



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**EFFECTO DE LA ADICION DE ACIDOS BILIARES EN LA  
SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO EN EL CULTIVO SEMI-INTENSIVO  
DE CAMARÓN (*Litopenaeus vannamei*)**

**JUMBO MACAS JUAN CARLOS  
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**EFFECTO DE LA ADICION DE ACIDOS BILIARES EN LA  
SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO EN EL CULTIVO SEMI-  
INTENSIVO DE CAMARÓN (*Litopenaeus vannamei*)**

**JUMBO MACAS JUAN CARLOS  
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

**EFFECTO DE LA ADICION DE ACIDOS BILIARES EN LA  
SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO EN EL CULTIVO SEMI-  
INTENSIVO DE CAMARÓN (*Litopenaeus vannamei*)**

**JUMBO MACAS JUAN CARLOS  
INGENIERO ACUICOLA**

**SANTACRUZ REYES ROBERTO ADRIAN**

**MACHALA  
2024**

# draft\_JumboMacas\_v3

*por* Juan Carlos Jumbo

---

**Fecha de entrega:** 14-ago-2024 08:48a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2431030575

**Nombre del archivo:** TESIS\_REV.\_JUMBO\_CARLOS\_v3.pdf (624.77K)

**Total de palabras:** 13201

**Total de caracteres:** 70736

# draft\_JumboMacas\_v3

## INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.untumbes.edu.pe">repositorio.untumbes.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="http://www.scielo.org.mx">www.scielo.org.mx</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://aquahoy.com">aquahoy.com</a> Fuente de Internet	<1%
4	<a href="http://www.freepatentsonline.com">www.freepatentsonline.com</a> Fuente de Internet	<1%
5	<a href="http://repositorio.utmachala.edu.ec">repositorio.utmachala.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://repositorio.una.ac.cr">repositorio.una.ac.cr</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://cibnor.repositorioinstitucional.mx">cibnor.repositorioinstitucional.mx</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1%

10	<a href="http://tesis.ipn.mx">tesis.ipn.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://repositorio.upse.edu.ec">repositorio.upse.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://panoramaacuicola.com">panoramaacuicola.com</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://riul.unanleon.edu.ni:8080">riul.unanleon.edu.ni:8080</a> Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Técnica Nacional de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1 %
15	"Complejidad de los efectos no letales de depredadores y su transmisión en tramas tróficas : experimentos en terreno y laboratorio con organismos intermareales.", Pontificia Universidad Catolica de Chile, 2013 Publicación	<1 %
16	<a href="http://patents.google.com">patents.google.com</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://riudg.udg.mx">riudg.udg.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://riunet.upv.es">riunet.upv.es</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://aquadocs.org">aquadocs.org</a> Fuente de Internet	<1 %

20

[www.consortio.org](http://www.consortio.org)

Fuente de Internet

&lt;1 %

21

[repository.publisso.de](http://repository.publisso.de)

Fuente de Internet

&lt;1 %

22

[veterinariamexico.fmvz.unam.mx](http://veterinariamexico.fmvz.unam.mx)

Fuente de Internet

&lt;1 %

23

Miguel Torres Rodríguez. "Estudio de los patrones de expresión de genes implicados en la síntesis de ácidos grasos de cadena muy larga durante el desarrollo de la dorada y el lenguado, y su regulación nutricional", Universitat Politecnica de Valencia, 2021

Publicación

&lt;1 %

24

[abanicoacademico.mx](http://abanicoacademico.mx)

Fuente de Internet

&lt;1 %

25

[bdigital.zamorano.edu](http://bdigital.zamorano.edu)

Fuente de Internet

&lt;1 %

26

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

&lt;1 %

27

[pdacrsp.oregonstate.edu](http://pdacrsp.oregonstate.edu)

Fuente de Internet

&lt;1 %

28

[repositorio.ucsg.edu.ec](http://repositorio.ucsg.edu.ec)

Fuente de Internet

&lt;1 %

29

[www.dspace.espol.edu.ec](http://www.dspace.espol.edu.ec)

Fuente de Internet

&lt;1 %

30

[www.uanl.mx](http://www.uanl.mx)

Fuente de Internet

&lt;1 %

31

[www.wrm.org.uy](http://www.wrm.org.uy)

Fuente de Internet

&lt;1 %

32

CESAR MOLINA POVEDA. "Evaluación de varias fuentes de proteína vegetal en dietas para camarón *Litopenaeus vannamei*", Universitat Politecnica de Valencia, 2016

Publicación

&lt;1 %

33

LAURA BENEDITO PALOS. "Sustitución de aceites de pescado en dietas de engorde de dorada (*Sparus aurata*) ricas en proteínas vegetales. Efectos sobre el crecimiento y los perfiles de ácidos grasos", Universitat Politecnica de Valencia, 2010

Publicación

&lt;1 %

34

Manuel Alejandro Espinoza Ortega. "Efecto de la frecuencia de alimentación en la respuesta alimenticia del Camarón Blanco del Pacífico (*Litopenaeus Vannamei*)", Universitat Politecnica de Valencia, 2024

Publicación

&lt;1 %

35

SISTEMAS AMBIENTALES ARPSON PERU SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA. "EIA-SD para Desarrollar la Actividad de Acuicultura del Recurso Langostino en un área de 39 ha de

&lt;1 %

Espejo de Agua en el Distrito de Zarumilla,  
Tumbes-IGA0006207", R.D. N° 281-2016-  
PRODUCE/DGCHD, 2020

Publicación

36

Submitted to University of the Highlands and  
Islands Millennium Institute

Trabajo del estudiante

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias Apagado

Excluir bibliografía

Activo

## **CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL**

El que suscribe, JUMBO MACAS JUAN CARLOS, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EFECTO DE LA ADICION DE ACIDOS BILIARES EN LA SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO EN EL CULTIVO SEMI-INTENSIVO DE CAMARÓN (*Litopenaeus vannamei*), otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



JUMBO MACAS JUAN CARLOS  
0750193039

## **DEDICATORIA**

### **A mi madre, María Macas**

Este trabajo de investigación se lo dedico principalmente a ella por ser mi apoyo incondicional en todos mis sueños e inculcarme grandes valores que me han acompañado en todos los aspectos de mi vida. Eres la mujer más fuerte que conozco, te admiro, te respeto, este logro es más tuyo que mío. Gracias mamá por confiar en mí.

### **A mi padre y hermana, Andrés Jumbo e Flor María**

Por ser ese aliento al inicio, un apoyo en mi vida, por ser un padre que estuvo ahí; a mi hermana por ser mi alma, queriendo siempre lo mejor para mí, por siempre brindarme tu amor.

### **A mi compañera de vida, Aida Paguay**

A mi amada por el amor y ser mi más fiel incondicional en mi camino, ser mi cómplice en todos los momentos y aventuras de risas y peleas, por brindarme tus palabras de apoyo, le agradezco a Dios por estar en mi vida.

### **A mis amigos e Eco. Mercedes Espinoza**

Por formar parte de este camino les agradezco a todos mis amigos, compañeros de trabajo y mi jefa o tía como le digo yo, por ser un apoyo vital en este recorrido.

### **A mi asesor, Dr. Roberto Santacruz**

Por ser mi mayor inspiración, un ejemplo de esfuerzo y dedicación, siempre estaré agradecido con usted por ser mi guía en mi trabajo de investigación y ser un buen amigo.

### **A todos los docentes de mi querida Facultad especialmente de la carrera de Ingeniería en acuicultura**

Fueron un pilar fundamental en mi educación, en sus enseñanzas firmes, en sus experiencias, son motivo de perseverancia a no rendirme en la vida y continuar aprendiendo cada día más, siendo fundamentales para alcanzar esta meta.

Con todo cariño y gratitud.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a mi alma mater la Universidad técnica de Machala y Facultad de Ciencias Agropecuarias, por permitirme formarme en esta noble institución y crecer en un ambiente profesional rodeado de profesionales con méritos en sus áreas de estudio.

Le agradezco a Dios por darme sabiduría y ser mi guía en un camino que estuvo fácil para mí, darme esa energía de no rendirme, de seguir paso a paso en mi camino; agradezco a mis padres especialmente a mi mamá por ser mi apoyo en todo, no me alcanzaría la vida para agradecerte mamá, espero tenerte en mi vida siempre, vendrán días mejores con la bendición de Dios.

A los amigos que me regalo la Universidad, Joffre Ramírez, Joel Ordoñez, Milena Córdova, Alison León, Freddy Farias, Ronald Rojas, Geovanna Carrillo, Hans García, con los cuales compartí momentos inolvidables en esta casa de estudio.

Quiero expresar mi más sincera gratitud a mi alma mater el Dr. Roberto Santacruz Reyes, por haber sido mi guía en este camino de investigación, sus consejos y experiencia me motivaron a realizar un excelente trabajo, así mismo al jurado de tesis, la Dra. Lita Sorroza, Ing. Acua. Wilmer Galarza, Dra. Leonor Rivera y a mi amigo y docente Ing. Irán Rodríguez, por estar ahí presentes a lo largo del desarrollo del presente trabajo de tesis.

## RESUMEN

Este estudio se llevó a cabo para investigar los efectos de la adición de ácidos biliares a la dieta sobre la tasa de crecimiento, la utilización de nutrientes por parte del hepatopáncreas y la sobrevivencia del camarón blanco del Pacífico, *Litopenaeus vannamei*. En primer lugar, se utilizó una dieta comercial con un porcentaje del 35 % de proteína, en la cual se añadieron ácidos biliares con tasas de inclusión de 2 (BA<sub>2</sub>), 4 (BA<sub>4</sub>) y 0 (TC) g/kg. Estas dietas se administraron a camarones con un peso inicial de  $1,0 \pm 0,01$  g, los cuales fueron alimentados durante 49 días. Los resultados mostraron diferencias significativas en el crecimiento entre todos los tratamientos ( $p < 0,05$ ). La adición de ácidos biliares a la dieta BA<sub>2</sub> tendió a aumentar la ganancia de peso, el contenido de lípidos en los túbulos del hepatopáncreas y la sobrevivencia ( $p < 0,05$ ). La tasa de conversión alimenticia fue diferente en todos los tratamientos, con un FCR menor con la dosis de 2 g/Kg (BA<sub>2</sub>). En cuanto a la concentración de lípidos en el hepatopáncreas hubo mejores niveles de presencia de lípidos con respecto a la adición en dosis de 2 gramos de ácidos biliares en el alimento. Además, la suplementación con 4 g/kg de ácidos biliares no tuvo mayores beneficios en cuanto a sobrevivencia en relación al tratamiento con 2 g/Kg. En conclusión, la adición de 2 g/kg de ácidos biliares a la dieta durante el cultivo podría mejorar el crecimiento y la utilización de nutrientes por el camarón blanco.

**Palabras clave:** ácidos biliares, nutrición, nutrientes, hepatopáncreas

## ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of adding bile acids to the diet on growth rate, nutrient utilization by the hepatopancreas and survival of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. First, a commercial diet with 35 % protein was used, in which bile acids were added at inclusion rates of 2 (BA2), 4 (BA4) and 0 (TC) g/kg. These diets were fed to shrimp with an initial weight of  $1.0 \pm 0.01$  g, which were fed for 49 days. The results showed significant differences in growth among all treatments ( $p < 0.05$ ). The addition of bile acids to the BA2 diet tended to increase weight gain, lipid content in hepatopancreatic tubules and survival ( $p < 0.05$ ). Feed conversion rate was different in all treatments, with a lower FCR with the 2 g/kg dose (BA2). Regarding lipid concentration in the hepatopancreas, there were better levels of lipid presence with respect to the addition in doses of 2 g of bile acids in the feed. In addition, the supplementation with 4 g/kg of bile acids did not have greater benefits in terms of survival in relation to the treatment with 2 g/kg. In conclusion, the addition of 2 g/kg of bile acids to the diet during culture could improve growth and nutrient utilization by white shrimp.

**Key words:** bile acids, nutrition, nutrients, hepatopancreas.

## INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS .....	II
RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.2 OBJETIVO GENERAL .....	3
1.2.1 Objetivos específicos .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4 MARCO TEÓRICO.....	4
1.4.1 Orígenes de la acuicultura.....	4
1.4.2 <i>Reseña histórica de la producción camaronera en Ecuador</i> .....	5
1.4.3 <i>Generalidades del camarón blanco (L. vannamei)</i> .....	6
1.4.3.1 Taxonomía de L. vannamei .....	7
1.4.4 Técnicas de cultivo .....	8
1.4.4.1 Sistemas extensivos.....	8
1.4.4.2 Sistemas semi-intensivo .....	9
1.4.4.3 Sistemas intensivos .....	9
1.4.4.4 Sistemas superintensivos.....	9
1.4.5 Calidad de dietas alimenticias en Acuicultura .....	10
1.4.5.1 Requerimientos nutricionales de L. vannamei .....	11
1.4.6 Digestibilidad en L. vannamei .....	16
1.4.7 Requerimiento de ácidos grasos.....	16
1.4.8 Requerimiento de lípidos .....	17
1.4.9 Requerimientos de colesterol .....	18
1.4.10 Capacidad de asimilación de nutrientes lipídicos en el L vannamei.....	19

1.4.11	Hepatopáncreas .....	19
1.4.11.1	Células del HP .....	21
1.4.11.2	Función de absorción del HP .....	22
1.4.12	Aditivos alimenticios en dietas para <i>L. vannamei</i> .....	22
1.4.12.1	Mecanismos de aditivos aplicados en dietas para camarón .....	23
1.4.13	Ácidos biliares.....	23
<b>II.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
2.1	Ubicación del experimento.....	26
2.2	Diseño experimental.....	26
2.3	Tratamientos.....	27
2.4	Materiales .....	28
2.5	Materiales biológicos .....	28
2.6	Materiales de equipos de campo .....	29
2.7	Materiales de laboratorio.....	29
2.8	Determinación de los parámetros biológicos en los camarones.....	29
2.9	Determinación de contenido lipídico en túbulos del HP en los camarones .....	29
2.10	Alimentación .....	30
2.11	Variables a medir.....	31
2.11.1	Variables dependientes .....	31
2.11.2	Variables intervinientes aleatorias.....	31
2.12.	Metodología para la medición de las variables y recolección de datos.....	32
2.12.1.	Talla y peso de <i>L. vannamei</i> .....	32
2.12.2.	Supervivencia de <i>L. vannamei</i> .....	32
2.13.	Procedimientos estadísticos.....	32
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>33</b>
3.1	Crecimiento de <i>L. vannamei</i> suplementado con BA (ácidos biliares) en la dieta. .....	33

3.2 Tasa de Supervivencia de <i>L. vannamei</i> alimentado con dos dosis de ácidos biliares en la dieta .....	37
3.3 Factor de conversión alimenticia entre tratamientos .....	40
3.4 Análisis cualitativo de contenido lipídico en hepatopáncreas .....	41
3.4.1 Análisis y evaluación de túbulos de hepatopáncreas a nivel de microscopio	
42	
<b>IV. CONCLUSIONES .....</b>	<b>46</b>
<b>V. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>47</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>48</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 .....	15
Tabla 2 .....	27
Tabla 3 .....	29
Tabla 4 .....	31
Tabla 5 .....	31
Tabla 6 .....	33
Tabla 7 .....	37
Tabla 8 .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 .....	6
Figura 2 .....	7
Figura 3 .....	10
Figura 4 .....	20
Figura 5 .....	26
Figura 6 .....	27
Figura 7 .....	35
Figura 8 .....	38
Figura 9 .....	40
Figura 10 .....	42
Figura 11 .....	44
Figura 12 .....	45

## I. INTRODUCCIÓN

El sector de producción acuícola se ha convertido actualmente en una de las potencias en crecimiento del mundo, esto debido a que proporciona alimentos provenientes de organismos acuáticos con un alto valor proteico, así como un énfasis en el desarrollo tanto local como internacional con lo cual se posiciona como una industria que genera una constante tasa de empleos alrededor del mundo.

Alrededor del mundo el consumo de alimentos provenientes de la acuicultura ha ido creciendo, esto debido a que estos alimentos contienen beneficios nutricionales para las personas, así como formando parte del desarrollo económico dentro de un país y surgiendo beneficios sociales en la mayoría de países del mundo.

La producción de animales acuáticos utilizados directamente para el consumo humano alcanzó los 157 millones de toneladas en 2020, según datos de la FAO. El camarón blanco del pacífico *Litopenaeus vannamei* es una de las especies de peneidos más cultivadas en la industria acuícola mundialmente. La producción global de esta especie es de aproximadamente con una producción estimada en más de 5,5 millones de toneladas y en aumento.

Datos históricos del camarón ecuatoriano se remontan a la década de 1950, cuando la industria pesquera de manera artesanal era la principal fuente de demanda de productos. La actividad que comenzó con el cautiverio de camarón se inició a finales de la década de 1960, las principales provincias donde se realizó este trabajo fueron Guayas, Manabí y El Oro, siendo esta última provincia la pionera a nivel nacional en implementar el proceso de cría en cautiverio.

Cabe destacar que Ecuador se ha convertido en uno de los mayores productores y exportadores de camarón más importantes del mundo, gracias a su rica riqueza natural, clima propicio en la zona costera y un amplio desarrollo de industrias productivas.

Datos detallados por la cámara nacional de acuicultura (2022), reportan que en el año 2021 el Ecuador exportó cerca de 848 mil TM de camarón hacia destinos como China, Estados Unidos y Europa.

Los piensos dentro de la alimentación representan más del 50% de los costos de producción. Por lo tanto, uno de los problemas más importantes para los productores acuícolas es la obtención de piensos de calidad a bajo costo. Por lo tanto, para los productores de camarones, los criterios más importantes para elegir un pienso son el contenido en proteínas y el precio. La proteína es un ingrediente caro y su contribución al costo de producción de los piensos es la más importante.

Los aditivos de tipo alimenticio que permiten estrategias para reducir los costos de alimentación sin afectar el rendimiento son, por lo tanto, un alivio bienvenido para los formuladores de alimentos acuícolas.

En la presente investigación se propone evaluar si la adición de un aditivo alimenticio adicionada en la dieta comercial, nos favorece en el crecimiento y sobrevivencia en camarones alimentados con ácidos biliares, con lo anterior se investiga como puedo beneficiar al camarón blanco del pacifico en sistemas de cultivo semi-intensivo.

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En Ecuador los cultivos de camarón blanco del pacifico (*L. Vannamei*), presentan situaciones en el cual, la salud del animal se ve afectada por factores como son: mala calidad del alimento, presencia de microorganismos vectores causantes de enfermedades tanto bacterianas, así como de tipo viral, variaciones climáticas, calidad de fondos, calidad de agua, entre otras. Estas variaciones en los cultivos dan como resultados: bajos porcentajes de sobrevivencia, un déficit de nutrientes, crecimientos lentos, factor de conversión alimenticia (FCA) altos, etc.

En la actualidad dentro del sector acuícola en Ecuador maneja las posibilidades de contrarrestar dichos problemas con la implementación de herramientas innovadoras como la utilización de aditivos alimentarios en dietas para camarones, esto con el fin de ayudar al sistema inmune y digestivo del camarón desde etapas tempranas, estas soluciones en la parte nutricional están con el fin de obtener mayores sobrevivencias y crecimientos en los sistemas de producción, la función principal de un aditivo alimentario se centra en la eficiencia de la alimentación, digestión y la absorción de nutrientes por parte de los camarones, como conocemos la alimentación del camarón es una de las principales actividades para el desarrollo e incremento del peso diario del organismo, pero a su vez representa uno de los mayores gastos de producción por lo cual se han implementado estrategias para optimizar su aplicación, uno de estas es el uso de aditivos alimentarios, los cuales nos permiten una mejor digestibilidad y absorción de nutrientes en el camarón.

## **1.2 OBJETIVO GENERAL**

Determinar el efecto de diferentes dosis de ácidos biliares en la tasa de crecimiento, sobrevivencia y el contenido lipídico en túbulos del hepatopáncreas en el cultivo semi-intensivo de *Litopenaeus vannamei*.

### ***1.2.1 Objetivos específicos***

- Evidenciar el efecto de la aplicación de ácidos biliares en el crecimiento y sobrevivencia de *L. vannamei*
- Determinar el FCA en *L. vannamei* alimentados bajo diferentes dosis de ácidos biliares.
- Estimar el porcentaje de contenido lipídico en túbulos del hepatopáncreas de camarones *L. vannamei* alimentados con ácidos biliares.

## **Hipótesis de investigación**

La aplicación de ácidos biliares que actúa como aditivo alimenticio en la dieta de *Litopenaeus vannamei* en un cultivo semi-intensivo, ayudará a la absorción de nutrientes incrementando significativamente la supervivencia y la tasa de crecimiento en comparación con dietas que no incluyen ácidos biliares.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación se realizará con el fin de evaluar un tipo de aditivo alimentario en la dieta balanceada de *L. vannamei* para observar su crecimiento y supervivencia, la incorporación de ácidos biliares en la dieta podría potenciar la eficiencia de conversión alimenticia, promoviendo un mejor aprovechamiento de los recursos nutricionales. Además, se ha sugerido que los ácidos biliares pueden tener efectos positivos en la salud intestinal, lo que podría traducirse en una mayor resistencia a enfermedades y, por ende, en una mayor supervivencia en condiciones de cultivo.

### **1.4 MARCO TEÓRICO**

#### ***1.4.1 Orígenes de la acuicultura***

La acuicultura tiene sus raíces hace unos 4.000 años, pero en las últimas cinco décadas ha experimentado un notable crecimiento, convirtiéndose en una potencia socioeconómica a nivel mundial. Esta industria ha generado empleo y sustento para más de 12 millones de familias que están directa o indirectamente involucradas en el sector acuícola. (Espinos , 2020).

Dándole un enfoque más definido, se podría afirmar que la acuicultura no solo se posiciona como una actividad técnica de producción, sino que también fomenta la innovación, el espíritu empresarial y la sostenibilidad de los recursos disponibles. Por esta razón, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) considera a la acuicultura como una industria que contribuye al manejo efectivo de los recursos

renovables, a la seguridad alimentaria y al crecimiento económico, todo ello con una atención y gestión ambiental eficiente.

Cómo lo menciona (Espinos, 2020), “El progreso de la acuicultura ha sido impresionante a partir de mediados del siglo XX. En las últimas décadas ha destacado como la fuente de obtención de alimentos con más vigoroso crecimiento a nivel global”.

#### **1.4.2 Reseña histórica de la producción camaronera en Ecuador**

En la década de 1960, la actividad camaronera en Ecuador dio sus primeros pasos de manera rudimentaria con la captura de larvas silvestres de *L. vannamei* en las costas del país. Hacia finales de esa década y principios de la siguiente, se comenzó a experimentar con la cría de camarones en estanques y piscinas. Este evento marcó el inicio de la industria camaronera en las zonas costeras de Ecuador, donde se trabajó con especies como el camarón blanco del Pacífico (*L. vannamei*) y el camarón azul. (*Litopenaeus Stylirostris*) (Villacis, 2022).

Según Ochoa y Mina (2023) en su investigación comentan que, “Ecuador se convirtió en un importante exportador de camarones a nivel mundial en la década de 1990. La demanda internacional de camarones cultivados en estanques aumentó, y Ecuador se benefició de su ubicación geográfica favorable, con extensas áreas de manglares y condiciones climáticas adecuadas para la acuicultura de camarones”.

El mercado principal de las exportaciones de camarón ecuatoriano se encuentra en el continente asiático, el cual representa el 55% de las exportaciones, más específicamente en China, donde se centra el 49% del total de estas, durante el periodo comprendido desde enero hasta junio del 2020 (Castillo *et al.*, 2020).

Según los datos recientes de la Cámara Nacional de Acuicultura (CNA) para el año 2023, se informa que, en diciembre de dicho año, Ecuador registró la exportación de 233 millones de libras de camarón, lo que representó un aumento del 18 % en comparación con el mismo mes del año anterior. Además, durante el período de enero a diciembre de 2023, las

exportaciones alcanzaron los 2,677 millones de libras, marcando un incremento del 14 % respecto al año 2022. Es importante señalar que China se centra como el principal comprador acaparando el 58 % de estas exportaciones, como se ilustra en la Figura 1.

Figura 1

*Datos de exportaciones de camarón ecuatoriano en diciembre 2023.*



**Fuente:** *Cámara Nacional de Acuicultura. 2024.*

#### **1.4.3 Generalidades del camarón blanco (*L. vannamei*)**

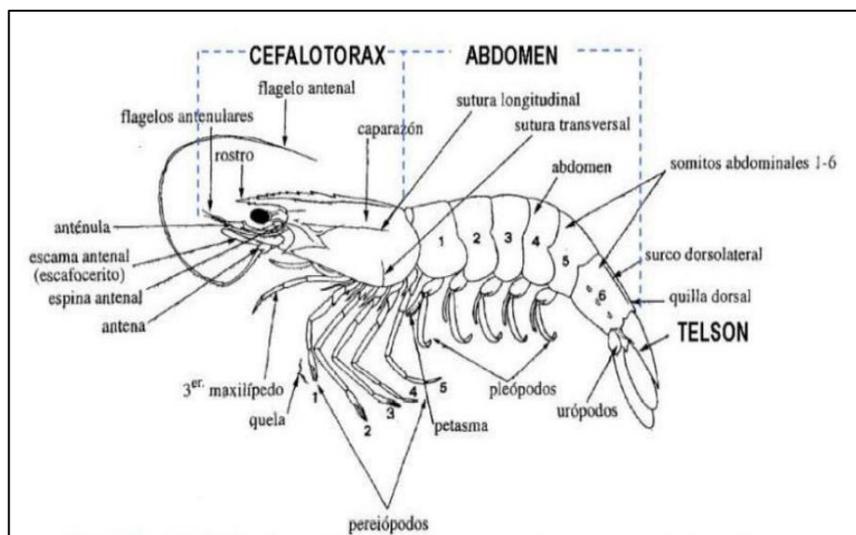
El camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) es la especie de crustáceo con mayor producción en acuicultura, representando casi el 52% de la producción total a nivel mundial ( Zancan *et al*, 2023).

El camarón *L. vannamei* es una especie eurihalina capaz de adaptarse a un amplio rango de salinidad del 5 al 30‰ (Musa *et al*, 2023).

En sistemas de cautiverio la adicción del alimento representa el 60% del costo total de producción en el cultivo de camarón (Wei *et al*, 2023).

El camarón blanco del pacífico *L. vannamei* es un crustáceo decápodo que pertenece a la familia *Penaeidae*. Su anatomía consta de una sección anterior denominada cefalotórax, que es la fusión de la cabeza y el tórax, y que contiene los apéndices antenulares, maxilares y los pereiópodos. La parte intermedia está compuesta por seis segmentos abdominales, cada uno de los cuales tiene un par de pleópodos, y la sección posterior está formada por el telson y los urópodos, como se muestra en la Figura 2. En la parte interna se conforma de la hepatopáncreas, estómago, intestino y un sistema circulatorio abierto (Calvo, 2023).

Figura 2



Morfología externa de camarón blanco del pacífico (*L. vannamei*).

**Fuente:** Tomado de Calvo, (2023).

#### 1.4.3.1 Taxonomía de *L. vannamei*

Reino: *Animalia*

Filo: *Arthropoda*

Subfilo: *Crustacea*

Phylum: *Arthropoda*

Clase: *Malacostraca*

Orden: *Decápoda*

Suborden: *Dendobranchiata*

Superfamilia: *Penaeoidea*

Familia: *Penaeidae*

Género: *Litopenaeus*

Especie: *vannamei*

**Fuente:** *Boone (1931)*

#### ***1.4.4 Técnicas de cultivo***

En general, los sistemas de cultivo de *L. vannamei* suelen dividirse en cuatro categorías: extensivo, semi-intensivo, intensivo y super-intensivo. Es importante resaltar que las principales diferencias entre estos sistemas radican en el manejo, la densidad de cultivo, el rendimiento y la aplicación de tecnología; estas variables tienden a aumentar conforme se intensifica el sistema.

##### **1.4.4.1 Sistemas extensivos**

En estos sistemas de producción van a depender de la productividad natural al igual que tienen un uso limitado o nulo de alimento ( *Davis et al., 2021*).

En estos sistemas de producción se maneja densidades de siembra que van desde 1 a 5 camarones/m<sup>2</sup>. En la infraestructura tiene carencias para tener un buen suministro de agua, cosecha y recambio, también en la aplicación de bioseguridad. Este tipo de cultivo depende del medio ambiente, los resultados de este sistema no son muy buenos debido a la producción baja y como base de alimentación se tiene a la productividad primaria del estanque y su cadena trófica ( *Castro & Macas, 2023*).

#### **1.4.4.2 Sistemas semi-intensivo**

En estos tipos de sistemas, el cultivo de camarón blanco del pacífico se lo realiza en grandes extensiones de tierra, con densidades que van desde los 5 a 20 camarones/m<sup>2</sup>, con la mínima aplicación de recambios de agua, fertilización y alimento exógeno, por lo general estos cultivos duran entre 4 a 5 meses de cultivos con un rendimiento que va de 1 000 a 2 000 lb/ha (Ordoñez, 2020).

#### **1.4.4.3 Sistemas intensivos**

En este sistema de producción se manejan estanques con dimensiones que van de 0.1 a 2 hectáreas, formados con bordos de tierra que utilizan aireación suplementaria y que producen una biomasa entre 3000 y 10 000 kg/ha ( Anaya, 2005).

La densidad de siembra empleada en estos sistemas de producción varía entre 70 a 150 juveniles por metro cuadrado llegando a producir de 10 a 15 toneladas métricas por ha (Thi *et al.*, 2019).

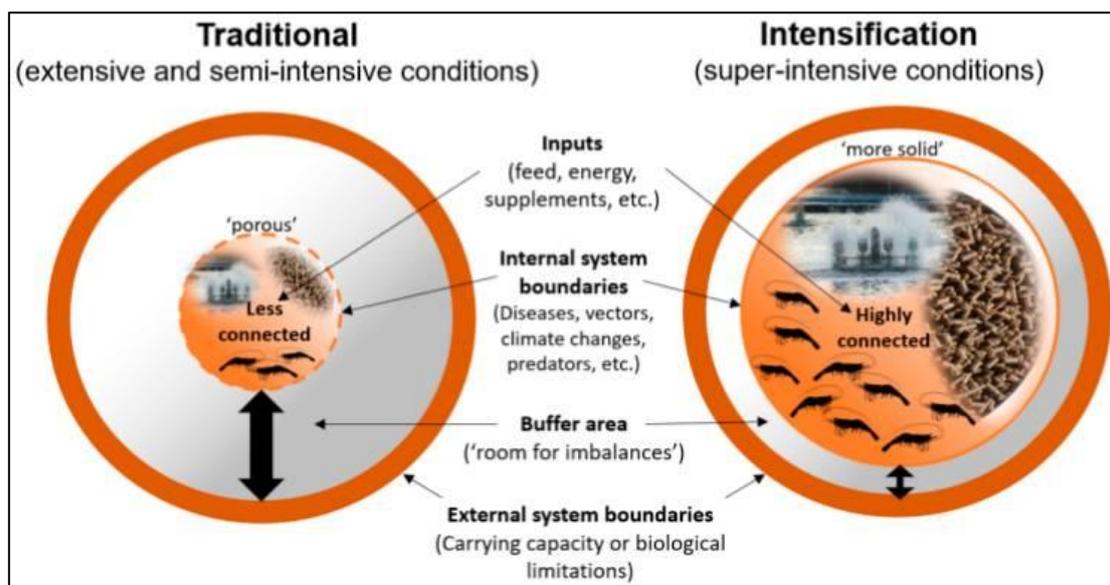
Dentro de la dinámica de producción en estos estanques es el alto manejo en cuanto a las altas densidades de población y una alta frecuencia de aplicación de alimento (Pratiwi *et al.*, 2021).

#### **1.4.4.4 Sistemas superintensivos**

En el cultivo superintensivo de camarón, la calidad del alimento (caracterizada por la estabilidad del agua, la palatabilidad, la digestibilidad y el equilibrio de nutrientes para satisfacer los requisitos nutricionales de especies específicas de camarón) y el manejo de la alimentación (p. ej., ración y frecuencia de alimentación para maximizar la disponibilidad de alimento y evitar el deterioro) calidad del agua), como se observa en la Figura 3, son aspectos cruciales para garantizar condiciones óptimas de cultivo, crecimiento, estado de salud y eficiencia alimentaria (Emerenciano *et al.*, 2022).

Figura 3

Comparación de sistemas tradicional e intensificado de cultivo de *L. vannamei*.



Fuente: (Emerenciano *et al.*, 2022)

#### 1.4.5 Calidad de dietas alimenticias en Acuicultura

Los alimentos comerciales desempeñan un papel crucial en el crecimiento y desarrollo del camarón en la industria acuícola. Según Alatwinusa *et al.*, (2023), la mayoría de los piensos comerciales están diseñados para mejorar el rendimiento del crecimiento. Sin embargo, la calidad y cantidad del alimento son igualmente importantes ya que impactan significativamente la tasa de crecimiento, la calidad del agua y la producción de camarón.

Es fundamental conocer los requerimientos nutricionales, particularmente de proteínas, lípidos y energía, para el crecimiento óptimo de la especie, así como para formular una dieta equilibrada. Los niveles inadecuados de proteína y energía en los piensos aumentan los costos de producción y deterioran la calidad del agua (Nates, 2016).

### **1.4.5.1 Requerimientos nutricionales de *L. vannamei***

#### **1.4.5.1.1 Proteína**

La proteína es el nutriente más caro en las dietas prácticas para el cultivo de camarón, de las cuales la harina de pescado (FM) es la fuente de proteína más comúnmente utilizada en los alimentos comerciales ( Larbi *et al.*, 2017). En general, se considera que la proteína es insustituible y el componente más importante y costoso de los nutrientes dietéticos para los animales acuáticos ( Yuan *et al.*, 2023).

Con información dada por investigaciones se ha previsto que el requerimiento óptimo de proteína en la dieta de *L. vannamei* oscila entre valores que van del 20 al 45%, dependiendo del tamaño del camarón, las condiciones del agua y las características nutricionales de las dietas, como la calidad de la proteína, el contenido energético y la palatabilidad ( Lee & Lee, 2018).

Es importante considerar que la proteína no solo contribuye al crecimiento de los camarones, sino que también es fundamental para su energía, ya que representa aproximadamente el 70% del contenido corporal de estos crustáceos (Carrión-Herrera *et al.*, 2023).

Hay que tener en cuenta que el nivel óptimo de proteína en la dieta para el crecimiento máximo de *L. vannamei* puede verse afectado por diferencias en el tamaño del camarón, la densidad de población, las especies de camarón, el sistema de cultivo y las fuentes de proteína en la dieta. ( Lee & Lee, 2018).

#### **1.4.5.1.2. Aminoácidos**

Dado que los camarones en cultivo obtienen aminoácidos esenciales a través de los alimentos porque no pueden sintetizar todos los aminoácidos ( Lee & Lee, 2018). Se requiere

un nivel mínimo de proteína en la dieta para suministrar aminoácidos adecuados para el mantenimiento normal del metabolismo y la fisiología de los animales acuáticos.

Por ejemplo, la metionina es un aminoácido esencial que resulta fundamental para el crecimiento. Este aminoácido esencial contiene un grupo de azufre, lo que concuerda con la afirmación de que desempeña un papel clave en la formación de ácidos nucleicos y tejidos, así como en la síntesis de proteínas. Además de ser un componente básico para otros aminoácidos como la cisteína y vitaminas del grupo B como la colina, la metionina también cumple una función crucial en la absorción de grasas y colesterol.

La fenilalanina es un compuesto que funciona como mensajero (neurotransmisor) y regula la secreción de la glándula tiroides. El aminoácido leucina es esencial para el crecimiento y el mantenimiento del equilibrio de nitrógeno (Surianti *et al.*, 2021).

#### **1.4.5.1.3. Vitaminas**

Las vitaminas son compuestos orgánicos de vital importancia que organismos como los camarones necesitan en cantidades muy pequeñas para mantener sus funciones esenciales (Davis, 2005).

Para un crecimiento normal, una reproducción y una salud óptima, se requieren vitaminas en pequeñas cantidades provenientes de una fuente exógena (generalmente la dieta) (Larbi *et al.*, 2017).

Los requerimientos dietéticos de otras vitaminas de gran importancia para *L. vannamei*, incluyen a la tiamina (vitamina B1), niacina, piridoxina, biotina (vitamina B7) y riboflavina (vitamina B2) (Sanjeevani & Lee, 2023).

#### **1.4.5.1.4 Lípidos**

Los lípidos son un nutriente crucial que proporciona una mayor cantidad de energía a los camarones. Se recomienda que los requerimientos nutricionales oscilen entre el 6,0% y el

7,5%. Es importante evitar exceder el 10%, ya que estudios han demostrado que esto puede afectar negativamente el crecimiento y aumentar la mortalidad en los cultivos de camarón. (Ordoñez, 2020).

Como componentes importantes de los lípidos de membrana, los ácidos grasos desempeñan funciones particularmente vitales en la regulación fisiológica y metabólica de la homeostasis de los lípidos de membrana ( Lu *et al.*, 2023).

Los lípidos tienen la función principal de proporcionar fuentes concentradas de energía, ácidos grasos esenciales (AGE), fosfolípidos, glicolípidos, esteroides, especialmente colesterol y carotenoides, y ciertas vitaminas liposolubles que son importantes para el crecimiento normal, la constitución de los componentes celulares y el desarrollo de organismos acuáticos ( Mascena *et al.*, 2023).

#### **1.4.5.1.5 Carbohidratos**

En la investigación de Larbi *et al.*, (2017), basado en un manual de capacitación de la FAO (Vol. I, No. 2. GCP/RLA/075/ITA) del año 2016, “indican que el tercer compuesto orgánico más abundante en el cuerpo de un animal son los carbohidratos (CBH) después de las proteínas y los lípidos. Estos incluyen compuestos como sacarosa, fructosa, glucosa, almidón, lactosa, celulosa, quitina y glucógeno”.

Los carbohidratos complejos son de gran relevancia en investigaciones nutricionales debido a su capacidad para ahorrar proteínas. Estos compuestos son más económicos que las proteínas y los lípidos en términos de su contribución a los componentes energéticos.

Los carbohidratos son una fuente de energía económica, sin embargo, la capacidad de los organismos acuáticos, como los camarones y los peces para aprovecharlos es limitada. Esto se debe a su dificultad para digerirlos y regular las concentraciones de glucosa en su plasma. (Nates, 2016)

#### **1.4.5.1.6 Minerales**

Los minerales más solubles, como el calcio, fósforo, sodio, potasio y cloruro, desempeñan un papel fundamental en procesos como la osmorregulación, el equilibrio ácido-base y la generación de potenciales de membrana (Boonyaratpalin , 1996).

Los minerales cumplen diversas funciones fisiológicas en los organismos. Además de formar parte del exoesqueleto y de proteínas también están presentes en metaloproteínas. Estos actúan como cofactores y/o activadores de una variedad de enzimas, y desempeñan un papel importante en el mantenimiento del equilibrio ácido-base y en la osmorregulación. (Martínez, 2009).

Tabla 1

Requerimientos nutricionales en lípidos, vitaminas, aminoácidos, proteínas y minerales para *L. vannamei*.

Proteína	Nivel	Lípidos	Nivel	Aminoácidos	Nivel	Vitaminas	Nivel	Minerales	Nivel
<b>Dig. Proteína en dieta</b>	30 %	Total de lípidos	5-7.5 %	Arg.	1.6-1.9 %	A	1.4 mg/kg	Ca	1.0 %
<b>Shahkar et al.</b>	25-33.4 %	LNA	0.9-1.1 %	His.	0.6-0.8 %	B1	14 mg/kg	Mg	0.15 %
		LOA	0.7-1.2 %	Iso.	1.0-1.3 %	C	350 mg/kg	K	1.2 %
		EPA	0.25 %	Leu.	1.7 -1.9 %	Niacina	7.2 mg/kg	Na	0.35 %
		DHA	0.25 %	Lys.	1.6-2.1 %	E	100 mg/kg	Mn	24-32 mg/kg
		Colesterol	0.13-0.15 %	Met.	0.7 %	K	35 mg/kg	Se	0.2-0.4 mg/kg
		PL (fosfolípidos)	1.2-1.5 %	Thr.	1.3-1.4 %	B2	23 mg/kg	Zn	15 mg/kg
						B6	80-100mg/kg		
						B12	0.2 mg/kg		

Fuente tomado de: *Nunes et al., (2022)*

#### **1.4.6 Digestibilidad en *L. vannamei***

Es importante señalar que la alimentación de *Litopenaeus vannamei* se considera una de las más complejas entre los crustáceos, ya que sus necesidades de nutrientes, como proteínas, lípidos, vitaminas, entre otros, varían a lo largo de su ciclo de crecimiento (Ordoñez, 2020).

La digestibilidad aparente de un alimento comercial o ingrediente se evalúa en un entorno controlado utilizando camarones. Sin embargo, los bioensayos realizados en piscinas camaroneras permiten determinar la digestibilidad directa y exclusiva del alimento en cuestión (Cruz, 2019).

Con información adecuada sobre la digestibilidad de los nutrientes en un alimento en particular, se puede preparar un alimento eficaz al menor costo. Por lo tanto, evaluar la digestibilidad de los nutrientes es el primer paso para evaluar la eficacia de un ingrediente que se utilizará en la formulación de dietas para una especie específica ( Larbi *et al.*, 2017).

Según Cruz (2019), en cuanto a la digestibilidad indica que, “Esta determinación, consiste en evaluar el porcentaje de alimento o de nutrientes del alimento (por ejemplo, de proteína) que se retiene o se absorbe en el tubo digestivo del animal. Para ello se evalúa la cantidad de alimento consumido y la cantidad de heces emitido. La diferencia entre los nutrientes que entraron (alimento) y los que salieron (heces) da como resultado el porcentaje de digestibilidad aparente”.

#### **1.4.7 Requerimiento de ácidos grasos**

Los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) son esenciales desde el punto de vista de la salud debido a la aparición de más de un enlace insaturado en sus moléculas. Los ácidos grasos se dividen a su vez en ácido  $\alpha$ -linolénico (ALA) y ácido linoleico (LA), así como ácidos grasos de cadena larga, incluidos el ácido docosahexaenoico (DHA), el ácido araquidónico (AA) y el

ácido eicosapentaenoico (EPA), que se divide a su vez en dos clases, como DHA, ALA, EPA y  $\omega$ -3, junto con  $\omega$ -6, como AA y LA, son ácidos grasos muy populares, comunes y más estudiados (Islam *et al.*, 2023).

Los camarones, al igual que el resto de vertebrados, no pueden sintetizar *de novo* los ácidos linoleicos (18:2 n-6) y linolénico (C18:3 n-3). Estos dos PUFA, directamente derivados de cadena larga HUFA, tienen que estar de manera esencial en las dietas de alimentación (Guillaume *et al.*, 2004).

En una investigación realizada por Zhu *et al.*, (2023), comenta que los PUFA de cadena larga (LC-PUFA), en las especies acuáticas se biosintetizan endógenamente a partir de precursores de ALA y LA mediante la desaturación de ácidos grasos y el alargamiento de la cadena de carbono.

Flores (2019), argumenta en su trabajo de investigación que “los aceites marinos que contienen ácidos grasos altamente insaturados (HUFA) de las series n-3, tal como ácido eicosapentaenoico (EPA, 20:5n-3) y el ácido docosahexaenoico (DHA, 22:6n-3), han mostrado ser muy nutritivos satisfaciendo los requerimientos en ácidos grasos esenciales de los organismos marinos, dada la limitada capacidad de éstos para alargar y desaturar cadenas de ácidos grasos más cortas”.

## **Principio del formulario**

### ***1.4.8 Requerimiento de lípidos***

Según López (2020), describe que “los lípidos son una fuente concentrada de energía que provee componentes esenciales que incluyen ácidos grasos esenciales, fosfolípidos, colesterol y vitaminas”

Los lípidos son los componentes principales del hepatopáncreas debido a su papel como componentes estructurales de la membrana y depósitos de sustancias de almacenamiento de energía ( Wu *et al.*, 2022).

Los lípidos son componentes claves en las dietas nutricionales, ya que proporcionan energía y contribuyen al metabolismo de los camarones. Estudios han demostrado que es posible agregar entre un 6% y un 10% de lípidos a las dietas comerciales, lo que los convierte en un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo adecuados de estos organismos (Carrión-Herrera *et al.*, 2023).

#### **1.4.9 Requerimientos de colesterol**

El colesterol, como una de las fuentes de lípidos esenciales para los animales, junto con los fosfolípidos y los ácidos grasos, forma el componente integral de las membranas celulares (Chen *et al.*, 2023). Además, el colesterol es un componente lipídico no polar que actúa como precursor de algunas hormonas cruciales de crecimiento y reproducción.

Es ampliamente reconocido que los crustáceos deben adquirir colesterol o esteroides de dietas balanceadas para satisfacer los requisitos necesarios para un crecimiento, una muda y una reproducción óptimos. Estos compuestos son esenciales para mantener la salud y el desarrollo adecuados en estas especies.

Su *et al.*, (2022), en su investigación, detalla que se ha informado que los niveles dietéticos óptimos de CHO para camarones son 0,17% para *Penaeus monodon*, 0,17% - 0,19% para *L. vannamei* y 0,16% para juveniles de *L. vannamei*.

El colesterol (Chol) es un nutriente esencial para que los organismos mantengan la supervivencia, el crecimiento y la estructura de la membrana celular, además de funcionar como marco precursor de la ecdisona Su *et al.*, (2023).

La ecdisona está presente en casi todos los artrópodos y moluscos como hormona esterol, promoviendo la expresión de factores de crecimiento y participando en la reparación de la concha de los organismos Li *et al.*, (2023).

En los crustáceos, el colesterol representa aproximadamente el 90 % del total de esteroides y se utiliza principalmente para regular la muda y la reproducción. Sin embargo, los crustáceos carecen de la capacidad de sintetizar colesterol *de novo*, por lo que el colesterol es un nutriente esencial para el camarón blanco Wang *et al.*, (2023).

#### ***1.4.10 Capacidad de asimilación de nutrientes lipídicos en el *L vannamei****

El ciclo de muda en los crustáceos está bajo el control de varias hormonas reguladoras y factores internos y externos, incluidos nutrientes ricos como proteínas y lípidos ( Klahan *et al.*, 2023).

Los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (HUFA) y ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) son de gran importancia, ya que desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento de la integridad de la membrana celular. Además, son la principal fuente de combustible aeróbico para el correcto funcionamiento del metabolismo energético en la estructura muscular del camarón (Lopez, 2020).

Una deficiencia de HUFA (ácidos grasos insaturados) puede causar más vacuolas lipídicas y células incompletas en la hepatopáncreas de los juveniles en etapa inicial de *P. vannamei*, pero un exceso podría causar daños ( Martínez *et al.*, 2023).

El Chol (colesterol) es un nutriente importante para que los crustáceos mantengan el crecimiento, la muda, la estructura de la membrana celular y el metabolismo de los lípidos (Su *et al.*, 2023).

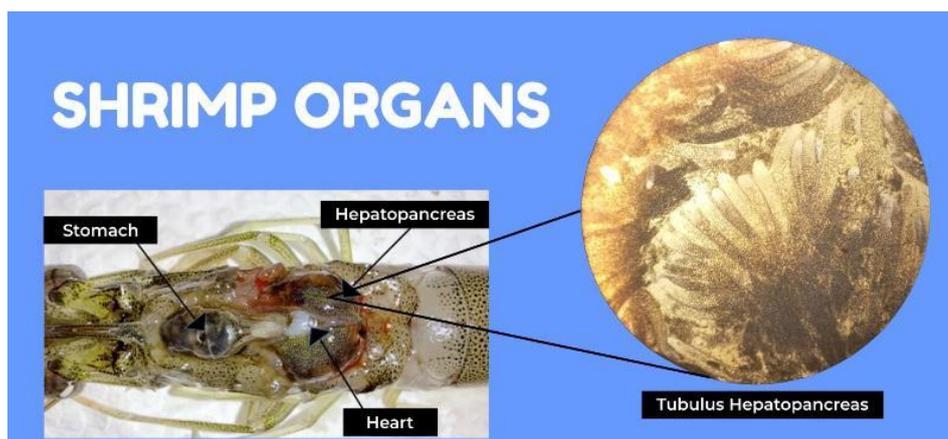
#### ***1.4.11 Hepatopáncreas***

El hepatopáncreas (HP) es un órgano importante para los camarones y realiza la función de digestión, nutrición y almacenamiento ( Wu *et al.*, 2022). Por lo tanto, un HP saludable es importante para el desarrollo, así como un indicador clave de salud del camarón.

El hepatopáncreas de los crustáceos es el principal órgano metabólico, similar al hígado y al tejido adiposo de los vertebrados ( Zhou *et al.*, 2023), este representa del 2 al 6 % del peso corporal del organismo, la cual está formada en los organismos adultos de cientos de túbulos ciegos que desembocan en dos cámaras simétricas que se dan paso en la bolsa pilórica del estómago (Guillaume *et al.*, 2004).

Figura 4

Morfología Interna del camarón *Litopenaeus vannamei*



*Fuente: Orrala( 2021)*

En palabras de Casillas-Hernández *et al.*, (2022), describe que “el hepatopáncreas del camarón es un órgano digestivo y desempeña un papel importante en la secreción de enzimas digestivas, el transporte, el almacenamiento y la absorción de nutrientes; por lo tanto, su función es clave para el crecimiento y la salud del camarón”.

En los crustáceos, el hepatopáncreas es el principal órgano para absorber y almacenar sustancias, y su morfología indica el estado nutricional de los crustáceos (Su *et al.*, 2023).

En una investigación realizada por Alatwinusa *et al.*, ( 2023), informan que el HP comprende dos subunidades principales: el órgano pericárdico y la glándula del intestino medio. El órgano pericárdico contiene enzimas digestivas, ionocitos y células fagocíticas, mientras que la glándula del intestino medio se encarga de transportar nutrientes, absorber y secretar iones y producir enzimas digestivas.

#### ***1.4.11.1 Células del HP***

El hepatopáncreas se compone principalmente de cuatro tipos de células, de las cuales las células E son células indiferenciadas, mientras que las células B, F y R son responsables de la digestión intracelular, la síntesis de enzimas digestivas y el almacenamiento de lípidos, respectivamente (Su *et al.*, 2022).

Las células B son más abundantes en el tejido del hepatopáncreas, están muy vacuoladas y participan en la digestión intracelular y la absorción de nutrientes ( Martínez *et al.*, 2023).

Las células E, o células embrionarias, son algunos de los tipos más abundantes de células epiteliales en el hepatopáncreas. Son similares a las células B, pero son más pequeñas y están distribuidas de manera más uniforme alrededor del epitelio. Su función principal es secretar productos metabólicos y enzimas (Alatwinusa *et al.*, 2023).

La célula R del hepatopáncreas participa principalmente en el almacenamiento de nutrientes (Wei *et al.*, 2023).

Las células F, o células fibrilares, son físicamente distintas de los otros tipos porque parecen alargadas y fusiformes. Promueven la regeneración de tejidos dentro del hepatopáncreas y contienen numerosas enzimas que degradan las toxinas celulares, lo que les permite mediar en la eliminación de sustancias extrañas y mantener la integridad funcional del tejido (Alatwinusa *et al.*, 2023).

#### **1.4.11.2 Función de absorción del HP**

El hepatopáncreas es el principal órgano implicado en el metabolismo de los lípidos en los crustáceos y un contenido adecuado de lípidos es esencial para que la hepatopáncreas mantenga la estructura de la membrana y la función de otros tejidos ( Lu *et al.*, 2023).

Desde una perspectiva nutricional, el hepatopáncreas de los camarones desempeña un papel crucial en la síntesis, el transporte y la secreción de importantes enzimas digestivas. Además, actúa como un lugar de almacenamiento para lípidos, glucógeno y minerales. La mayoría de las enzimas digestivas se producen en este órgano, lo que lo convierte en un componente fundamental para la digestión y la absorción de nutrientes en estos organismos. Indicadores como el tamaño y formación de túbulos, color (sea este claro u oscuro), se pueden utilizar como características claves para la calidad nutricionales en el camarón ( Martínez *et al.*, 2023).

También se destaca como un órgano crucial involucrado en la muda de los crustáceos y desempeña un papel vital en el almacenamiento y descomposición de energía, la acumulación de nutrientes y el metabolismo de carbohidratos y lípidos ( Qiao *et al.*, 2023).

#### **1.4.12 Aditivos alimenticios en dietas para *L. vannamei***

Los aditivos alimentarios funcionales se utilizan para mejorar el rendimiento del crecimiento, la respuesta inmunitaria, las funciones fisiológicas y el rendimiento sanitario de los animales en comparación con los aditivos alimentarios normales ( Klahan *et al.*, 2023).

Según Barreto *et al.*, (2023), comenta que “En consecuencia, el uso de aditivos dietéticos funcionales para estimular el sistema inmunológico del camarón se ha estudiado como una alternativa profiláctica y se considera una estrategia extremadamente importante para superar las limitaciones del cultivo intensivo de camarón”.

Los ácidos orgánicos, extractos de plantas/algas, nucleótidos, aminoácidos funcionales, vitaminas y compuestos inmunoestimulantes naturales como los  $\beta$ -glucanos se han estudiado exhaustivamente en dietas para peces y crustáceos, ya que pueden mejorar el crecimiento, la supervivencia, el estrés y las enfermedades. resistencia ( Dawood *et al.*, 2017).

#### **1.4.12.1 Mecanismos de aditivos aplicados en dietas para camarón**

Los aditivos alimentarios pueden tener efectos muy beneficiosos para la salud del camarón a través de varios mecanismos. Estos incluyen la estimulación del sistema inmunológico innato, la provisión de micronutrientes esenciales y el mantenimiento de un microbioma saludable en su tracto digestivo. (Emerenciano *et al.*, 2022).

Los aditivos alimentarios pueden clasificarse como nutritivos o no nutritivos, y pueden actuar de manera directa o indirecta en el sistema del animal. Muchos de estos productos afectan diversos sistemas, por lo que los efectos de uno pueden sumarse a los de otros, generando efectos aditivos (Nates, 2016).

La eficacia de los aditivos alimentarios sobre la salud del camarón varía según la especie, el sistema de producción, la ubicación, el tipo de aditivo alimentario, el nivel de inclusión, la duración de la alimentación, la interacción con otros aditivos y el modo de incorporación al alimento (Emerenciano *et al.*, 2022).

#### **1.4.13 Ácidos biliares**

Los ácidos biliares son productos catabólicos del colesterol, que luego es secretado por los conductos biliares y digerido por los intestinos para ser absorbido como una sustancia liposoluble. Debido a la estructura anfótera de los ácidos biliares, son esenciales para promover el metabolismo intestinal, así como para una mayor digestión de vitaminas liposolubles, colesterol y lípidos (Shi *et al.*, 2023).

Los ácidos biliares están compuestos de sales biliares, ácidos grasos y sales inorgánicas que ayudan al metabolismo de los lípidos y tienen propiedades antibacterianas (Kumar *et al.*, 2021).

Los ácidos biliares tienen una estructura anfifílica y pueden mejorar la emulsificación y digestión de los lípidos al promover la formación de micelas de grasas (Wang *et al.*, 2023).

#### **1.4.13.1 Propiedades de los BA**

Los ácidos biliares regulan las expresiones genéticas relacionadas con la muda, mejoran la inmunidad no específica en los camarones y mejoran la capacidad antimicrobiana cuando los patógenos invaden (Li *et al.*, 2023).

En los últimos años, los ácidos biliares o componentes biliares tanto de manera grupal o individual (p. ej., taurocolato) se utilizan ampliamente como complementos alimenticios en la acuicultura. (Kumar *et al.*, 2021).

Los ácidos biliares tienen un papel importante en el crecimiento y el metabolismo de los esteroides del camarón (Li *et al.*, 2023).

En virtud de su estructura anfipática, los BA son capaces de solubilizar lípidos formando micelas, facilitando la eficiencia de utilización de los lípidos (por ejemplo, esteroides y ácidos grasos) (Su *et al.*, 2022).

#### **1.4.13.2 Dinámica de los ácidos biliares en *Litopenaeus vannamei***

El ácido biliar es un componente esencial en el proceso de emulsificación de lípidos, ya que desempeña un papel fundamental en la descomposición de moléculas grandes de lípidos en otras más pequeñas, lo que a su vez aumenta la superficie para la reacción de la lipasa, que es crucial para la digestión y absorción de lípidos (Shi *et al.*, 2023).

Según Boonyaratpalin (1996), en su investigación, resalta que los ácidos biliares participan como vía directa en la excreción del colesterol.

Por ejemplo, en virtud de su estructura anfipática, los BA pueden mejorar la digestión de grasas, colesterol y vitaminas liposolubles en animales mediante la formación de micelas que solubilizan los lípidos (Xu *et al.*, 2023).

#### **1.4.13.3 Mecanismo de protección de los ácidos biliares sobre el hepatopáncreas de *L. vannamei***

Los ácidos biliares pueden alterar la membrana celular de las bacterias disolviendo los lípidos de la membrana o alterando la integridad de la membrana y aumentando la permeabilidad de la membrana. Los ácidos biliares logran esto alterando la composición de los ácidos grasos en las bacterias patógenas, alterando así la proporción de fosfolípidos y proteínas de membrana y la estructura de la superficie celular (Kumar *et al.*, 2019).

En el hepatopáncreas, los ácidos biliares se combinan con glicina y taurina para formar ácidos biliares unidos, que son reabsorbidos por el intestino a través del sistema de transporte activo, mientras que los aminoácidos libres se absorben mediante difusión pasiva (Li *et al.*, 2023).

En consecuencia, la mejora de la capacidad metabólica del microbiota intestinal puede ser uno de los mecanismos importantes por los cuales los ácidos biliares promueven el crecimiento y la absorción de nutrientes de los camarones (Su *et al.*, 2021).

#### **1.4.13.4 Relación de la salud del hepatopáncreas y ácidos biliares**

Según en una investigación de Gámez-Bayardo *et al.*, (2021), reportan que para *P. vannamei* los lípidos almacenados en el hepatopáncreas, representan una reserva suficiente de energía que podrá ser utilizada durante la exposición a condiciones externas, por ello es importante que se mantenga un nivel adecuado de lípidos en este órgano.

El hepatopáncreas (HP) del camarón es un tejido complejo lleno de numerosos orgánulos intracelulares, como mitocondrias, retículo endoplásmico y lisosomas, que desempeñan un papel crucial en la función general del tejido. Las mitocondrias son responsables del metabolismo energético, el retículo endoplásmico del plegamiento, tráfico y excreción de proteínas, y los lisosomas de la digestión de nutrientes y la destrucción de partículas extrañas (Alatwinusa *et al.*,2023).

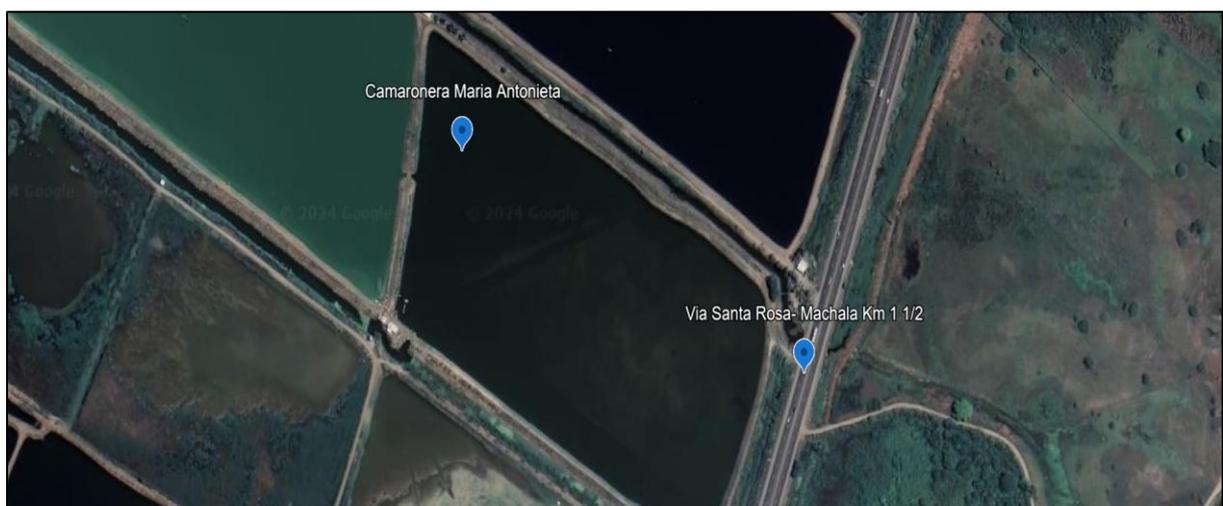
## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Ubicación del experimento

La presente investigación se realizó en las instalaciones de la camaronera de la Sra. Margarita Ramon, Camaronera MARÍA ANTONIETA en la ciudad de Santa Rosa, sector Km 1 ½ vía Santa Rosa- Machala, en las coordenadas geográficas: - 3.42377475, -79.95491955 a una altitud de 3 msnm (Figura 5).

Figura 5

*Vista satelital de Camaronera María Antonieta*



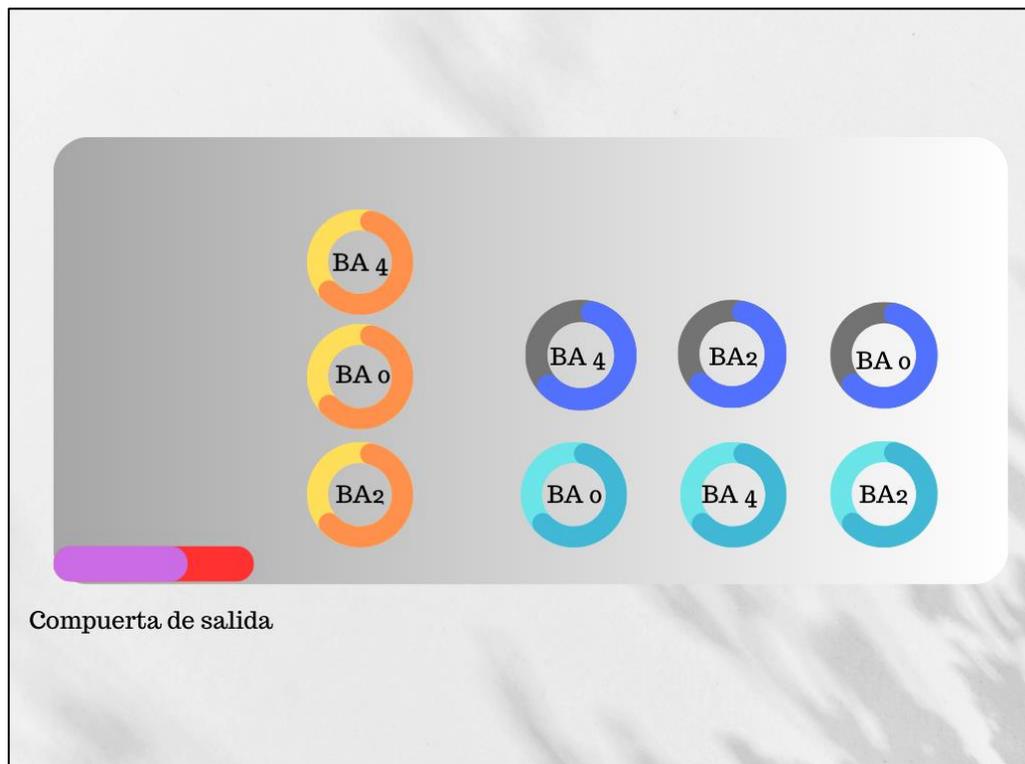
Fuente: *Google Earth*

### 2.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) 3x3, donde se manipuló un factor de estudio (ácido biliar 75 % BA) con tres tratamientos y tres réplicas, conformándose nueve unidades experimentales (jaulas de marco de hierro con malla negra). La variable del nivel de alimentación tenía tres niveles, incluyendo 2 g/kg (BA<sub>2</sub>), 4 g/kg (BA<sub>4</sub>) y un tratamiento control (TC), se probó con las mismas densidades de población, como son de 20 ind/m<sup>3</sup> (BA<sub>2</sub>), 20 ind/m<sup>3</sup> (BA<sub>4</sub>) y 20 ind/m<sup>3</sup> (TC). En la Figura. 6 se muestra que los tratamientos fueron distribuidos de forma completamente al azar en las unidades experimentales a nivel de todo el experimento, ya que se presenta homogeneidad en el material y entorno experimental.

Figura 6

*Esquema del diseño experimental.*



**Fuente:** *Elaborado por el autor*

### 2.3 Tratamientos

Tabla 2

## Distribución de los tratamientos y sus réplicas con ácidos biliares (BA)

<b>Ácidos biliares (RUNEON 75 %)</b>			
Tratamientos	BA <sub>2</sub>	BA <sub>4</sub>	Tratamiento control
Réplicas	3	3	3
<b>Dosis BA (g/kg)</b>	2 gramos/ kg balanceado	4 gramos/ kg balanceado	CONTROL

**Fuente:** *Elaborado por el autor*

Para la investigación, se utilizaron 9 unidades de control las cuales se encuentran conformadas por 3 tratamientos: Tratamiento 1 (BA<sub>2</sub>: 2 gramos/ kg balanceado), Tratamiento 2 (BA<sub>4</sub>: 4 gramos/ kg balanceado), Tratamiento 3 (TC), los cuales se replicaron 3 veces al azar.

### 2.4 Materiales

- Bote sin motor fuera de borda
- Gramera digital
- Baldes de platicos de 20 L.
- Cuadernos de apuntes
- Computadora portátil
- Esfero grafico
- Teléfono móvil
- Malla negra para estructura de encierro
- Marcos de hierros de 1.5 m de alto x 1 m de ancho

### 2.5 Materiales biológicos

- Camarones prejuveniles de 1(±10 %) gramos

- Producto comercial BA de RONEON 75 %

## 2.6 Materiales de equipos de campo

- Equipo Tester de pH/ Temperatura pHep4 marca HANNA
- Equipo medidor de oxígeno disuelto RCYAGO

## 2.7 Materiales de laboratorio

- Microscopio digital
- porta y cubre objetos
- Muestras de hepatopáncreas (HP)

## 2.8 Determinación de los parámetros biológicos en los camarones

Tabla 3

Ecuaciones utilizadas en el cálculo de los parámetros biológicos de crecimiento del

Ecuación	Parámetros	Fórmulas utilizadas	Referencias
1	Ganancia de peso (GP)	$GP = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Días transcurridos}}$	Xu, Morris & Samochoa, 2016
2	Incremento de talla (IT)	$IT = \frac{\text{Talla final} - \text{Talla inicial}}{\text{Días transcurridos}}$	Xu <i>et al.</i> , 2016
3	Porcentaje de sobrevivencia (S) (%)	$S = \frac{(\text{No. organismos vivos} - \text{No. organismos muertos}) \cdot 100}{\text{No. organismos en total}}$	Li <i>et al.</i> , 2007
4	Tasa específica de crecimiento (TEC)	$TEC = \left[ \frac{\ln \text{Peso húmedo final} - \ln \text{Peso húmedo inicial}}{\text{Tiempo en días}} \right] \cdot 100$	Valverde-Moya & Alfaro-Montoya, 2015
5	Factor de conversión alimenticia (FCA)	$FCA = \frac{\text{Alimento total administrado}}{\text{Ganancia total de biomasa}}$	Arnold, Coman, Jackson & Groves, 2009

camarón *Penaeus vannamei*.

**Fuente:** Tomado de Gámez-Bayardo *et al.*, 2021

## 2.9 Determinación de contenido lipídico en túbulos del HP en los camarones

Para estimar el contenido de lípidos en el hepatopáncreas se consideraron los criterios descritos por Tapia-Salazar et al. (2012), utilizando una escala de L0 a L4, siendo L4 = 76-100% de los túbulos llenos de vacuolas de lípidos; L3 = 51-75% de lípidos; L2 = túbulos con moderada cantidad de lípidos (26- 50% del nivel L4), L1 = escasa cantidad de lípidos (10% del nivel L4) y L0 = nula presencia de vacuolas de lípidos (< 10% del nivel L4).

### **Características del producto comercial de BA**

El producto comercial se utilizó en esta investigación contiene como ingrediente activo 75 % ácidos biliares (ácido cólico crudo) y un 25 % de polvo de maíz. Las características del producto están disponibles en la página web de Shandong Longchang Animal Health Product Co., Ltd. El cual ha sido fabricado para diferentes especies como aves de corral, rumiantes, cerdos, peces y crustáceos en el caso de camarón blanco del pacífico.

### **Preparación de la dieta con el aditivo alimenticio**

La preparación del alimento balanceado con la inclusión de los ácidos biliares (BA) se realizó diariamente; para ello se realizaba una mezcla de agua en conjunto con un pegante para mejor absorción del BA en el alimento, con el fin de ligar los ingredientes (ácidos biliares y alimento). A esta mezcla se le agregó la cantidad correspondiente de ácidos biliares de acuerdo a cada tratamiento (control, 2 gramos y 4 gramos). La mezcla fue realizada hasta humedecer uniformemente el alimento. Posteriormente se llevó a secado al medio ambiente por alrededor de unos minutos para finalmente distribuirlo dentro de cada jaula experimental. experimentales.

### **2.10 Alimentación**

Los camarones de cada tratamiento fueron alimentados con un alimento comercial (35 % de proteína, (AQUA FEED de Purina) de acuerdo a su tratamiento de BA (TC, BA<sub>2</sub> Y BA<sub>4</sub>), el cual fue aplicado con una dosificación de dos veces al día a las 08:00, 14:00 h, con la utilización de un comedero por jaula.

## 2.11 Variables a medir

### 2.11.1 Variables dependientes

La medición de las variables dependientes descritas en la Tabla 4, fueron realizadas a los camarones de cada tratamiento que se encontraban en cada una de las unidades experimentales.

Tabla 4

Métodos de medición de las variables dependientes

<b>Variable dependiente</b>	<b>Método de medición</b>
<b>Peso y talla de los ejemplares de <i>L. vannamei</i></b>	El peso y talla de los camarones son variables numéricas continuas que serán medidas mediante la utilización de balanzas grameras y reglas de medición.
<b>Sobrevivencia</b>	La sobrevivencia de los camarones en cultivo es una variable numérica continua que serán medidas al finalizar la experimentación realizando un conteo de los sobrevivientes.
<b>Contenido lipídico en túbulos del hepatopáncreas</b>	Visualización directa al finalizar la experimentación mediante microscopio.

**Fuente:** Elaborado por el autor

### 2.11.2 Variables intervinientes aleatorias

La medición de las variables intervinientes descritas en la Tabla 5, fueron realizadas en el agua de cultivo de cada una de las unidades experimentales.

Tabla 5

Métodos de medición de las variables intervinientes aleatorias.

<b>Variables intervinientes aleatorias</b>	<b>Método de medición</b>
--	---------------------------

---

Temperatura, pH	– Las variables de tipo cualitativo
Oxígeno disuelto	serán medidas mediante equipo digital pHep4 marca HANNA
	– Equipo medidor de oxígeno disuelto RCYAGO

---

**Fuente:** Elaborado por autor

## **2.12. Metodología para la medición de las variables y recolección de datos**

### **2.12.1. Talla y peso de *L. vannamei***

Estas variables indicarán el peso y talla ganada por cada ejemplar (g y cm) al final de cada semana. Para ejecutar estas mediciones de esta variable se recolectarán una muestra de camarones por cada jaula de experimentación cada semana, los días lunes y jueves fueron los días de muestreos a cada unidad experimental.

### **2.12.2. Supervivencia de *L. vannamei***

Esta variable indica el porcentaje de animales que sobrevivieron del total de animales sembrados. Para medir esta variable se realizará el vaciado total de las unidades experimentales y el conteo manual de cada uno de los organismos sobrevivientes así mismo de manera semanal durante las 7 semanas de investigación. Posteriormente, se dividen los animales cosechados entre los animales sembrados y se multiplicó por 100, mediante la siguiente ecuación:

- $\text{Supervivencia} = (\text{animales cosechados} / \text{animales sembrados}) \times 100$

## **2.13. Procedimientos estadísticos**

Para conocer si existen diferencias significativas entre la alimentación a base de ácidos biliares (BA), en función de la dosificación se realizará un análisis de varianza de un factor intergrupos previa verificación del cumplimiento de los supuestos de normalidad de datos y homogeneidad de varianzas. En caso de presentarse diferencias estadísticas entre tratamientos

objeto de estudio y con la finalidad de conocer dónde se encuentran las diferencias o similitudes se aplicará la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan.

El procesamiento estadístico de los datos se realizó mediante el software estadístico SPSS versión 25 para Windows. La confiabilidad de estimación estadística fue del 95%.

### III.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Crecimiento de *L. vannamei* suplementado con BA (ácidos biliares) en la dieta.

Durante el desarrollo experimental del cultivo, el crecimiento promedio de *L. vannamei* alimentado con 2 g/kg de ácidos biliares (BA) en la dieta, que corresponde al tratamiento BA<sub>2</sub>, estuvo por encima de los otros tratamientos. A medida que transcurrieron las semanas el tratamiento BA<sub>2</sub> presentó mejores resultados al compararse tanto con el control como con el tratamiento BA<sub>4</sub>, alcanzado un peso promedio final de 12,64 g, 16,95 g y 15,82 g para el control, tratamiento BA<sub>2</sub> y tratamiento BA<sub>4</sub>, respectivamente.

Adicionalmente, a partir de la semana 4 se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los diferentes tratamientos, como se muestra en la Tabla 6, diferencia estadística que se mantuvo hasta el final del experimento.

Tabla 6

Peso promedio semanal de los tratamientos BA<sub>2</sub> (2 gramos/kg), BA<sub>4</sub> (4 gramos/kg) y Control. Se muestra el promedio (pesos de las 3 repeticiones) y la desviación estándar. Se incluye el valor de p, que indica si hay o no diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ).

	<b>Tratamiento BA<sub>2c</sub></b>	<b>Tratamiento BA<sub>4b</sub></b>	<b>Control TCa</b>	
<b>Semanas de cultivo</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>p-valor</b>
<b>1</b>	2, 72a ± 0,49	2, 96a ± 0,26	2, 86a ± 0,35	0,537

<b>2</b>	4,36a ± 0,49	4,59a ± 0,27	4,47a ± 0,34	0,548
<b>3</b>	7,91a ± 0,20	7,52a ± 0,26	7,22a ± 0,53	0,139
<b>4</b>	11,50c ± 0,25	10,70b ± 0,22	9,94a ± 0,08	< 0,000
<b>5</b>	12,97c ± 0,25	12,00b ± 0,45	10,75a ± 0,19	< 0,000
<b>6</b>	14,40c ± 0,25	13,43b ± 0,45	11,65a ± 0,31	< 0,000
<b>7</b>	<b>16,95c ± 0,70</b>	<b>15,82b ± 0,58</b>	<b>12,64a ± 0,36</b>	< 0,000

**Fuente:** Elaborado por el autor

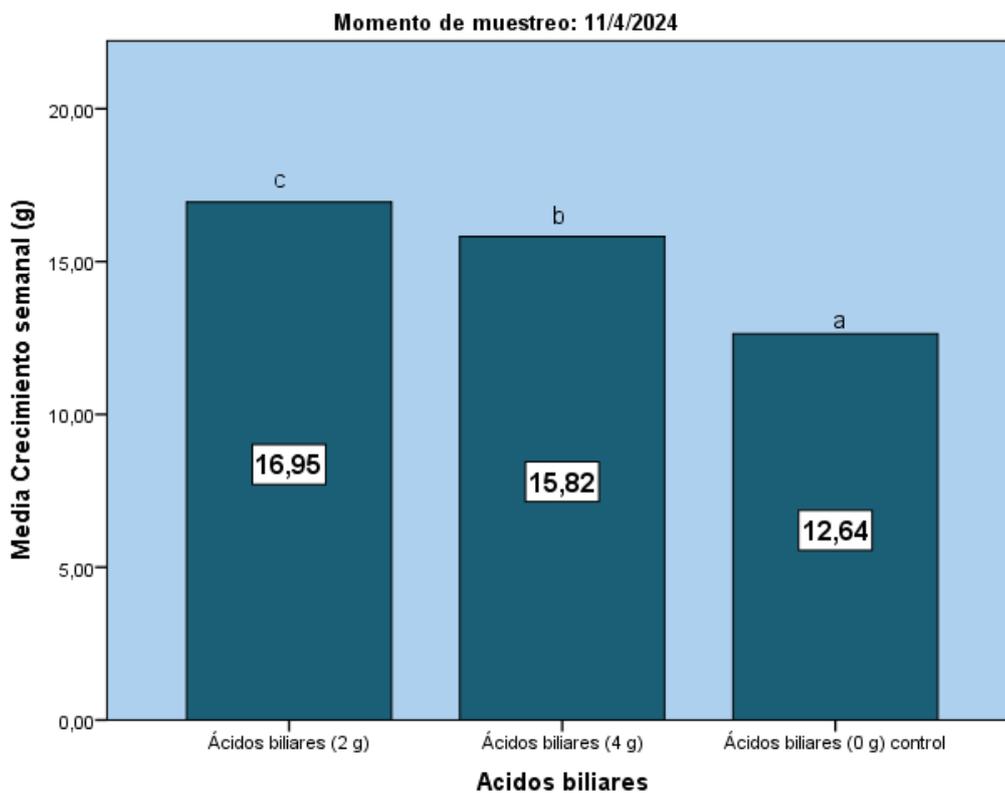
Los ácidos biliares de la dieta aumentaron la capacidad de crecimiento en los camarones que se alimentaron con una dosis de 2 gramos/kg de alimento. Esto se puede justificar con el hecho de una mayor presencia de exoesqueletos en este tratamiento, en cuyas unidades experimentales la presencia de mudas (ecdysis) fue de hasta un 75% mayor en comparación con los otros tratamientos, Adicionalmente, en una investigación publicada por Li *et al.*, (2023a), los autores comentan que los ácidos biliares ayudaron en la expresión genética relacionado a la muda y el metabolismo de los esteroides, favoreciendo este proceso y asegurando una mayor absorción de nutrientes por parte del hepatopáncreas.

Por otro lado, Li *et al.*, (2023b), sugieren una mayor absorción de los lípidos presentes en la dieta comercial al adicionar ácidos biliares, los cuales también fueron parte importante en el mantenimiento del crecimiento y así mismo la supervivencia en *L. vannamei*; en lo cual en la presente investigación fue de manera progresiva la ganancia de peso en los camarones tratados con BA<sub>2</sub> en la dieta comercial con respecto al control.

De manera porcentual haciendo una comparación entre los pesos de la última semana entre los tratamientos BA<sub>2</sub> y BA<sub>4</sub>, la diferencia se mantuvo en un 7,14 % en relación a la dosis en el tratamiento BA<sub>4</sub>, esta diferencia numérica evidencia que no hay beneficios al duplicar la dosis de ácidos biliares en la dieta para camarón; esto se refleja en el estudio realizado por Su *et al.*, (2021) en el que utilizaron camarones *L. vannamei* con peso de  $1,09 \pm 0,04$  gramos durante 60 días de cultivo, y alimentados con dosis de (0, 0,1, 0,2, 0,3 y 0,5 g kg<sup>-1</sup> (control, BA1, BA2, BA3 y BA4)), concluyeron que la adición de 0,2-0,3 g/kg de ácidos biliares a una dieta que contenía 27 % de proteína, favoreció significativamente el aumento de peso en los organismos que fueron tratados con dicha dosis, mientras que una mayor adición (0,5 g/kg) perjudicó el hepatopáncreas.

Figura 7

Peso final de *L. vannamei* alimentados dos dosis de ácidos biliares en la dieta.



En base a la Figura 8, tanto de manera estadísticamente y numérica el tratamiento BA<sub>2</sub>(2 gramos/kg) presentó el mayor promedio teniendo diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) al compararse con los otros tratamientos. Por otro lado, los tratamientos BA<sub>4</sub> (4 gramos/kg) y control (0 gramos/kg) fueron estadísticamente muy diferentes, de manera que mostraron diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ).

Algunos estudios han reportado que la adición de ácidos biliares en la dieta durante el cultivo de *L. vannamei* tiene ventajas en la ganancia de peso y sobrevivencia, así como en la asimilación de nutrientes por parte del organismo, en una investigación de Li *et al.*, (2024), en lo cual concluyó, que los ácidos biliares han recibido amplia atención como aditivos alimentarios para mejorar el crecimiento y la salud de los peces y camarones de cultivo, especialmente cuando se alimentan con dietas subóptimas que incluyen bajo contenido de harina de pescado así mismo en una dieta rica en proteínas vegetales o una dieta rica en lípidos.

En una investigación realizada por Wang *et al.*, (2023), en *L. vannamei* con peso de  $1,90 \pm 0,01$  g fueron alimentados durante 56 días con una dieta al 14% de proteína, con la inclusión de ácidos biliares a razón de 75, 150 y 300 mg/kg. Estos autores concluyeron que la inclusión de 150 mg BA kg<sup>-1</sup> mejoró significativamente el crecimiento comparado con las otras dosis aplicadas en el alimento, así mismo reportaron que la sobrevivencia no presentó diferencias significativas entre los tratamientos. Dichos resultados de sobrevivencia no son similares en el presente estudio, ya que tanto en el control con respecto a los tratamientos con la incorporación de BA, se observaron diferencias estadísticas significativas.

Sin embargo en contraparte a estos resultados, en la investigación realizada por Silva (2024), en la que trabajó con *Penaeus vannamei* durante 28 días de cultivo con dosis de 0, 750, 2.250 y 3.750 ppm de ácidos biliares aplicado en el alimento balanceado comercial con un contenido

de 35 y 40 % de proteína, reportó que los resultados estadísticamente, tanto en peso promedio como en el incremento de peso promedio, no tuvieron diferencias significativas tanto en los tratamientos y control, por lo que los resultados mostraron que no hubo ningún efecto al adicionar las diferentes dosis de ácidos biliares en la dieta.

### 3.2 Tasa de Supervivencia de *L. vannamei* alimentado con dos dosis de ácidos biliares en la dieta

Durante el desarrollo experimental de cultivo, la supervivencia promedio de *L. vannamei* alimentado con 2 g/kg de BA en la dieta estuvo permanentemente por encima de los otros tratamientos. Con respecto, al final del cultivo, el valor de la supervivencia tanto en los tratamientos y el control estadísticamente tuvieron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre ellos (Tabla 7).

Tabla 7

Promedio de supervivencia en porcentaje de los tratamientos (BA2 (2 gramos/kg), BA4 (4 gramos/kg) y Control), se muestran los valores de supervivencia promedios de los 3 tratamientos y la desviación estándar. Se incluye el valor de p, que indica si hay o no diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ).

Semanas de cultivo	Tratamiento	Tratamiento	Control	<i>p</i> -valor
	BA <sub>2</sub> c	BA <sub>4</sub> b	TC a	
	Sup. (%)	Sup. (%)	Sup. (%)	
1	90,00 a ±0,00	90,00 a ±0,00	90,00 a ±0,00	0,00
2	90,00 a ±0,00	90,00 a ±0,00	90,00 a ±0,00	0,00
3	90,00 b ±0,00	85,69 b ±0,00	77,08 a ±0,00	0,027

<b>4</b>	79,55 b $\pm$ 0,00	68,66 a $\pm$ 2,89	65,95 a $\pm$ 0,00	0,021
<b>5</b>	67,21 a $\pm$ 5,00	65,95 a $\pm$ 2,89	64,69 a $\pm$ 2,89	0,296
<b>6</b>	67,21b $\pm$ 0,00	64,69 b $\pm$ 2,89	61,14 a $\pm$ 2,89	< 0,014
<b>7</b>	<b>67,21c <math>\pm</math>0,00</b>	<b>63,43 b <math>\pm</math>0,00</b>	<b>57,86 a <math>\pm</math>2,89</b>	< 0,000

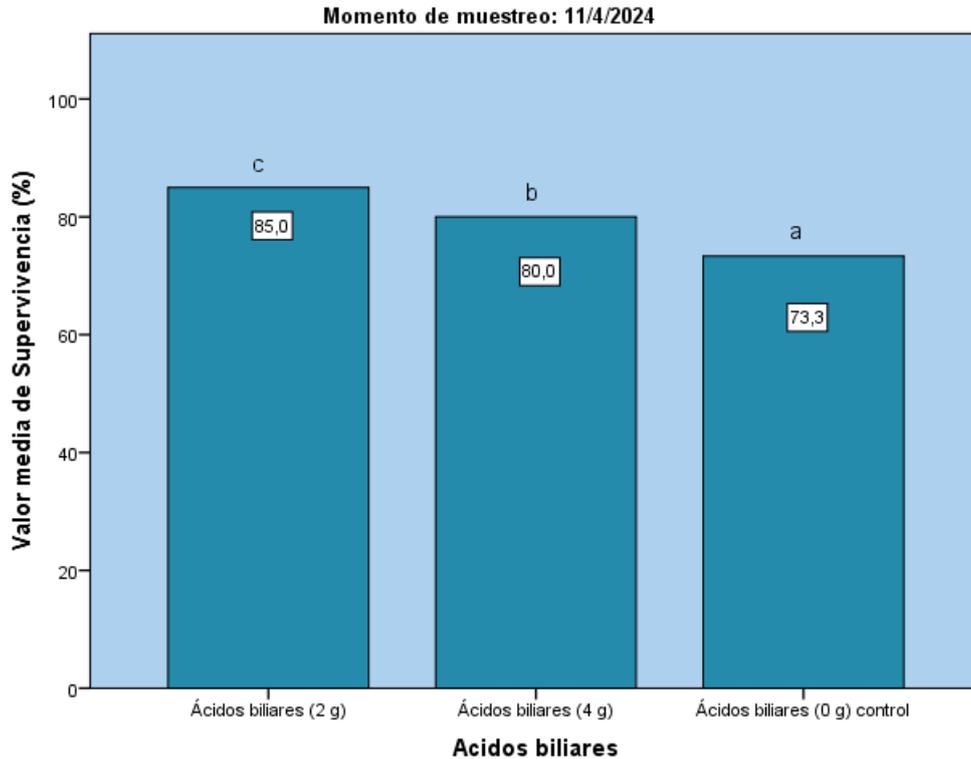
**Fuente:** Elaborado por autor

En la Tabla 7, se puede observar que la sobrevivencia de *L. vannamei* alimentado con dosis de 2 y 4 g/kg de ácido biliar en la dieta fue superior a la del control; por lo tanto, se observó que la sobrevivencia mejoró con el uso de ácidos biliares. A inicios de cultivo experimental, dentro de las primeras tres semanas no existieron diferencias significativas entre tratamientos; durante la cuarta semana se empiezan a observar diferencias entre tratamientos y control, siendo la dosis de BA<sub>2</sub> superior en sobrevivencia, manteniéndose desde la quinta semana de manera lineal sin cambios hasta final de cultivo.

La sobrevivencia final de *L. vannamei* sometido a dieta con dosis de 2 g/kg de ácidos biliares, fue muy superior que la dosis 4 g/kg y control; así mismo las dosis de 4 g/kg estuvo ligeramente por encima del control durante el periodo de cultivo (Figura. 9). El análisis estadístico determinó que la sobrevivencia promedio final en la dosis de 2 g/kg fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) que, en la otra dosis de ácidos biliares y el control, respectivamente.

Figura 8

*Sobrevivencia de L. vannamei alimentados con dos dosis de ácidos biliares y tratamiento control.*



**Fuente:** Elaborado por autor

El valor de sobrevivencia en los tres diferentes tratamientos estadísticamente tuvo diferencias estadísticas, así mismo de manera numéricamente existieron diferencias entre el tratamiento BA<sub>2</sub> con respecto al tratamiento control, con valores de 85 % de sobrevivencia contra un 73,3 % del tratamiento control.

Por su parte, se observó un bajo rendimiento del crecimiento y sobrevivencia en el grupo control (12,64 gramos, 73,3 %), lo que puede deberse a una menor capacidad metabólica de parte del organismo, una menor absorción de nutrientes en la microbiota intestinal lo cual concuerda con lo reportado por Su *et al.*, (2021) en su investigación el cual nombra las capacidades de los ácidos biliares en la promoción del crecimiento en camarones.

Así mismo Silva (2024), en su investigación concluyó que en cuanto a los valores de sobrevivencia si existieron diferencias significativas entre tratamientos, en donde la dosis con

2250 ppm de ácidos biliares mejoró la sobrevivencia durante el desarrollo de la investigación a diferencia de los otros tratamientos.

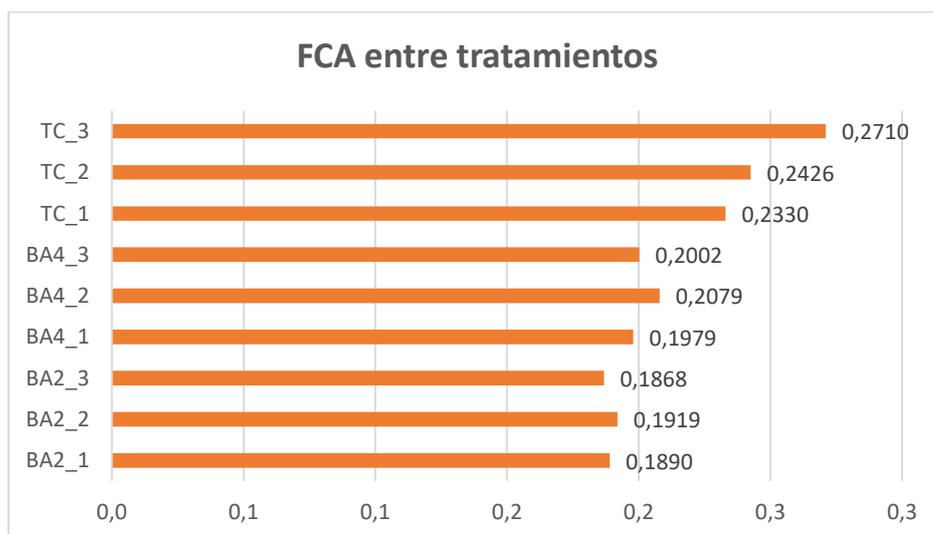
Al existir diferencias entre los resultados entre los estudios realizados por autores, cuando se utilizaron los ácidos biliares como aditivo funcional en piensos, posiblemente es debido a varios factores como el nivel de inclusión y la formulación de la dieta basal, los cuales tanto en autores recientes y en mi investigación fueron diferentes.

### 3.3 Factor de conversión alimenticia entre tratamientos

Con datos en la Figura 10, acerca del factor de conversión alimenticia dada por cada tratamiento tenemos que con el uso del tratamiento BA<sub>2</sub> tenemos un índice de conversión menor con respecto al control, este bajo nivel es adecuado teniendo en cuenta la biomasa generada en los tratamientos con BA<sub>2</sub>, en el cual el crecimiento y sobrevivencia fueron mucho mayor entre los tratamientos y control.

Figura 9

Valores promedios de FCA por tratamientos BA<sub>2</sub>, BA<sub>4</sub> y TC.



Fuente: Elaborado por autor

Su *et al.*, (2022) en su investigación en la aplicación de ácidos biliares en la dieta para *L. vannamei* en la cual los ácidos biliares mejoraron la utilización del colesterol, la asimilación de colesterol exógeno en los camarones, lo cual ayudó en la reducción del costo de alimentación, en general, el ácido biliar es un aditivo alimentario funcional para mejorar el crecimiento y la salud de los camarones.

### 3.4 Análisis cualitativo de contenido lipídico en hepatopáncreas

En cuanto a los parámetros patológicos, estos se tomaron al final del cultivo (49 d), en los cuales incluyeron el grado y nivel de lípidos en los túbulos hepatopancreáticos presentes al final del cultivo. Siendo así que el tratamiento BA<sub>2</sub> (2 g/kg) tuvo un porcentaje de lípidos presentes entre 76-100%, en todas sus repeticiones del tratamiento, con respecto al tratamiento BA<sub>4</sub> (4 g/kg), presentó un porcentaje de lípidos entre un 51 a 75% en todas las repeticiones, en cuanto al tratamiento control (0 g/kg) de ácidos biliares en la dieta, en la cual finalizó con un porcentaje de lípidos de 26 a 75% de lípidos, como se observa en la Tabla 8.

Tabla 8

Nivel y grado de lípidos en hepatopáncreas de muestras tomadas por cada tratamiento y respectivo control.

Nivel y grado de lípidos en hepatopáncreas						
Muestras	Tratamientos					
	2 g/kg		4 g/kg		Control	
	Nivel	Grado	Nivel	Grado	Nivel	Grado
1	76-100 %	L4	76-100 %	L4	26-50 %	L2
2	76-100 %	L4	51-75 %	L3	51-75 %	L3
3	76-100 %	L4	51-75 %	L3	51-75 %	L3
4	51-75 %	L3	76-100 %	L4	26-50 %	L2
5	76-100 %	L4	51-75 %	L3	51-75 %	L3

**Fuente:** El autor

En resultados dados con el tratamiento 1, la dosis de ácidos biliares de 2 g/kg en la dieta, también se ha logrado obtener mejores resultados en la sobrevivencia y en el crecimiento en la etapa de engorde de *Litopenaeus vannamei*. Con esta dosis de ácidos biliares se alcanza los requerimientos óptimos necesarios en el organismo del camarón blanco del pacífico, para que alcance un grado más alto en cuanto al nivel de lípidos en los túbulos hepatopancreáticos.

En una investigación de Su *et al.*, (2022), en la cual informa que en virtud de su estructura anfipática, los BA son capaces de solubilizar lípidos mediante la formación de micelas, lo que facilita la eficiencia de utilización de lípidos (por ejemplo, los esteroides y ácidos grasos), lo cual permite una mejor asimilación y reservas de lípidos en el hepatopáncreas.

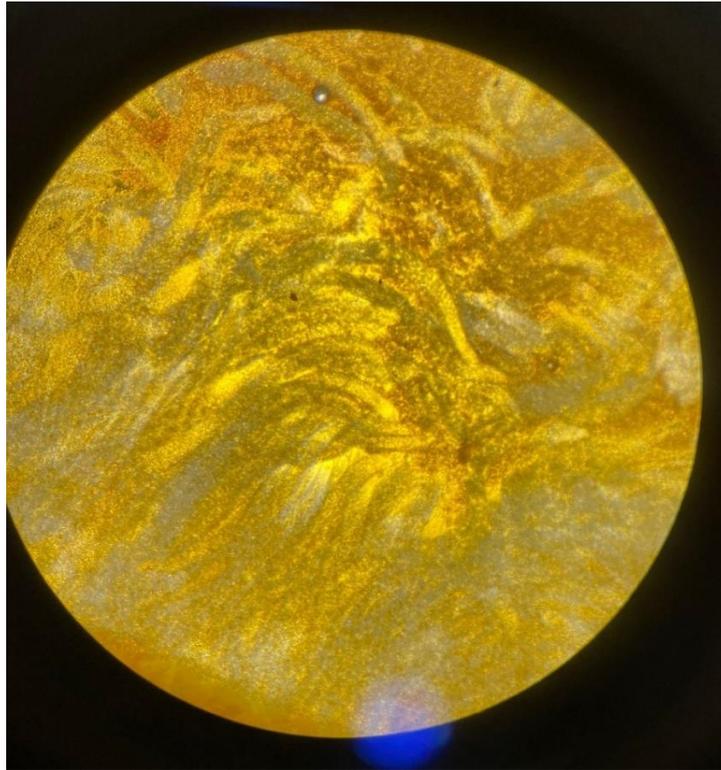
### ***3.4.1 Análisis y evaluación de túbulos de hepatopáncreas a nivel de microscopio***

#### **Tratamiento 1 BA<sub>2</sub>**

En muestras obtenidas de 5 animales al azar provenientes del tratamiento BA<sub>2</sub> se evidenció que de manera externa el hepatopáncreas de estos animales tenían una apariencia mucho mayor en relación a los animales del tratamiento control, un hepatopáncreas más oscuro, tal como se muestra en la Figura 10.

Figura 10

*Muestra de hepatopáncreas del tratamiento BA<sub>2</sub> con vista al microscopio a 10 x.*



Fuente: El autor

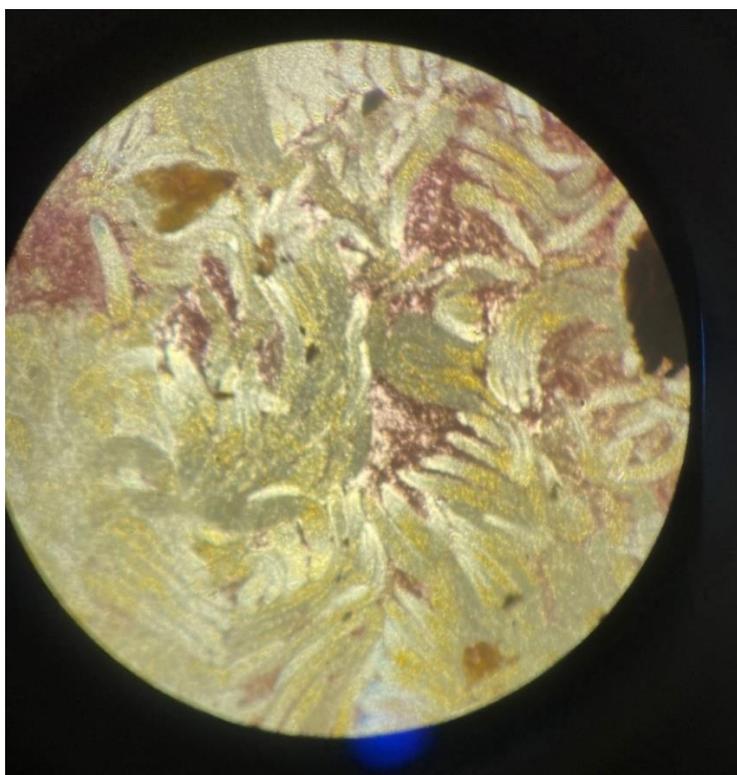
Yacila, (2024), en su investigación informa que la dosis de 2200 ppm de ácidos biliares aplicado en la dieta para *L. vannamei*, le dio mejores resultados en cuanto al contenido lipídico del hepatopáncreas, el grado y nivel de lípidos en los túbulos hepatopancreáticos alcanzó el G4 (96 a 100% de lípidos), el cual es un nivel óptimo dentro del contenido de lípidos en el hepatopáncreas; en cuanto a mi investigación la mejor condición que presentaron los túbulos se mostró en la dosis BA<sub>2</sub>, la cual registró mejores niveles de contenido de lípidos, un menor grado de deformidad y necrosis a nivel de túbulos.

#### **Tratamiento 2 BA<sub>4</sub>**

En muestras provenientes del tratamiento BA<sub>4</sub> estos presentaban una menor presencia de contenido lipídico en túbulos, con un 75 % lleno y un 25 % vacíos, también se pudo observar en el hepatopáncreas una mayor presencia de necrosis en ciertos organismos infectados posiblemente por bacterias, como se muestra Figura 11.

Figura 11

*Muestra de hepatopáncreas del tratamiento BA<sub>4</sub> vista al microscopio a 10 x.*



En investigación realizada por Li *et al.*, (2023), en el hepatopáncreas, informa que los camarones alimentados con las dietas LBA2(0,3 g kg<sup>-1</sup> ácidos biliares) y LBA4 (0,9 g kg<sup>-1</sup> los ácidos biliares mejoraron significativamente la expresión de *ecr* y *quitinasa (chi2)* que los alimentados con la dieta LFM ( $p < 0.05$ ); estos tipos de receptores son parte esencial como participes en la expresión génica relacionada con el proceso de muda en los crustáceos.

### **Tratamiento control**

Como se observa en la Figura. 12, la apariencia del hepatopáncreas en *L. vannamei* vista bajo microscopio, contiene una menor cantidad de vacuolas lipídicas en los túbulos, así como también la presencia de deformaciones y estrangulamientos con apariencia de “nudos de salchichas” entre los túbulos, de igual manera a nivel de muestras provenientes del tratamiento control se pudo observar la presencia de necrosis a nivel de túbulos al igual que en urópodos y pereiópodos, en cuanto a la apariencia externa se observó un hepatopáncreas más pálido en

relación al tratamiento BA<sub>2</sub> en el cual los hepatopáncreas a nivel externo presentaba un color oscuro y con mejor apariencia que el del control.

Figura 12

*Muestra de hepatopáncreas de tratamiento control con vista al microscopio a 10 x.*



En la investigación realizada por Wang *et al.*, (2023), encontró que dentro de la actividad enzimática digestiva del hepatopáncreas de *L. vannamei*, los ácidos biliares de la dieta no afectaron la actividad de la amilasa, pero con la adición de 300 mg/kg de ácidos biliares aumentó significativamente la actividad de la proteasa en el hepatopáncreas, esta enzima es esencial en la digestión de la proteínas provenientes de los alimentos en péptidos, lo cual permite una buena asimilación nutricional por parte de los camarones.

#### IV. CONCLUSIONES

Como conclusiones se puede mencionar:

- La suplementación de ácidos biliares en dietas para *L. vannamei* en dosis de 2 g/kg presentó una ganancia de peso mayor que los otros tratamientos utilizados en el presente estudio. Este beneficio en crecimiento se puede justificar por el efecto que producen los BA en los camarones: mejor asimilación de nutrientes por parte del hepatopáncreas, con su consecuente acumulación de reservas lipídicas, lo cual ayuda a un mejor proceso de la ecdisis, ayudándole así a un rendimiento óptimo en crecimiento.
- Uno de los beneficios observados de los ácidos biliares como aditivo alimenticio en dietas para *L. vannamei* es el aumento del consumo del alimento suministrado. Esto a la vez se traduce en una mejor digestión y absorción de nutrientes por parte del hepatopáncreas, el cual a la vez es más saludable, con lo cual se incrementa la tasa de crecimiento y el peso final de los organismos.
- Los tratamientos que contaron con la administración de ácidos biliares mostraron una mayor tasa de sobrevivencia que el control, sin embargo, no hubo diferencia estadística significativa al compararse entre ellos. Este efecto puede deberse al hecho de que los BA mejoraron la asimilación de nutrientes provenientes de la dieta, y con ello los camarones tuvieron una mejor resistencia al estrés del cultivo.
- La adición de ácidos biliares contribuyó a una mejor conversión del alimento en biomasa de camarón, lo que sugiere una mejora en la eficiencia alimentaria. Esto podría estar relacionado con la capacidad de los ácidos biliares para mejorar la digestión y absorción de nutrientes esenciales, resultando en un crecimiento más rápido y eficiente.
- *L. vannamei* tratados con ácidos biliares mostraron una mejor condición de salud, con menos incidencias de enfermedades y estrés. Esto indica que los ácidos biliares pueden

tener un efecto inmunoestimulante, fortaleciendo la resistencia del camarón a factores ambientales adversos y patógenos.

- La carga lipídica en los HP de los camarones que recibieron ácidos biliares a 2 g/kg fue mayor, observándose un contenido lipídico en túbulos del 75 al 100%, el beneficio de esta condición se traduce en una mejor salud de los camarones, teniendo una mayor resistencia a enfermedades, al igual que mayor reserva de lípidos y energía para sostenimiento del animal durante el cultivo.

## **V. RECOMENDACIONES**

- Investigar la respuesta fisiológica e inmune de los organismos cultivados al utilizar BA en alimentos con bajo nivel de proteínas, e identificar la interacción de los ácidos biliares en la microbiota intestinal de *Litopenaeus vannamei* para conocer la dinámica e influencia en la salud desde la perspectiva intestinal del animal.
- Trabajar con dosis mucho menores a la que se realizó en este trabajo de investigación para conocer más acerca de que dosis puede beneficiar al mantenimiento en cuanto a mayores crecimientos y sobrevivencia.
- Explorar la interacción de los ácidos biliares con otros aditivos alimenticios, y observar si la combinación de BA con probióticos, prebióticos o suplementos vitamínicos podrían potenciar aún más los beneficios observados.
- Realizar un análisis económico detallado para evaluar el costo-beneficio de la adición de ácidos biliares en el cultivo de camarón.

## BIBLIOGRAFIA

- Anaya Rosas, R. (2005). Cultivo de camarón blanco, *litopenaeus vannamei*, Boone (1931), en sistema cerrado a alta densidad. *Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada*, [Tesis de grado de Centro de investigación y de educación superior de ensenada],45. Recuperado el 20 de enero de 2024, de <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/1144/1/167251.pdf>
- Casillas-Hernández, R., Gonzalez-Galaviz, J., Rodriguez-Anaya, L., Gil-Núñez, J., & Rodríguez-Jaramillo, M. (2022). Dietary Use of Methionine Sources and *Bacillus amyloliquefaciens* CECT 5940 Influences Growth Performance, Hepatopancreatic Histology, Digestion, Immunity, and Digestive Microbiota of *Litopenaeus vannamei* Fed Reduced Fishmeal Diets. *Animals : an open access journal from MDPI*, *13*(1), 43, 19. doi:<https://doi.org/10.3390%2Fani13010043>
- Chen, Y., Pan, Z., Li, X., Yao, X., He, G., & Xie, S. (2023). Evaluation of Phytosterols as an Alternative to Cholesterol in Practical Diets on Growth and Nonspecific Immunity of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture nutrition*, *2023*, 7825559, 10. doi:<https://doi.org/10.1155%2F2023%2F7825559>
- Cruz Suárez, L. E. (2019). Digestion en camaron y su relacion con formulacion y fabricacion de alimentos balanceados.[Tesis de grado de Universidad Autónoma de Nuevo León], *Avances En Nutrición Acuicola*, 70. Obtenido de <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/330>
- Davis, D. (01 de agosto de 2005). *Los camarones no requieren un tipo específico de proteína*. Recuperado el diciembre de 2023, de Global Seafood Alliance (GSA): <https://www.globalseafood.org/advocate/nutrient-requirements-of-penaeid-shrimp/>
- Davis, R., Abebe, A., Boyd, C., & McNevin, A. (2021). Exploring the relationship between production intensity and land use: A meta-analytic approach with shrimp aquaculture.

*Journal of Environmental Management*, 300(113719), 9.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113719>

Dawood, M., Koshio, S., & Esteban, M. (2017). Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review. *Rev. Aquac.* 2018;10:950–974.  
doi:<https://doi.org/10.1111/raq.12209>

Gómez-Bayardo, S., Espinosa-Plascencia, A., Jiménez-Edeza, M., Pérez-Álvarez, A., García-Galaz, A., & Bermúdez-Almada, M. (2021). Estudio de caso: Evaluación y efecto del alimento con oxitetraciclina preparado industrialmente y con un procedimiento establecido en granja sobre el desarrollo del camarón *Penaeus vannamei* y su acumulación en músculo y hepatopáncreas. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 24, 13. doi:<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.305>

Islam, F., Imran, A., Nosheen, F., Fatima, M., Umair Arshad, M., Afzaal, M., . . . Amer Ali, Y. (2023). Functional roles and novel tools for improving-oxidative stability of polyunsaturated fatty acids: A comprehensive review. *Food science & nutrition*, 11(6), 2471–2482. doi:<https://doi.org/10.1002/2Ffsn3.3272>

Klahan, R., Deevong, P., Wiboonsirikul, J., & Yuangsoi, B. (2023). Growth Performance, Feed Utilisation, Endogenous Digestive Enzymes, Intestinal Morphology, and Antimicrobial Effect of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Fed with Feed Supplemented with Pineapple Waste Crude Extract as a Functional Feed Additive. *Aquaculture nutrition*, 2023, 1160015, 13. doi:<https://doi.org/10.1155/2F2023/2F1160015>

Kumar, R., Hann, T., Chang, C.-C., Tung, T.-C., Lin, S.-S., Lo, C.-F., & Wang, H.-C. (2019). Bile acid and bile acid transporters are involved in the pathogenesis of acute hepatopancreatic necrosis disease in white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Cellular Microbiology*. 2020; 22:e13127, 22(1), 19. doi:<https://doi.org/10.1111/cmi.13127>

- Larbi Ayisi, C., Ming Hua, X., Apraku, A., Afriyie, G., & Amankwah Kyei, B. (2017). Recent Studies Toward the Development of Practical Diets for Shrimp and Their Nutritional Requirements. *HAYATI Journal of Biosciences Volume 24, Issue 3*, 109-117. doi:<https://doi.org/10.1016/j.hjb.2017.09.004>
- Lee, C., & Lee, K.-J. (2018). Dietary protein requirement of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in three different growth stages. *Fish Aquatic Sci* 21, 30, 6. doi:<https://doi.org/10.1186/s41240-018-0105-0>
- Li, X., Li, H., Qu, K., Liu, Y., Chi, S., Yang, Q., . . . Xie, S. (2023). Dietary bile acids promote sterol metabolism, bile acids enterohepatic circulation, and apoptosis in juvenile Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Animal Feed Science and Technology*, 303. doi:<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115710>
- Li, X., Qu, K., Liu, Y., Dong, X., Chi, S., Yang, Q., . . . Xie, S. (2023). Effects of Dietary Bile Acids Supplementation on Growth Performance, Sterol Metabolism, Bile Acids Enterohepatic Circulation, and Apoptosis of Juvenile Pacific White Shrimp (*Litopenaeus Vannamei*). *SSRN*, 20. doi:<https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4446568>
- Li, X., Shia, M., Chen, L., Zhang, S., Chi, S., Dong, X., . . . Xie, S. (2023). Effects of bile acids supplemented into low fishmeal diet on growth, molting, and intestinal health of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Reports* 29 (2023) 101491, 11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101491>
- Lu, J., Tao, X., Luo, J., Zhu, T., Jiao, L., Sun, P., . . . Jin, M. (2023). Dietary choline activates the Ampk/Srebp signaling pathway and decreases lipid levels in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Animal nutrition (Zhongguo xu mu shou yi xue hui)*, 15, 58–70, 13. doi:<https://doi.org/10.1016%2Fj.aninu.2023.05.014>
- Martínez Soler, M., Courtois de Vicose, G., Roo Filgueira, J., Zambrano Sánchez, J., Yugcha Oñate, E., Montachana Chimborazo, M., . . . Afonso López, J. (2023). Effect of HUFA

- in Enriched Artemia on Growth Performance, Biochemical and Fatty Acid Content, and Hepatopancreatic Features of *Penaeus vannamei* Postlarvae from a Commercial Shrimp Hatchery in Santa Elena, Ecuador. *Aquaculture nutrition*, 10. doi:<https://doi.org/10.1155%2F2023%2F7343070>
- Mascena Braga , Í., Carvalho Chagas, A., Monserrat, J., Borges Tesser, M., Wasielesky, W., Kipper Fóes, G., & Torres Rosas, V. (2023). Different lipid levels in the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nursery in systems grown in super-intensive biofloc systems. *Aquaculture Reports*, 33. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101823>
- Nunes, A., Lotte Dalen, L., Leonardi, G., & Burri, L. (2022). Developing sustainable, cost-effective and high-performance shrimp feed formulations containing low fish meal levels. *Aquaculture Reports*, 27, 12. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101422>
- Qiao, Y., Han, F., Peng, X., Rombenso, A., & Li, E. (2023). Dietary  $\beta$ -Glucan Alleviates Antibiotic-Associated Side Effects by Increasing the Levels of Antioxidant Enzyme Activities and Modifying Intestinal Microbiota in Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 13(1), 52, 14. doi:<https://doi.org/10.3390%2F antioxidants13010052>
- Wu, Y., Chen, J., Liao, G., Hu, M., Zhang, Q., Meng, X., . . . Zhou, Z. (2022). Down-Regulation of Lipid Metabolism in the Hepatopancreas of Shrimp *Litopenaeus vannamei* upon Light and Heavy Infection of *Enterocytozoon hepatopenaei*: A Comparative Proteomic Study. *International journal of molecular sciences*, 23(19), 11574, 18. doi:<https://doi.org/10.3390%2Fijms231911574>
- Yacila Silva , P. (2024). Efecto de los ácidos biliares en el crecimiento, sobrevivencia y respuesta inmunológica en juveniles de *Penaeus vannamei*. [Tesis de grado de Universidad Nacional de Tumbes], *Universidad Nacional de Tumbes*, 64. Recuperado

<https://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/65029>

Yuan, H., Song, W., Tan, J., Zheng, Y., Wang, H., Shi, L., & Zhang, S. (2023). The Effects of Dietary Protein Level on the Growth Performance, Body Composition, Intestinal Digestion and Microbiota of *Litopenaeus vannamei* Fed *Chlorella sorokiniana* as the Main Protein Source. *Animals : an open access journal from MDPI*, *13*(18), 2881, 21. doi:<https://doi.org/10.3390%2Fani13182881>

Zancan, T., Monserrat, J., Marreiro Gomes, R., Martins, V., Wasielesky, W., & Tesser, M. (2023). Effects of including of Japanese Pumpkin Seeds and Pomace in the Diets of Pacific White Shrimp (*Penaeus vannamei*). *Animals : an open access journal from MDPI*, *13*(22), 3480, 18. doi:<https://doi.org/10.3390%2Fani13223480>

Zhou, W., Xie, Y., Xie, M., Liang, H., Li, M., Zhou, B., . . . Zhou, Z. (2023). The effect of dietary supplementation of medium-chain fatty acids products on gut and hepatopancreas health, and disease resistance in white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Reports*, *Volume 29*, 2023, 101481, 10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101481>

Alatwinusa Yohana, M., Watson Ray, G., Yang, Q., Tan, B., Chi, S., Lin, H., . . . Yi, Y. (2023). Implications of dietary soybean meal replacement with corn gluten meal on growth performance, antioxidant activities, hepatopancreatic histopathology, and intestinal flora of juvenile Pacific shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Reports*, *33*, 14. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101821>

Balanceados npv. (16 de octubre de 2020). *Balanceados npv*. Obtenido de <https://balanceadosnpv.com/alimentacion-camarones-balanceados-bodegas-npv/>

Barreto, A., Peixoto, D., Fajardo, C., Pinto, W., Rocha, R., Conceição, L., & Costas, B. (2023). Health-Promoting Additives Supplemented in Inert Microdiets for Whiteleg Shrimp

- (*Penaeus vannamei*) Post-Larvae: Effects on Growth, Survival, and Health Status. *Animals : an open access journal from MDPI*, 13(4), 726, 13. doi:<https://doi.org/10.3390%2Fani13040726>
- Boonyaratpalin , M. (1996). Nutritional Requirements of Commercially Important Shrimps in the Tropics. In: C.B. Santiago, R.M. Coloso, O.M. Millamena & I.G. Borlongan (Eds.). *Feeds for Small-Scale Aquaculture. Proceedings of the National Seminar-Workshop on Fish Nutrition and Feeds*, 10-28. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/10863263.pdf>
- Calvo Elizondo, E. (2023). Cultivo de camarón blanco (*litopenaeus vannamei*, bonne 1931) en jaulas flotantes como alternativa productiva para el sector pesquero artesanal del golfo de Nicoya, Costa Rica. [Tesis de grado de Universidad Nacional, Costa Rica], *Universidad Nacional, Facultad de Ciencias Exactas Y Naturales, Escuela de Ciencias Biológicas*, 143. Obtenido de <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/25888/Tesis%20Maestra%C3%A9Da%20Elman%20Calvo%20E.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrión-Herrera, J., Galarza-Mora, W., Quizhpe-Cordero, P., & Sánchez-Romero, O. (2023). Efecto de alimentos balanceados comerciales y predigeridos con probióticos sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles del camarón blanco *Litopenaeus Vannamei*. *Pol. Con. (Edición núm. 85) Vol. 8, No 8*, 1532-1570. doi: 10.23857/pc.v8i8
- Castillo, D., Guevara, M., Sellan , J., Tumbaco, N., & Velásquez, M. (2020). Actualidad del sector camaronero ecuatoriano. [Tesis de grado de la escuela politecnica del litoral], *CADIEC- ESPOL*, 14. Obtenido de <http://cadiec.oe.espol.edu.ec/wp-content/uploads/sites/19/2021/07/Art%C3%ADculo-sobre-Sector-Camaronero.pdf>
- Castro Guerrero, J., & Macas Romero, J. (2023). Eficiencia del alimento predigerido en el crecimiento y composición nutricional del (*Litopenaeus vannamei*) cultivados en

- estanques.[ Tesis de grado de *Universidad Técnica de Machala*], 99. Obtenido de [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/21927/1/Trabajo\\_Titulacion\\_2200.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/21927/1/Trabajo_Titulacion_2200.pdf)
- Emerenciano, M., Rombenso, A., Vieira, F., Martins, M., Coman, G., Truong , H., . . . Simon, C. (2022). Intensification of Penaeid Shrimp Culture: An Applied Review of Advances in Production Systems, Nutrition and Breeding. *Animals : an open access journal from MDPI*, 12(3), 236, 39. doi:<https://doi.org/10.3390%2Fani12030236>
- Flores Galvez, K. (2019). Efecto del ácido araquidónico (ARA, 20:4n6) en el desarrollo y metabolismo de lípidos en juveniles de camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*). [Tesis de grado de *Universidad autónoma metropolitana de Mexico*], 37. Obtenido de <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/retrieve/e388aaa0-a291-4c49-938a-a5e778bbb059/cbs1973086.pdf>
- Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P., & Metailler, R. (2004). *Nutricion y alimentacion de peces y crustaceos*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. Recuperado el 26 de diciembre de 2023
- Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P., & Métailler, R. (2004). *Nutrición y alimentación de peces y crustáceos*. Madrid: Ediciones Mundi- Prensa.
- J. Espinos , F. (2020). La Acuicultura como activo economico y social. *Dialnet*, 289-307. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7663547>
- Kumar, R., Tung, T.-C., Hann, T., Chang, C.-C., Chen, Y.-L., Chen, Y.-M., . . . Wang, H.-C. (2021). Metabolic Alterations in Shrimp Stomach During Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease and Effects of Taurocholate on *Vibrio parahaemolyticus*. *Front. Microbiol.* 12:631468, 15. doi:10.3389/fmicb.2021.631468
- Li, L., Liu, T., Li, J., Yang, Y., Liu, H., & Zhang, P. (2024). Eficacia de los ácidos biliares como suplemento alimenticio para mejorar el rendimiento del crecimiento, la

- utilización del alimento, el metabolismo de los lípidos, las enzimas digestivas y el estado antioxidante hepático en animales de acuicultura: un me. *Aquaculture Reports*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102121>
- Lopez Marcos, S. (2020). Efecto del aciete vegetal (canola) y animal (sardina y salmon) en el alimento sobre la expresion transcripcional del camaron blanco *Penaeus vannamei*. *Centro de investigaciones biologicas del noroeste, S.C.*, 97.
- Martínez Córdova, R. (2009). *Camaronicultura sustentable manejo y evaluacion: cultivo, alimentación, comercialización*. Mexico: Trillas. Recuperado el 22 de enero de 2024
- Musa, M., Thoyibah, A., Puspitaningtyas, D., Arsad, S., Mahmud, M., Lusiana, E., . . . Huda, A. (2023). The impact of water quality on the availability of phytoplankton and growth of *Litopenaeus vannamei*. *Journal of water and land development*, 56, 9. doi: 10.24425/jwld.2023.143753
- Nates, S. (2016). Introduction. *Aquafeed Formulation*, 13-22. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800873-7.00020-8>
- Ochoa López, P., & Mina Bayas, L. (2023). Análisis breve sobre el impacto del precio del camarón en exportaciones del Ecuador periodo 2018-2022. [Revista *South Florida Journal of Development*], 2800-2812. doi:10.46932/sfjdv4n7-019
- Ordoñez Barcia, A. M. (2020). Beneficios de las harinas de origen animal y vegetal en la formulación de dietas para la alimentación de *litopenaeus vannamei*. [Tesis de grado de *Universidad tecnica de Machala*], 39. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16111/1/ECUACA-2020-IAC-DE00010.pdf>
- Orrala Sandoval, G. (2021). Comparación de producción larvaria de distintas maduraciones en el laboratorio Incamar-alfamarina, San Pablo-Provincia de Santa Elena. [Tesis de grado

- de *Universidad Estatal Península de Santa Elena*], 63. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6585/1/UPSE-TBM-2021-0007.pdf>
- Pratiwi, N., Widigdo, B., Yasin, A., Soffyan, J., Iswantari, A., & Wulandari, D. (2021). Phytoplankton performance in supporting primary productivity in the intensive culture system of vannamei shrimp. *Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 744 012054, 10. doi:10.1088/1755-1315/744/1/012054
- Sanjeevani, K., & Lee, K.-J. (2023). Dietary Riboflavin Requirement of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture nutrition*, 2023, 6685592, 11. doi:<https://doi.org/10.1155/2023/2023/6685592>
- Shi, M., Zheng, C., Sun, Y., Li, X., He, G., Cao, J., . . . Xie, S. (2023). Effects of Dietary Chenodeoxycholic Acid Supplementation in a Low Fishmeal Diet Containing *Clostridium autoethanogenum* Protein on Growth, Lipid and Cholesterol Metabolism, and Hepatopancreas Health of *Litopenaeus vannamei*. *Animals : an open access journal from MDPI*, 13(13),2109, 15. doi:<https://doi.org/10.3390/2023/13132109>
- Su, C., Li, J., Lu, Y., Wang, Y., Ding, Y., Pan, L., & Zhang, M. (2022). Interactive effects of dietary cholesterol and bile acids on the growth, lipid metabolism, immune response and intestinal microbiota of *Litopenaeus vannamei*: Sparing effect of bile acids on cholesterol in shrimp diets. *Aquaculture*, 547(737412), 11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737412>
- Su, C., Li, J., Zhang, M., Luqing, P., Wang, Y., Ding, Y., . . . Lu, M. (2023). Dietary cholesterol enhances osmoregulation, antioxidant defenses and immune response of *Litopenaeus vannamei* to alleviate the macromolecular damage induced by salinity stress. *Aquaculture*, Volume 563, Part 1,2023,738861. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738861>

- Su, C., Xintian, L., Li, J., Zhang, M., Pan, L., Lu, Y., . . . Ding, Y. (2021). Effects of bile acids on the growth performance, lipid metabolism, non-specific immunity and intestinal microbiota of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Nutrition*, 27(6), 1–13. doi:<https://doi.org/10.1111/anu.13338>
- Surianti, Aslamyah, S., & Tandipayuk, H. (2021). Amino acid, nutrient digestibility and FCR of juvenile vannamei shrimp (*Litopenaeus Vannamei*) at various dosage tofu waste using mixed organism in feed. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 763 012023, 9. doi:10.1088/1755-1315/763/1/012023
- Thi Nguyen, T., Thi Nguyen, K., & Jolly , C. (2019). Is Super-Intensification the Solution to Shrimp Production and Export Sustainability? *Sustainability*, 11(5277), 22. doi:<https://doi.org/10.3390/su11195277>
- Villacis Yagual, J. (2022). Análisis de los factores de éxito que permitieron superar las principales crisis del sector camaronero en el Ecuador en el periodo (2000-2020). *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*, 84. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/19886/1/T-UCSG-PRE-CEAE-CNI-51.pdf>
- Wang, Y., Xu, Z., Li, M., Shuai, K., Lei, L., Li, X., & Leng, X. (2023). Supplemental bile acids in low fishmeal diet improved the growth, nutrient utilization of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Reports*, Volume 28,2023,101452, 6. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101452>
- Wei, H., Tan, B., Yang, Q., Mao, M., Lin, Y., & Chi, S. (2023). Growth, nonspecific immunity, intestinal flora, hepatopancreas, and intestinal histological results for *Litopenaeus vannamei* fed with diets supplement with different animal by-products. *Aquaculture Reports*, Volume 29,2023,101521, 10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101521>

- Xu, J., Zheng, C., Chi, S., Zhang, S., Cao, J., Tan, B., & Xie, S. (2023). Clostridium autoethanogenum protein substitution and bile acids addition altered intestinal health and transcriptome profiles of hepatopancreas in Litopenaeus vannamei. *Aquaculture Reports*, 28. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101432>
- Zhu, W., Dong, R., Ge, L., Yang, Q., Lu, N., Li, H., & Feng, Z. (2023). Effects of dietary n-6 polyunsaturated fatty acids (PUFA) composition on growth performances and non-specific immunity in pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei). *Aquaculture Reports*, Volume 28, 2023, 101436, 9. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101436>

## 8.1.Anexos



*Anexo 1 Muestras de camarones de 1 gramo de peso al inicio de investigación.*

*Anexo 2 Construcción y cocido de las mallas a la estructura de las jaulas para cada tratamiento.*



*Anexo 3 Balanceado comercial utilizado durante la alimentación de los camarones.*





*Anexo 4 Datos de peso promedio, biomasa y sobrevivencia de L. vannamei alimentado en dos dosis de ácidos biliares y control durante 49 días de cultivo.*

Tratamiento (Dosis de ácido biliar en la dieta)	Tiempo de cultivo (días)	Peso promedio (g)				Biomasa (g)				Sobrevivencia (%)			
		J1	J2	J3	Promedio	J1	J2	J3	Promedio	J1	J2	J3	Promedio
<b>2000 ppm</b>	0	,98	,98	,98	0,98	19,60	19,60	19,60	19,60	90,00	90,00	90,00	90,00
	7	2,75	2,74	2,66	2,72	55,00	54,80	53,20	54,33	90,00	90,00	90,00	90,00
	14	4,39	4,38	4,30	4,36	87,80	87,80	86,00	87,20	90,00	90,00	90,00	90,00
	21	8,10	7,93	7,70	7,91	162,00	158,60	154,00	158,20	90,00	90,00	90,00	90,00
	28	11,72	11,55	11,22	11,50	210,96	207,90	190,74	203,20	71,56	90,00	77,08	79,55
	35	13,19	13,02	12,69	12,97	224,23	221,34	215,73	220,43	67,21	67,21	67,21	67,21
	42	14,62	14,45	14,12	14,40	248,54	245,65	240,04	244,74	67,21	67,21	67,21	67,21
	49	17,02	16,94	16,88	16,95	289,34	287,98	286,96	288,09	67,21	67,21	67,21	67,21
<b>4000 ppm</b>	0	,98	,98	,98	0,98	19,60	19,60	19,60	19,60	90,00	90,00	90,00	90,00
	7	3,26	2,86	2,76	2,96	65,20	57,20	55,20	59,20	90,00	90,00	90,00	90,00
	14	4,90	4,49	4,39	4,59	98,00	89,80	87,80	91,87	90,00	90,00	90,00	90,00
	21	7,80	7,45	7,30	7,52	156,00	149,00	138,70	147,90	90,00	90,00	77,08	85,69
	28	10,88	10,77	10,46	10,70	184,96	193,86	177,82	185,55	67,21	71,56	67,21	68,66
	35	12,31	12,20	11,49	12,00	209,27	207,40	183,84	200,17	67,21	67,21	63,43	65,95
	42	13,74	13,63	12,92	13,43	219,84	231,71	206,72	219,42	63,43	67,21	63,43	64,69
	49	16,30	15,97	15,18	15,82	260,80	255,52	242,88	253,07	63,43	63,43	63,43	63,43
<b>0</b>	0	,98	,98	,98	0,98	19,60	19,60	19,60	19,60	90,00	90,00	90,00	90,00
	7	3,26	2,66	2,65	2,86	65,20	53,20	53,00	57,13	90,00	90,00	90,00	90,00
	14	4,86	4,28	4,27	4,47	97,20	85,60	85,40	89,40	90,00	90,00	90,00	90,00

21	7,80	7,10	6,77	7,22	148,20	134,90	128,63	137,24	77,08	77,08	77,08	77,08
28	10,03	9,91	9,87	9,94	160,48	168,47	167,79	165,58	63,43	67,21	67,21	65,95
35	10,88	10,84	10,53	10,75	174,08	173,44	179,01	175,51	63,43	63,43	67,21	64,69
42	11,43	11,22	10,88	11,65	190,08	176,55	169,50	178,71	63,43	60,00	60,00	61,14
49	13,03	12,55	12,33	12,64	195,45	175,70	184,95	185,37	56,79	56,79	60,00	57,86



*Anexo 5 Camarón de tratamiento BA2 con un peso promedio de 3,5 gramos.*



*Anexo 1 6 Vista de jaula puesta en estanque con su respectiva etiqueta de réplica.*



**Anexo 7 Zona de preparación de la mezcla del aditivo (BA) con el alimento balanceado.**



**Anexo 8 Muestras de exoesqueletos provenientes de tratamiento BA2.**



***Anexo 9 Vista de *L.vannamei* en semana 6 de cultivo, con un peso promedio de 15 gramos***



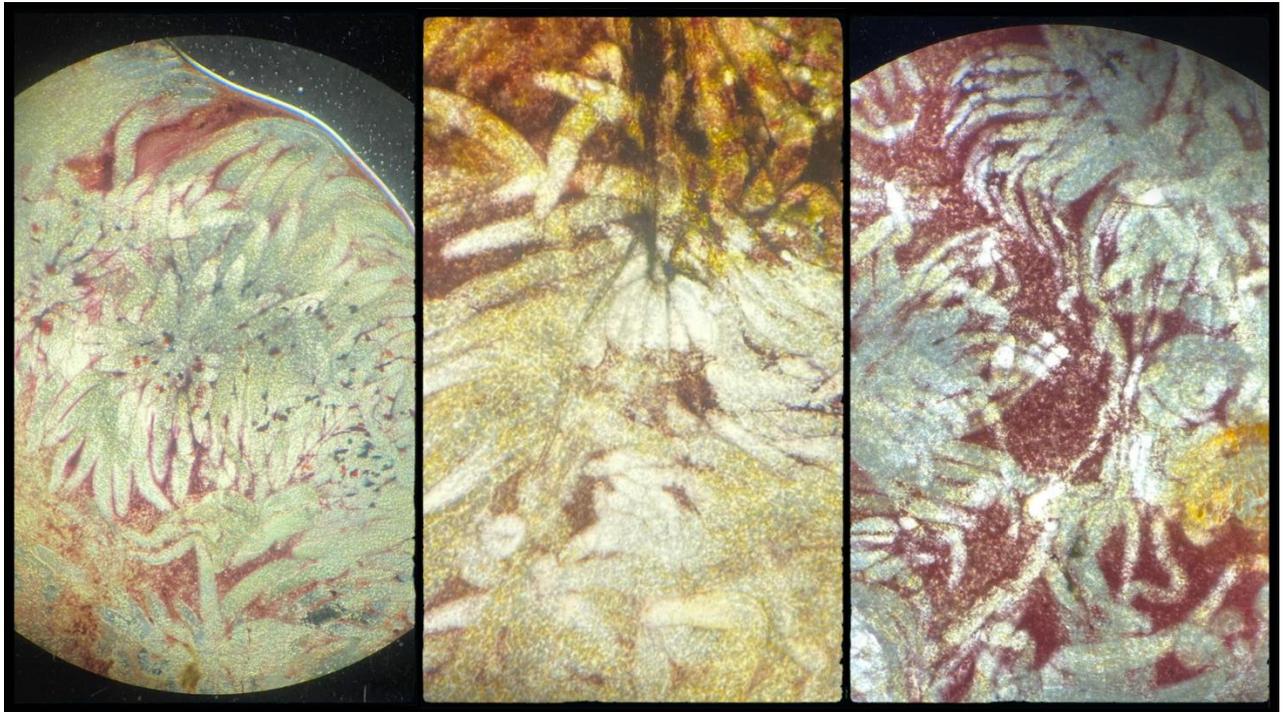
***Anexo 10 Procedimiento para revisión de muestras de HP en camarones de los diferentes tratamientos al azar.***



*Anexo 1 11 Muestras de camarones obtenidas al azar de cada tratamiento BA<sub>2</sub>, BA<sub>4</sub> y TC.*



**Anexo 1 12. Vistas microscópicas de hepatopáncreas de los diferentes tratamientos, imagen de la izquierda (HP de tratamiento BA2), imagen central (HP de tratamiento BA4) e imagen de la derecha (HP de tratamiento control).**



**Anexo 13 Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene en datos de los parámetros de supervivencia bajo sometido a tres dosis de ácidos biliares en la dieta (incluido el control), según SPSS, versión 24.**

**Prueba de homogeneidad de varianzas**

Supervivencia (%)

Momento de muestreo	Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
21/2/2024	.	2	.	.
26/2/2024	.	2	.	.
29/2/2024	.	2	.	.
04/3/2024	.	2	.	.
07/3/2024	.	2	.	.
11/3/2024	.	2	.	.
14/3/2024	16,000	2	6	,004
18/3/2024	4,000	2	6	,079
21/3/2024	,364	2	6	,709
25/3/2024	,364	2	6	,709
28/3/2024	8,000	2	6	,020
01/4/2024	8,000	2	6	,020

04/4/2024	8,000	2	6	,020
08/4/2024	8,000	2	6	,020
11/4/2024	16,000	2	6	,004

*Anexo 14 Análisis de varianza (ANOVA) del parámetro de supervivencia de L. vannamei sometido a tres dosis de ácidos biliares en la dieta (incluido el control), según SPSS, versión 24.*

**ANOVA**

Supervivencia (%)

Momento de muestreo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
21/2/2024	Entre grupos	,000	2	,000	.	.
	Dentro de grupos	,000	6	,000		
	Total	,000	8			
26/2/2024	Entre grupos	,000	2	,000	.	.
	Dentro de grupos	,000	6	,000		
	Total	,000	8			
29/2/2024	Entre grupos	,000	2	,000	.	.
	Dentro de grupos	,000	6	,000		
	Total	,000	8			
04/3/2024	Entre grupos	,000	2	,000	.	.
	Dentro de grupos	,000	6	,000		
	Total	,000	8			
07/3/2024	Entre grupos	,000	2	,000	.	.
	Dentro de grupos	,000	6	,000		
	Total	,000	8			
11/3/2024	Entre grupos	,000	2	,000	.	.
	Dentro de grupos	,000	6	,000		
	Total	,000	8			
14/3/2024	Entre grupos	38,889	2	19,444	7,000	,027
	Dentro de grupos	16,667	6	2,778		
	Total	55,556	8			
18/3/2024	Entre grupos	50,000	2	25,000	3,000	,125
	Dentro de grupos	50,000	6	8,333		
	Total	100,000	8			
21/3/2024	Entre grupos	216,667	2	108,333	7,800	,021
	Dentro de grupos	83,333	6	13,889		
	Total	300,000	8			

25/3/2024	Entre grupos	38,889	2	19,444	1,400	,317
	Dentro de grupos	83,333	6	13,889		
	Total	122,222	8			
28/3/2024	Entre grupos	16,667	2	8,333	1,500	,296
	Dentro de grupos	33,333	6	5,556		
	Total	50,000	8			
01/4/2024	Entre grupos	16,667	2	8,333	1,500	,296
	Dentro de grupos	33,333	6	5,556		
	Total	50,000	8			
04/4/2024	Entre grupos	105,556	2	52,778	9,500	,014
	Dentro de grupos	33,333	6	5,556		
	Total	138,889	8			
08/4/2024	Entre grupos	216,667	2	108,333	19,500	,002
	Dentro de grupos	33,333	6	5,556		
	Total	250,000	8			
11/4/2024	Entre grupos	205,556	2	102,778	37,000	,000
	Dentro de grupos	16,667	6	2,778		
	Total	222,222	8			

