales derivados de plantas, probióticos, prebióticos y simbióticos, enzimas, ácidos orgánicos y sus sales en los últimos años (Kabir et al., 2021). Además, tanto a nivel global como a nivel local han buscado e impulsado estrategias alternas al uso de antibióticos, incentivando a prácticas más sostenibles en la acuicultura (Kabir, et al, 2021).

### **Pasos para frenar el uso de antibióticos en acuicultura**

La mayor preocupación se centra en el desarrollo de estrategias sostenibles que permitirían llevar a cabo prácticas acuícolas eficaces que mejoren el bienestar del sector, que deben incluir medidas de bioseguridad, uso de fito bióticos, probióticos y dando importancia al conocimiento de estas nuevas prácticas para ser aplicables en los productores, logrando responsabilidad y sostenibilidad orientadas a disminuir la contaminación del medio ambiente en la industria de cultivo de camarones (Milthon, 2022).

## **BACTERIAS EN LA ACUICULTURA**

### **Ecología bacteriana en sistemas cultivo de postlarvas**

Los sistemas de cultivo de larvas de camarón albergan una comunidad microbiana muy diversa y compleja, siendo un pilar fundamental para el mantenimiento de los procesos fisiológicos normales en el organismo, debido a que se requiere un equilibrio apropiado de microbiota para evitar infecciones por diversos microorganismos no beneficiosos y patógenos, los cambios en la composición bacteriana, llamados disbiosis, pueden provocar que las larvas sean más susceptibles a infecciones, afectando a su crecimiento, supervivencia y bienestar general (Perez, 2021).

### **Contaminación del medio ambiente y el surgimiento de resistencia bacteriana**

El uso sin control de antibióticos en la acuicultura, es uno de los causantes de la contaminación de cuerpos de aguas y de sedimentación, que facilitan el crecimiento y la propagación de microorganismos resistentes, esta forma de resistencia no es exclusiva para los patógenos que infectan a los camarones, el surgimiento de multirresistente en ambientes acuícolas ha presentado resistencia antibiótica en cepas de *Vibrio* spp. aisladas de camarones cultivados (Mendoza, 2024).

### **Factores que han impulsado la expansión de las bacterias**

El incrementado de los problemas con bacterias en acuicultura son varios, especialmente por bacterias gram negativas, que son el grupo de las más perjudiciales y el uso inapropiado y excesivo de antibióticos ha sido responsable de la creación de cepas resistentes de este grupo, dando como resultados que el control de infecciones sea mucho más complicado e incrementa con el manejo deficientes como el hacinamiento, la mala calidad del agua y la

falta de bioseguridad, ha contribuido a un ambiente favorable para el crecimiento de patógenos (Da Coello, 2021).

### **Consecuencias de las altas cargas patógenas en cultivos acuícolas**

La presencia de bacterias patógenas en sistemas acuícolas presenta numerosas repercusiones negativas, que incluye la disminución de las tasas de supervivencia y crecimiento de los animales acuático, lo que implica a enormes pérdidas económicas, además, la aplicación de antibióticos con la intención de controlar tales infecciones puede resultar en cepas resistentes que representa un peligro para la salud pública y también podría poner en peligro la aceptación de dichos productos en el mercado global. (Pérez, 2021).

Con referente a las etapas larvales y el desarrollo en sistemas de cultivo, *Penaeus vannamei* que presenta de 10 a 15 diferentes estadios, cada uno de los cuales se caracteriza por tener rasgos particulares, sin embargo, en todas estas fases, estos organismos son frágiles, incluso por parámetros esenciales como el agua, temperatura y oxígeno en los medios de cultivo, las modalidades de cultivo tales como embalses y sistemas de recirculación permiten aumentar la producción y reducir las enfermedades, siempre y cuando la nutrición y el manejo ambiental sean cruciales durante el crecimiento del organismo, desde la etapa larval hasta llegar al tamaño comercial (González, 2022).

### **Principales factores que afectan las patógenas en el crecimiento y supervivencia**

El crecimiento y la supervivencia de *Penaeus vannamei* están influenciados por una variedad de factores ambientales y de manejo, como parte fundamental la calidad del agua es primordial para su desarrollo, como también la temperatura, salinidad, pH y concentración de oxígeno disuelto, que son clave en la supervivencia de esta especie. Por ejemplo, investigaciones recientes han encontrado que los juveniles de *P. vannamei* prosperan en un



rango de salinidad de 33 a 40 y requieren temperaturas de entre 28 y 32°C para un crecimiento óptimo (Camacho et al., 2021).

La alimentación es otro factor importante para el crecimiento y la supervivencia de los camarones, las dietas balanceadas deben de incluir un contenido adecuado de proteínas y lípidos, que son esenciales en las diferentes etapas de desarrollo de los camarones, diversos estudios han demostrado que la nutrición adecuada en las primeras fases de vida influye directamente en la tasa de crecimiento y la calidad del producto final (García et al., 2022).

Otro factor relevante es la prevalencia de enfermedades en el cultivo de *P. vannamei*, debido a que es susceptible a varios patógenos, como bacterias, que pueden perjudicar su producción, por lo consiguiente, se han realizados avances en biotecnología que han permitido mejorar la resistencia genética de los camarones, lo que contribuye a una mayor supervivencia en condiciones de estrés y enfermedades, junto con la implementación de protocolos de bioseguridad más riguroso, incluyendo el uso de probióticos y sistemas de monitoreo sanitario más avanzados para reducir el riesgo de infecciones (Li et al., 2020

La disposición adecuada de los estanques y la densidad de cultivo también son factores determinantes, por lo que, se recomienda evitar la sobrepoblación, ya que esto puede provocar estrés y mayor susceptibilidad a enfermedades, creando un manejo integral que incluya la optimización de la calidad del agua, la alimentación adecuada y la prevención de enfermedades es esencial para garantizar el éxito del cultivo (Rodríguez et al., 2022).

## **TIPOS DE BACTERIAS Y MEDICIONES DE CULTIVOS**

### **Bacterias Patógenas: Gram Negativas**

Las bacterias gram negativas están formadas por una pared celular compuesta por una capa delgada de peptidoglicano y una membrana externa que contiene lipopolisacáridos, permitiendo que esta estructura les proporciona cierta protección contra ciertos antibióticos y les ayuda a evitar las defensas inmunitarias del huésped. En acuicultura, géneros como *Vibrio* y *Aeromonas* son de gran importancia como patógenos gram negativos responsables de enfermedades con tasas de mortalidad muy altas en la acuicultura de camarones. Estas bacterias son capaces de crecer rápidamente bajo condiciones ambientales favorables con un aumento de materia orgánica y temperaturas elevadas (Chávez et al, 2015).

### **Medios de cultivos**

Existen diferentes tipos de medio de cultivos, que se pueden preparar para ser usados en estado líquido, sólido o semisólido, los medios de cultivo líquidos se conocen como caldos y a partir de ellos, por el agregado de un agente solidificante estable (agar), se preparan medios de consistencia sólida o semisólida, lo que se denominan como medios sólidos o agarizados, los cuales se disponen en cajas de Petri de vidrio o plástico con tapa, donde cada célula microbiana por divisiones sucesivas da origen a masas visibles denominadas colonias, permitiendo cuantificar los microorganismos presentes en muestras (Apella & Araju, 2005).

### **Agar marino**

Es un medio específico para bacterias marinas donde crecen diferentes especies de bacterias heterotrofas, contiene peptona bacteriológica que suministra nitrógeno, vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales para el crecimiento de colonias. (Pozo, 2006).

### **Thiosulfato Citrato Sales Biliares (TCBS)**

Este medio es altamente selectivo para *Vibrio* spp., por su contenido de sales biliares, que inhibe el crecimiento de las bacterias Gram positivas y otros Gram negativos, uno de los ingredientes principales es la sucrosa (sacarosa) que actúa como carbohidrato fermentable debido a que la mayoría de integrantes del género *Vibrio* fermenta este compuesto (Cabrera & Gutiérrez, 2023).

### **Agar Cetrimide**

Este agar restringe el crecimiento a microorganismos pertenecientes al género *Pseudomonas*, se especializa en la detección de este tipo de bacterias, que han sido previamente identificadas por su capacidad degradadora, especialmente de la bacteria *Pseudomonas aeruginosa*. (Gomez, 2015)

### **Agar Chroagar vibrio**

Es un tipo de Agar selectivo diferencial, son utilizados para aislar e identificar especies distintas de bacterias y levaduras, para su especialización contiene mezcla de sustratos cromogénicos especiales que permite dar una identificación más específicas (Murray, Rosenthal & Pfaller, 2017)

## **EFERMEADES EN EL CULTIVO DE CAMARON**

### **Tipos de Enfermedades**

Síndrome de Mortalidad Temprana (EMS) o Enfermedad de Necrosis Hepatopancreática Aguda (AHPND), es una enfermedad que surgió por primera vez en 2009 en China y tiene una notable importancia debido al peligro que representa para el negocio de la acuicultura de camarones a nivel global, el principal responsable es la cepa de *Vibrio parahaemolyticus* portadora de patógenos, esta requiere una comprensión mecanicista de su patología, que

presenta una tasa de mortalidad superior al 70 durante los primeros 30 días, presentando visualmente a los camarones en un estado pálido y necrótico de la hepatopáncreas (Helles, 2019).

### **Enfermedades en el camarón**

Los vibriones como otros patógenos del cultivo de camarones liberan exotoxinas y otras enzimas, sobre todo hemolisinas y proteasas, estos compuestos lesionan las paredes celulares de las larvas y afectan a su inmunidad, esto puede producir estrés oxidativo y respuestas inflamatorias que comprometen la salud de las larvas. Entre las alternativas para soluciones están el uso de prebióticos y probióticos en la alimentación, que contribuyen a restaurar el balance microbiano intestinal, y reducir la colonización por bacterias patógenos nocivas (Barrantes, 2023).

A pesar de las investigación y estudios realizados que sugieren la eficacia de estos productos, aun presentan poca evidencia sólida sobre su impacto específico en el cultivo de *Penaeus vannamei*, es determinante el uso de estos tratamientos y su influencia significativamente en la supervivencia, el crecimiento y la salud de las larvas, especialmente en términos de control de patógenos, por lo tanto es crucial evaluar la dosis y frecuencia más efectivas para aplicar estos productos sin alterar las condiciones óptimas del ambiente acuático (Genics, 2022).

Existen una amplia gama de otras enfermedades que afectan a *P. vannamei*, produciendo una vibriosis, necrosis hipodérmica y hematopoyética infecciosa, hiberatemerca, rickettsias, micetales, protozoos de tipo invasivo y alatoxicosis entre otros (Labomersa, 2024).

## Enfermedades por bacterias

La presencia de bacterias en camarones suele estar asociados tanto en organismos sanos como enfermos que están presentes en la columna de agua y dentro de las postlarva, los cuales varían de acuerdo a las etapas de crecimiento, permitiendo observarlas como indicadores que permiten monitorear el estado de salud del cultivo (Zheng, et al., 2017)

### Figura 1

*Necrosis infecciosa hipodérmica y hematopoyética – IHHNV.*



*Nota.* La imagen presenta camarones juveniles con coloración opaca y disparidad de tallas, síntomas provocadas por IHHNV, imagen obtenida por Genics, 2022.

### Necrosis Bacteriana (*Vibrio* spp.)

Esta enfermedad es causada por las especies de *Vibrio* que pueden afectar a los camarones como son *Vibrio harveyi*, *Vibrio parahaemolyticus* y *Vibrio alginolyticus*, estas bacterias son las causantes de enfermedades conocidas como «necrosis bacteriana» o «necrosis hepatopancreática aguda» (AHPND) en camarones (Velasco, 2022). La AHPND se caracteriza por la necrosis del hepatopáncreas, un órgano vital en el camarón que participa en la digestión y el metabolismo, los demás síntomas incluyen decoloración, letargo, pérdida de apetito y, en casos graves, mortalidad rápida del camarón, puede transmitirse a través de

agua contaminada, en alimentos infectados o incluso otros organismos acuáticos portadores de la bacteria (Saavedra et al, 2018).

## **ALTERNATIVAS DE MANEJO**

### **Establecimiento de protocolos de bioseguridad**

La bioseguridad es parte fundamente de gran impacto en la acuicultura de camarones, debido a que permite ayudar a limitar la entrada y propagación de patógenos, estas medidas de bioseguridad abarcan con la restricción de acceso a los tanques o piscinas de producción, la sanitización del equipo antes y después de su uso, y el aislamiento de nuevos organismos destinados a ser utilizados para la acuicultura, permitiendo un mayor control de brotes de enfermedades (Figueredo, 2020).

### **Incorporación de probióticos y prebióticos**

La inclusión de probióticos y prebióticos en las dietas de camarones ha demostrado ser una práctica efectiva para mejorar la salud intestinal y aumentar el sistema inmunológico, estas modificaciones dietéticas suelen tener como objetivo la modulación del microbioma intestinal al facilitar el crecimiento de bacterias beneficiosas mientras se minimiza la existencia de patógenos, lo que se traduce en una mayor resistencia a enfermedades y una productividad mejorada en los sistemas de acuicultura. (Ochoa, 2022)

### **Probióticos en la alimentación de camarones**

Los probióticos se definen como 'microorganismos vivos' y, son beneficioso para el huésped si se consumen en las cantidades adecuadas en la alimentación, se han utilizado diferentes especies bacterianas, especialmente del grupo *Bacillus*, como suplementos alimenticios, incentivando a una competencias por nutrientes y espacio con las bacterias patógenas

influyendo a la reducción del crecimiento, a través de la secreción de sustancias antimicrobianas; también mejoran activamente la respuesta inmune innata de los camarones, haciéndolos más capaces de manejar infecciones y mostrando una mejor supervivencia y crecimiento, favorecieron el cambio de la microbiota intestinal (Garibay, 2020).

### **Prebióticos y su impacto en la microbiota intestinal**

Los prebióticos son sustancias que no pueden ser asimiladas en los alimentos, aunque sí tienen la capacidad de fomentar la actividad de microorganismos benéficos en el intestino, sin embargo, se ha comprobado que la adición en la dieta han presentado efectos positivos tanto en la composición de la microbiota intestinal de los camarones como en su salud, por la inclusión de fructooligosacáridos en la dieta resultando en un incremento de peso y mejora en la inmunidad del hospedador, que se asocia a un favorable cambio en la microbiota intestinal del huésped. Se ha realizado varios estudios como la influencia de la agavina, un tipo de azúcar no digerible que se obtiene del agave, en la microbiota del camarón blanco del Pacífico, dando como resultado que dependiendo de la dosis, la agavina puede aumentar el número de microbios beneficiosos en el intestino y el hepatopáncreas, mejorando el rendimiento productivo en el todo el ciclo (Quintuña, 2023).

### **Sinergia entre probióticos y prebióticos**

La combinación de probióticos y prebióticos, conocida como simbióticos, se ha probado para maximizar los beneficios únicos de estos componentes individuales, teniendo como objetivo de esta sinergia mejorar la capacidad del probiótico para colonizar el tracto digestivo y al mismo tiempo que se proporciona el sustrato adecuado para su proliferación, optimizando así la salud intestinal y la respuesta inmunitaria de los camarones (Yao et al, 2019).

### **Uso de estimulantes inmunes**

Los estimulantes como los  $\beta$ -glucanos y otros extractos de levadura pueden mejorar la respuesta inmunitaria de los camarones, aumentando la resistencia del animal contra patógenos, su impacto es positivo respecto a la incorporación de tales estimulantes en la alimentación para la prevención de infecciones bacterianas (Rios et al, 2022).

### **Mantener los mejores estándares de gestión de la calidad del agua**

Gestionar la calidad del agua, es crucial y se logra con el monitoreo constante de parámetros como la temperatura, salinidad, niveles de pH y concentración de oxígeno disuelto, además de la eliminación regular de desechos orgánicos, para minimizar el estrés en los camarones y el crecimiento de bacterias patógenas (Zevallos, 2023).

### **Prevención de organismos intermediarios**

La eliminación de ciertos moluscos y poliquetos que funcionan como vectores o reservorios de patógenos es una acción preventiva efectiva, la eliminación o destrucción de estos intermediarios, junto con el secado periódico de los estanques acompañado de la aplicación de cal, destruye poliquetos y moluscos, limitando la ocurrencia de patógenos en el ambiente de cultivo (Helles, 2019).

### **Capacitación del personal**

La capacitación profesional del personal sobre la patología de los camarones, su control y medidas de bioseguridad es muy importante en la gestión proactiva de enfermedades, estas capacitaciones permiten una barrera de detección de infecciones y decisiones de control durante las etapas iniciales de las infecciones, reduciendo el impacto de las infecciones, integrando medidas optimas en la gestión de un negocio de acuicultura de camarones como



protección de los impactos no deseados de las bacterias patógenas, al mismo tiempo que aumenta la sostenibilidad y rentabilidad de las iniciativas de la industria. (Figueredo, 2020)

### **PRINCIPALES PROCESOS METABÓLICOS QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO Y LA SALUD**

El metabolismo de *Penaeus vannamei* está compuesto por varios procesos que influyen en su crecimiento y salud, estos procesos metabólicos se dividen en catabólicos y anabólicos. Los procesos anabólicos permiten la síntesis de proteínas y la formación de nuevos tejidos, requiriendo una adecuada disponibilidad de nutrientes y energía; mientras que, los procesos catabólicos, son los que descomponen los alimentos para obtener energía, también son fundamentales para mantener las funciones vitales del organismo, como la locomoción y la respuesta inmune (Ji et al., 2020).

La eficiencia en la digestión y absorción de nutrientes es esencial para la producción de energía; las enzimas digestivas, como las proteasas y lipasas, descomponen los componentes de los alimentos en sus unidades básicas para su absorción. En *P. vannamei*, se han identificado y caracterizado enzimas digestivas como la lipasa digestiva (PVL) y la lipasa intracelular (PV\_IL), que desempeñan papeles clave en la descomposición de lípidos y proteínas, los cuales son fundamentales para el crecimiento de los camarones (Rivera et al., 2021).

El balance energético en *P. vannamei* también está regulado por hormonas que afectan su metabolismo, como por ejemplo, la insulina, que es el encargado en la regulación de la absorción de glucosa y su conversión en glucógeno, siendo de gran importancia para el almacenamiento de energía, así también como la hormona de crecimiento, que tiene una grab

importancia en la estimulación de la síntesis de proteínas y el crecimiento de los tejidos, lo que impacta directamente en la tasa de crecimiento del camarón (Yang et al., 2020).

Una adecuada conversión alimentaria y la utilización eficiente de nutrientes son determinantes para la salud y el crecimiento de *P. vannamei*, como también son las dietas balanceadas y el manejo adecuado del ambiente acuático que favorecen la eficiencia metabólica, lo que conduce a un mejor crecimiento y una mayor resistencia a enfermedades, el manejo adecuado de la calidad del agua y la alimentación también contribuyen a mantener el equilibrio metabólico y optimizar la salud general de los camarones (Bauer et al., 2020).

### **MECANISMOS DE ACCIÓN SOBRE LA SALUD DE LAS LARVAS DE CAMARÓN**

Los mecanismos de acción de los patógenos implican varios factores que afectan la salud de las larvas de camarón, por ejemplo el *Vibrio parahaemolyticus*, es el encargado en producir toxinas que dañan las células del hospedador, lo que resulta en inflamación y necrosis en los tejidos del camarón, que conlleva, a una disminución en la capacidad de alimentación y crecimiento, así como a un aumento en la mortalidad, especialmente en larvas que aún no han desarrollado un sistema inmunológico robusto (Bangladesh, 2024).

La bacteria *Vibrio harveyi* tiene la capacidad de evadir el sistema inmunológico del camarón mediante la producción de cápsulas que protegen a las bacterias de ser fagocitadas por las células inmunitarias, además, induce la apoptosis en las células del hepatopáncreas, lo que compromete la función digestiva y metabólica del camarón, su presencia puede alterar la microbiota intestinal, lo que repercute negativamente en la salud general de las larvas (Martín, 2022).

La coinfección con otros patógenos virales y bacterianos puede agravar aún más los efectos negativos, reduciendo la resistencia de las larvas a enfermedades y aumentando la mortalidad. Por lo tanto, la gestión adecuada de la calidad del agua, el manejo sanitario y el uso de prácticas de bioseguridad son esenciales para minimizar el impacto (Saavedra et al, 2018).

### **LA RELEVANCIA DE LOS ÁCIDOS ORGÁNICOS EN LA ACUICULTURA**

En las últimas décadas, la investigación y el desarrollo se han centrado en los ácidos orgánicos debido a sus múltiples posibilidades de impactos positivos en la salud y productividad general de los animales acuáticos. Estos compuestos se clasifican categóricamente como “Generalmente Reconocidos como Seguros” (GRAS) y son críticos en la prevención y control de enfermedades bacterianas (Keong, 2018).

En la acuicultura de camarones, estos compuestos han demostrado un gran éxito en la modificación del microbiota intestinal, la digestibilidad de los alimentos y la utilización de nutrientes, además, su aplicación ayuda a reducir la carga de patógenos en los sistemas de cultivo, contribuyendo al control de brotes severos como la enfermedad de necrosis hepatopancreática aguda (AHPND) y la vibriosis (Kabir , Song , Bunod, & Dong, 2021).

La resistencia a los antibióticos se ha convertido en una gran preocupación, impulsando la investigación hacia el uso de ácidos orgánicos en la acuicultura como una herramienta de gestión de la salud respetuosa con el medio ambiente y efectiva, se han realizado varios estudios que han demostrado que su aplicación beneficia no solo la salud de las especies acuáticas, sino también los medios de vida de los productores (Zevallos Valero, 2023).

#### **Efectos y usos de los ácidos orgánicos en la acuicultura**

Existen estudios que sugieren que la adición de ácidos orgánicos en la dieta de los camarones mejora la salud intestinal y el rendimiento del cultivo, esto debido, a que sus compuestos

ayudan a disminuir la carga de bacterias patógenas como *Vibrio* spp., *Aeromonas hydrophila* y *Escherichia coli*, que son causantes a enfermedades gastrointestinales y sistémicas en la acuicultura de camarones, al controlar su proliferación, se mantiene un mejor equilibrio en la microbiota intestinal, lo que a su vez ayuda a mantener un ambiente estable y saludable para la digestión (Cordova, 2024).

Además de su efecto en la salud intestinal, los ácidos orgánicos mejoran la asimilación de minerales esenciales como el calcio y el fósforo, que son necesarios para el desarrollo del exoesqueleto de los camarones, permitiendo que esta absorción mejorada de minerales no solo optimiza el crecimiento y la resistencia estructural de los organismos, sino también la calidad de su músculo, que es uno de los factores más importantes para la competitividad en los mercados internacionales de acuicultura (Chavez y Llanos, 2015).

Otro efecto positivo de estos compuestos es su impacto en la digestibilidad y absorción de nutrientes, la acidificación controlada del tracto digestivo mejora la actividad de las enzimas digestivas, aumentando la descomposición de los alimentos y la eficacia de la utilización de los alimentos, mejorando la eficiencia digestiva y permite una mayor deposición dietética, crecimiento y resistencia a enfermedades en los camarones (Garibay, 2020).

Los estudios sugieren que la adición de ácidos orgánicos en la dieta de los camarones mejora la salud intestinal y el rendimiento del cultivo, estos compuestos ayudan a disminuir la carga de bacterias patógenas como *Vibrio* spp., *Aeromonas hydrophila* y *Escherichia coli*, que causan enfermedades gastrointestinales y sistémicas en la acuicultura de camarones. Al combatir su proliferación, se mantiene un mejor equilibrio en la microbiota intestinal, lo que a su vez ayuda a mantener un ambiente estable y saludable para la digestión (Cordova, 2024).

También son cruciales para la gestión reguladora del ambiente acuático en los sistemas de cultivo, por su capacidad para modificar los valores de pH del agua, que ayuda a limitar la proliferación de patógenos, mejorando así las condiciones generales y limitando la acumulación excesiva de compuestos perjudiciales como el amoníaco (Gómez et al., 2020).

En definitiva, la aplicación de ácidos orgánicos en acuicultura no solo mejora la salud intestinal de los camarones, sino que también aumenta la eficiencia de la absorción de nutrientes, influyendo positivamente en el producto final y el equilibrio de los ecosistemas acuáticos, fortaleciendo su capacidad como una herramienta importante para mejorar la competitividad y sostenibilidad de la industria del cultivo de camarones.

### **Propiedades de los Ácidos Orgánicos.**

Los ácidos orgánicos son compuestos químicos que poseen uno o más grupos carboxílicos (-COOH); la efectividad en la inhibición de microorganismos y el impacto en el metabolismo de los organismos acuáticos dependen de varias características (Rodríguez, 2022).

### **Estructura química y su categorización**

Esta clasificación incluye una amplia gama de subcategorías como compuestos monocarboxílicos, dicarboxílicos, fenólicos, acéticos y propiónicos, junto con ácidos antimicrobianos y antioxidantes cítricos y málicosos (Cordova, 2024).

### **Actividad antimicrobiana y pKa**

Presenta la capacidad inhibidora de microbios, dependiendo en gran medida de su valor antimicrobiano; el valor de pKa, que expresa el pH para el 50% de disociación del ácido. El ácido fórmico (pKa 3.02) es más poderoso en comparación con el ácido cítrico, porque es no iónico en medios ácidos, por lo que puede atravesar las membranas bacterianas sin obstrucciones (Kabir , Song , Bunod, & Dong, 2021).

### **Estabilidad y disolución**

La disolución en agua para muchos ácidos orgánicos es variable; por lo tanto, estos factores determinarán su aplicación en acuicultura, los compuestos orgánicos ácidos con una mayor solubilidad básica se aplican principalmente en acuicultura, mientras que los ácidos poco solubles se utilizan para inyecciones directas en el agua de cultivo (Cordova, 2024).

### **Supresión del nivel de acidez en los intestinos**

En el caso del camarón *P. vannamei*, el tracto digestivo se mantiene por encima de 8.0, la actividad de los ácidos orgánicos que se utilizan para la inhibición de patógenos intestinales debe realizarse dentro de un rango de pH que les permita actuar como antimicrobianos sin perjudicar la homeostasis del animal (Panorama Acuícola Magazine, 2023).

### **Regulación del Microbiota Intestinal**

Los ácidos orgánicos actúan sobre el tracto digestivo disminuyendo el pH donde muchas bacterias son causantes de enfermedades, como *Vibrio* spp. permitiendo que no pueden desarrollarse y por lo tanto, favoreciendo la multiplicación de bacterias positivas, este equilibrio es fundamental para la salud digestiva de los camarones y otros organismos acuáticos (Dominguez, Sanchez, Sonnenholzer, & Rodriguez, 2020).

### **Acción Antimicrobiana Directa**

La forma no disociada de los ácidos orgánicos puede penetrar la membrana celular de las bacterias y modificar su metabolismo a nivel intracelular, lo que dificulta su proliferación. Por otra parte, los ácidos actúan como agentes quelantes, uniendo metales que son necesarios para que la pared celular bacteriana sea estable, debilitando a los patógenos (Huanambal, 2020).

### **Estimulación de la Digestión y Absorción de Nutrientes**

Los ácidos orgánicos han permitido la observación de una mejora en la secreción de enzimas digestivas y la utilización de nutrientes en animales acuáticos, beneficiando la relación de conversión de alimentos y el crecimiento (Zhang , Wang, Liu, Cao, & Zhu, 2020). Algunos ácidos orgánicos poseen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias que ayudan a aliviar el estrés fisiológico en los organismos acuáticos y el efecto de las infecciones bacterianas en el sistema inmunológico de los camarones (Cordova, 2024).

### **CLASIFICACIÓN DE ÁCIDOS ORGÁNICOS**

Los beneficios de los ácidos orgánicos en la acuicultura también incluyen la mejora en la eficiencia alimentaria, la reducción de la mortalidad, y el aumento de la tasa de crecimiento de los camarones. Varios estudios han demostrado que el uso adecuado de ácidos orgánicos puede aumentar la conversión alimentaria y reducir los costos de producción, lo que contribuye a la sostenibilidad económica de la industria acuícola (Keong, 2018).

#### **Ácido cítrico**

El ácido orgánico es considerado un ácido carboxílico versátil y ampliamente estudiado y utilizado en el campo de la alimentación, farmacéutica, cosmética y en acuicultura es utilizado como agente antimicótico, su presentación generalmente es de polvo cristalino blanco y se lo obtiene mediante síntesis orgánica en un laboratorio, este suele encontrarse en casi todos los tejidos animales como huesos, músculos y sangre, también se lo encuentra en frutas como limón, mandarina, lima, toronja, naranja, piña, ciruela, guisantes, melocotón (Keong, 2018).

### **Acido fórmico**

Es un ácido orgánicos, liquido, incoloro, altamente corrosivo de uso preventivo para el control microbiano y promotor del crecimiento, pueden ser obtenidos mediante la extracción de plantas, hongos, levaduras, es utilizado para prevenir enfermedades actuando como agentes alternativos al uso de antibióticos, teniendo la función simultánea de prevenir la colonización del sistema gastrointestinal de bacterias patógenas mediante la disociación de ácidos y la producción de aniones que destruyen las bacterias indeseadas. (Navarrete. 2015).

### **Acido propiónico**

Es un ácido de cadena corta, volátil, obtenido principalmente mediante síntesis química a partir de materias primas de petróleo, presenta una alta tasa de actividad antimicrobiana y fungicidas que son utilizados como biocontroladores de patógenos en la acuicultura, tiene como finalidad atravesar la membrana plasmática en forma no disociada, provocando una acidificación en el citoplasma de la célula viva que ocasiona agotamiento de energía y crecimiento lento de las bacterias (Dijksterhuis et al., 2019).

### **Ácido láctico.**

Es un ácido obtenido por un proceso biotecnológico de gran importancia por la producción de polímeros biodegradable con alta tasa de conversión alimenticia de organismos hidrobiológicos (Lemus & Cabrera. 2016); teniendo como finalidad mejorar la disponibilidad de los minerales como el calcio y el fósforo en los alimentos acuícolas como una alternativa a los antibióticos y presentando otras ventajas como inhibir el crecimiento de microorganismos los cuales algunos pueden ser potencialmente patógenos, reduciendo el pH lo que mejora la actividad de la pepsina particularmente cuando hay una reducción de los



niveles de ácido clorhídrico al alimentar con dietas de altos contenidos de proteína o cuando hay altos consumos de alimentos en animales jóvenes (Llanes., et al. 2010).

## **ACEITES ESENCIALES**

### **Importancia de los fitobióticos y extractos Vegetales en Acuicultura**

Los Fito bióticos y extractos de plantas han surgido como una alternativa prometedora en la acuicultura para mejorar la salud y el rendimiento de las especies cultivadas, estos compuestos son naturales de origen vegetal que presentan actividades antimicrobianas, antioxidantes y promotoras del crecimiento que ayudan significativamente en el control de enfermedades y el bienestar general de los organismos acuáticos (Souza et al, 2019).

### **Control de patógenos y mejora de la salud intestinal**

Los Fito bióticos están dotados de una amplia gama de compuestos bioactivos, permitiendo afectar una gran variedad de microorganismos patógenos como bacterias, virus, hongos e incluso protozoos, reduciendo la incidencia de enfermedades en la acuicultura de las bacterias patógenas. Esto implica alterar las vías de comunicación en las bacterias objetivo, lo que disminuye la virulencia de estos microorganismos patógenos, aumentando la respuesta del sistema inmunológico y mejorando la eficiencia alimentaria de los organismos cultivados (Alcantara, 2019).

Estos compuestos complementan la dieta de los organismos acuáticos fortaleciendo su respuesta inmunológica, resultando en altas tasas de supervivencia con respecto a la producción de larvas, al incrementar su apetito y mejorar la resistencia a infecciones, por lo tanto, están correlacionados con un mejor crecimiento y eficiencia en la conversión de

alimentos, junto con una disminución en la producción de subproductos contaminantes para el medio ambiente (Dominguez et al, 2020).

### **Cuestiones Prácticas y Sostenibilidad de los fitobióticos en Acuicultura**

El uso de Fito bióticos en acuicultura ha ganado gran importancia en los últimos años, debido a que, son considerados como una alternativa natural a los antibióticos y otros productos sintéticos utilizados en la industria, los materiales vegetales como Fito bióticos poseen varias propiedades como antimicrobianas, antioxidantes, inmunoestimulantes y promotoras del crecimiento, lo que los convierte en herramientas valiosas para mejorar la salud y la productividad de la acuicultura. (Panduro & Rojas, 2022)

Una de las ventajas prácticas es la capacidad de mejorar la resistencia a enfermedades de los animales acuáticos sin los efectos adversos asociados con el uso prolongado de antibióticos. Por ejemplo, en los camarones *Penaeus vannamei* y varias especies de peces comerciales, se ha demostrado que la inclusión de extractos de plantas en la dieta fortalece el sistema inmunológico y reduce la incidencia de enfermedades infecciosas, así como aumenta las tasas de supervivencia en sistemas de acuicultura intensiva (Nutripacific, 2024).

### **Optimización de la Producción Mediante el uso de fitobióticos**

Se ha demostrado que además de contribuir a la recolección de alimentos, mejoran también la conversión eficiente de nutrientes alimentarios en los organismos alimentados, los ingredientes biológicamente activos presentes en los extractos Fito bióticos, se encuentran particularmente en el ajo (*Allium sativum*), el orégano (*Origanum vulgare*) y el jengibre (*Zingiber officinale*), que han actuado como estimulantes para la producción de enzimas digestivas, permitiendo aumentar un aspecto muy importante como la reducción del alimento

requerido para alcanzar la masa comercial, lo cual representa beneficios significativos económicos para la acuicultura (Safaa et al, 2024).

### **Aspectos Ecológicos y Reducción del Estrés y Contaminación a Través de fitobióticos**

Con respecto a los aspectos ecológicos, estos permiten reducir las dosis de productos químicos y antibacterianos en la acuicultura, evitando la eliminación de recursos acuáticos que no contribuyen al progreso de la industria y contribuyendo a reducir la carga de nitratos y disolventes en los sistemas nitrofito para preservar los recursos naturales (Zhang et al, 2020).

Otro elemento importante de la sostenibilidad, debido a su disponibilidad y renovabilidad, a contrario de los antibacterianos convencionales, que requieren procesos industriales sofisticados y son dependientes de recursos limitados, los Fito bióticos pueden obtenerse de fuentes naturales, renovables y de bajo impacto ambiental. La investigación y desarrollo aún está en progreso, enfocándose en la búsqueda de nuevas especies vegetales con componentes bioactivos y en mejorar los procesos de extracción y formulación de estos compuestos para su uso en acuicultura (Zhou et al, 2022).

### **ACEITES ESENCIALES: PROPIEDADES Y EFECTOS EN ACUICULTURA**

Los aceites esenciales son mezclas complejas de sustancias de bajo peso molecular, con una amplia variación en sus propiedades químicas, extraídos de plantas contienen compuestos producidos durante el metabolismo secundario de las mismas, constituyendo uno de los grupos más importantes de materias primas para las industrias alimentaria, farmacéutica, entre otras, asegurando la inocuidad de los productos (Souza, et al, 2019).

Los aceites esenciales extraídos de muchos orígenes vegetales como flores, brotes, semillas, hojas y frutos ellas son potentes agentes profilácticos con capacidad bacteriostática y bactericida de acuerdo a su dosificación en el control en actividad antimicrobiana y efectos estimulantes sobre el sistema digestivo animal (Alcantara, 2019).

Se han realizado varios estudios para identificar las propiedades de los ácidos orgánicos en el crecimiento y la inmunidad; sin embargo, en cuanto a aceites esenciales se necesita una mayor investigación para identificar el mecanismo de acción en la alteración de estas propiedades como la modulación de los parámetros de crecimiento, mejorando las enzimas digestivas en la microbiota intestinal del organismo, además, estimula el apetito en las especies acuícolas, la actividad antioxidante aumentada debido a los anillos aromáticos y la posición del ion hidroxilo. De manera significativa, los compuestos fenólicos como el timol y el carvacrol modulan la inmunidad innata de dos formas posibles: acción directa sobre los tejidos del huésped, y influencia sobre la comunidad microbiana intestinal (Dawood, et al 2021).

El uso de aceites esenciales ha generado buenas expectativas por ser productos, que a baja concentración reducen la proliferación de microorganismos patógenos; en el estudio de Reyes, Rubiola & Sotomayor (2020) se evaluó mediante pruebas in vitro el de bacterias aisladas en larvicultura de *P. vannamei* a productos disponibles a base de aceites esenciales, resultando que los aceites esenciales ayudaron a inhibir el crecimiento de los vibrios que son perjudiciales para la Larvicultura.

### **Tipos de Aceites Esenciales Usados en la Acuicultura**

Algunas plantas como el ajo (*Allium sativum*), el jengibre (*Zingiber officinale*) y la pimienta (*Piper nigrum*) poseen aceites esenciales que se han utilizado en acuicultura debido a sus

propiedades antimicrobianas, antioxidantes y promotoras del crecimiento. Estos compuestos naturales proporcionan una forma eficiente y sostenible de reemplazar a los antibióticos tradicionales, mejorando la salud y productividad de la vida acuática. (Nutripacific, 2024)

#### **Extracto de Aceite Esencial de Ajo (*Allium sativum*)**

El aceite de ajo es conocido por sus fuertes efectos antimicrobianos y ya se ha demostrado su eficacia contra bacterias patógenas en entornos acuáticos. Usarlo en las dietas de peces y crustáceos puede aumentar su respuesta inmune y disminuir las posibilidades de enfermarse (García y Sánchez, 2000).

#### **Extracto de Aceite Esencial de Jengibre (*Zingiber Officinale*)**

El jengibre es una de las principales fuentes de zingibereno, que es un componente activo súper único que sirve como su marca registrada. Este aceite esencial tiene efectos positivos en la digestión de los organismos acuáticos y también estimula su apetito. Además, tiene actividad antibacteriana (Noda et al, 2019).

#### **Extracto de Aceite Esencial de Pimienta Negra (*Piper nigrum*)**

Este aceite es valorado por su actividad antimicrobiana y antioxidante. La adición de aceite de pimienta a las dietas de acuicultura podría ayudar a hacer que el alimento sea más apetitoso y mejorar la salud general de los peces y mariscos. El uso de estos aceites esenciales en acuicultura no solo mejora el bienestar de los organismos cultivados, sino que también proporciona un enfoque ecológico para el control de patógenos al disminuir la dependencia de compuestos químicos sintéticos (Melguizo et al, 2022).

### **Aceite esencial de orégano (*origanum vulgare*)**

El orégano es un grupo de plantas aromáticas que se distribuyen principalmente en regiones templadas y cálidas de los hemisferios norte y sur del continente americano, son predominantes en las regiones tropicales y subtropicales (Gracia., et al. 2024); presentan compuestos de carvacrol y timol, que potencian el crecimiento, la inmunidad, los efectos antioxidantes, los efectos antiinflamatorios y las propiedades antibacterianas (Shouberla., et al. 2021).

Al presentar estas propiedades es considerado como una alternativa prometedora a los antibióticos, utilizadas de forma rutinaria en piensos industriales, mejorando el rendimiento del crecimiento, a las respuestas inmunológicas y la resistencia a enfermedades a los cultivos acuícolas. (Zhang., et al. 2019).

### **USO COMBINADO DE ACEITES ESENCIALES Y ÁCIDOS ORGÁNICOS EN ACUICULTURA**

Se ha reportado algunos estudios, que el uso de aceites esenciales, como el de orégano, tiene efectos positivos en el crecimiento de camarones, al aumentar la resistencia frente a enfermedades y mejorar la tasa de conversión alimenticia. Por otro lado, la adición de ácidos orgánicos en el agua para cultivo de *P. vannamei* ha mostrado efectos positivos en la regulación del pH y la reducción de patógenos, lo que contribuye a un ambiente más saludable para las postlarvas (Alcantara, 2019)

La combinación de aceites esenciales y ácidos orgánicos en la dieta de organismos acuáticos representa una estrategia innovadora para mejorar la salud y el rendimiento de los cultivos; varios estudios han evaluado los efectos sinérgicos de estos dos grupos de compuestos, observando que su interacción puede potenciar las propiedades antimicrobianas,

antioxidantes y antiinflamatorias, lo que resulta en una mayor eficiencia en el uso de los alimentos y una mejor resistencia a enfermedades (López et al., 2019).

Los aceites esenciales como el orégano y ácidos orgánicos han suplementado y mejorado la inmunidad, lo cual se traduce en un aumento en la tasa de supervivencia y un mejor desempeño en términos de crecimiento (Alavijeh et al., 2016); además, la combinación de estos compuestos podría contribuir a la mejora de los índices de conversión alimenticia y la reducción de la incidencia de enfermedades, lo que sería particularmente relevante en sistemas de cultivo intensivo.

## VII. METODOLOGÍA

### Área de Estudio

Este estudio se llevó a cabo en un laboratorio dedicado al cultivo de postlarvas, ubicado en la Provincia de Santa Elena, Punta Carnero, con las siguientes coordenadas 2°18'25.3"S 80°53'58.2"W. La infraestructura del laboratorio estuvo adaptada para realizar los bioensayos experimentales en condiciones óptimas para el correcto desarrollo de las post-larvas de camarón blanco. La fase experimental se realizó a los meses, julio, agosto, septiembre y octubre del 2024.

**Figura 2:** *Laboratorio de Larvas.*



**Nota:** *La siguiente imagen corresponde a la ubicación del laboratorio donde se realizaron los respectivos bioensayos. Fuente: imagen obtenida de Google Earth*

### Producto Experimental

En el estudio se utilizaron ácidos orgánicos y aceites esenciales como aditivos experimentales., para los ácidos orgánicos, se usó una mezcla optima comercial compuesta por ácido propiónico al 15%, propionato amónico al 15%, ácido fórmico al 17%, ácido láctico al 10%, junto las con formiato amónico y propionato amónico. Con respecto al aceite esencial, se eligió un aceite de



orégano (*Origanum vulgare*), que sus compuestos bioactivos son el timol y carvacrol, con propiedades antibacterianas y antioxidantes.

**Tabla 1:** *Tabla de descripción de cada tratamiento del diseño experimental.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Producto experimental</b>
Tratamiento 1	Acido Orgánico utilizado en el Laboratorio.
Tratamiento 2	Acido orgánico (mezcla de ácido propiónico al 15%, propionato amónico al 15%, ácido fórmico al 17%, ácido láctico al 10% y formiato amónico)
Tratamiento 3	Aceite esencial a base de orégano
Tratamiento 4	Combinación del tratamiento 2 y 3.

## **Diseño Experimental**

### **Características de los Tanques**

Los tanques donde se realizaron los bioensayos de cultivo tenían una capacidad entre 20 y 22 toneladas; no obstante, durante el experimento, manejaron volúmenes entre 17 y 20 toneladas por tanque, dependiendo de las condiciones y protocolo de manejo.

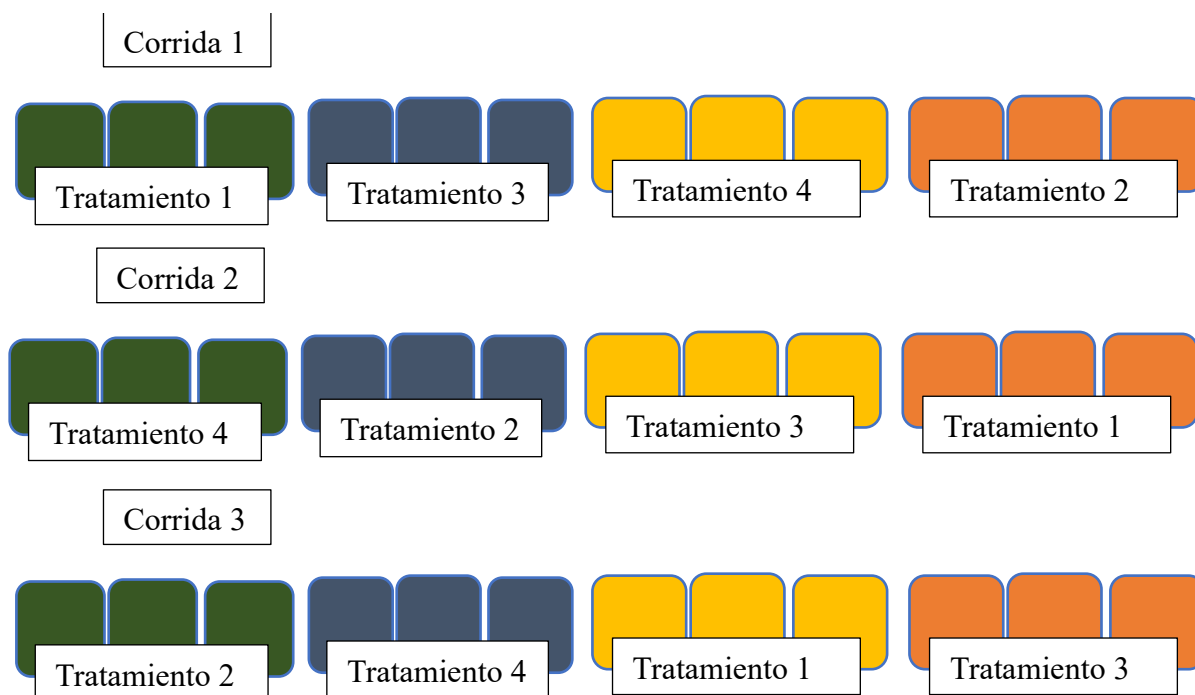
### **Organismo de Estudio**

Se utilizaron larvas de *P. vannamei* en estadio nauplio, provenientes de la maduración "Texcumar", ubicada en Santa Elena, San Pablo, fueron sembrados 3 millones aproximadamente por cada tanque. Las larvas fueron aclimatadas según las condiciones de cultivo, corroborando su adaptación antes de ser distribuidas en los tanques de producción. Dicha distribución se realizó dependiendo el origen, código y cantidad de larvas sembradas en cada tanque, asegurando parámetros ideales para los ensayos.

### Diseño de los Tratamientos

Cada tratamiento tuvo respectivas réplicas y consistió en tres corridas, estos tratamientos empleados fueron: (T1) control, (T2) ácidos Orgánicos (AO), (T3) aceite esencial (AE) y (T4) ácidos orgánicos y aceite Esencial (AO + AE). Los diferentes tratamientos profilácticos se aplicaron a las larvas desde el estadio Zoea a Postlarva, con una duración aproximada de 20 días. La dosis suministrada se modificó según el estadio de las larvas, la calidad de agua y condiciones de cultivo, las aplicaciones de los diferentes tratamientos empleados se realizaron cada doce horas, con el fin de garantizar cubrir al medio de bacterias patógenas durante más tiempo. Las aplicaciones de los ácidos orgánicos y aceites esenciales se llevaron a cabo en conjunto con la dieta diaria, para asegurar la absorción y efecto del aditivo (Figura 3).

**Figura 3:** *Diseño de los tratamientos evaluados, representación de los tanques utilizados.*



*Nota: Representación del diseño experimental de los diferentes tratamientos aplicados: T1: control, T2: Acido orgánico, T3: aceite esencial, T4 acido orgánico y aceite esencia.*

## Extracción de Muestras

En cuanto a los cultivos de los diferentes patógenos presentes en el organismo de larvas, se utilizó un procedimiento estándar, donde recolectó un gramo de cada muestra seleccionada de larvas mediante un cedazo pequeño esteril. Las larvas fueron lavadas con agua destilada, para luego utilizamos una pinza previamente esterilizada mediante flameado, se colocaron en un tubo Eppendorf hasta alcanzar un total de 1 gramo de muestra. A continuación, las muestras fueron llevadas a una cámara de flujo laminar, en el que se procedió a macerarlas y diluirlas en 9 ml de agua destilada estéril, con o sin salinidad, dependiendo de las condiciones de crianza de las larvas. Las muestras fueron sembradas en medios de cultivo selectivos que fueron agar, CETRIMIDE, y CHROMOAGAR, siguiendo el método de vertido a profundidad en diluciones 1:100 y 1:1000, tal como se describe en la metodología de Caja et al. (2020).

**Tabla 2:** *Medios de cultivos utilizados en el ensayo*

<b>Medio de cultivo</b>	<b>Preparación</b>
CETRIMIDE	Se colocó 1 L de agua destilada en una fiola previamente esterilizada, se coloca cloruro de sodio (la cantidad dependerá de la salinidad del medio), 46.5 gr del agar CETRIMIDE y 10 ml de glicerina, es llevado al autoclave para luego dejarlo enfriar hasta los 45°C para poder colocarlo en cajas petri estériles.
CHROMOAGAR	Se coloca 1 L de agua destilada en una fiola esterilizada, luego se coloca 74.7 gr de agar CHROMOAGAR, luego se lleva a un plato calentador para llevarlos a ebullición y se deja enfriar hasta los 45°C para poder colocarlo en cajas petri estériles.

*Nota: Descripción de la preparación de los medios de cultivos, información recopilada de Ortega, 2024; Condalab, 2021 & CHROMagar™, 2024.*

## Selección de Muestras

Se seleccionaron larvas de los estadios (Zoea a Postlarva) y correspondientes a los tratamientos para certificar una representación adecuada de las condiciones experimentales, cabe recalcar que hicieron cuatro muestreos por cada tratamiento durante las corridas correspondientes (C1, C2, C3)

### **Análisis de salud de las larvas**

Para los análisis de salud de larvas y post-larvas se usó una tabla donde se categorizaron los niveles de severidad de 0 como leve y 4 como alto, mediante observaciones microscópicas, se evaluado la presencia de necrosis branquial, apéndices, muscular, en la condición de hepatopáncrea con respecto a la observación de lípidos, deformidades, epibiontes y el desarrollo branquial, los signos que indicaran alguna anomalía que pudiera indicar problemas de salud se registraban y corregían.

**Tabla 3:** *Indicadores de salud larvaria*

<b>Observaciones</b>	<b>Rangos</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>Necrosis branquial</b>	0-4				
<b>Necrosis apéndices</b>	0-4				
<b>Necrosis muscular</b>	0-4				
<b>Desarrollo branquial</b>	90% ok				
<b>Condición del hepatopáncrea (Lípidos)</b>	0-4				
<b>Deformidades</b>	0-4				
<b>Fouling epibiontes</b>	0-4				

*Nota: Valoración de salud de las larvas, mediante observación microscópicas, los rangos se establecen como 0 (presencia nula), 1 (nivel bajo), 2 (nivel medio), 3 (nivel elevado) y 4 (nivel alto); proporcionada por Mendoza 2025 juntos con modificaciones de la autora.*

### **Parámetros Físico-Químicos**

Durante los bioensayos, se realizó un monitoreo exhaustivo de los parámetros físico-químicos del agua en los tanques donde se ejecutaban las pruebas, estos parámetros se registraron dos veces al día, en la mañana y en la tarde, con el fin de garantizar la permanencia y control adecuado de las condiciones ambientales durante todo el periodo de producción.

## **Muestreos Biológicos**

La metodología en las mediciones radicó en utilizar el software LARVIA, el cual es capaz de calcular estos parámetros con una precisión del 99% de confianza, nos ayudó medir el peso, talla y crecimiento. Se seleccionaron un grupo semejante de post-larvas y se registró su peso y tamaño inicial mediante imágenes capturadas con las cámaras digitales del software de inteligencia artificial. Durante el experimento, se realizó un seguimiento habitual, tomando nuevas imágenes para analizar el crecimiento de las post-larvas. Larvia, hace su trabajo mediante procesamiento de las imágenes, facilitando datos automáticos sobre el tamaño y peso relativo de las larvas.

## **Parámetros de Evaluación**

Para las comparaciones de crecimiento y supervivencia de uso los dos ácidos orgánicos, aceite esencial de orégano y su sinergia, se utilizaron los siguientes métodos de evaluación:

### **Factor de conversión alimenticia**

Dónde: PSAS= Peso seco del alimento suministrado. PG= Peso ganado (Zafra et al., 2019)

### **Supervivencia**

Se calcula con el número de individuos inicial X100, dividido para el total de individuos obtenido al final (Mirabent et al., 2020)

### **Análisis Estadístico**

En cuanto al análisis de los datos obtenidos, se empleó el programa estadístico SPSS, luego se utilizó un Análisis de Varianza (ANOVA) para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos contrastados. A continuación, se aplicó una prueba de comparaciones múltiples (post-hoc) que identificó las diferencias concretas entre los tratamientos empleados, después de esta prueba se empleó la prueba de Tukey, que esta permite obtener de los

tratamientos todas las combinaciones, controlando el error tipo I que se asocia con múltiples comparaciones. Los intervalos de confianza correspondieron al 95% para establecer las diferencias de las medias entre los tratamientos aplicados, y su nivel de significancia se categorizo en  $p < 0,05$ .

## VIII. RESULTADOS

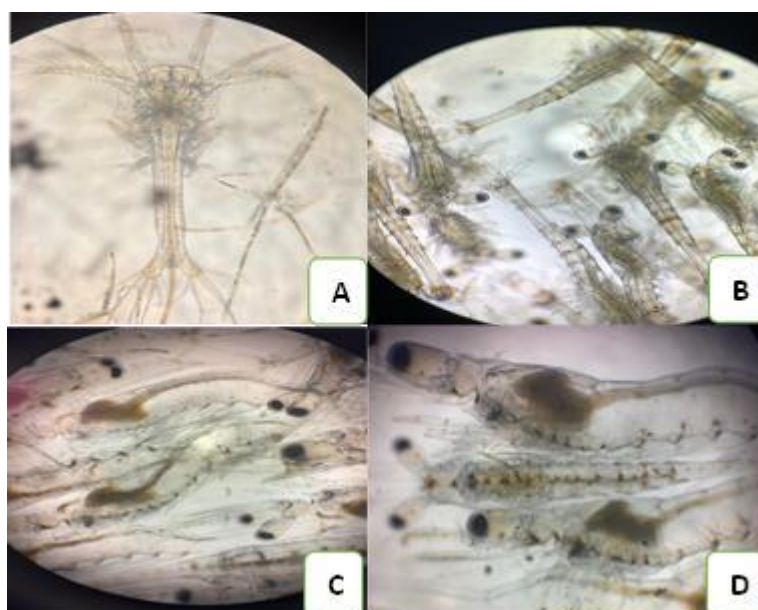
En el siguiente estudio, evaluaron los efectos de cuatro tratamientos con diferentes aditivos sobre el crecimiento, factor de conversión alimenticio, carga bacteriana patógena, supervivencia y salud en las etapas tempranas de zoea, mysis y postlava. Los tratamientos, fueron los siguientes: T1 (control), T2 (ácido orgánico), T3 (aceite esencial) y T4 (ácido orgánico y aceite esencial).

### Análisis de salud de las larvas

Los análisis de salud larval, se llevaron a cabo mediante una tabla en el cual se categorizaron niveles de severidad, siendo de 0 como leve y 4 como alto, lo que categorizo fue la necrosis branquial, apéndices, muscular; para el hepatopáncrea se registraron los lípidos, deformidades, y en las branquias presencia de epibiontes y desarrollo branquial, las observaciones se realizaron en el transcurso del ciclo productivo, enfocándose en cuatro fases: zoea, mysis, post-larva IV y VIII (Figura 4).

### Figura 4.

Observaciones microscópicas para valoración de análisis de calidad de larva.



*Nota:* (A) Zoea 1, sin necrosis, (B) Mysis 3 necrosis en apéndices, (C) Post-larva IV, necrosis leve, (D) Post-larva VIII, necrosis moderada.

### **Análisis de salud en estadio Zoea**

En el estadio de zoea, no se observaron anomalías significativas en relación con la salud de las larvas, lo que sugiere que el inicio del ciclo de cultivo se desarrolló en condiciones adecuadas, en esta fase larval, los hábitos se basan en filtrar al elemento. Debido a esta característica, las branquias no están desarrolladas, esto se debe a que aún no han alcanzado el crecimiento y desarrollo completo

**Tabla 4:** *Valoración del estado de salud en Zoea.*

<b>Observaciones</b>	<b>Rangos</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>Necrosis branquial</b>	0-4	0	0	0	0
<b>Necrosis apéndices</b>	0-4	0	0	0	0
<b>Necrosis muscular</b>	0-4	0	0	0	0
<b>Desarrollo branquial</b>	90% ok				
<b>Condición del hepatopáncrea</b>	0-4	3	3	3	3
<b>(Lípidos)</b>					
<b>Fouling epibiontes</b>	0-4	0	0	0	0
<b>Deformidades</b>	0-4	0	0	0	0

### **Análisis de salud en estadio Mysis**

En mysis, las branquias están en formación, por lo que no se consideró dentro de las observaciones para el análisis de calidad de larva; se visualizó necrosis en los apéndices y



músculos en todos los tratamientos, sin embargo, en el tratamiento t1 (control) la necrosis en apéndices se categorizo a nivel 3, tentativamente alto en comparación a los demás tratamientos. Se presento epibiontes grado 1, lo que es relativamente bajo, en cambio en deformidad el T4 se categorizó un grado 2, lo que sería moderado, sin embargo, fue el único tratamiento que presento esta novedad.

**Tabla 5:** *Valoración del estado de salud en Mysis.*

<b>Observaciones</b>	<b>Rangos</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>Necrosis branquial</b>	0-4	0	0	0	0
<b>Necrosis apéndices</b>	0-4	3	1	2	1
<b>Necrosis muscular</b>	0-4	1	1	2	1
<b>Desarrollo branquial</b>	90% ok				
<b>Condición del</b>	0-4	3	3	3	3
<b>hepatopáncrea (Lípidos)</b>					
<b>Fouling epibiontes</b>	0-4	1	1	1	1
<b>Deformidades</b>	0-4	0	0	0	2

#### **Análisis de salud en estadio Post-larva IV**

En post-larva IV, se visualizó necrosis de grado leve en branquias, apéndices y en músculos en todos los tratamientos, a excepción del T1, donde su grado fue moderado solo en branquias; es este estadio el desarrollo branquial se puede tomar en consideración para el análisis de calidad, debido a que su desarrollo es notable en comparación a los estadios anteriores. Se observo que solo el T1 continuo con epibiontes, los demás tratamientos no se encontraron con esta novedad.

**Tabla 6:** Valoración del estado de salud en Post-Larva IV.

<b>Observaciones</b>	<b>Rangos</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>Necrosis branquial</b>	0-4	2	1	1	1
<b>Necrosis apéndices</b>	0-4	1	1	1	1
<b>Necrosis muscular</b>	0-4	1	1	1	1
<b>Desarrollo branquial</b>	90% ok	90	90	90	90
<b>Condición del hepatopáncrea</b>	0-4	4	4	4	4
<b>(Lípidos)</b>					
<b>Fouling epibiontes</b>	0-4	1	0	0	0
<b>Deformidades</b>	0-4	0	0	0	1

#### **Análisis de salud en estadio Post-larva VIII**

En Post-larva VIII, se observó necrosis en todos los tratamientos, el grado de categorización fue leve en branquias, apéndices, en cambio en los músculos su grado es moderado solo en el T 1 y T 2; se visualizó deformidad en el T4.

**Tabla 7:** Valoración del estado de salud en Post-Larva VIII

<b>Observaciones</b>	<b>Rangos</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>Necrosis branquial</b>	0-4	1	1	1	1
<b>Necrosis apéndices</b>	0-4	2	1	1	1
<b>Necrosis muscular</b>	0-4	2	2	1	1
<b>Desarrollo branquial</b>	90% ok	100	100	100	100

<b>Condición del</b>	0-4	3	3	3	4
<b>hepatopáncrea (Lípidos)</b>					
<b>Fouling epibiontes</b>	0-4	0	0	0	0
<b>Deformidades</b>	0-4	0	0	0	0

### **Análisis microbiológicos para los diferentes tratamientos**

Se analizaron a nivel in vitro los patógenos tales como: *V alginolyticus*, *V, vulnificus* y *pseudomonas*, a excepción *V, parahaemolyticus* que no presentó crecimiento en ninguna de las muestras analizadas, se comparó las medias estadísticas de UFC (unidades formadoras de colonias). Esta medición nos ayuda a comprender la dinámica de los patógenos perjudiciares para el cultivo de camarón en etapas iniciales, y si los diferentes tratamientos añadidos cumplen un papel importante o no en dicha dinámica, siendo los tratamientos aplicados: T1 control, T2 con ácido orgánico, T3 aceite esencial y finalmente T4 la combinación de ácido orgánico y aceite esencial.

### **Carga Bacteriana de *Pseudomonas* en diferentes estadios de desarrollo de *P. vannamei*.**

Las medias de las unidades formadoras de colonias (UFC) para las *Pseudomonas* identificadas y contabilizadas en el respectivo medio de cultivo para las primeras etapas de desarrollo que son zoea, mysis y postlarva se muestran en la siguiente tabla (Tabla 8).

**Tabla 8:** Concentración bacteriana de *Pseudomonas* en *Zoea*, *Mysis* y *Post-larva IV* y *VIII*.

<b>Pseudomonas</b>				
<b>Tratamiento</b>	<b>Zoea</b>	<b>Mysis</b>	<b>PostlarvaIV</b>	<b>Postlarva VIII</b>
<b>T1</b>	6,00E+01	6,80E+02	1,80E+02	2,77E+02
<b>T2</b>	6,67E+00	3,30E+02	1,45E+02	1,72E+02

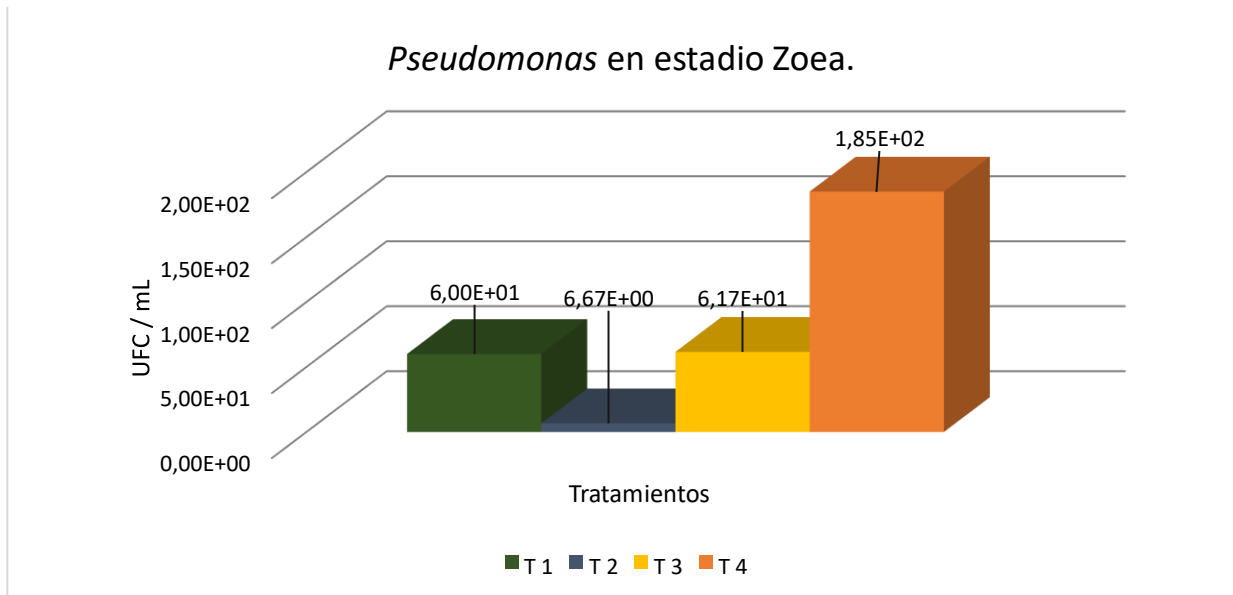
<b>T3</b>	6,17E+01	7,17E+02	8,17E+01	3,65E+02
<b>T4</b>	1,85E+02	2,43E+02	1,36E+03	5,50E+02

*Nota: En la siguiente tabla se presentan las medias de UFC estadísticas de los estadios zoea, mysis y post-larva*

***Pseudomonas en estadio Zoea.***

Aunque no se observaron diferencias estadísticas relevantes ( $p > 0.05$ ), para la primera etapa de cultivo, se destacan las siguientes observaciones: El tratamiento que combinó el uso ácido orgánicos y aceites esenciales (T4), mostro una carga patógena superior siendo la medias de 1,85E+02 UFC respecto a los demás tratamientos (T1: 6,00E+01, T2: 6,67E+00, T3: 6,17E+01 UCF). Este hallazgo está por debajo de las cargas patógenas permitidas, indicando que no es preocupante, sin embargo, si es necesario aplicar tratamientos que eviten la proliferación de este patógeno y así evitar perjuicios en salud larval. Cabe resaltar, que el tratamiento que inicio con la menor carga patógena fue el tratamiento con ácido orgánico, asumiendo que la dosis y la formulación fue la adecuada para su control en esta etapa.

**Gráfico 1:** Concentración de *Pseudomonas* de los tratamientos evaluados en Zoea.

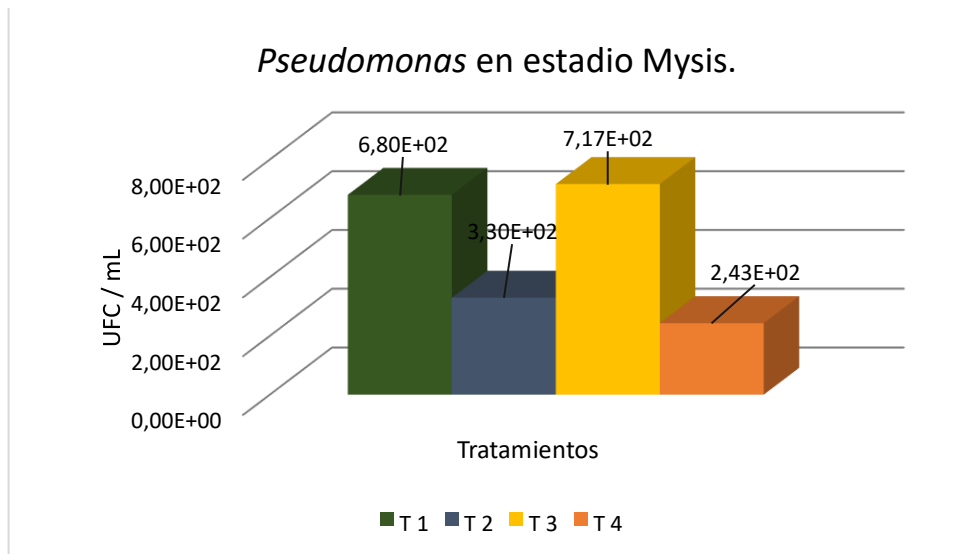


### ***Pseudomonas* en estadio Mysis**

De la misma manera que en el estadio anterior, las medias no difieren estadísticamente entre los distintos tratamientos ( $p > 0.05$ ). No obstante, hubo un aumento del 16% de la carga patógena con respecto a los datos obtenidos en zoea, indicando que se necesita hacer un ajuste de dosis para mitigar la proliferación de *pseudomona* en mysis.

En mysis se observaron tendencias distintas a zoea siendo el tratamiento T4 (combinación de ácidos orgánicos y aceites esencial), el que mostro una carga para *pseudomonas*, mejor a los otros tratamientos ( $2,43E+02$  UFC), ya siendo el que mayor carga presento en el estadio de zoea, nos muestra que fue el tratamiento que mejor acción profiláctica obtuvo. Los que obtuvieron menor acción bactericida fueron el tratamiento control y tratamiento T3 con aceite esencial, con  $1,80E+02$  y  $8,17E+01$  UCF, respectivamente.

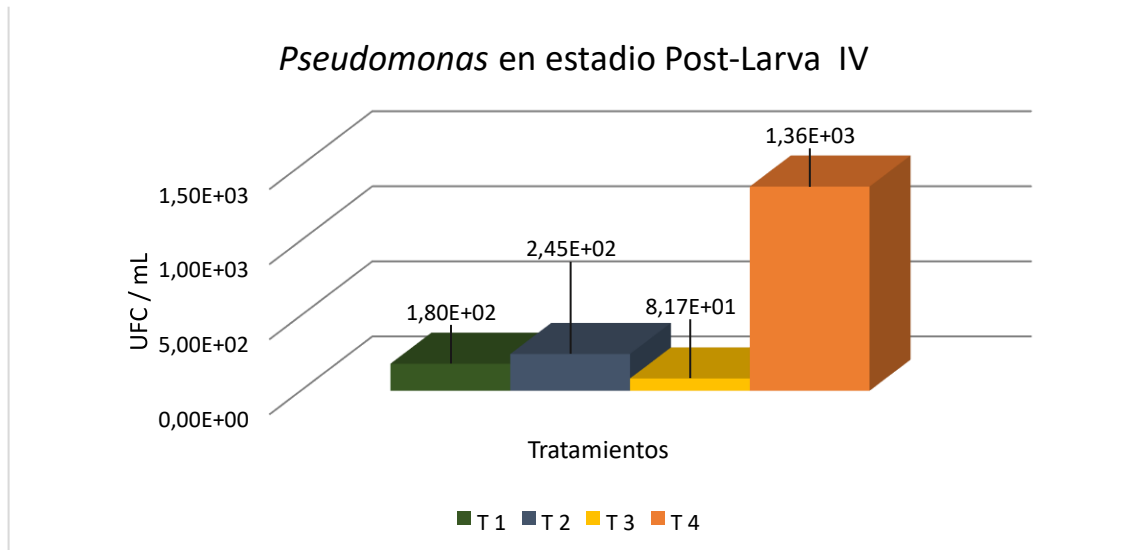
**Gráfico 2:** Concentración de *Pseudomonas* de los tratamientos evaluados en Mysis.



#### ***Pseudomonas* en sub-estadio Postlarva IV**

Las diferencias estadísticas no fueron significativas con relación a los distintos tratamientos aplicados ( $p > 0.05$ ), en este caso los tratamientos T1 control, T2 (ácido orgánico) y T3 (aceite esencial), tuvieron cargas inferiores que el tratamiento T4 (combinación de ácidos orgánicos y aceites esenciales), los valores de las medias de UFC, fueron los siguientes,  $1,08E+02$ ,  $2,45E+02$ ,  $8,17E+01$  Y  $1,36E+03$  respectivamente, mostrando que esta sub-estadio hubo un cambio que altero el tratamiento sinérgico, se sospecha que esto puede deberse al número de animales presente en este tratamiento, ya que al final la supervivencia fue mayor en este diseño de tratamiento.

**Gráfico 3:** Concentración de *Pseudomonas* de los tratamientos evaluados en Post-larva IV.

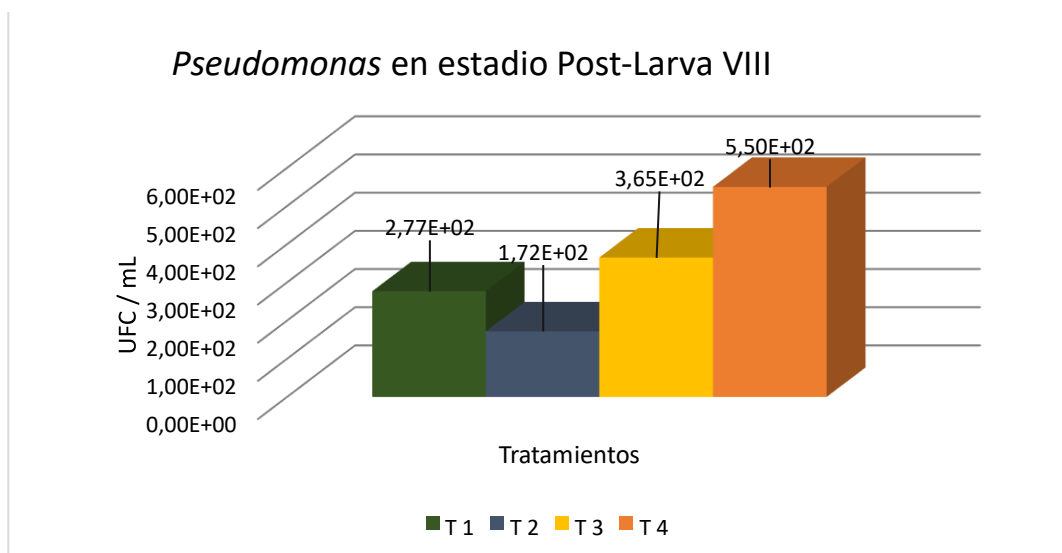


#### ***Pseudomonas* en sub-estadio Postlarva VIII.**

Aunque en esta sub-fase, no encontremos diferencias estadísticas significativas

( $p > 0.05$ ), se describe cuáles fueron las tendencias según cada tratamiento aplicado al final de cultivo, es de suma importancia evaluar cómo se comportan los crecimientos bacterianos en esta etapa, ya que el organismo en estudio ha pasado por varias exposiciones a los distintitos tipos patógenos, resultando esta exposición en rendimiento y resistencia a enfermedades. La carga mas alta registrada fue para el tratamiento T4 con  $5,50E+02$  UFC y la mas baja para el tratamiento T2 siendo  $1,72E+02$ , estos resultados nos pueden indicar que no hubo variaciones significativas al final del cultivo, sin embargo, en el estadio zoea las cargas patógenas mas altas fueron registradas en el T4 y las más bajas para el T2, indicando que si hubo crecimiento de colinas con el uso exclusivo de ácidos orgánicos, por otro lado la sinergia de la aplicación de aceites esenciales y ácidos orgánicos, permitió mejor control en *Pseudomonas* en las diferentes etapas de cultivo.

**Gráfico 4:** Concentración de *Pseudomonas* de los tratamientos evaluados en Post-larva VIII.



### Carga Bacteriana de *V. vulnificus* en diferentes estadios de desarrollo de *P. vannamei*

Las medias de las Unidades Formadoras de colonias (UFC) para *V. vulnificus* fueron colonizadas e identificadas en el respectivo medio de cultivo (CHROMagar) para las primeras etapas de cultivo que son: Zoea, Mysis y Post-larva, las cuales se muestran en la siguiente tabla (Tabla 8).

**Tabla 9**

Concentración bacteriana de *V. vulnificus* en Zoea, Mysis y Post-larva IV y VIII.

Tratamiento	Zoea	Mysis	Postlarva IV	Postlarva VIII
<b>T1</b>	3,25E+03	1,05E+04	4,77E+03	2,99E+04
<b>T2</b>	2,17E+02	3,65E+03	1,42E+03	8,83E+03
<b>T3</b>	1,58E+03	2,15E+04	2,67E+03	4,25E+03
<b>T4</b>	3,20E+03	5,30E+03	2,77E+03	3,85E+04

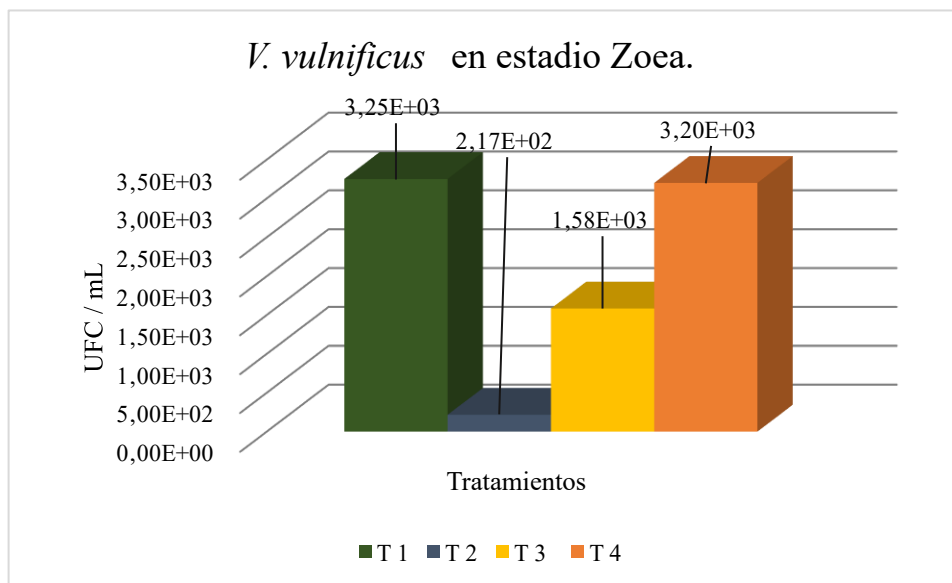


### ***V. vulnificus* en estadio Zoea.**

No se evidenciaron diferencias estadísticas en el estadio Zoea ( $p > 0.05$ ); no obstante, el T2 demostró la menor cantidad de UFC con un valor de  $2,17E+02$  y el T3 presento un valor  $1,58E+03$ ; por otro lado, los tratamientos T1 y T4 mostraron valores similares con  $3,25E+03$  y  $3,20E+03$  respectivamente. Esto indica que el T2 fue el que obtuvo la menor carga patógena de *V. vulnificus*. La alta carga patógena ( $>10^5$ ) en Zoea puede provocar afectaciones en el desarrollo y la supervivencia de la larva, debido a que, esta afectación comenzó desde una fase temprana, causando lesiones en los tejidos, comprometiendo la salud y su crecimiento, en este estudio la carga se mantuvo por debajo de los rangos permitidos ( $10^3 - 10^4$ ), evitando la propagación de afectaciones en la salud del organismos (Grafico 5).

### **Gráfico 5.**

Concentración de *V. vulnificus* en Zoea.

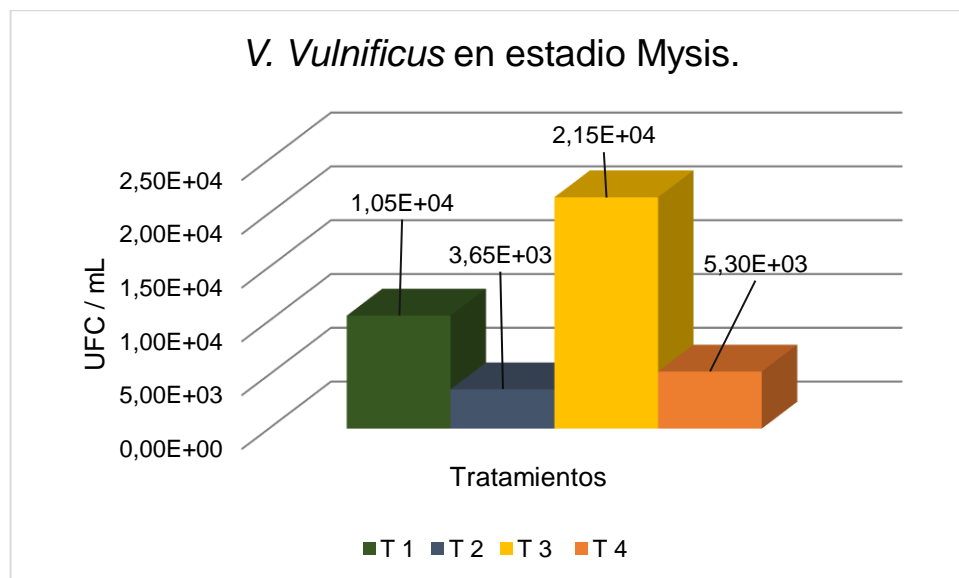


### ***V. vulnificus* en estadio Mysis.**

Estadísticamente no presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ); sin embargo, se observó una tendencia en este estadio con el T4, se mantuvo una carga bacteriana similar a la observada en el estadio Zoea con  $5,03E+03$  UFC, en comparación con los tratamientos T1, T2 y T3 que presentaron las siguientes cargas:  $1,05E+04$ ,  $3,65E+03$  y  $2,21E+04$  respectivamente; no obstante, el T2 mostró la menor carga bacteriana en este estadio, mientras que, el T3 podría indicar que el aceite esencial por sí solo no está contribuyendo a la reducción de la bacteria *V. vulnificus* e incluso podría estar asociado con un aumento en la proliferación de esta bacteria (Gráfico 6).

#### **Gráfico 6.**

Concentración de *V. vulnificus* en Mysis.



### ***V. vulnificus* en sub-estadio Postlarva IV**

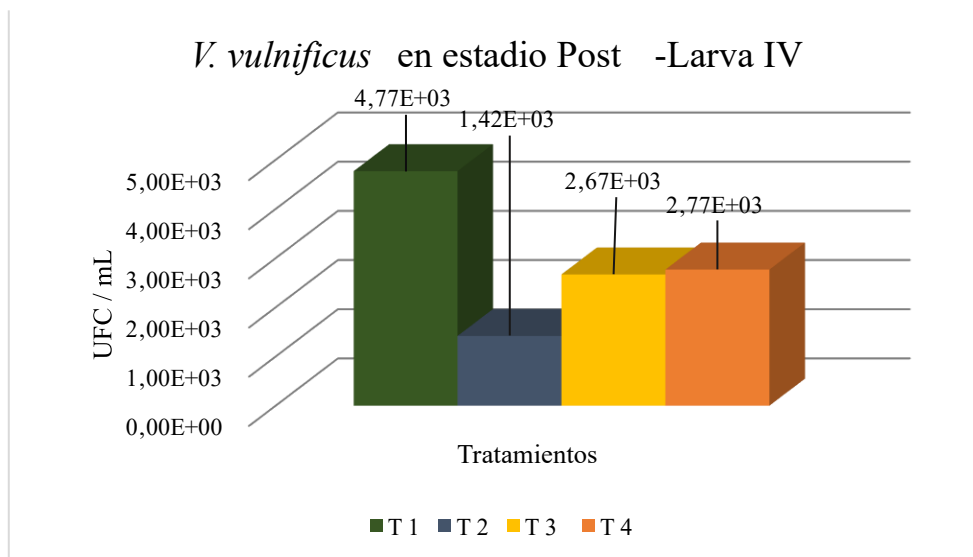
En este subestadio, los resultados obtenidos de los tratamientos evaluados no mostraron diferencias significativas entre ellos; sin embargo, es importante destacar que el T2 presentó la

menor carga bacteriana con un valor de 1,42E+03 UFC, sugiriendo que u uso puede ser una estrategia importante en el manejo de patógenos en el cultivo larvario.

Por otro lado, el T3 mostro una carga bacteriana de 2,67E+03 UFC, siendo la cifra mas alta que la observada en T2 e inferior a las cargas el T1 y T4; en este contexto, el T1 presento una carga de 4,77E+03 UFC, mientras que el T4 mostro una carga de 2,77E+03 UFC. Estos resultados indicaron que el T4 es mas efectivo que el T1 en la acción de reducción de carga bacterianas; sin embargo, aun no alcanza la efectividad del T2 (Gráfico7).

**Gráfico 7.**

*Concentración de V. vulnificus en Post-larva IV.*



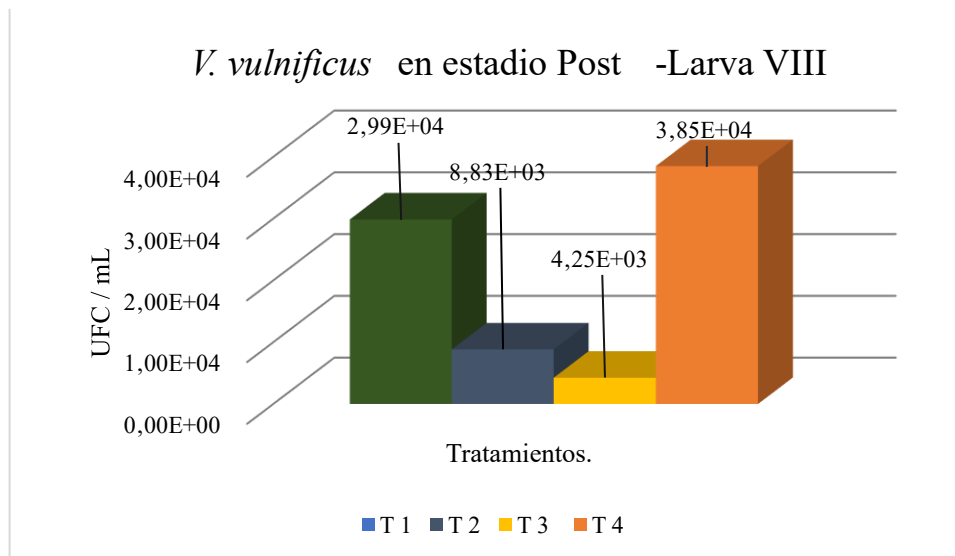
**V. vulnificus en sub-estadio Postlarva VIII**

En el subestadio de postlarva VIII, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos evaluados, todos mostraron una tendencia ligera de crecimiento de la carga bacteria de *V. vulnificus* al final del análisis, el T3 fue el que presento la carga mas alta con 4,25E+04 UFC, seguido del T2 con 3,85E+03 UFC; en cuanto, a los T1 y T4 mostraron cargas de 2,99E+04 y 3,84E+04 UFC respectivamente (Grafico 8).

Estos resultados demostraron que, a pesar de la ausencia de diferencias estadísticas, si existieron variaciones en las cargas bacterianas al final del estudio, es importante considerar que estas variaciones pueden ser influenciadas por otros factores como la calidad de alimentos que se le suministra y la densidad de organismo en cada uno de los bioensayos realizados.

**Gráfico 8.**

Concentración de *V. vulnificus* en Post-larva VIII.



**Carga Bacteriana de *V. alginolyticus* en diferentes estadios de desarrollo de *P.***

***vannamei*.**

Se analizaron las medias de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) de *V. alginolyticus* en los diferentes estadios de crecimiento de *P. vannamei*, esto incluye solo a zoea, mysis, postlarva IV y VIII bajo los cuatro tratamientos que se aplicaron, los resultados se presentan en la siguiente tabla (Tabla 10)

**Tabla 10.**

Concentración bacteriana de *V. alginolyticus* en Zoea, Mysis, Post-larva IV y Post-larva VIII.

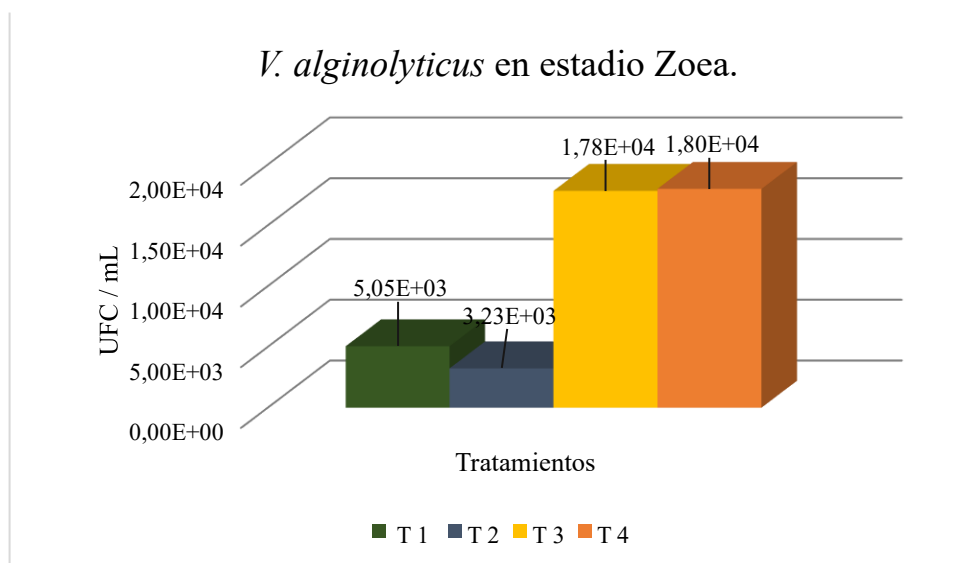
<b>Tratamiento</b>	<b>Zoea</b>	<b>Mysis</b>	<b>Postlarva IV</b>	<b>Postlarva VIII</b>
<b>T1</b>	5,05E+03	4,97E+04	5,08E+04	1,18E+04
<b>T2</b>	3,23E+03	1,14E+04	4,83E+04	1,13E+04
<b>T3</b>	1,78E+04	5,02E+04	4,95E+04	2,31E+04
<b>T4</b>	1,80E+04	3,40E+04	1,20E+05	5,19E+04

#### ***V. alginolyticus* estadio Zoea.**

En este estadio se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), el T1 con 5,05E+03 UFC y T2 con 3,23E+03 UFC, que presentaron cargas bacterianas menores en comparación con los tratamientos T3 con 1,78e+04 UFC y T4 con 1,80 E+04 UFC. El *V. alginolyticus* se encontraba dentro de los rangos permitidos ( $10^3 - 10^4$ ); sin embargo, aunque estas cargas estaban dentro de los límites óptimos, es fundamental la implementación de medidas profilácticas para controlar y disminuir la proliferación de bacterias en este estadio que es uno de los iniciales en la producción, la utilización de estas medidas garantiza la salud y el bienestar en las demás fases de la producción de los camarones (Grafico 9).

**Gráfico 9.**

Concentración de *V. alginolyticus* en Zoea.

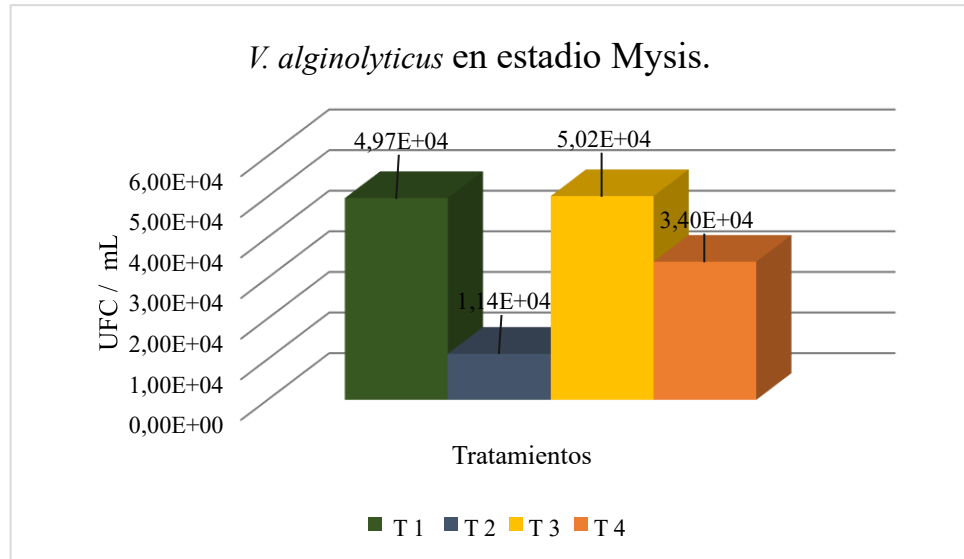


### ***V. alginolyticus* estadio Mysis.**

En el estadio Mysis, se registraron valores altos, especialmente en el T1 con 4,97E+04 UFC y el T3 con 5,02E+04 UFC, seguidos del T4 con 3,40E+04 UFC y del T2 con 1,14E+04 UFC; en comparación con el estadio anterior el T3 y T4 demostraron un efecto bacteriostático, deteniendo la proliferación de las cargas bacterias patógenas, a diferencia del efecto del T1 y T2, que lograron controlar la proliferación bacteriana, esta sinergia entre los tratamientos sugiere que el uso de aceite esencial y su combinación puede crear estrategias efectivas para el control de la bacteria *V. alginolyticus* (Gráfico 10).

**Gráfico 10.**

Concentración de *V. alginolyticus* en Mysis.

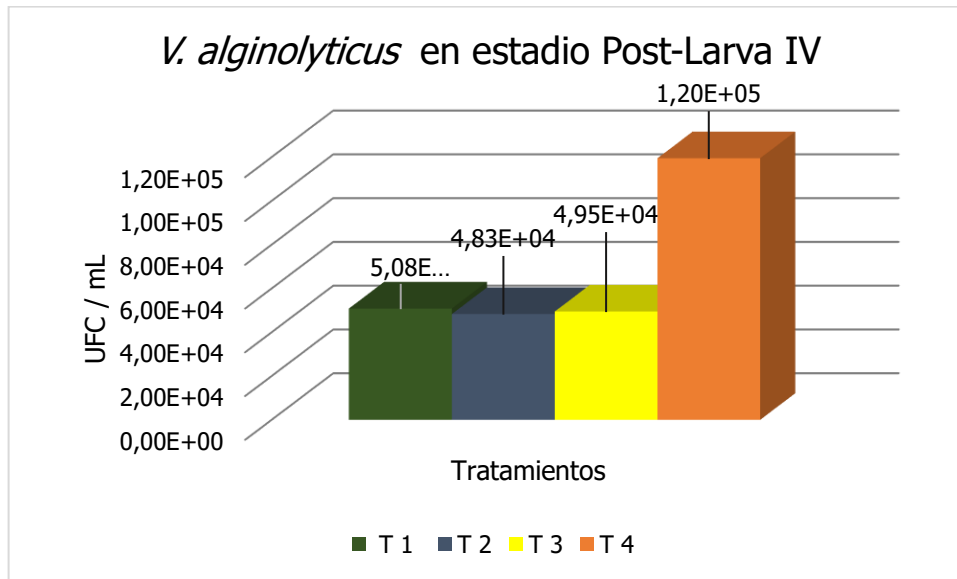


***V. alginolyticus* sub-estadio Postlarva IV.**

No presento diferencias significativas; no obstante, el T4 evidencio una carga de  $1,20E+05$  UFC, lo cual se excedió de los rangos permitidos ( $> 10^5$ ), indicando que la bacteria *V. alginolyticus* proliferó en la combinación de aditivos, siendo una amenaza para este estadio. Los demás tratamientos mantuvieron con una carga de T1 con  $5,09E+04$  UFC, el T2 con  $4,83E+04$  UFC y el T3 con  $5,08E+04$  UFC como se muestra en gráfico (Gráfico 11).

**Gráfico 11.**

Concentración de *V. alginolyticus* en Post-larva IV.



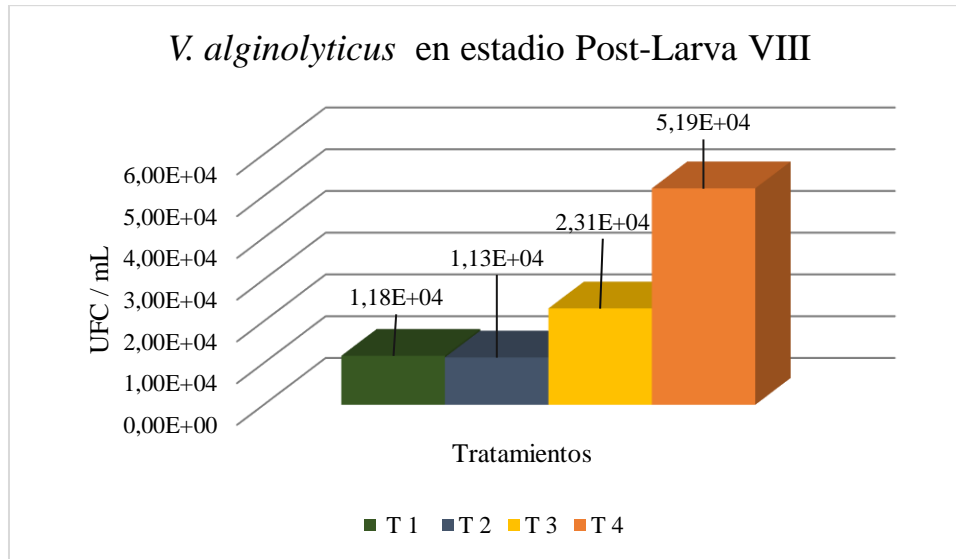
***V. alginolyticus* sub-estadio Postlarva VIII.**

Se presentaron los siguientes valores para este subestadio, el T1 con 1,18E+04 UFC, el T2 con 1,3E+04 UFC, el T3 con 2,31E+04 UFC y por ultimo el T4 con 5,19E+04 UFC (Gráfico 12), estos valores nos indican que todos los tratamientos obtuvieron similares valores de cargas bacterias; no obstante, el T4 fue un poco más elevado en comparación a los demás, indicando que tuvieron una función bacteriostática, cabe mencionar que también influye que en estadios iniciales las cargas fueron altas y sin embargo todos los tratamientos que fueron evaluados cumplieron con su acción de controlar estas cargas bacterias.



## Gráfico 12.

Concentración de *V. alginolyticus* en Post-larva VIII.

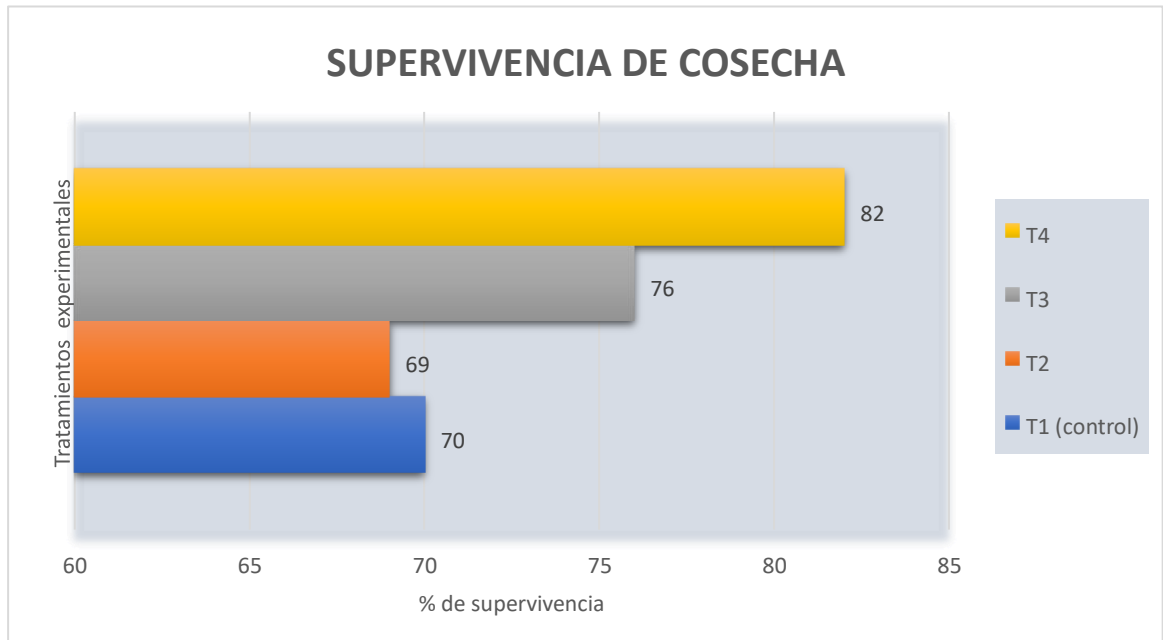


## Supervivencia

En la gráfica 13, se muestran los resultados de supervivencia entre los diferentes tratamientos aplicados: T1 (control), T2 (ácido orgánico), T3 (aceite esencial) y T4 (ácido orgánico y aceite esencial). No se evidenciaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos. No obstante, T4 mostró un incremento en la tasa de supervivencia de un 15% en comparación con el tratamiento T1. El tratamiento T3 presentó un aumento del 7% en la supervivencia en comparación con el tratamiento T1 (control). El T1 mostró un incremento modesto del 1% en la tasa de supervivencia con respecto al T2 (Gráfico 13). Aunque no existieron diferencias estadísticas, estos resultados sugieren que la combinación de aceites esenciales y ácidos orgánicos mejora la supervivencia y resistencia a patógenos como los *V. alginolyticus*, *V. vulnificus* y *pseudomonas*, la supervivencia en las tempranas es un indicativo de salud y efecto

positivo que se genero por el uso sinérgico del tratamiento T4 (ácido orgánico y aceite esencial de oregano).

**Gráfico 13. Supervivencia Final**



*Nota: Supervivencia de cosecha entre los diferentes tratamientos empleados: T1 (control), T2 (ácido orgánico), T3 (aceite esencial) y T4 (ácido orgánico y aceite esencial).*

### **Crecimiento**

#### **Uniformidad de tallas**

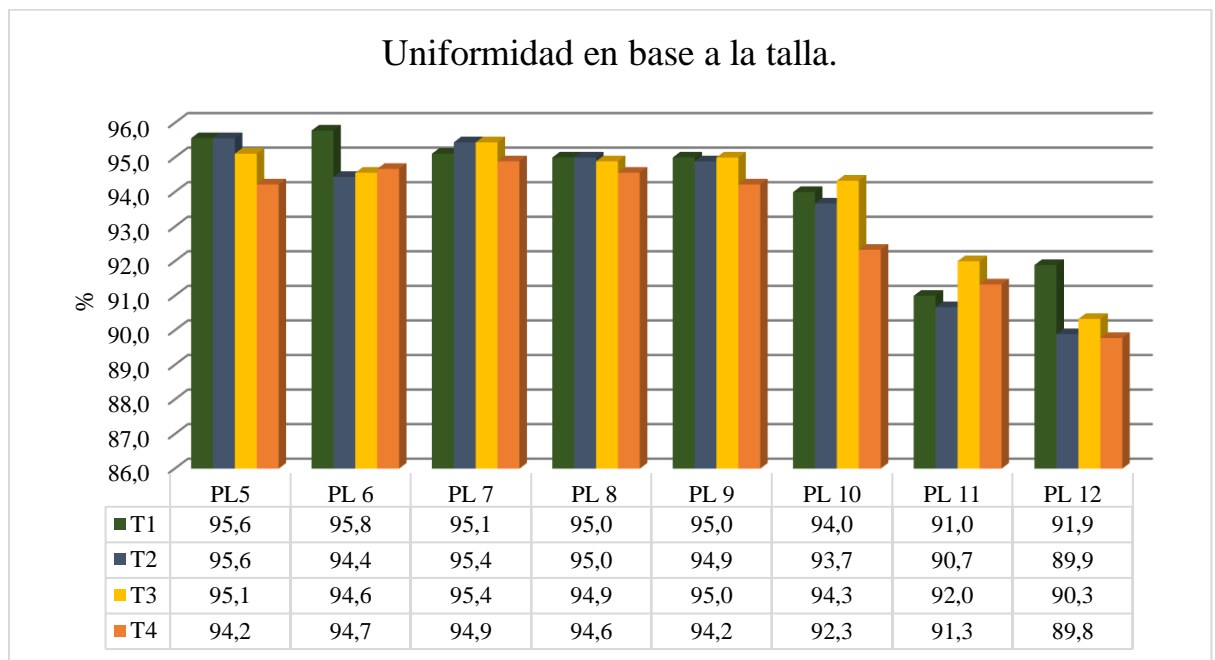
No se evidenciaron diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ) en los subestadios de PL V a PL XII, en todos los tratamientos evaluados, este resultado indica que los tratamientos no obtuvieron un impacto adverso.

Sin embargo, se mostro una leve disminución en la uniformidad de tallas a medida que avanzan los demás estadios, la variabilidad en las medias de longitud se mantuvo en niveles mininos,

reflejando una buena uniformidad de manera general en todos los tratamientos evaluados, lo cual es importante para el éxito de una buena producción en larvicultura, indicando que una mayor uniformidad de rallas puede contribuir a una menor competitividad por alimento y espacios, como también la reducción de competencia de los recursos entre los individuos de la producción.

Con respecto a los porcentajes de uniformidad, estos se mantuvieron relativamente altos, los valores oscila entre 89% y 97% (Gráfico 14), indicando que los tratamientos no tuvieron un efecto negativo en el crecimiento y el desarrollo es los subestadios de larvas, este nivel de uniformidad reflejo un manejo adecuado en las condiciones de cultivo, atribuido en gran parte a la calidad de agua, alimentación e implementación de buenas prácticas de manejo que favorecieron el bienestar de los organismos.

**Gráfico 14.** Uniformidad de talla



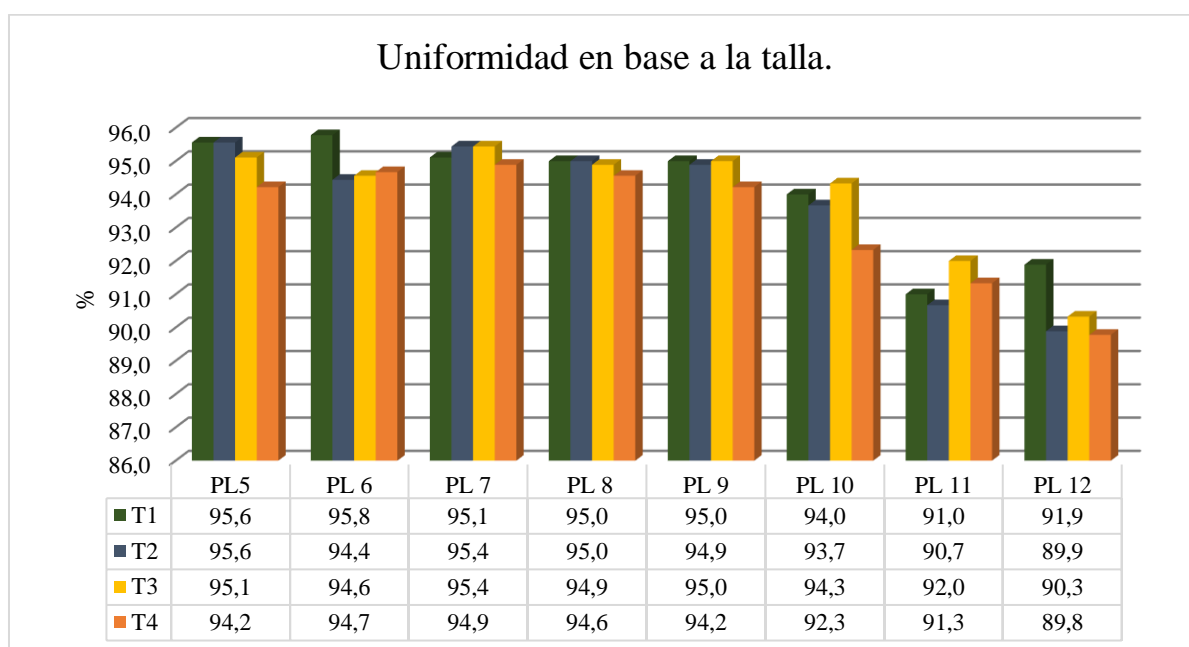
*Nota: Uniformidad de tallas registradas mediante larvia desde el sub-estadio pl5 a pl12 entre los diferentes tratamientos empleados: T1 (control), T2 (ácido orgánico), T3 (aceite esencial) y T4 (ácido orgánico y aceite esencial).*

## **Uniformidad de peso**

En relación a los valores de uniformidad de peso en postlarvas de PL V y PL VI fueron relativamente altos con un porcentaje de 88,89% en PL V; no obstante, a medida del desarrollo se observó una ligera disminución, en estadios más avanzados como en PL XI y PLXII, los valores de uniformidad mostraron un 74,33% y 72,67% respectivamente. Esta tendencia sugiere que el tratamiento T1 mostró una buena uniformidad al inicio del cultivo, pero se produjo un declive progresivo en la homogeneidad a medida del desarrollo de las larvas. En cuanto a los demás tratamientos como T2, T3 y T4 se observaron tendencias similares, aunque con variaciones en los porcentajes y no mostraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en comparación con el control, indicando que, a pesar de las diferencias, todos lograron mantener un nivel aceptable, minimizando la competencia entre organismos.

El descenso en la uniformidad a medida que las larvas avanzan en su desarrollo puede atribuirse a factores como variabilidad en la alimentación, competencia por recursos y por condiciones ambientales; sin embargo, a pesar que los tratamientos adicionales no presentaron diferencias significativas en comparación con el T1, se sugiere que tanto el ácido orgánico como el aceite esencial y su combinación pueden ser opciones viables para el óptimo desarrollo y salud de las postlarvas.

**Gráfico 15.** Uniformidad de peso



*Nota: Uniformidad de peso registradas mediante larvia desde el sub-estadio pl5 a pl12 entre los diferentes tratamientos empleados: T1 (control), T2 (ácido orgánico), T3 (aceite esencial) y T4 (ácido orgánico y aceite esencial).*

### **Factor de conversión alimenticio.**

Los resultados del Factor de Conversión Alimenticio (FCA) mostraron que, aunque no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ), el T4 se destacó con más de un 8% en comparación con el T1, indicando que el T4 permitió una mayor conversión de alimento en aumento de peso, lo que sugiere que esta combinación puede optimizar la eficiencia en el cultivo de *P. vannamei*.

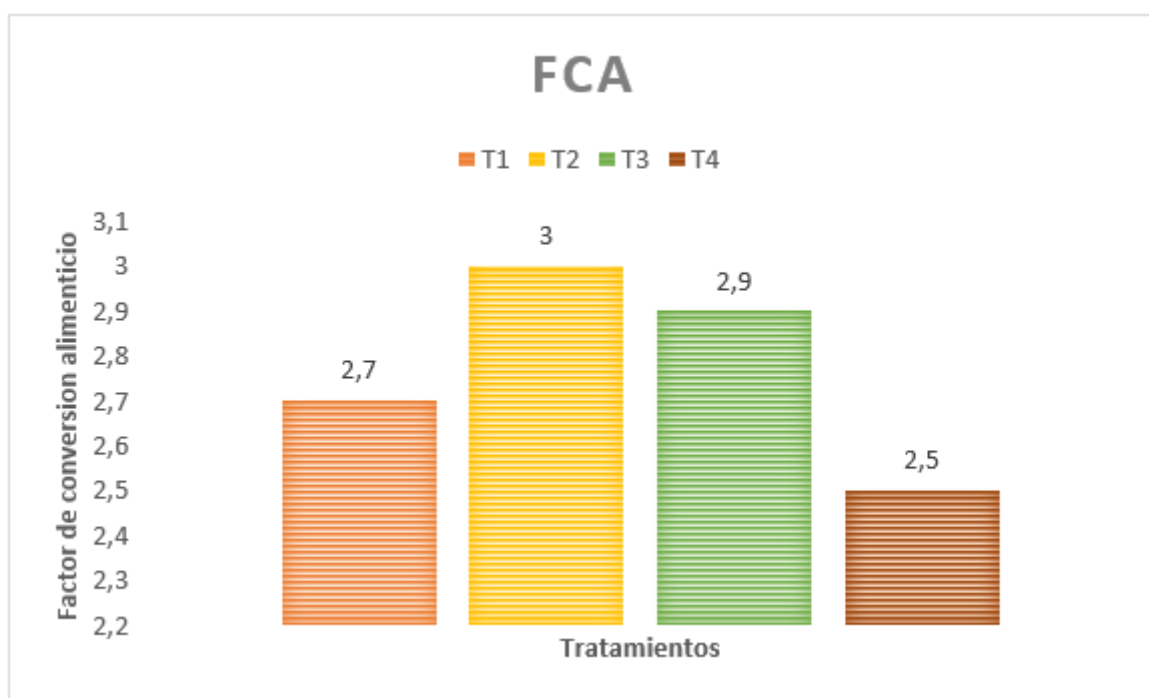
No obstante, el T2 obtuvo un 11% menos eficiente que el T1, este hallazgo sugiere que, aunque los ácidos orgánicos presentan un efecto positivo, su utilización separada no proporciona los mismos beneficios como lo realiza con la combinación de aceites esenciales.

La tendencia observada en los resultados resalta la importancia de la sinergia entre los compuestos utilizados en los tratamientos; mientras que, el T4 mostró un potencial significativo

sobre la eficiencia alimenticia, el T2 indico que es necesario ajustes sobre la formulación o las dosis para potencializar los efectos beneficiosos que posee. Por lo tanto, es necesario continuar con investigaciones que permita optimizar las combinaciones de estos aditivos como parte fundamental para mejorar la eficiencia general del cultivo en etapas larvarias.

### Gráfico 16.

Factor de conversión alimenticio entre los diferentes tratamientos.



*Nota: en el siguiente grafico se observa las variaciones del factor de conversión alimenticio y como los tratamientos influenciaron en su resultado.*

### Parámetros físico químicos

Los parámetros físicos químicos registrados como indicadores de control se mantuvieron dentro de los rangos óptimos para el cultivo, la temperatura varió entre 28 °C y 34,5 °C, mientras que la concentración de oxígeno disuelto osciló entre 4,0 mg/L y 7 mg/L. La salinidad se mantuvo entre 25 ppt y 29 ppt.

**Tabla 11.**

Promedios de parámetros químicos (temperatura, oxígeno, salinidad y pH) en los diferentes tratamientos.

	<b>NAUPLIOS</b>	<b>ZOEA</b>	<b>MYSIS</b>	<b>PL1-4</b>	<b>PL5-8</b>
<b>TEMPERATURA</b>					
<b>T1</b>	32,6	33,6	33,4	32,9	30,0
<b>T2</b>	32,5	33,8	33,4	32,9	29,7
<b>T3</b>	32,6	33,8	33,4	33,0	29,8
<b>T4</b>	32,6	33,9	33,3	33,0	30,1
<b>OXÍGENO</b>					
<b>T1</b>	4,1	5,2 5,9		6,6	6,7
<b>T2</b>	4,1	5 5,9		6,6	6,9
<b>T3</b>	4,1	5,1 6		6,7	7
<b>T4</b>	4,2	5,2 6,5		6,4	7,1
<b>SALINIDAD</b>					
<b>T1</b>	33,0	32,0	31,0	29,0	27,0
<b>T2</b>	33,0	32,0	31,0	29,0	27,0
<b>T3</b>	33,0	32,0	31,0	29,0	27,0
<b>T4</b>	33,0	32,0	31,0	29,0	27,0
<b>PH.</b>					
<b>T1</b>	7,2	7,5 7,5		7,7	7,9
<b>T2</b>	7,2	7,5 7,5		7,7	8,1
<b>T3</b>	7,2	7,4 7,5		7,6	7,9

T4

7,2

7,4 7,4

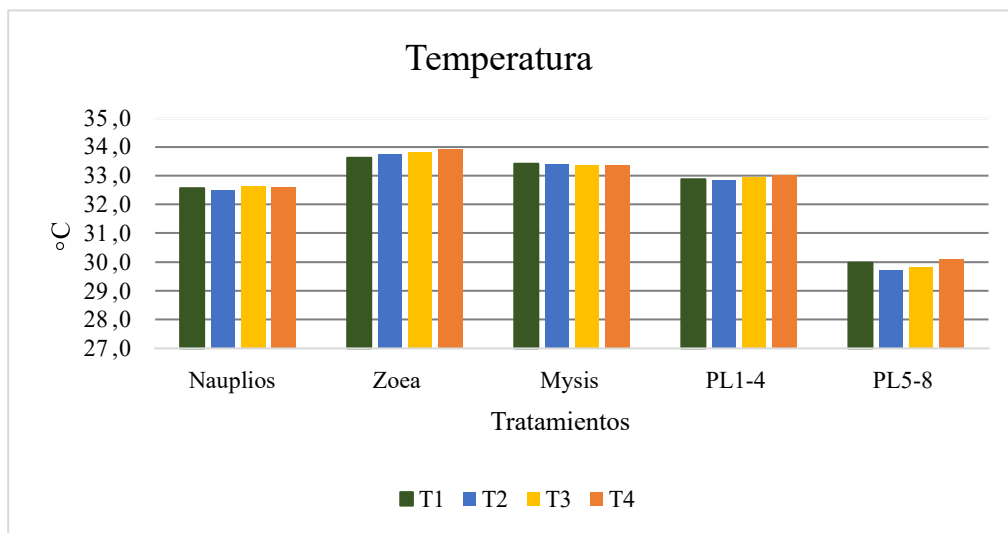
7,8

8,0

Durante los estadios de Zoea y Mysis, luego entre a post-larva V y VI empezó una variación de la salinidad paulatinamente dependiendo de los requerimientos de camarónera, parámetro que al manejarse con la adecuada aclimatación no afecta a la supervivencia y crecimiento de las post-larvas. Los resultados obtenidos no revelaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) que pudieran haber impactado negativamente a las postlarvas durante el cultivo.

### Gráfico 17.

Promedio de Temperatura en los diferentes estadios y tratamientos evaluados

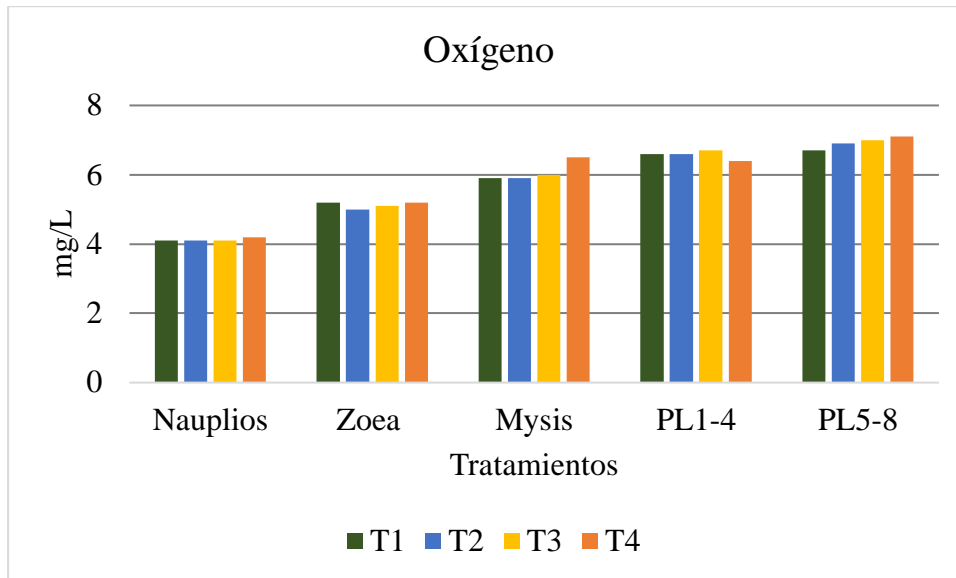


*Nota: temperaturas registradas diariamente y en cada tratamiento empleado*



**Gráfico 18.**

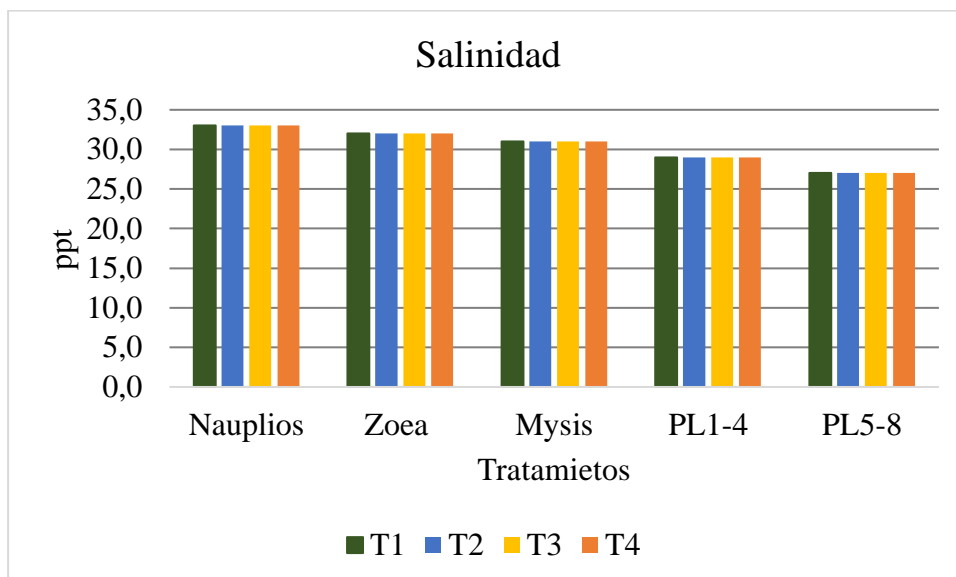
Promedio de Oxígeno en los diferentes estadios y tratamientos evaluados.



*Nota: oxígeno registrado diariamente y en cada tratamiento empleado.*

**Gráfico 19.**

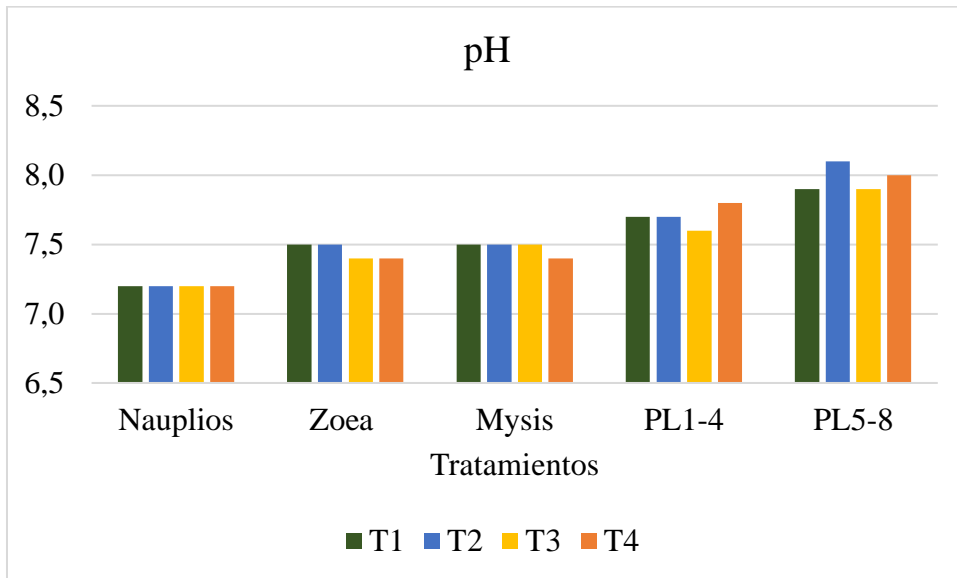
Promedio de Salinidad en los diferentes estadios y tratamientos evaluados.



*Nota: salinidad registrada diariamente y en cada tratamiento empleado.*

**Gráfico 20.**

Promedio de pH en los diferentes estadios y tratamientos evaluados.



*Nota: potencial de hidrogeno registrado diariamente y en cada tratamiento empleado.*

## X. DISCUSION

El análisis de este estudio proporcionó un enfoque visionario sobre los efectos de los tratamientos evaluados (ácido orgánico, aceite esencial de orégano y la combinación) sobre las cargas bacterianas, el crecimiento y la supervivencia de las larvas de *P. vannamei*.

Los resultados sobre la salud de las larvas reflejaron que, en el estadio Zoea, no se evidencio anomalías relevantes; no obstante, las cargas bacterianas de *V. vulnificus* y *V. alginolitycus* en ese estadio fueron altos, de la misma manera, las observaciones microscópicas indican que las condiciones iniciales del cultivo fueron optimas; este estudio es un acierto con otros previamente expuestos que indicaron que en un ambiente optimo en las primeras etapas de cultivo es importante para el desarrollo del crecimiento y la supervivencia de las larvas de camarón, en el análisis de Hernández et al. (2021) registraron que un manejo adecuado de la calidad del agua y la alimentación en las primeras etapas de desarrollo de *P. vannamei* resulta en un mejoramiento en salud y crecimiento.

Sin embargo, en los estadios posteriores, se observaron por medio del microscopio que el T1 (control) mostraron niveles moderados de necrosis en branquias y músculos, estas observaciones son preocupantes, debido a que, la necrosis es un indicador de estrés ambiental e infecciones bacterianas, según González et al. (2020), la presencia de necrosis en los tejidos de los camarones puede comprometer su salud y aumentar la susceptibilidad a enfermedades, que afecta el rendimiento del cultivo.

Con respecto al T2 (ácido orgánico) los análisis microbiológicos evidenciaron la menor carga bacteriana de *Pseudomonas* y *V. vulnificus* en comparación con los demás tratamientos, este resultado está acorde con otras investigaciones que han indicado que los ácidos orgánicos presentan efectos antimicrobianos naturales, reduciendo las cargas bacterias en los sistemas de producción, el estudio de Kumar et al. (2020) demostró que el uso de ácidos orgánicos en la

alimentación, contribuyendo a la disminución significativa sobre las cargas bacterianas patógenas, influyendo en el mejoramiento de la salud intestinal junto con la supervivencia.

En cambio, el T4 (ácido orgánico y aceite esencial) mostro elevadas cargas bacterianas en algunos estadios, sugiriendo que esta combinación no siempre puede ser efectiva, en el análisis de Zhoy y Cols. (2021) encontraron variaciones de sinergia entre aceites esenciales y ácidos orgánicos, lo cual dependería de la especie de camarón y las condiciones del cultivo, indicando que es necesario ajustar las formulaciones y las dosis para mejorar la efectividad a nivel de cargas bacterianas; sin embargo el T4, presento un efecto bacteriostático, debido a que las cargas bacterianas estuvieron elevados desde el estadio Zoea.

Aunque no se observación diferencias significativas con respecto a la supervivencia entre los tratamientos evaluados, cabe mencionar que el T4 evidencio un incremento del 15% en la tasa de supervivencia en comparación con el T1, obteniendo un mejor efecto que los otros tratamientos, dando como resultado la sugerencia que la combinación de ácidos orgánicos y aceite esenciales presenta un efecto sinérgico con respecto al mejoramiento de la salud de los camarones, Bautista et al. (2021) mostro también en su estudios que la combinación de aceites esenciales y probióticos mejoro significativamente el crecimiento y la supervivencia de *P. vannamei*.

Sin embargo, el T2, mostro una ligera disminución en la supervivencia, indicando que, aunque Los ácidos orgánicos pueden ser de gran beneficio, su uso individual no es suficiente para potenciar la supervivencia en todas las etapas de desarrollo, este argumento es respaldado por Martínez et al. (2020), que sugiere que los ácidos orgánicos tienen efectos positivos en la salud, pero su impacto en la supervivencia es relativamente limitado en comparación con otros insumos.

Los resultados de la uniformidad de tallas y peso mostraron que todos los tratamientos mantuvieron un nivel aceptable de uniformidad lo que permite obtener un enfoque para el éxito del cultivo en larvicultura, las variabilidades mínimas en la medida de longitud y peso, sugieren que los tratamientos aplicados no afectaran negativamente el crecimiento y desarrollo de las postlarvas, Martínez et al. (2020) en su estudio expone que es fundamental para asegurar una competencia adecuada por alimentos y espacio .

La sinergia de los ácidos orgánicos y aceites esenciales con respecto al índice de conversión alimenticia (FCA) en larvas de camarón ha sido un creciente tema de interés en las investigaciones acuícolas, existen estudios que muestran que esta combinación puede mejorar el FCA, como se evidencio en el T4, que mostro una mejora del 8% con relación al T1; esta alineación va unida con los hallazgos de Busti (2020), que en su estudio relato que los ácidos orgánicos en dietas obtuvieron un efecto positivo en las métricas de crecimiento, incluidos el FCA.

Mientras que, el T2 obtuvo un 11% menos con referencia al T1, lo que indica que, si bien los ácidos orgánicos tienen muchos beneficios, su eficacia aumenta significativamente cuando se combina con aceites esenciales, este argumento esta respaldado por Romano (2015), quien en su análisis, indico que una mezcla de ácidos orgánico con aceites esenciales mejoro la salud intestinal y la eficiencia alimentaria general, esta sinergia entre ambos componentes es parte crucial para optimizar la conversión alimenticia, destacando la necesidad de más investigaciones para definir las formulaciones dietéticas para larvas de camarón.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos del agua, estos se mantuvieron dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de larvas de *P. vannamei*, lo que es esencial para el crecimiento y la salud de esta especie, dentro de estos parámetros encontramos la temperatura, oxígeno disuelto y la salinidad que se mantuvieron en niveles adecuados, lo que indicaron que el manejo del ambiente fue efectivo, estos resultados son consistentes con el estudio de Bautista et al, 2021,

que enfatiza la importancia de mantener las condiciones fisicoquímicas óptimas, para maximizar la supervivencia y el crecimiento en sistemas de acuicultura.

De manera general, no se encontraron diferencias significativas entre todos los tratamientos, los resultados de esta investigación muestran la efectividad de la combinación de ácidos orgánicos y aceites esenciales como una fuente alternativa para promover las tasas de supervivencia y crecimiento, indicando que el uso de estos aditivos que aumenta el rendimiento en la acuicultura. Estas afirmaciones impulsan la necesidad de continuar con más investigaciones para la integración de aditivos orgánico, que sean de gran importancia al incluirlas en estrategias sostenibles para mejorar la salud en las etapas iniciales, la rentabilidad y la producción de camarón.

## XI CONCLUSIONES

Los resultados enfatizaron que los tratamientos evaluados mostraron efectos diferentes en las fases tempranas del cultivo de camarón, sin embargo, a medida que avanzaron las evaluaciones en las diferentes etapas de larvas, se evidenciaron diferencias notorias de las diferentes cargas bacterias (UFC/ml), resaltando la importancia de seleccionar tratamientos óptimos en las etapas iniciales, permitiendo garantizando la salud y el crecimiento adecuado de los camarones en

Se observó que el tratamiento T4 (ácidos orgánicos y aceites esenciales), en los estadios de Zoea y Post-larva IV fue más efectivo y notorio en la influencia sobre las Unidades formadoras de colonias (UFC) de *V. alginolyticus* y *Pseudomonas* spp. ( $p < 0.05$ ). Esta sinergia entre los tratamientos demostró ser más eficaz en la reducción de la carga bacteriana, sugiriendo que la combinación de aceites esenciales y ácidos orgánicos tiene un mayor potencial antimicrobiano que su uso individual; sin embargo, cabe mencionar que, en las fases posteriores, como Postlarva VIII, las diferencias entre los tratamientos se atenuaron, indicando que los efectos se estabilizan a medida que las larvas avanzan en su desarrollo. En el caso de *V. vulnificus*, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, lo que sugiere que este patógeno no fue modulado de manera eficiente por los tratamientos aplicados.

También se evidenció en este estudio que el T4, incrementó la tasa de supervivencia en un 15% en comparación con el T1 (control); sin embargo, entre los tratamientos, en el resultado estadístico no se encontró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), lo que sugiere que el T4, si presentó un efecto positivo en la supervivencia de las larvas; no obstante, el T3 (aceite esencial), mostró un aumento del 7% en comparación con el control, indicando que aunque su impacto no fue destacado como en T4, si generó un beneficio rentable en este ciclo. El tratamiento con ácidos orgánicos (T2) mostró solo un incremento modesto del 1% en

comparación con el control, sugiriendo que, aunque los ácidos tienen un efecto positivo, su impacto es más limitado en comparación con la sinergia observada al combinarse con los aceites esenciales.

En cuanto al Factor de Conversión Alimenticia (FCA), uniformidad en tallas y peso, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos, sin embargo, si se observó una tendencia que indica que los tratamientos con aceites esenciales y ácidos orgánicos, tanto de forma individual como combinada, favorecieron un desarrollo más equilibrado y una mejor uniformidad en el crecimiento de las postlarvas en comparación con el tratamiento control, especialmente el T4, que fue la combinación de ácidos orgánicos y aceites esenciales mostró una tendencia hacia una mayor uniformidad en el crecimiento de las postlarvas, lo cual es importante para la producción acuícola, ya que reduce las variaciones que pueden afectar la calidad del cultivo.

La combinación de aceites esenciales y ácidos orgánicos como alternativas profilácticas para el cultivo de etapas tempranas de *P.vannamei* muestra resultados prometedores en cuanto a la mejora en la supervivencia y control de patógenos, sin generar efectos negativos sobre el crecimiento o la salud general de las postlarvas, los resultados indicaron que los tratamientos aplicados son viables y podrían ofrecer una solución más sostenible para reducir la dependencia de antibióticos en la industria acuícola. No obstante, es necesario continuar evaluando la eficacia a largo plazo de estos tratamientos en diferentes condiciones de cultivo para confirmar su potencial en la industria.



## **XII. RECOMENDACIONES**

Continuar con investigaciones de diferentes ácidos orgánicos con sus respectivas dosis para determinar si se pueden obtener resultados más favorables en la supervivencia de las larvas de *P. vannamei*, junto con estudios que analicen no solo la efectividad en la supervivencia, sino también cómo estos tratamientos afectan otros parámetros fisiológicos y de crecimiento, evaluando la combinación de ácidos orgánicos con otros aditivos como estrategia para potenciar su efectividad.

Considerar la inclusión de aceites esenciales en la alimentación de las larvas de camarón, ya que demostraron un aumento en la supervivencia, aunque modestamente, por lo que se sugiere realizar ensayos controlados que evalúen diferentes tipos y concentraciones de aceites esenciales para identificar aquellos que ofrecen los mejores resultados, además, investigar su interacción con otros nutrientes en la dieta podría proporcionar información valiosa para mejorar la formulación de alimentos.

Evaluar el factor de conversión alimenticia (FCA) en detalle y su relación con la salud general de las postlarvas, incentivando a realizar estudios adicionales para evaluar cómo los tratamientos con aceites esenciales y ácidos orgánicos intervienen en la uniformidad en el crecimiento, lo que puede ser crucial para la producción acuícola, permitiendo desarrollar protocolos que integren estos tratamientos en las prácticas de alimentación para contribuir a mejorar la eficiencia, la calidad del cultivo y la rentabilidad en la producción.

### XIII. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M., & Muñoz, A. (2022). Validación de estrategias profilácticas en larvicultura del camarón *Penaeus vannamei* en la provincia de Santa Elena, Mar Bravo (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena. 2022). <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8074/1/UPSE-TBI-2022-0020.pdf>.
- Souza, C., Baldissera, M., Baldisserotto, B., Heinzmann, B., & Martos-Sitcha, J. (2019). Essential Oils as Stress-Reducing Agents for Fish Aquaculture: A Review. *Frontiers*, 785.
- Agurto, G. (2023). *Si un camarón es “antibiotic free” es más sabroso y saludable*. Obtenido de <https://www.espol.edu.ec/es/espoldivulga/blog/si-un-camaron-es-antibiotic-free-es-mas-sabroso-y-saludable>
- Alcantara, D. (2019). Effects of oregano essential oil on growth and immunity in shrimp. *Aquaculture*.
- Armijos, K. (2023). *Análisis de los factores que promueven las exportaciones del camarón en la provincia del Guayas*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26568/1/UPS-GT004871.pdf>
- Barrantes, E. (2023). Efectos de la bacteria patógena *Vibrio parahaemolyticus* en camarones (*Litopenaeus*). *Pensamiento actual*, 23(40). doi:DOI 10.15517/PA.V23I40.55171
- Bengladesh, L. (2024). *Vibrio parahaemolyticus: a review on the pathogenesis, prevalence, and advance molecular identification techniques*. *Fronteras en microbiología*. doi:doi: 10.3389/fmicb.2014.00705
- Chromagar. (7 de Mayo de 2024). Obtenido de <https://www.chromagar.com/wp-content/uploads/2021/12/NT-EXT-017-NOTICE-V8.1.pdf>
- Condalab. (8 de Julio de 2021). Obtenido de [https://mdmcientifica.com/wp-content/uploads/2021/09/1068\\_es\\_2.pdf](https://mdmcientifica.com/wp-content/uploads/2021/09/1068_es_2.pdf)
- Cordova, J. (2024). *Efecto de la aplicación de los ácidos orgánicos en el cultivo de camarón*. Obtenido de [https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/23480/1/Trabajo\\_Titulacion\\_3678.pdf](https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/23480/1/Trabajo_Titulacion_3678.pdf)

- Da Coello, j. (2021). PATHOGENS AND ITS USE AS FEED ADDITIVE FOR THE PACIFIC WHITE SHRIMP. 45. doi:<http://dx.doi.org/10.20950/1678-2305/bip.2021.47.e645>
- Dawood, M., Basuini, M., Zaineldin , A., Yilmaz , S., Hasan, M., Ahmadifar, E., . . . Hani, A. (2021). Antiparasitic and Antibacterial Functionality of Essential Oils: An Alternative Approach for Sustainable Aquaculture. *Pathogens*, 10(2), 185. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2076-0817/10/2/185>
- Diaz, V. (2022). *DETERMINACIÓN DE ALTERNATIVAS BIOLÓGICAS PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES EN LITOPENAEUS VANNAMEI*. Obtenido de <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18550/1/ECUACA-2022-IAC-DE00002.pdf>
- Dominguez, C., Sanchez, A., Sonnenholzer, S., & Rodriguez, J. (2020). Essential oils mediated antivirulence therapy against vibriosis in *Penaeus vannamei*. *ELSEVIER*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848620305238>
- Effects of oregano essential oil on growth and immunity in shrimp." *Aquaculture*. (2019).
- Eras, R. (2021). Ecosistemas de producción camaroneros: Estudios y proyecciones para la gestión de costos. *Innova*, 6(3), 41-59. doi:<https://doi.org/10.33890/innova.v6.n3.1.2021.1833>
- FAO. (2022). *Intensificación y expansión de la producción acuícola sostenible*. Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/ae439370-d5a7-4552-9968-46ab8dd13b58/content/sofia/2022/expanding-sustainable-aquaculture-production.html>
- Figueredo, A. (2020). Bioseguridad en el cultivo de camarones penaeidos: una revisión. *AquaTechnica*, 2(1), 1-22. doi:<https://doi.org/10.33936/at.v2i1.2409>
- Garibay, E. (2020). La microbiota del tracto digestivo de camarones peneidos: una perspectiva histórica y estado del arte. *Biotecnia*, 22. doi:<https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i1.1119>
- Genics. (2022). Virus de la necrosis infecciosa hipodérmica y hematopoyética – IHNV. *Genics*. Obtenido de <https://www.genics.com.au/wp-content/uploads/2020/08/Genics-IHNV-Educational-Resource-Guide-Spanish.pdf>

- González, G. (2022). *ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO DE LARVAS DE CAMARÓN (Litopenaeus)*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8075/1/UPSE-TBM-2022-0008.pdf>
- Helles, A. (2019). *Enfermedades importantes del camarón y revisión de signos*. doi:<https://abccam.com.br/wp-content/uploads/2019/11/8-Importantes-doen%C3%A7as-do-camar%C3%A3o-e-revis%C3%A3o-de-sinais-externos-at%C3%ADpicos-que-causam-um-diagn%C3%B3stico-errado-no-campo.pdf>
- Huanambal, C. (2020). *RESIDUOS DE ANTIBIÓTICOS Y RESISTENCIA ANTIMICROBIANA PERCEPCIÓN DE LOS MÉDICOS VETERINARIOS EN EL PERÚ*. Obtenido de [https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/11827/Residuos\\_HuanambalSovero\\_Cecilia.pdf?sequence=1&utm\\_source=chatgpt.com](https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/11827/Residuos_HuanambalSovero_Cecilia.pdf?sequence=1&utm_source=chatgpt.com)
- Kabir , M., Song , H., Bunod, J., & Dong, X. (2021). Effects of Microencapsulated Organic Acid and Their Salts on Growth Performance, Immunity, and Disease Resistance of Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Sustainability*, 13(14), 7791. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/14/7791>
- Keong, W. (2018). *Ácidos orgánicos en alimentos acuícolas: un potencial sustituto de los antibióticos*. Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/acidos-organicos-en-alimentos-acuicolas-un-potencial-sustituto-de-los-antibioticos/>
- Labomersa. (2024). *Breves aspectos de la Enfermedad de la Mancha Blanca y su Importancia en la Industria Acuícola*. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Flabomersa.com%2F2021%2F11%2F08%2Fbreves-aspectos-de-la-enfermedad-de-la-mancha-blanca-y-su-importancia-en-la-industria-acuicola%2F&psig=AOvVaw3JHMfLhTz1S1fpyhET5UEf&ust=1740290819083000&source=images&cd=vf>
- Martín, L. (2022). Sistema inmune de camarones peneidos de cultivo: Una revisión. *Revista de producción animal*, 34(1). Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-79202022000100127](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202022000100127)

- Mendoza, S. (2024). Perspectivas profilácticas empleadas como herramientas en la biorremediación y mejora de la calidad del suelo en la camaronicultura ecuatoriana. *Siembra*, 11(3).
- Midland, A. (2022). *Cultivo global de camarón: desafíos y oportunidades*. Obtenido de <https://bmeditores.mx/entorno-pecuario/cultivo-global-de-camaron-desafios-y-oportunidades/>
- Milthon, L. (2022). *AquaHoy*. Obtenido de [https://aquahoy.com/uso-antibioticos-acuicultura-impactos-ambiente/?utm\\_source=](https://aquahoy.com/uso-antibioticos-acuicultura-impactos-ambiente/?utm_source=)
- Nutripacific. (26 de 1 de 2024). *Impacto en la acuicultura por el uso de aceites esenciales*. Obtenido de <https://nutripacific.com/impacto-en-la-acuicultura-por-el-uso-de-aceites-esenciales?srsIid=AfmBOooIp7Snh5fO1dgWZmVUxLffwkgNI1sArmUNXupngvQpZedqpZoU>
- Ochoa, A. (2022). *Global Seafood Alliance*. Obtenido de [https://www.globalseafood.org/advocate/efecto-de-agavina-en-microbios-beneficiosos-dentro-del-camaron-blanco-del-pacifico/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.globalseafood.org/advocate/efecto-de-agavina-en-microbios-beneficiosos-dentro-del-camaron-blanco-del-pacifico/?utm_source=chatgpt.com)
- Ortega Araque, G. R. (2024). *Caracterización de la incidencia del bacterioplancton y fitoplancton en la salud de las larvas *Litopenaeus vannamei**. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena - Facultad de Ciencias del Mar.
- Panduro, S., & Rojas, M. (2022). Obtenido de [https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/9051/Sara\\_Tesis\\_Titulo\\_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/9051/Sara_Tesis_Titulo_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Panorama Acuícola Magazine. (2023). *Panorama Acuícola*. 29(1). Obtenido de [https://issuu.com/designpublications/docs/web\\_panorama\\_acuicola\\_29-1\\_noviembre\\_diciembre\\_202](https://issuu.com/designpublications/docs/web_panorama_acuicola_29-1_noviembre_diciembre_202)
- Pérez, M. (2021). Los probióticos y sus metabolitos en la acuicultura. Una Revisión. *Hidrobiológica*, 30(1). doi:<https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2020v30n1/perez>
- Saavedra et al, K. (2018). Detección de una proteína asociada a la enfermedad de la necrosis hepatopancreática. *Revista de Investigaciones veterinarias*, 29(1). doi:<https://doi.org/10.15381/RIVEP.V29I1.14194>

- Safaa, E., Abeer, F., Rabad, E., Radi, M., Mohamed, A., Mahmoud, M., . . . Seham, E. (2024). Combined Dietary Spirulina platensis and Citrus limon Essential Oil Enhances the Growth, Immunity, Antioxidant Capacity and Intestinal Health of Nile Tilapia. *Veterinary Sciences*, 474. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/vetsci11100474>
- Selvero y Valencia, J. (2024). *ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO DE LAS ENFERMEDADES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN CAMARONERA DE LAS EMPRESAS DE GUAYAQUIL, AÑO 2023*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/28950/1/UPS-GT005670.pdf>
- Simão Zacarias, P. D. (2021). *Calidad, supervivencia de la progenie de L. vannamei de hembras sometidas a ablación y a no-ablación*. Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/calidad-supervivencia-de-la-progenie-de-l-vannamei-de-hembras-sometidas-a-ablacion-y-a-no-ablacion/>
- Velasco, R. (2022). Detección molecular de la enfermedad de la necrosis aguda del hepatopáncreas en muestras de langostinos de la región de tumbes. *Ciencia latina*, 6(1), 5. doi:[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i1.1594](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1594)
- World Organisation for animal health (WOAH). (2022). *INFECCIÓN POR EL VIRUS DE LA NECROSIS HIPODÉRMICA Y HEMATOPOYÉTICA INFECCIOSA*. Obtenido de [https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Health\\_standards/temporary\\_esp/2022/2.2.04\\_IHNN\\_2023.pdf](https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Health_standards/temporary_esp/2022/2.2.04_IHNN_2023.pdf)
- Zermeño et al, L. (2023). Penaeus vannamei desafiado con una cepa de Vibrio parahaemolyticus NHPA muestra un desequilibrio de la microbiota hepatopancreática. *Ciencias Marinas*, 19, 1-12. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/pdf/ciemar/v49/0185-3880-ciemar-49-e3234.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.scielo.org.mx/pdf/ciemar/v49/0185-3880-ciemar-49-e3234.pdf?utm_source=chatgpt.com)
- Zevallos Valero, P. (2023). *Mejoramiento de Índices Productivos en Piscinas de Cultivo de Camarón Mediante uso de Protocolo de Ácidos Orgánicos*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/56724?show=full&locale-attribute=en>
- Zhang, R., Wang, X., Liu, L., Cao, Y., & Zhu, H. (2020). El aceite esencial de orégano dietético mejoró la respuesta inmunitaria, la actividad de las enzimas digestivas y la microbiota

- intestinal de la carpa koi, *Cyprinus carpio*. *ELSEVIER*, 734781. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848619322628>
- Souza, C., Baldissera, M., Baldisserotto, B., Heinzmann, B., & Martos-Sitcha, J. (2019). Essential Oils as Stress-Reducing Agents for Fish Aquaculture: A Review. *Frontiers*, 785.
- Agurto, G. (2023). *Si un camarón es “antibiotic free” es más sabroso y saludable*. Obtenido de <https://www.espol.edu.ec/es/espoldivulga/blog/si-un-camaron-es-antibiotic-free-es-mas-sabroso-y-saludable>
- Alcantara, D. (2019). Effects of oregano essential oil on growth and immunity in shrimp. *Aquaculture*.
- Armijos, K. (2023). *Análisis de los factores que promueven las exportaciones del camarón en la provincia del Guayas*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26568/1/UPS-GT004871.pdf>
- Barrantes, E. (2023). Efectos de la bacteria patógena *Vibrio parahaemolyticus* en camarones (*Litopenaeus*). *Pensamiento actual*, 23(40). doi:DOI 10.15517/PA.V23I40.55171
- Bengladesh, L. (2024). *Vibrio parahaemolyticus*: a review on the pathogenesis, prevalence, and advance molecular identification techniques. *Fronteras en microbiología*. doi:doi: 10.3389/fmicb.2014.00705
- Chromagar. (7 de Mayo de 2024). Obtenido de <https://www.chromagar.com/wp-content/uploads/2021/12/NT-EXT-017-NOTICE-V8.1.pdf>
- Condalab. (8 de Julio de 2021). Obtenido de [https://mdmcientifica.com/wp-content/uploads/2021/09/1068\\_es\\_2.pdf](https://mdmcientifica.com/wp-content/uploads/2021/09/1068_es_2.pdf)
- Cordova, J. (2024). *Efecto de la aplicación de los ácidos orgánicos en el cultivo de camarón*. Obtenido de [https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/23480/1/Trabajo\\_Titulacion\\_3678.pdf](https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/23480/1/Trabajo_Titulacion_3678.pdf)
- Da Coello, j. (2021). PATHOGENS AND ITS USE AS FEED ADDITIVE FOR THE PACIFIC WHITE SHRIMP. 45. doi:<http://dx.doi.org/10.20950/1678-2305/bip.2021.47.e645>

- Dawood, M., Basuini, M., Zaineldin , A., Yilmaz , S., Hasan, M., Ahmadifar, E., . . . Hani, A. (2021). Antiparasitic and Antibacterial Functionality of Essential Oils: An Alternative Approach for Sustainable Aquaculture. *Pathogens*, 10(2), 185. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2076-0817/10/2/185>
- Diaz, V. (2022). *DETERMINACIÓN DE ALTERNATIVAS BIOLÓGICAS PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES EN LITOPENAEUS VANNAMEI*. Obtenido de <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18550/1/ECUACA-2022-IAC-DE00002.pdf>
- Dominguez, C., Sanchez, A., Sonnenholzer, S., & Rodriguez, J. (2020). Essential oils mediated antivirulence therapy against vibriosis in *Penaeus vannamei*. *ELSEVIER*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848620305238>
- Effects of oregano essential oil on growth and immunity in shrimp." *Aquaculture*. (2019).
- Eras, R. (2021). Ecosistemas de producción camaroneros: Estudios y proyecciones para la gestión de costos. *Innova*, 6(3), 41-59. doi:<https://doi.org/10.33890/innova.v6.n3.1.2021.1833>
- FAO. (2022). *Intensificación y expansión de la producción acuícola sostenible*. Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/ae439370-d5a7-4552-9968-46ab8dd13b58/content/sofia/2022/expanding-sustainable-aquaculture-production.html>
- Figueredo, A. (2020). Bioseguridad en el cultivo de camarones penaeidos: una revisión. *AquaTechnica*, 2(1), 1-22. doi:<https://doi.org/10.33936/at.v2i1.2409>
- Garibay, E. (2020). La microbiota del tracto digestivo de camarones peneidos: una perspectiva histórica y estado del arte. *Biotecnia*, 22. doi:<https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i1.1119>
- Genics. (2022). Virus de la necrosis infecciosa hipodérmica y hematopoyética – IHHNV. *Genics*. Obtenido de <https://www.genics.com.au/wp-content/uploads/2020/08/Genics-IHHNV-Educational-Resource-Guide-Spanish.pdf>



- González, G. (2022). *ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO DE LARVAS DE CAMARÓN (Litopenaeus)*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8075/1/UPSE-TBM-2022-0008.pdf>
- Helles, A. (2019). *Enfermedades importantes del camarón y revisión de signos*. doi:<https://abccam.com.br/wp-content/uploads/2019/11/8-Importantes-doen%C3%A7as-do-camar%C3%A3o-e-revis%C3%A3o-de-sinais-externos-at%C3%ADpicos-que-causam-um-diagn%C3%B3stico-errado-no-campo.pdf>
- Huanambal, C. (2020). *RESIDUOS DE ANTIBIÓTICOS Y RESISTENCIA ANTIMICROBIANA PERCEPCIÓN DE LOS MÉDICOS VETERINARIOS EN EL PERÚ*. Obtenido de [https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/11827/Residuos\\_HuanambalSovero\\_Cecilia.pdf?sequence=1&utm\\_source=chatgpt.com](https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/11827/Residuos_HuanambalSovero_Cecilia.pdf?sequence=1&utm_source=chatgpt.com)
- Kabir , M., Song , H., Bunod, J., & Dong, X. (2021). Effects of Microencapsulated Organic Acid and Their Salts on Growth Performance, Immunity, and Disease Resistance of Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Sustainability*, 13(14), 7791. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/14/7791>
- Keong, W. (2018). *Ácidos orgánicos en alimentos acuícolas: un potencial sustituto de los antibióticos*. Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/acidos-organicos-en-alimentos-acuicolas-un-potencial-sustituto-de-los-antibioticos/>
- Labomersa. (2024). *Breves aspectos de la Enfermedad de la Mancha Blanca y su Importancia en la Industria Acuícola*. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Flabomersa.com%2F2021%2F11%2F08%2Fbreves-aspectos-de-la-enfermedad-de-la-mancha-blanca-y-su-importancia-en-la-industria-acuicola%2F&psig=AOvVaw3JHMfLhTz1S1fpyhET5UEf&ust=1740290819083000&source=images&cd=vf>
- Martín, L. (2022). Sistema inmune de camarones peneidos de cultivo: Una revisión. *Revista de producción animal*, 34(1). Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-79202022000100127](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202022000100127)
- Mendoza, S. (2024). Perspectivas profilácticas empleadas como herramientas en la biorremediación y mejora de la calidad del suelo en la camaronicultura ecuatoriana. *Siembra*, 11(3).

- Midland, A. (2022). *Cultivo global de camarón: desafíos y oportunidades*. Obtenido de <https://bmeditores.mx/entorno-pecuario/cultivo-global-de-camaron-desafios-y-oportunidades/>
- Milthon, L. (2022). *AquaHoy*. Obtenido de [https://aquahoy.com/uso-antibioticos-acuicultura-impactos-ambiente/?utm\\_source=](https://aquahoy.com/uso-antibioticos-acuicultura-impactos-ambiente/?utm_source=)
- Nutripacific. (26 de 1 de 2024). *Impacto en la acuicultura por el uso de aceites esenciales*. Obtenido de <https://nutripacific.com/impacto-en-la-acuicultura-por-el-uso-de-aceites-esenciales?srsId=AfmBOooIp7Snh5fO1dgWZmVUxLffwkgNI1sArmUNXupngvQpZedqpZoU>
- Ochoa, A. (2022). *Global Seafood Alliance*. Obtenido de [https://www.globalseafood.org/advocate/efecto-de-agavina-en-microbios-beneficiosos-dentro-del-camaron-blanco-del-pacifico/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.globalseafood.org/advocate/efecto-de-agavina-en-microbios-beneficiosos-dentro-del-camaron-blanco-del-pacifico/?utm_source=chatgpt.com)
- Ortega Araque, G. R. (2024). *Caracterización de la incidencia del bacterioplancton y fitoplancton en la salud de las larvas *Litopenaeus vannamei**. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena - Facultad de Ciencias del Mar.
- Panduro, S., & Rojas, M. (2022). Obtenido de [https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/9051/Sara\\_Tesis\\_Titulo\\_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/9051/Sara_Tesis_Titulo_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Panorama Acuícola Magazine. (2023). *Panorama Acuícola*. 29(1). Obtenido de [https://issuu.com/designpublications/docs/web\\_panorama\\_acuicola\\_29-1\\_noviembre\\_diciembre\\_202](https://issuu.com/designpublications/docs/web_panorama_acuicola_29-1_noviembre_diciembre_202)
- Pérez, M. (2021). Los probióticos y sus metabolitos en la acuicultura. Una Revisión. *Hidrobiológica*, 30(1). doi:<https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2020v30n1/perez>
- Saavedra et al, K. (2018). Detección de una proteína asociada a la enfermedad de la necrosis hepatopancreática. *Revista de Investigaciones veterinarias*, 29(1). doi:<https://doi.org/10.15381/RIVEP.V29I1.14194>
- Safaa, E., Abeer, F., Rabad, E., Radi , M., Mohamed, A., Mahmoud, M., . . . Seham, E. (2024). Combined Dietary *Spirulina platensis* and Citrus limon Essential Oil Enhances the

- Growth, Immunity, Antioxidant Capacity and Intestinal Health of Nile Tilapia. *Veterinary Sciences*, 474. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/vetsci11100474>
- Selvero y Valencia, J. (2024). *ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO DE LAS ENFERMEDADES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN CAMARONERA DE LAS EMPRESAS DE GUAYAQUIL, AÑO 2023*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/28950/1/UPS-GT005670.pdf>
- Simão Zacarias, P. D. (2021). *Calidad, supervivencia de la progenie de L. vannamei de hembras sometidas a ablación y a no-ablación*. Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/calidad-supervivencia-de-la-progenie-de-l-vannamei-de-hembras-sometidas-a-ablacion-y-a-no-ablacion/>
- Velasco, R. (2022). Detección molecular de la enfermedad de la necrosis aguda del hepatopáncreas en muestras de langostinos de la región de tumbes. *Ciencia latina*, 6(1), 5. doi:[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i1.1594](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1594)
- World Organisation for animal health (WOAH). (2022). *INFECCIÓN POR EL VIRUS DE LA NECROSIS HIPODÉRMICA Y HEMATOPOYÉTICA INFECCIOSA*. Obtenido de [https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Health\\_standards/temporary\\_esp/2022/2.2.04\\_IHHN\\_2023.pdf](https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Health_standards/temporary_esp/2022/2.2.04_IHHN_2023.pdf)
- Zermeño et al, L. (2023). *Penaeus vannamei* desafiado con una cepa de *Vibrio parahaemolyticus* NHPA muestra un desequilibrio de la microbiota hepatopancreática. *Ciencias Marinas*, 19, 1-12. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/pdf/ciemar/v49/0185-3880-ciemar-49-e3234.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.scielo.org.mx/pdf/ciemar/v49/0185-3880-ciemar-49-e3234.pdf?utm_source=chatgpt.com)
- Zevallos Valero, P. (2023). *Mejoramiento de Índices Productivos en Piscinas de Cultivo de Camarón Mediante uso de Protocolo de Ácidos Orgánicos*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/56724?show=full&locale-attribute=en>
- Zhang, R., Wang, X., Liu, L., Cao, Y., & Zhu, H. (2020). El aceite esencial de orégano dietético mejoró la respuesta inmunitaria, la actividad de las enzimas digestivas y la microbiota intestinal de la carpa koi, *Cyprinus carpio*. *ELSEVIER*, 734781. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848619322628>

## ANEXOS

**Anexo 1.** Tanques del diseño experimental.



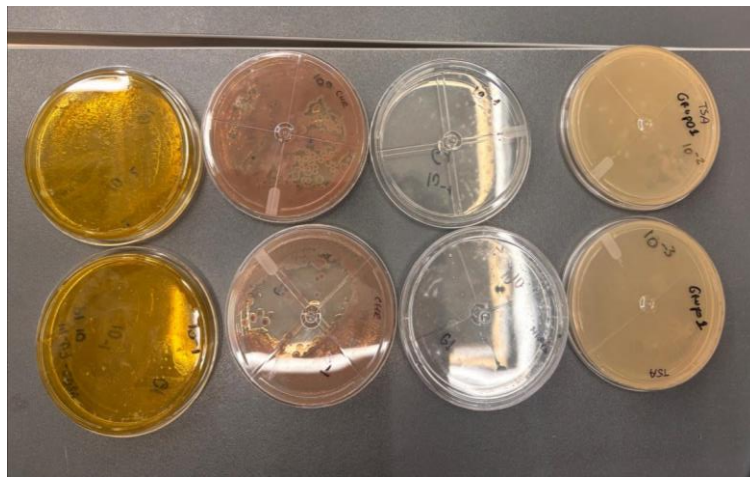
**Anexo 2.** Colocación de la dosis del aditivo recomendado en una gramera.



**Anexo 3.** Visualización de la larva del tratamiento 1 (derecha) y tratamiento 2 (izquierdo)



**Anexo 4.** Visualización de colonias de bacterias de los tratamientos evaluados en Post-Larva IV.



**Anexo 5.** Revisión microscópica de las larvas de los tratamientos.



**Anexo 6.** Revisión macroscópica de la larva en cosecha.



## **CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO**

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado “EFECTO DE ÁCIDOS ORGÁNICOS. ACEITES ESENCIALES Y SU SINERGIA EN EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE *penaeus vannamei*” presentado por el estudiante, SULMA YAMILEX ANZOATEGUI GARCÍA fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente a 3%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

**DOCENTE TUTOR UPSE**

---

Ac. Sonnya Mendoza Lomaba, Ph.D.