

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ACUICULTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL



**Efecto de la aplicación de *Origanum vulgare* y *Silybum marianum*
sobre el crecimiento, supervivencia y sistema inmunológico de
*Penaeus vannamei***

TESIS

**Para optar el grado académico de Maestro en Acuicultura y
Gestión Ambiental**

Autor: Br. Edgar Medina Gallo

Tumbes, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ACUICULTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL



**Efecto de la aplicación de *Origanum vulgare* y *Silybum marianum*
sobre el crecimiento, supervivencia y sistema inmunológico de
*Penaeus vannamei***

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dra. Enedia Graciela Vieyra Peña (presidenta)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6541-7075>

Dra. Tessy Peralta Ortiz (secretaria)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5907-7713>

Dr. Milton Sandro Sócola Sunción (vocal)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9392-5499>

Tumbes, 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ACUICULTURA Y GESTIÓN AMBIENTAL



**Efecto de la aplicación de *Origanum vulgare* y *Silybum marianum*
sobre el crecimiento, supervivencia y sistema inmunológico de
*Penaeus vannamei***

**Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido
y forma**

Br. Edgar Medina Gallo (autor)

ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-7192-0881>

Dr. Milton Sandro Sócola Sunción (asesor)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9392-5499>

Tumbes, 2026



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
Licenciada
Resolución del Consejo Directivo N° 155-2019-SUNEDU/CD
ESCUELA DE POSGRADO
Tumbes – Perú

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Tumbes, a los veintiséis días del mes de agosto del dos mil veintiséis, siendo las quince horas y cero minutos en el aula N° 02 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, se reunieron los miembros del jurado calificador constituidos con la **RESOLUCIÓN N° 0126-2025/UNTUMBES-EPG-D** del once de marzo del dos mil veinticinco, presidido por la **Dra. Enedia Graciela Vieyra Peña** e integrado por la **Dra. Tessy Peralta Ortiz** (secretaria) y el **Dr. Milton Sandro Sócola Sunció**n (vocal y asesor).

Instalado el jurado, se procedió a la evaluación, deliberación y calificación del acto de la sustentación de la tesis titulada: **"Efecto de la aplicación de *Origanum vulgare* y *Silybum marianum* sobre el crecimiento, supervivencia y sistema inmunológico de *Penaeus vannamei*"**, presentado por el maestrando: **Edgar Medina Gallo**, del programa de Maestría en Acuicultura y Gestión Ambiental.

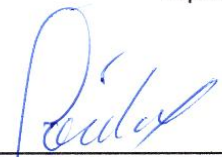
Concluida la sustentación y absueltas las preguntas, por parte del sustentante y después de la correspondiente deliberación el jurado, conforme a lo normado en el artículo N° 111 del Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes, declara al maestrando **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO**.

Por lo anterior, el sustentante está apto para iniciar los trámites correspondientes y conducentes a la obtención del grado académico de **Maestro en Acuicultura y Gestión Ambiental**, en conformidad con lo normado en la Ley Universitaria N° 30220, el Estatuto, El Reglamento General, el Reglamento General de Grados Títulos y el Reglamento de Tesis de la Universidad Nacional de Tumbes.

Siendo las **16** horas y **05** minutos, del mismo día, se dio por concluida la ceremonia académica, procediendo a firmar el acta en presencia de público asistente.


Dra. Enedia Graciela Vieyra Peña
Presidenta
DNI N° 00217076
<https://orcid.org/0000-0002-4919-8607>


Dra. Tessy Peralta Ortiz
Secretaria
DNI N° 00239540
<https://orcid.org/0000-0001-5907-7713>


Dr. Milton Sandro Sócola Sunció
Vocal y Asesor
DNI N° 00241901
<https://orcid.org/0000-0001-9392-5499>

C.c.
Jurado de Tesis
Interesado
Archivo (Director EPG).

Edgar Medina Gallo

Informe_de_tesis_original R 27 abril revisado OK (1)

 Maestría en Acuicultura y Gestión Ambiental

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trncoid::3117618707063

Fecha de entrega

30 ago 2026, 21:59 GMT-5

Fecha de descarga

30 ago 2026, 22:02 GMT-5

Nombre del archivo

Informe_de_tesis_original R 27 abril revisado OK (1).docx

Tamaño del archivo

7.6 MB

47 páginas

10.111 palabras

57.542 caracteres



Dr. Milton Sandro Sócola Sunción

ORCID:0000-0001-9392-5499

2% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▀ Bibliografía
- ▀ Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 2%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Dr. Milton Sandro Sócola Sunción

ORCID:0000-0001-9392-5499

Fuentes principales

- 2%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe	<1%
2	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2024-01-17	<1%
3	Internet	dgacuacultura.com	<1%
4	Internet	repositorio.untumbes.edu.pe	<1%
5	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Tumbes on 2023-09-10	<1%
6	Internet	revistas.untumbes.edu.pe	<1%
7	Internet	www.intjmorphol.com	<1%
8	Internet	cybertesis.unmsm.edu.pe	<1%



Dr. Milton Sandro Sócola Sunción
ORCID:0000-0001-9392-5499

DEDICATORIA

A Dios, por acompañarme en cada paso de este camino, darme fortaleza en los momentos difíciles y permitirme alcanzar esta meta, guiándome con sabiduría y perseverancia.

A la memoria de mis padres, por sus enseñanzas, sus sacrificios y el ejemplo que me han brindado a lo largo de mi vida. A ellos, mi profundo agradecimiento por haber sido siempre una base fundamental en mi formación.

A mi esposa e hijo, por su comprensión, paciencia y apoyo durante este proceso. Su presencia y compañía fueron una motivación constante para seguir adelante y culminar esta etapa de mi vida profesional.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que contribuyeron, de manera directa o indirecta, al desarrollo y culminación de esta investigación.

A mi asesor de tesis, Dr. Milton Sócola Sunción, por su orientación, dedicación y acompañamiento durante las diferentes etapas de este trabajo, así como por sus valiosos aportes para fortalecer la investigación.

A los miembros del jurado, Dra. Enedia Vieyra y Dra. Tessy Peralta, por el tiempo dedicado a la revisión de la tesis, así como por sus observaciones y recomendaciones, que contribuyeron a mejorar la calidad del presente trabajo.

Al Ing. José Serna, Coordinador del laboratorio Agroacuanálisis S.R.L., por su disposición y colaboración durante el desarrollo de los análisis requeridos para esta investigación.

A mi colega Gady Nizama, por su apoyo y colaboración durante el desarrollo de este trabajo, así como a las demás personas que, en distintos momentos, se sumaron para hacer posible la culminación de esta investigación.

A todos ellos, mi profundo agradecimiento por su valiosa contribución a este logro académico.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
I. INTRODUCCIÓN.....	18
II. REVISIÓN DE LITERATURA	20
2.1. Bases teórico científicas.....	20
2.1.1. Microorganismos bacterianos asociados al cultivo del langostino. ...	20
2.1.2. Especies del género <i>Vibrio</i> vinculadas a infecciones en el cultivo del langostino.....	20
2.1.3. Aplicación de antibióticos en la producción de <i>Penaeus vannamei</i> ..	20
2.1.4. Fitobióticos	21
2.1.5. Empleo de fitobióticos en la producción de <i>Penaeus vannamei</i>	21
2.1.6. Respuesta inmunológica en <i>Penaeus vannamei</i>	23
2.1.7. Antimicrobiano	23
2.1.8. Aceites esenciales	23
2.2. Antecedentes	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1. Lugar de ejecución	33
3.2. Tipo y diseño de la investigación	33
3.3. Diseño experimental.....	34
3.4. Población, muestra y muestreo	35
3.4.1. Población	35
3.4.2. Muestra y muestreo	36
3.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
3.5.1. Material biológico.....	36
3.5.2. Acondicionamiento de tanques.....	36
3.5.3. Captación del agua y llenado de los tanques	37
3.5.4. Recepción de los juveniles de <i>P. vannamei</i>	37
3.5.5. Características de los productos comerciales	37

3.5.6.	Mezcla de los fitobióticos con el alimento balanceado	38
3.5.7.	Alimentación	38
3.5.8.	Registro de parámetros de calidad de agua	38
3.5.9.	Crecimiento de <i>Penaeus vannamei</i>	39
3.5.10.	Supervivencia de juveniles	40
3.5.11.	Estado sanitario.....	40
3.5.12.	Actividad antibacteriana de fitobióticos.....	41
3.6.	Procesamiento y análisis de datos	41
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	43
4.1.	Crecimiento y supervivencia	43
4.2.	Parámetros Inmunológicos.....	45
4.3.	Estado sanitario	47
4.4.	Actividad antibacteriana de fitobióticos	50
4.5.	Parámetros de calidad de agua	53
V.	CONCLUSIONES	59
VI.	RECOMENDACIONES.....	60
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
	ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Nomenclatura de los tratamientos en el experimento de suplementación con fitobióticos en la dieta.	35
Tabla 2. Registro de parámetros de calidad de agua de las unidades experimentales: horario, frecuencia e instrumentación.	38
Tabla 3. Parámetros de crecimiento y supervivencia de los langostinos en los diferentes tratamientos y control.....	45
Tabla 4. Parámetros inmunológicos de <i>Penaeus vannamei</i> por tratamientos al final del estudio.	46
Tabla 5. Halos de inhibición en la prueba de difusión en disco agar de aceites esenciales frente <i>Vibrio parahaemolyticus</i>	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Lugar de ejecución del proyecto: taller de recursos acuáticos II, FIPCM	33
Figura 2. Unidades experimental distribuidas completamente al azar de acuerdo a cada tratamiento.....	35
Figura 3. Curva de crecimiento de los langostinos en los diferentes tratamientos durante el periodo de cultivo.....	43
Figura 4. Observación microscópica de túbulos hepatopancreáticos de <i>Penaeus vannamei</i>	48
Figura 5. Variación de carga bacteriana de <i>Vibrio spp</i> , en hepatopáncreas de <i>Penaeus vannamei</i> por tratamiento al inicio y al final del estudio.....	49
Figura 6. Halos de inhibición en la prueba de difusión en disco agar de aceites esenciales frente <i>Vibrio parahaemolyticus</i> : (O) <i>Origanum vulgare</i> , (L) <i>Silybum marianum</i> y (OTC) Oxitetraciclina de 30 µg.....	52
Figura 7. Variación del pH registrada en los distintos grupos experimentales a lo largo del ciclo de cultivo.....	54
Figura 8. Cambios observados en la concentración de sólidos disueltos totales en los grupos experimentales durante el desarrollo del cultivo.	54
Figura 9. Comportamiento del potencial óxido-reducción en los tratamientos experimentales a lo largo del periodo de cultivo.....	55
Figura 10. Evolución de la conductividad eléctrica en los diferentes grupos experimentales durante el proceso de cultivo.....	55
Figura 11. Dinámica del nitrógeno amoniacal total en los grupos experimentales a lo largo del tiempo de cultivo.	56
Figura 12. Variaciones en los niveles de amonio en los grupos experimentales durante el periodo experimental.	56
Figura 13. Comportamiento del amoníaco en los grupos experimentales a lo largo del cultivo.....	57
Figura 14. Cambios en la concentración de fosfato en los grupos experimentales durante el periodo de cultivo.....	57

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Análisis de normalidad (Shapiro-Wilk) de parámetros productivos, sanitarios e inmunológicos en langostinos en los diferentes tratamientos y control.....	72
ANEXO 2. Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene en datos de los parámetros productivos, sanitarios e inmunológicos en langostinos de los diferentes tratamientos y control.....	73
ANEXO 3. Datos de crecimiento de <i>Penaeus vannamei</i> en cada tratamiento y control, durante el periodo de estudio.	74
ANEXO 5. Análisis de varianza (ANOVA) de datos de los parámetros crecimiento y supervivencia de langostinos al final del estudio en diferentes tratamientos y control.	77
ANEXO 6. Prueba post hoc Tukey ($\alpha=0,05$) de los parámetros de productividad que arrojaron diferencia significativa ($p<0,05$) entre los tratamientos.	78
ANEXO 7. Parámetros inmunológicos de langostinos en los tratamientos con aceites esenciales y control, al inicio y final del estudio.	80
ANEXO 8. Descriptivos de los datos de los parámetros inmunológicos del langostino al inicio y final del estudio por cada tratamiento y control.....	81
ANEXO 9. Análisis de varianza (ANOVA) de datos de los parámetros inmunológicos de langostinos en diferentes tratamientos y control.....	83
ANEXO 10. Prueba post hoc Tukey ($\alpha=0,05$) de los parámetros de inmunológicos que arrojaron diferencia significativa ($p<0,05$) entre los tratamientos.....	84
ANEXO 11. Concentración de <i>Vibrio</i> spp. en <i>Penaeus vannamei</i> por tratamiento con aceites esenciales y control al inicio y final del estudio.....	84
ANEXO 12. Descriptivos de los datos de carga de <i>Vibrio</i> spp. en el hepatopáncreas de langostinos al final del estudio por cada tratamiento y control.....	85
ANEXO 13. Análisis de varianza (ANOVA) de datos carga de <i>Vibrio</i> spp. en el hepatopáncreas de langostinos al inicio y al final del estudio.	86
ANEXO 14. Prueba post hoc Tukey ($\alpha=0,05$) de los conteos de <i>Vibrio</i> spp. que arrojaron diferencia significativa ($p<0,05$) entre los tratamientos.	86
ANEXO 15. Diámetros del halos de inhibición obtenidos en la prueba de difusión en disco agar entre los aceites esenciales frente <i>Vibrio parahaemolyticus</i> . 87	

ANEXO 16. Parámetros clínicos patológicos de <i>Penaeus vannamei</i> alimentados con diferentes dosis de aceites esenciales al inicio y final del estudio.	88
ANEXO 17. Parámetros físicos y químicos de calidad de agua por cada tratamiento tomado semanalmente.	89
ANEXO 18. Oxígeno disuelto y temperatura por tratamientos tomados en tres tiempos diferentes (8 am, 12 pm y 6 pm).	90
ANEXO 19. Grado de severidad a la deformación tubular en hepatopáncreas de langostinos de <i>Penaeus vannamei</i>	92

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó el efecto de la suplementación dietaria con aceites esenciales de *Origanum vulgare* y *Silybum marianum* sobre el crecimiento, la supervivencia y algunos parámetros inmunológicos y sanitarios de juveniles de *Penaeus vannamei*. Se establecieron dos tratamientos experimentales: experimento 1 (3 mL/kg) y experimento 2 (7 mL/kg), además de un grupo control sin suplementación. Los organismos, con un peso promedio inicial de 3,2 g, se cultivaron a una densidad de 22 individuos por metro cúbico en nueve tanques circulares durante 28 días, bajo aireación constante y recambio diario de agua. Los resultados mostraron que la supervivencia no presentó diferencias significativas entre los grupos ($p > 0,05$). En cuanto a los parámetros inmunológicos, la concentración de fenoloxidasa, anión superóxido y proteínas plasmáticas no evidenció diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$). Sin embargo, el conteo total de hemocitos fue significativamente mayor en los grupos suplementados con aceites esenciales en comparación con el control ($p < 0,05$), sin diferencias entre las dos dosis evaluadas. Respecto al crecimiento, el tratamiento con 7 mL/kg presentó los valores significativamente superiores de peso final, incremento de peso y biomasa ($p < 0,05$), indicando un efecto positivo de la suplementación sobre el rendimiento productivo. Asimismo, la inclusión de aceites esenciales redujo significativamente la carga bacteriana de *Vibrio* spp. en el hepatopáncreas, lo que evidencia un efecto sanitario favorable y una mejora del estado de salud de los organismos. En conjunto, los resultados demuestran que la suplementación con aceites esenciales en la dieta de juveniles de camarón puede mejorar el desempeño productivo, fortalecer la respuesta celular inmune y reducir la carga bacteriana, constituyendo una alternativa natural prometedora para optimizar la producción acuícola.

PALABRAS CLAVE: aceites esenciales, crecimiento, estado de salud, respuesta inmune, *Penaeus vannamei*.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of dietary supplementation with essential oils from *Origanum vulgare* and *Silybum marianum* on the growth, survival, and certain immunological and health parameters of juvenile *Penaeus vannamei*. Two experimental treatments were established: Experiment 1 (3 mL/kg) and Experiment 2 (7 mL/kg), in addition to a control group without supplementation. The shrimp, with an average initial weight of 3,2 g, were reared at a density of 22 individuals per cubic meter in nine circular tanks for 28 days, under constant aeration and daily water changes. The results showed that survival did not differ significantly among the groups ($p > 0,05$). Regarding immunological parameters, the concentrations of phenoloxidase, superoxide anion, and plasma proteins showed no significant differences among treatments ($p > 0,05$). However, the total hemocyte count was significantly higher in the groups supplemented with essential oils compared to the control ($p < 0,05$), with no differences between the two doses evaluated. With regard to growth, the treatment with 7 mL/kg showed significantly higher values for final weight, weight gain, and biomass ($p < 0,05$), indicating a positive effect of supplementation on production performance. Furthermore, the inclusion of essential oils significantly reduced the bacterial load of *Vibrio* spp. in the hepatopancreas.

KEY WORDS: Essential oils, Growth, Health status, Immune response, *Penaeus vannamei*.

I. INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua y alimento en cantidades suficientes ha sido y continuará siendo un requisito clave para una existencia humana saludable y sostenible. Sin embargo, la producción agrícola no cubre la creciente demanda de proteína generada por el acelerado aumento de la población mundial. En este contexto, la acuicultura se ha consolidado como una de las industrias con mayor crecimiento a nivel global, aportando proteína de alta calidad, generando empleo e ingresos, y posicionándose como una alternativa a la proteína animal terrestre (FAO, 2024)

En el ámbito de la camaronicultura, la especie *Penaeus vannamei* representa la de mayor importancia por su rápido crecimiento, buena supervivencia y capacidad de adaptación a diversos sistemas de cultivo. En 2020 alcanzó una producción de 5,8 millones de toneladas, equivalente al 51,7% de la acuicultura de crustáceos (FAO, 2022). En el Perú, su cultivo se concentra principalmente en Tumbes y Piura, siendo una actividad relevante para la economía local (PRODUCE, 2023).

No obstante, la industria enfrenta dos problemáticas principales: el alto costo del alimento balanceado que representa hasta el 50 % de los costos operativos— y las enfermedades infecciosas provocadas por bacterias, virus, hongos y parásitos, que generan pérdidas económicas significativas y afectan la biomasa y supervivencia en los estanques de cultivo (FAO, 2018). Para controlar infecciones bacterianas, el uso de antibióticos ha sido una práctica común; sin embargo, su aplicación indiscriminada ha provocado resistencia antimicrobiana, afectación del ecosistema, transferencia de genes resistentes y riesgos para la salud humana (Pepi y Focardi, 2021; Sotomayor et al., 2019).

“El surgimiento de resistencia para uno o varios antibióticos en las cepas de *Vibrio* spp es un asunto preocupante para el cultivo de *Penaeus vannamei*” (Stalin y Srinivasan, 2016).

El uso de antibióticos ha generado resistencia en el cultivo de *Penaeus vannamei* (talin y Srinivasan, 2016); si bien los bactericidas y bacteriostáticos sintéticos comerciales son opciones comunes, los fitobióticos con actividad antimicrobiana inespecífica ofrecen una alternativa prometedora. Específicamente, los compuestos fenólicos derivados de extractos vegetales se están investigando como posibles sustitutos de los antibióticos para prevenir y controlar enfermedades infecciosas en la acuicultura. En este contexto, es plausible que bacterias patógenas en el cultivo de langostinos, como las especies de los géneros *Vibrio* y *Pseudomonas*, sean susceptibles a los compuestos antimicrobianos presentes en el aceite esencial de orégano (García et al., 2012).

Los fitobióticos emergen como una alternativa prometedora, extractos vegetales como el aceite esencial de *Origanum vulgare* han mostrado actividad antimicrobiana frente a bacterias patógenas de importancia en la camaronicultura, como *Vibrio* y *Pseudomonas* (García et al., 2012). Asimismo, el extracto de *Silybum marianum* ha demostrado efectos beneficiosos sobre la digestibilidad, absorción de nutrientes, salud intestinal e inmunidad en especies acuáticas, además de mitigar los efectos negativos de los antibióticos en el ambiente (Hassaan et al., 2019).

En este marco, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de *Origanum vulgare* y *Silybum marianum* sobre el crecimiento, supervivencia y sistema inmunológico de *Penaeus vannamei*, como una alternativa sostenible al uso de antibióticos en la acuicultura.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Bases teórico científicas

2.1.1. Microorganismos bacterianos asociados al cultivo del langostino.

Son microorganismos procariotas unicelulares, poseen diferentes formas como bacilos, espirilos, cocos, su tamaño puede ser de los 0,5 a 3,0 μm . Generalmente no requieren de otros organismos para vivir, pero hay algunas excepciones, conocidos como intracelulares obligados, siendo unos ejemplos las clamidias y rickettsias. Su estructura está comprendida de pared celular conformado por peptidoglucano, no poseen membrana nuclear porque no disponen de compartimientos intracelulares determinado por membranas pueden o no poseer flagelos. Se dividen: Gram negativas y Gram positivas (Armijos y Vacacela 2022).

2.1.2. Especies del género *Vibrio* vinculadas a infecciones en el cultivo del langostino.

Los *Vibrios* forman parte de la familia Vibrionaceae. Dentro del género *Vibrio* se encuentran más de 100 especies identificadas, varias de las cuales son patógenas para el hombre; los principales patógenos en acuicultura incluyen *V. parahaemolyticus*, *V. anguillarum*, *V. harveyi* y *V. fischeri* (Pérez-Sánchez et al., 2022).

2.1.3. Aplicación de antibióticos en la producción de *Penaeus vannamei*.

El uso inadecuado de antibióticos en acuicultura puede generar resistencia bacteriana y problemas de salud pública, por lo que es fundamental realizar un diagnóstico preciso, aplicar tratamientos solo por especialistas y verificar su eficacia.

Si bien los antimicrobianos son esenciales para la sostenibilidad de la producción animal y el bienestar de los organismos, su mal uso ha favorecido el desarrollo de resistencia a los antimicrobianos (RAM). Esta situación compromete la promesa de

la acuicultura como fuente de proteína de alta calidad, lo que hace necesario un manejo responsable de estos agentes (FAO, 2021).

En el caso del camarón, la vibriosis suele tratarse con oxitetraciclina, enrofloxacin, florfenicol o, en ocasiones, norfloxacin. Sin embargo, su uso preventivo sin diagnóstico ni pruebas de sensibilidad favorece la resistencia bacteriana (Aguirre et al., 2021).

Romero et al. (2012) señalan que las infecciones bacterianas en acuicultura generan grandes pérdidas económicas, lo que impulsa el uso de antibióticos con fines preventivos y terapéuticos, ya sea como bacteriostáticos o bactericidas, generalmente administrados de forma oral por periodos cortos. Asimismo, Li et al. (2024) indican que en algunas piscigranjas los antibióticos se suministran en el alimento, el agua o por inyección, pero cuando se incorporan al alimento pueden acumularse en restos no ingeridos y heces, concentrándose en el sedimento.

2.1.4. Fitobióticos

Los fitobióticos son compuestos bioactivos derivados de plantas como hierbas, especias y aceites esenciales que se incorporan a la alimentación de camarones con el fin de mejorar su salud y rendimiento. Se destacan por sus propiedades inmunoestimulantes, antioxidantes, promotoras del crecimiento, fortalecedoras del sistema nervioso y mitigadoras del estrés, lo que los posiciona como una alternativa natural, accesible y sostenible frente al uso de antibióticos en la acuicultura marina (Seong Wei et al., 2024).

2.1.5. Empleo de fitobióticos en la producción de *Penaeus vannamei*.

Los fitobióticos son aditivos de origen vegetal, compuestos principalmente por extractos, aceites esenciales o metabolitos secundarios de plantas, que se emplean en la acuicultura como alternativa a los antibióticos. Su uso ha ganado importancia en el cultivo de camarón debido a la necesidad de reducir la resistencia a los antimicrobianos y mejorar la sostenibilidad de la producción (Chakraborty et al., 2014).

Los fitobioticos tienen actividad antimicrobiana: inhiben el crecimiento de bacterias patógenas como *Vibrio* spp., frecuentes en el cultivo de camarón (Citarasu, 2010).

Estimulan el sistema inmunológico promoviendo la activación de parámetros inmunes no específicos, aumentando la resistencia del camarón frente a enfermedades infecciosas (Harikrishnan et al., 2011). Mejora digestiva y crecimiento: estimulan la secreción de enzimas digestivas, lo que se refleja en un mejor índice de conversión alimenticia (Li et al., 2009). Tiene efecto antioxidante, algunos compuestos como flavonoides y terpenoides reducen el estrés oxidativo, favoreciendo la salud y supervivencia de los organismos (Reverter et al., 2014).

En el cultivo de *L. vannamei*, se han evaluado extractos de plantas como ajo (*Allium sativum*), orégano (*Origanum vulgare*), cúrcuma (*Curcuma longa*), neem (*Azadirachta indica*) y canela (*Cinnamomum verum*), demostrando reducción en la incidencia de enfermedades bacterianas y virales, así como mejor desempeño zootécnico (Vaseeharan & Thaya, 2014).

Aguirre et al. (2021), reportan que los extractos etanólicos de la hoja de orégano, procesados con soxhlet y rotaevaporador, pudieron controlar el crecimiento de cepas de *Vibrio spp*, incluido los resistentes a los antibióticos.

Huapaya (2024), comenta sobre el uso de los fitobióticos, que tienen propiedades inmunomoduladoras y antioxidantes, como en *Typha angustifolia* contra el virus del *White spot* y *Cynodon dactylon* contra la enfermedad de la cola blanca en el camarón gigante de malasia, mejorando la salud intestinal y enzimática. También *Eleutherine bulbosa*, que ha mostrado aumentar la flora intestinal y mejora la digestión en camarones.

Mabrok et al. (2018) indican que el aceite esencial de *Origanum vulgare* L., en la dieta de tilapias, influye positivamente en la activación de la inmunidad innata y aumenta la resistencia de los peces a *V. anguillarum*. Asimismo, Zhang et al (2020), demostraron que el aceite esencial de *Origanum vulgare* L. aumenta la capacidad antioxidante y estimula la resistencia de enfermedades bacterianas de la *Carpa carpio*.

En revisión de información especializada del uso de fitobioticos Huapaya (2024), describe que la administración dietética de extractos de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) o nimbo de la India o neem (*Azadirachta indica*) muestran mejoras en la supervivencia de postlarvas de *Penaeus vannamei* infectados con *Vibrio*

parahaemolyticus. Es preciso indicar que el timol y el carvacrol son los compuestos principales del aceite esencial obtenido del orégano, que son de especial interés debido a sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas.

2.1.6. Respuesta inmunológica en *Penaeus vannamei*

El sistema inmune del camarón se basa exclusivamente en mecanismos innatos, integrados por componentes celulares y humorales. Los hemocitos (prohemocitos, hialinos, semigranulares y granulocitos) cumplen funciones clave como fagocitosis, coagulación, melanización y encapsulación de patógenos; estudios recientes incluso han identificado subpoblaciones especializadas y células con características similares a macrófagos, capaces de expresar genes asociados a inflamación como Nlrp3 y Casp1 (Cárcamo-Aréchiga et al., 2016; Wang, 2020; Hou et al., 2023). A nivel humoral, se secretan péptidos antimicrobianos (penaeidinas, crustinas, ALFs, stylicinas), enzimas como la profenoloxidasas, proteínas de reconocimiento de glucanos y, más recientemente, se ha demostrado que histonas derivadas de hemocitos presentan actividad antimicrobiana, contribuyendo a la defensa frente a bacterias, virus y hongos (Aguirre-Guzmán et al., 2009; Smith et al., 2015; Yu et al., 2024). En conjunto, estos mecanismos permiten al camarón responder eficazmente a un amplio rango de patógenos a pesar de carecer de inmunidad adaptativa.

2.1.7. Antimicrobiano

En la obra Principios y prácticas de enfermedades infecciosas, editada por Mandell, et al. (2001), se enfatiza que, la terapia antimicrobiana eficaz requiere alcanzar concentraciones adecuadas del fármaco en el sitio de la infección, evitando niveles tóxicos en el plasma u órganos. Además, se destaca la importancia de la selección del agente antimicrobiano basado en la susceptibilidad del patógeno y las características farmacocinéticas y farmacodinámicas del medicamento.

2.1.8. Aceites esenciales

El aceite esencial de orégano presenta propiedades bactericidas frente a bacterias Gram negativas y positivas gracias a compuestos como timol y carvacrol, derivados de su composición química en fenilpropanoles y flavonoides (Aguirre, 2021; Reyes

& Valle, 2021). También contiene β -cariofileno, β -mirceno, terpinen-4-ol, linalool y el hidrato de trans-sabineno (Luo et al., 2022, citado por Armijos & Vacacela, 2022). Estos aceites esenciales, obtenidos por extracción o destilación de distintas partes de las plantas, se caracterizan por su volatilidad y su actividad antifúngica, antibacteriana e insecticida, debido a la acción de sus principios activos; además, pueden estar conformados por más de cien compuestos químicos diferentes como óxidos, cetonas, aldehídos y alcoholes (Cerdá, 2020; Beltrán et al., 2010).

Su mecanismo de acción incluye la desestabilización de las membranas celulares bacterianas, la alteración de los sistemas de comunicación por detección de quórum y la inhibición de la formación de biopelículas. Diversos estudios han demostrado que el aceite esencial de orégano es efectivo frente a bacterias tanto sensibles como resistentes a antibióticos, entre ellas *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa* (Moghrovyan y Sahakyan, 2024).

El aceite esencial de orégano de la sierra peruana contiene compuestos con reconocida actividad antimicrobiana, lo que sugiere su potencial como alternativa frente a bacterias, incluso resistentes a antibióticos. Su composición puede variar según el entorno y la altitud de cultivo. Por ello, es necesario compararlo con aceites de otros orígenes y evaluar su efecto sobre microorganismos de interés en salud pública, con posibles beneficios para la salud animal y humana (Tejada-Muñoz et al., 2024).

2.2. Antecedentes

En la producción animal se está usando cada vez más compuestos a partir de hierbas, es una tendencia global de mejora en los sistemas de producción animal. Los compuestos fitobióticos presentes en las hierbas mejoran la salud y el aumento del potencial antioxidante, esto contribuye en forma positiva al rendimiento del crecimiento.

Mendoza y Ordinola (2023) evaluaron el efecto de tres extractos de menta (*Mentha piperita*) sobre la supervivencia de camarones infectados experimentalmente con *Vibrio* spp., determinando que el extracto etanólico en baño maría fue tan eficiente

como la oxitetraciclina para incrementar la supervivencia, el crecimiento y reducir la carga bacteriana en el hepatopáncreas.

Según Abdel-Tawwab et al. (2022), la suplementación dietética con aceite esencial de manzanilla en *Penaeus indicus* mejoró significativamente el desempeño productivo, evidenciado por una mayor ganancia de peso, mejor eficiencia alimenticia y crecimiento específico superior respecto al grupo control. Asimismo, los tratamientos suplementados mostraron una respuesta antioxidante e inmunológica más robusta, lo que se tradujo en mayor supervivencia frente al desafío con *Vibrio parahaemolyticus*. Los autores concluyen que este fitobiótico puede emplearse como aditivo funcional para optimizar el crecimiento y la resistencia sanitaria en el cultivo de camarón.

Fadel et al. (2025) indican que la inclusión de extractos herbales de *Artemisia herba-alba*, *Lonicera japonica* y *Lilium candidum* en las dietas de *Litopenaeus vannamei* constituye una estrategia innovadora dentro del manejo sanitario acuícola, ya que contribuye a la reducción de patógenos y al mejoramiento del desempeño productivo. Asimismo, resaltan la relevancia de implementar enfoques sostenibles que promuevan la salud y el bienestar de los organismos cultivados. En conjunto, estos resultados respaldan el uso de alternativas biotecnológicas como herramientas eficaces para optimizar los sistemas de producción acuícola.

Domínguez (2020) sugirió que los aceites esenciales representan herramientas eficientes para el control de la vibriosis en los sistemas de producción de *P. vannamei*.

Hoa et al. (2023) demostraron que la suplementación dietaria con mezclas de moléculas activas derivadas de aceites esenciales puede mejorar el desempeño productivo del camarón. En particular, la inclusión de PAB a una dosis de 2 g/kg en la dieta de *Penaeus vannamei* incrementó significativamente los parámetros de crecimiento, incluyendo el peso final, la ganancia diaria y la biomasa total, además de mejorar otros indicadores productivos como el FCR y la tasa de crecimiento específico. Asimismo, se observó una reducción en la mortalidad y en la carga bacteriana durante desafíos con *Vibrio parahaemolyticus*.

Asadi et al. (2018) evaluaron la inclusión dietaria de aceite esencial de comino a concentraciones de 5 y 10 g/kg, tanto en su forma libre como nanoencapsulada en partículas de hierro, en juveniles de *Penaeus vannamei*. Tras 56 días de cultivo, los organismos suplementados alcanzaron pesos finales significativamente superiores y mayores tasas de crecimiento en comparación con el grupo control, evidenciando un efecto positivo del aditivo sobre el desempeño productivo. Asimismo, se observaron mejoras en parámetros hematológicos, enzimáticos y antioxidantes, lo que sugiere una mejor condición fisiológica e inmunológica. Los autores concluyen que la suplementación con aceite esencial de comino, especialmente en su forma nanoencapsulada, puede optimizar el crecimiento y fortalecer la respuesta fisiológica del camarón cultivado.

He et al. (2017) investigaron el efecto de una mezcla dietética de ácidos orgánicos y aceites esenciales incluida entre 0,3 y 1,2 g/kg en juveniles de *Penaeus vannamei*. Los autores reportaron que la suplementación no produjo mejoras significativas en el crecimiento ni en la supervivencia; sin embargo, sí estimuló parámetros inmunológicos, la actividad antioxidante y la diversidad microbiana intestinal. Asimismo, se observó mayor resistencia frente a *Vibrio parahaemolyticus*, particularmente a dosis bajas, lo que sugiere que este tipo de aditivos actúa principalmente como modulador inmunológico y promotor de la salud intestinal más que como estimulante directo del crecimiento. Estos hallazgos permiten interpretar que los fitobióticos pueden influir en el desempeño productivo de forma indirecta mediante el fortalecimiento del sistema inmune y la estabilidad fisiológica del hospedador.

Ahmadifar et al. (2021), ofrecen una visión general de los beneficios de los polifenoles dietéticos y aditivos ricos en polifenoles en la salud de los animales acuáticos. Destacan que los polifenoles, compuestos derivados de plantas, poseen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas que pueden mejorar el rendimiento del crecimiento, la inmunidad y la resistencia a enfermedades en especies acuáticas. Además, se enfatiza la necesidad de investigaciones adicionales para determinar las dosis óptimas y comprender los mecanismos de acción de estos compuestos en diferentes especies acuáticas. El estudio sugiere

que la inclusión de polifenoles en las dietas acuícolas podría ser una estrategia prometedora para mejorar la salud y el bienestar de los animales acuáticos.

Las semillas de cardo mariano contienen una serie de sustancias que mejoran la homeostasis del cuerpo, es decir, silibinina, silidianina, isosilicristina, silicristina e isosilibina A y B (Hlangothia et al., 2016, citado por Bendowski et al., 2018).

El estudio de García-Meilán et al. (2019), concluyó que la incorporación de concentrados de hojas de *Salvia officinalis* y *Lippia citriodora* en la alimentación de la dorada (*Sparus aurata*), mejora el incremento de peso y refuerza el sistema inmunológico de los peces, haciéndolos menos susceptibles a enfermedades y reduciendo la necesidad de antibióticos en la acuicultura, de esta manera la incorporación de plantas medicinales en la alimentación de peces puede ser una estrategia sostenible y saludable para mejorar la producción acuícola y proteger la salud humana y el medio ambiente.

Bionte (2024), refiere que la curcumina y la silimarina, por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y hepatoprotectoras, pueden mitigar los impactos negativos de las micotoxinas en peces y camarones. Su incorporación en la dieta aumenta el crecimiento, la inmunidad y la salud general de los organismos acuáticos, siendo una estrategia natural y efectiva para fomentar acuicultura sostenible y saludable.

En un estudio experimental, Ángel I. Campa-Córdova, Antonio Luna-González et al. (2011) evaluaron la respuesta inmune del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* mediante la suplementación dietética con inmunoestimulantes y su posterior exposición a patógenos bacterianos y virales. Los autores determinaron el conteo total de hemocitos como indicador del estado inmunológico, encontrando valores promedio de $19,9 \times 10^6 \pm 2,0 \times 10^6$ células/mL en el control no infectado, $13,8 \times 10^6 \pm 1,0 \times 10^6$ células/mL en el grupo infectado con *Vibrio*, y $17,6 \times 10^6 \pm 2,0 \times 10^6$ células/mL en los organismos tratados con inmunoestimulantes antes del desafío bacteriano. El incremento significativo del número de hemocitos en organismos suplementados evidenció una activación del sistema inmune celular y una mayor capacidad de respuesta frente a patógenos. Estos resultados demuestran que la manipulación nutricional puede fortalecer los mecanismos

defensivos del camarón, permitiendo mejorar su resistencia sanitaria en sistemas de cultivo intensivo.

En un estudio experimental, Zahra Sheikh et al. (2021) evaluaron la eficacia repelente de los aceites esenciales de *Eucalyptus globulus* y *Syzygium aromaticum* mediante bioensayos tipo Klun & Debboun utilizando hembras adultas de *Anopheles stephensi*. Se probaron concentraciones entre 3 y 10% para *E. globulus* y entre 0.5 y 5% para *S. aromaticum*, así como combinaciones de ambos aceites. Los resultados mostraron que el aceite de eucalipto al 10% alcanzó una repelencia de $77,78 \pm 18,14\%$, mientras que el aceite de clavo al 1% logró $88,89 \pm 12,83\%$. La combinación de ambos aceites en proporción 10% de *E. globulus* y 1% de *S. aromaticum* produjo la mayor eficacia repelente, con $94,44 \pm 11,11\%$, superando a los tratamientos individuales y mostrando una eficacia comparable al DEET al 40%. Estos hallazgos evidencian que las mezclas de aceites esenciales pueden presentar efectos sinérgicos que incrementan su actividad biológica, lo cual respalda el potencial de los fitobióticos vegetales como alternativas funcionales en el control de organismos vectoriales o patógenos.

Bendowski et al. (2018), en su experimento muestran que la adición de extracto de cardo mariano al agua de bebida para pollos de engorde tiene un efecto positivo en el rendimiento de los animales.

Gómez et al. (2019), evaluaron el efecto sinérgico de extractos alcohólicos combinados de canela–eucalipto y tomillo–guayaba frente a vibrios presentes en camarones, agua de mar y biomasa; la actividad inhibitoria se determinó mediante difusión en placa durante 24 horas y, posteriormente, se aplicaron distintas dosis en el alimento y en el agua, cuantificando la carga bacteriana. La combinación tomillo–guayaba a 400 $\mu\text{L/g}$ en el alimento eliminó completamente los vibrios (0 UFC) en hepatopáncreas y agua, evidenciando un efecto bactericida sinérgico y su potencial como alternativa para el control de la vibriosis en la producción de camarón.

Tello y Terrones (2024), en su estudio con el extracto de Cardo Mariano concluyeron que la inclusión de *Silimarina* en la dieta de la tilapia del Nilo mejora significativamente su rendimiento productivo. Los peces que la recibieron

mostraron una mayor ganancia de peso y talla, así como una mejor conversión alimenticia en comparación con el grupo control.

Surai (2015), concluyó en su estudio que la silimarina se comporta como un antioxidante eliminando los radicales libres, la inhibición de su formación, la modulación de la respuesta inflamatoria y la activación de genes protectores. Estos mecanismos sugieren su potencial como agente hepatoprotector y antioxidante en estrategias de nutrición y prevención de enfermedades en humanos y animales.

En el estudio de Esmaeil et al. (2017), concluyeron que la silibinina ejerce efectos antiinflamatorios significativos en modelos animales de colitis. Su administración redujo marcadores inflamatorios y mejoró parámetros histológicos del colon.

El estudio de Ahmadi et al. (2012), investigaron los efectos protectores de la silimarina contra la hepatotoxicidad inducida por plomo en pollos de engorde. Los resultados mostraron que la administración de silimarina redujo significativamente los niveles de enzimas hepáticas indicativas de daño hepático, como la alanina aminotransferasa (ALT) y el aspartato aminotransferasa (AST). Además, se observó una mejora en los parámetros histopatológicos del hígado, sugiriendo que la silimarina puede mitigar el daño hepático causado por la exposición al plomo en aves de corral.

Según Sozmen et al. (2014), investigaron los efectos de la silimarina en la hepatotoxicidad inducida por fumonisina B1 en ratones BALB/c. Los resultados mostraron que la silimarina redujo significativamente los niveles de caspasa-8 y del factor de necrosis tumoral alfa, así como las expresiones de VEGF y FGF-2, que habían sido elevadas por la fumonisina B1. Estos hallazgos sugieren que la silimarina puede mitigar el daño hepático tóxico causado por la fumonisina B1, indicando su potencial terapéutico en casos de hepatotoxicidad inducida por micotoxinas.

El estudio de Mohammadi et al. (2021), evaluó los efectos de un extracto de *Origanum vulgare* en el rendimiento de crecimiento, las respuestas inmunitarias y la resistencia a *Aeromonas hydrophila* en peces cebra (*Danio rerio*). Los resultados mostraron mejoras significativas en el aumento de peso, la tasa de crecimiento específico y el factor de conversión alimenticia en los grupos que recibieron el

extracto. Además, se observaron incrementos en las actividades de enzimas antioxidantes y en los niveles de inmunoglobulina en suero y moco, así como una mayor supervivencia tras el desafío con *A. hydrophila*. Estos hallazgos sugieren que la inclusión de extracto de orégano en la dieta puede mejorar el crecimiento, potenciar el sistema inmunológico y aumentar la resistencia a infecciones bacterianas en peces cebras.

Reverter et al. (2014), revisaron el uso de extractos de plantas en la acuicultura como alternativa a la quimioterapia, destacando que diversas plantas, incluyendo *Origanum vulgare*, han mostrado propiedades beneficiosas en peces.

Estudios han demostrado que el extracto de *Origanum vulgare* puede mejorar el crecimiento, potenciar el sistema inmunológico y aumentar la resistencia a infecciones bacterianas en peces cebras (Rashidian et al., 2021).

El estudio de Giannenas et al. (2012), investigó los efectos de la suplementación dietética con orégano y/o acetato de α -tocoferilo en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentada con dietas que contenían aceite de soya. Los resultados indicaron que la inclusión de orégano y acetato de α -tocoferilo mejoró el rendimiento de crecimiento y los parámetros hematológicos de los peces. Además, se observó una actividad antioxidante aumentada, lo que sugiere que estos suplementos pueden contrarrestar el estrés oxidativo inducido por el aceite de soya en la dieta. Estos hallazgos respaldan el uso de orégano y acetato de α -tocoferilo como aditivos dietéticos beneficiosos en la acuicultura.

Aly et al. (2022), investigaron los efectos de la suplementación dietética con aceite esencial de orégano en parámetros inmunológicos de la tilapia del Nilo. Durante 60 días, los peces fueron alimentados con una dieta que contenía un 2% de aceite de orégano, seguido de un desafío bacteriano con *Aeromonas hydrophila*. Los resultados mostraron mejoras significativas en los niveles de hemoglobina, recuento de glóbulos rojos y blancos, actividad de la lisozima, actividad fagocítica, niveles de óxido nítrico y regulación al alza de citocinas en el grupo suplementado en comparación con el grupo control. Además, se observó una mejora histopatológica en el bazo de los peces suplementados. Estos hallazgos sugieren que la incorporación de un 2% de aceite esencial de orégano en la dieta de la tilapia

del Nilo puede mejorar parámetros hematológicos, inmunológicos e histopatológicos, aumentando la resistencia a infecciones bacterianas.

Fakharzadeh et al. (2020), investigaron la actividad antimicrobiana del extracto de *Origanum vulgare* (OVE) y su forma nano (NOVE) contra *Streptococcus iniae* en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). In vitro, NOVE mostró una mayor zona de inhibición (26,066 mm) en comparación con OVE (21,7 mm), y presentó valores de concentración mínima inhibitoria (MIC) y concentración mínima bactericida (MBC) más bajos, indicando una mayor eficacia antimicrobiana. In vivo, tras alimentar a los peces con dietas suplementadas y desafiarlos con *S. iniae*, la tasa de mortalidad y el recuento bacteriano en el bazo fueron significativamente menores en el grupo NOVE en comparación con OVE y el grupo control. Estos hallazgos sugieren que la suplementación con NOVE puede ser una medida profiláctica efectiva contra la estreptococosis en trucha arcoíris.

Tejada-Muñoz et al. (2024), evaluaron los diámetros de las zonas de inhibición para cada cepa mediante el método de Kirby-Bauer. El análisis de chi-cuadrado evidenció una relación significativa entre la actividad antimicrobiana del aceite esencial de orégano (OEO) y el crecimiento bacteriano. El mayor halo de inhibición (20 mm) se registró en *S. aureus* y *E. coli* ATCC 25922 con OEO al 100%, mientras que el menor (16 mm) correspondió a *S. aureus* ATCC 25923. En general, los diámetros fueron similares entre cepas en todas las diluciones; sin embargo, *S. aureus* ATCC 25923 presentó menor sensibilidad a la concentración del 60% de OEO.

Sönmez et al. (2015), investigaron los efectos de la suplementación dietética con aceites esenciales de tomillo (*Thymus vulgaris*) y orégano (*Origanum vulgare*) en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Se utilizaron tres dosis de cada aceite: 0,5%, 1,0% y 2,0% en la dieta. Los resultados mostraron que las dosis mejoraron el rendimiento de crecimiento y la conversión alimenticia, sin afectar la composición corporal. Sin embargo, las concentraciones más altas de aceites (2%) provocaron alteraciones histológicas en el hígado, sugiriendo que las dosis elevadas pueden tener efectos negativos en la salud hepática de los peces.

Burt (2004), revisa la evidencia sobre las propiedades antibacterianas de diversos aceites esenciales y su aplicación potencial en la conservación de alimentos. Destaca que aceites como el de orégano, tomillo y clavo, muestran actividad inhibidora contra bacterias in vitro a concentraciones generalmente en el rango de 0,01% a 0,1% (v/v). El mecanismo de acción se fundamenta en la alteración de las membranas celulares y la interferencia con funciones enzimáticas esenciales de los microorganismos. Sin embargo, la aplicación práctica en matrices alimentarias suele requerir concentraciones mayores, lo que puede afectar el sabor y la aceptación sensorial del producto. La revisión concluye que, aunque los aceites esenciales tienen un gran potencial como conservantes naturales, es necesario optimizar las formulaciones para lograr un equilibrio entre eficacia antimicrobiana y calidad sensorial.

Güroy et al. (2012) evaluaron el efecto de la suplementación dietética con extractos herbales en el bagre africano (*Clarias gariepinus*). En el experimento se utilizó una dosis del 2% de suplementos herbales incorporados a la dieta, cuyos resultados se compararon con un grupo control sin suplementación. Los peces alimentados con la dieta suplementada presentaron un crecimiento significativamente mayor y una mejor conversión alimenticia. Asimismo, se observó una mejora en la composición corporal y un incremento en la actividad antioxidante, lo que sugiere un efecto protector de los suplementos. Estos hallazgos indican que la inclusión del 2% de extractos herbales puede constituir una estrategia nutricional eficaz para mejorar el desempeño productivo y el estado fisiológico del bagre africano.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones del taller de Recursos Acuáticos II de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Ciencias del Mar (FIPCM) de la Universidad Nacional de Tumbes (UNTUMBES), situado en Villa Puerto Pizarro s/n, Tumbes. Cuya ubicación geográfica en coordenadas UTM es de 0567428 E, 9612561 N, en la zona 17 (Figura 1).

Figura 1

Lugar de ejecución del proyecto: taller de recursos acuáticos II, FIPCM



(Fuente: Google Earth, 2024).

3.2. Tipo y diseño de la investigación

Esta investigación, de tipo aplicada-experimental, evaluó los efectos de los fitobióticos en la acuicultura. Mediante diversas pruebas, se aplicó el conocimiento

científico para mejorar los parámetros de producción de *P. vannamei*, reducir el uso de antibióticos y promover la sostenibilidad ambiental.

La investigación se estructuró en torno a tres grupos experimentales. El primer grupo se dosificó con 3 mL de aceites esenciales por kilogramo de alimento, compuesto por 1 mL/kg de aceite esencial de orégano (AEO) y 2 mL/kg de extracto de cardo mariano (ECM). Un segundo grupo recibió una concentración de 7 mL de aceites esenciales por kilogramo de alimento, distribuidos en 3 mL/kg de AEO y 4 mL/kg de ECM. El tercer grupo sirvió como control, sin fitobióticos.

3.3. Diseño experimental

Para este estudio, se implementó un diseño completamente aleatorizado (DCA). Se utilizaron nueve tanques de polietileno de alta densidad, cada uno con una capacidad de 1 m³. El factor experimental fue la adición de fitobióticos, la cual se configuró en tres niveles: un grupo control (sin adición), un grupo con 3 ml, y otro con 7 ml. Cada uno de estos tratamientos contó con tres réplicas (Tabla 1), lo que resultó en un total de nueve unidades experimentales.

El análisis estadístico de los parámetros de productividad, inmunológicos y físico-químicos del agua al final del estudio se llevó a cabo mediante un diseño de ANOVA unifactorial con medidas repetidas, fijando un nivel de significancia del 5%. Previo al análisis principal, la normalidad y la homogeneidad de varianzas fueron evaluadas con las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Al confirmar que los datos cumplían con dichos supuestos, se procedió a realizar una prueba de comparaciones múltiples utilizando el método de Tukey-HSD. Todo el procesamiento y análisis de los datos se ejecutó con el software estadístico SPSS Statistics versión 21.

Tabla 1

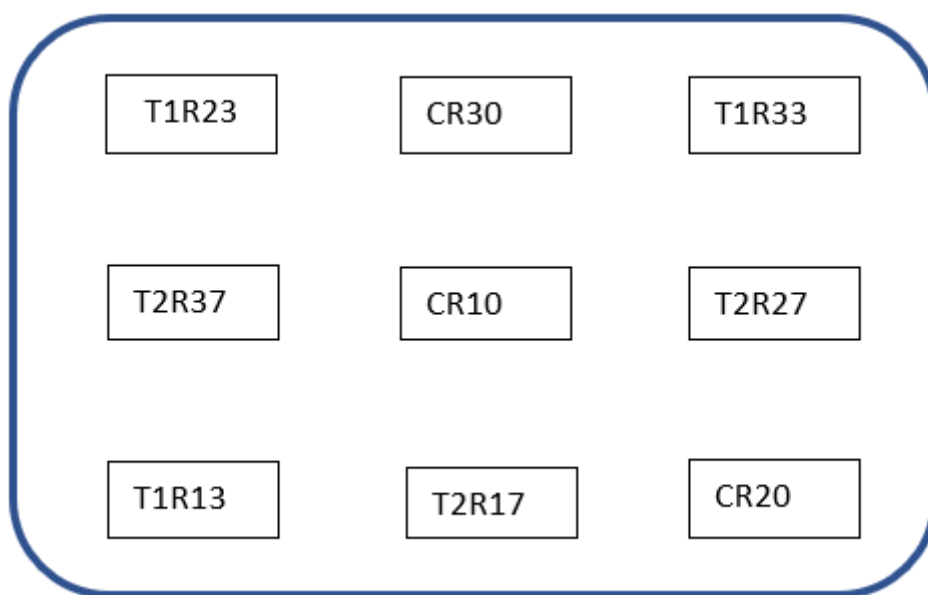
Nomenclatura de los tratamientos en el experimento de suplementación con fitobióticos en la dieta.

Repeticiones	Grupos experimentales		
	Control	Experimento 1	Experimento 2
	AEOCM: 0 mL/kg	AEOCM: 3 mL/kg	AEOCM: 7 mL/kg
1	CR10	T1R13	T2R17
2	CR20	T1R23	T2R27
3	CR30	T1R33	T2R37

La repartición completamente al azar de las unidades experimentales se muestra en la figura 2.

Figura 2

Unidades experimental distribuidas completamente al azar de acuerdo a cada tratamiento



3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

La población estuvo conformada por 50 000 juveniles de *Penaeus vannamei* procedentes del estanque 5 del Taller de Enseñanza Experimental de Acuicultura y Producción Acuícola (código SLO4TA05) de la FIPCM de la Universidad Nacional de Tumbes.

Muestra y muestreo

Estuvo conformada por 198 juveniles de *Penaeus vannamei*, con un peso promedio inicial de 3,2 g. Los organismos fueron cultivados en nueve tanques de un metro cúbico cada uno, con una densidad inicial de 22 individuos por metro cúbico (22 ind./m³). Previo al primer muestreo, se retiraron dos organismos por tanque para la realización de los muestreos iniciales, por lo que la densidad experimental se ajustó posteriormente a 20 individuos por metro cúbico (20 ind./m³). Al inicio del experimento, se seleccionaron aleatoriamente 18 juveniles de *Penaeus vannamei* (seis por tratamiento, dos de cada tanque como se indicó anteriormente) para llevar a cabo análisis iniciales. Estos análisis comprendieron evaluaciones en fresco y del sistema inmunológico.

Durante las cuatro semanas de cultivo experimental, se realizaron muestreos semanalmente. En cada muestreo, todos los juveniles de *Penaeus vannamei* de cada unidad experimental fueron pesados para monitorear su crecimiento y se contabilizaron para determinar la supervivencia.

3.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Material biológico

Se utilizaron 198 juveniles de *Penaeus vannamei* con un peso promedio de 3,2 gramos extraídos del estanque 5 del Taller de enseñanza experimental de Acuicultura y Producción Acuícola.

3.5.2. Acondicionamiento de tanques

Los tanques fueron lavados y desinfectados con una solución de cloro a 10 ppm. Posteriormente, se enjuagaron minuciosamente hasta asegurar la completa eliminación de cualquier residuo de cloro. Una vez limpios, se dejaron secar a la intemperie para luego ser llenados con el agua tratada. Asimismo, cada tanque contó con aireación y un sistema de drenaje de agua.

3.5.3. Captación del agua y llenado de los tanques

El suministro de agua se obtuvo del estero Puerto Rico mediante una bomba de 2 pulgadas, dirigiendo el flujo hacia los dos reservorios de 42 m³ de capacidad, ubicados dentro del Taller de Recursos Acuáticos II (código SLO4TA04). En estos reservorios, el agua fue sometida a un tratamiento con hipoclorito de sodio a 10 ppm. Posteriormente, tras verificar la volatilización completa del cloro residual con un kit colorimétrico marca Hanna y modelo HI3831F, se procedió al llenado de las nueve unidades experimentales, consistentes en tanques de 1 m³ distribuidos dentro del mismo taller.

3.5.4. Recepción de los juveniles de *P. vannamei*

Se seleccionaron juveniles de *Penaeus vannamei* en buen estado de salud del estanque 5 del Taller de Enseñanza Experimental de Acuicultura y Producción Acuícola. Estos juveniles fueron transportados al Taller de Recursos Acuáticos II, los que posteriormente fueron pesados y se realizó el conteo para asegurar una distribución proporcional en cada unidad. Los animales seleccionados fueron evaluados por sus características morfológicas: sin necrosis, apéndices completos, tracto lleno, traslucido, branquias limpias y sin deformaciones.

3.5.5. Características de los productos comerciales

El estudio incorporó dos productos comerciales de origen vegetal en la dieta de los langostinos *Penaeus vannamei*. Se utilizó un aceite esencial líquido de orégano *Origanum vulgare* al 20%, por su alto contenido de compuestos fenólicos, principalmente carvacrol y timol, los cuales son responsables de su marcada actividad biológica (Burt, 2004; Kordali et al., 2008). Estos compuestos le confieren propiedades antimicrobianas, antioxidantes, antiinflamatorias e inmunoestimulantes, con eficacia demostrada frente a bacterias patógenas de interés acuícola, incluyendo especies del género *Vibrio* (Nazzaro et al., 2013; El-Hack et al., 2016). Por otro lado, se usó *Silybum marianum* al 10%. se distingue por su contenido de compuestos bioactivos con elevada capacidad antioxidante y hepatoprotectora, destacando el complejo flavonolignano conocido como silimarina, compuesto principalmente por silibina, silicristina y silidianina (Abenavoli et al., 2010; Bijak, 2017).

3.5.6. Mezcla de los fitobióticos con el alimento balanceado

Se utilizó alimento balanceado comercial con un 35% de proteína y una presentación de 1,2 mm de diámetro. Este alimento se mezcló con aceites esenciales de *Origanum vulgare* (orégano) y *Silybum marianum* (cardo mariano) según lo especificado en el ítem 3.2.

Una vez mezclado, el alimento se dejó reposar por un periodo de una hora antes de su aplicación. Para la dosificación, el alimento balanceado se pesó utilizando una balanza digital, para los aceites esenciales se utilizó una micropipeta.

3.5.7. Alimentación

La alimentación se realizó tres veces al día, a las 8 horas, 11 horas y 15 horas, siguiendo un régimen *ad libitum*. El alimento no consumido se retiró al día siguiente mediante sifoneo.

Este proceso de sifoneo consistió en detener la aireación por 15 minutos empleando una manguera transparente de 3/4 de pulgada.

3.5.8. Registro de parámetros de calidad de agua

El registro de temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica, potencial óxido-reducción, salinidad, nitrito, nitrato, nitrógeno amoniacal, amoniaco, amonio y fosfato se detalla en la Tabla 2 donde se indica la frecuencia, el horario y el instrumento o método empleado para cada medición.

Tabla 2

Registro de parámetros de calidad de agua de las unidades experimentales: horario, frecuencia e instrumentación.

Parámetro	Horario y frecuencia	Instrumental o Método
Temperatura	6:00 h, 12:00 h y 18:00 h, Diariamente	Termómetro YSI Pro20
Oxígeno disuelto	6:00 h, 12:00 h y 18:00 h,	Termómetro YSI Pro20

Parámetro	Horario y frecuencia	Instrumental o Método	
	Diariamente		
Potencial hidrógeno	8:00 h	Multiparámetro	Meter
	Semanalmente	modelo C-100	
Conductividad eléctrica	8:00 h	Multiparámetro	Meter
	Semanalmente	modelo C-100	
Potencial oxido-reducción	8:00 h	Multiparámetro	Meter
	Semanalmente	modelo C-100	
Salinidad	8:00 h	Refractómetro	
	Semanalmente	Salinómetro 0-100ppt Stx-3 Vee Gee	
Nitrógeno amoniacal total	8:00 h	Fotometría/YSI9100	
	Semanalmente		
Amonio	8:00 h	Fotometría/YSI9100	
	Semanalmente		
Amoniaco	8:00 h	Fotometría/YSI9100	
	Semanalmente		
Nitrito	8:00 h	Fotometría/YSI9100	
	Semanalmente		
Nitrato	8:00 h	Fotometría/YSI9100	
	Semanalmente		
Fosfato	8:00 h	Fotometría/YSI9100	
	Semanalmente		

3.5.9. Crecimiento de *Penaeus vannamei*

Consistió en pesar todos los juveniles de *P. vannamei* de cada unidad experimental. Para esta actividad, se utilizó una balanza analítica registrando el peso total, posteriormente, el número de individuos. El peso promedio se obtuvo al dividir el peso total entre el número de individuos, una operación matemática básica utilizada para este fin.

$$Wx = P/N^{\circ}$$

Donde:

W_x = peso promedio

P = Peso

N° = Número de individuos pesados

El incremento de peso se realizó haciendo la diferencia del peso actual con el peso anterior

$$\Delta W_x = W_{x1} - W_{x0}$$

Donde:

ΔW_x : incremento de peso

W_{x1} : peso actual

W_{x0} : peso anterior

3.5.10. Supervivencia de juveniles

La supervivencia se determinó semanalmente mediante el conteo de los ejemplares de cada unidad experimental hasta la finalización del experimento. Para su cálculo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$S = (N_t / N_o) \times 100\%$$

Donde:

S = Supervivencia (%)

N_t = Población actual

N_o = Población inicial

3.5.11. Estado sanitario

La evaluación del estado sanitario se realizó al inicio y al final del experimento, se efectuaron análisis de patología en fresco. En este procedimiento se seleccionaron aleatoriamente seis organismos por tratamiento (2 de cada tanque al inicio del experimento), se realizó la disección del hepatopáncreas para colocarlo en portaobjetos con solución salina al 2,5% y observarlo al microscopio (10X y 40X), El análisis tuvo como finalidad identificar posibles deformaciones en los túbulos

hepatopancreáticos y determinar su grado de severidad, de acuerdo con el Anexo 19 propuesta por Morales y Cuéllar-Anjel (2014), asociando los hallazgos a la posible presencia de patógenos. Se examinaron las branquias para detectar ectoparásitos, necrosis o presencia de detritus, y el intestino para verificar contenido (alimento o detritus) y endoparásitos. Paralelamente, se realizaron análisis microbiológicos en un laboratorio externo para determinar la carga bacteriana de *Vibrio* y *Pseudomonas* en el hepatopáncreas. Asimismo, se analizó la hemolinfa con el objetivo de medir la actividad de la fenoloxidasa, relacionada con la melanización, la producción de anión superóxido como indicador de radicales tóxicos y la concentración de proteínas plasmáticas.

3.5.12. Actividad antibacteriana de fitobióticos

La actividad antibacteriana de los fitobióticos se evaluó mediante la técnica de difusión en disco en agar descrito por Jorgensen et al. (2020). Para ello, se enfrentó una cepa patógena de *Vibrio parahaemolyticus* contra dos productos fitobióticos: *Origanum vulgare* (orégano) y *Silybum marianum* (cardo mariano).

El procedimiento inició con la inoculación de 100 µL de un cultivo de *V. parahaemolyticus* ajustado a una concentración de 10^9 UFC/mL (equivalente a un estándar de McFarland 0.5 con lectura de OD_{600 nm} en un fotómetro YSI 9300) sobre placas de agar. Posteriormente, se depositaron por triplicado discos estériles, impregnados con 20 µL de cada fitobiótico en concentraciones de 10%, 5% y 2.5%, las cuales fueron obtenidas mediante diluciones seriadas a partir de la concentración inicial de los productos descrita en el ítem 3.5.5, asegurando una distribución equidistante. Asimismo, se incluyó un disco de oxitetraciclina (30 µg) como control positivo, por ser uno de los antibióticos más empleados en la industria langostinera. Tras 48 horas de incubación a 30 °C, la actividad antibacteriana se determinó midiendo los halos de inhibición alrededor de cada disco con un vernier digital.

3.6. Procesamiento y análisis de datos

Los datos se recolectaron mediante hojas de cálculo electrónicas en Microsoft Excel. Para determinar las diferencias en el crecimiento y la supervivencia de *P.*

vannamei, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) con un diseño completamente al azar y un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

Este análisis se realizó con un nivel de confianza del 95% y se procesó utilizando el software estadístico SPSS 25.

IV.RESULTADOS Y DISCUSIONES

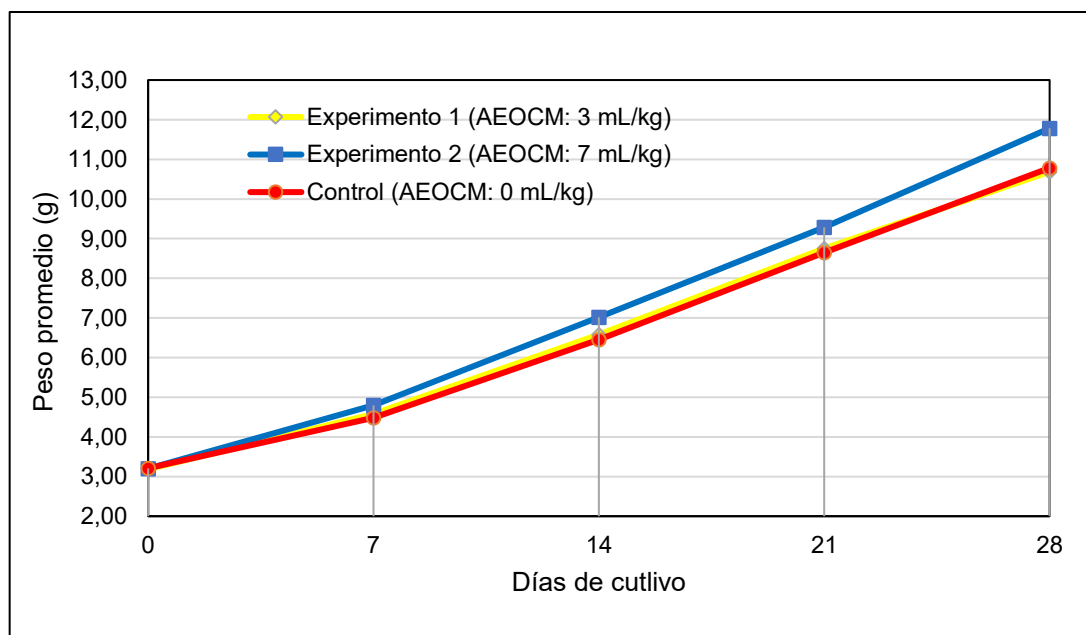
4.1. Crecimiento y supervivencia

El experimento 2 mostró un crecimiento superior desde la primera semana comparado con el experimento 1 y el grupo control, como se observa en la Figura 3.

Al finalizar el cultivo, el experimento 2 alcanzó un peso promedio de $11,78 \pm 0,38$ g, superior ($p > 0,05$) a los $10,68 \pm 0,14$ g del experimento 1 y los $10,78 \pm 0,28$ g del grupo control. Además, el incremento de peso semanal y la biomasa fue significativamente mayor ($p > 0,05$) en el experimento 2 que el resto de los tratamientos (Tabla 3, Anexo 3, 4, 5 y 6).

Figura 3

Curva de crecimiento de los langostinos en los diferentes tratamientos durante el periodo de cultivo.



Estos resultados destacan el tratamiento del experimento 2 que recibieron una dosis de 7 mL/kg de aceite esencial, como el más efectivo para optimizar el

rendimiento en el cultivo de langostinos ($p < 0,05$) al final del estudio en comparación con el experimento 1 y el grupo control. Estos parámetros incluyeron el peso promedio, el incremento de peso, la biomasa y el factor de conversión alimenticia (FCR). Estos hallazgos son consistentes con estudios previos, como el de Hoa et al. (2023), quienes también obtuvieron un rendimiento de crecimiento significativamente mayor ($p < 0,05$) en *P. vannamei* suplementados con aceites esenciales comerciales (con dosis de 1 y 2g/kg). De manera similar, Sheikh et al. (2018) y Abdel-Tawwab et al. (2022) demostraron resultados comparables al usar aceites esenciales (con dosis de 1 y 2g/kg) y (con dosis de 1, 3 y 5 g/kg), respectivamente, en la dieta de langostinos, alcanzando un crecimiento superior al de sus respectivos grupos de control. Esta tendencia también se ha observado en otras especies, lo que corrobora la efectividad de la suplementación. Por ejemplo, Tello y Terrones (2024) encontraron que la administración de Cardo Mariano mejoró el rendimiento productivo de la tilapia del Nilo y Bionte (2024) indicó que la curcumina y la silimarina aumentaron el crecimiento en organismos acuáticos.

Al finalizar el estudio, se registró una supervivencia del 100% en los langostinos *Penaeus vannamei* en todos los tratamientos y en el grupo control, sin que se observaran diferencias significativas entre ellos ($p > 0,05$). Estos resultados concuerdan con los hallazgos de He et al. (2017), quienes también reportaron altas tasas de supervivencia en langostinos infectados con *Vibrio parahaemolyticus*. En su investigación, las dosis de 0; 0,3; 0,6; 0,9 y 1,2 g/kg de un suplemento resultaron en supervivencias que oscilaron entre 94,29% y 99,05%, sin diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). Asimismo, Hoa et al. (2023) llevaron a cabo una prueba de infección experimental en *Penaeus vannamei* con *Vibrio parahaemolyticus*. Tras 14 días de infección, la supervivencia en el tratamiento con 2 g/kg de aceites esenciales comerciales fue significativamente mayor ($p < 0,05$), alcanzando un 60%, en comparación con el resto de los tratamientos (0 y 1 g/kg). De manera similar, Abdel-Tawwab et al. (2022), en un estudio de infección con *Vibrio parahaemolyticus*, encontraron que las dosis de 3 y 5 g/kg de un suplemento lograron una supervivencia significativamente mayor ($p < 0,05$) que el resto de los tratamientos y el grupo control, con valores del 80,0% y 86,7%, respectivamente, al finalizar el ensayo. Según Mohammadi et al. (2021), sugieren que la inclusión de extracto de orégano en la dieta puede mejorar el crecimiento, potenciar el sistema

inmunológico y aumentar la resistencia a infecciones bacterianas en los organismos acuáticos.

Tabla 3

Parámetros de crecimiento y supervivencia de los langostinos en los diferentes tratamientos y control.

Parámetro	Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	Control (AEOCM: 0 mL/kg)
Peso inicial (g)	3,18 ± 0,16 ^a	3,2 ± 0,10 ^a	3,21 ± 0,23 ^a
Peso final (g)	10,68 ± 0,14 ^a	11,78 ± 0,38 ^b	10,78 ± 0,28 ^a
Incremento de peso (g/semana)	1,07 ± 0,02 ^a	1,23 ± 0,04 ^b	1,08 ± 0,02 ^b
Biomasa inicial (g)	57,30 ± 0,89 ^a	57,6 ± 1,80 ^a	57,78 ± 4,08 ^a
Biomasa final (g)	192,30 ± 2,60 ^a	212,10 ± 6,75 ^b	194,10 ± 5,00 ^b
Factor de conversión relativo (FCR)	1,12 ± 1,12 ^a	0,89 ± 0,12 ^b	1,11 ± 0,01 ^a
Supervivencia (%)	100 ± 0 ^a	100 ± 0 ^a	100 ± 0 ^a

4.2. Parámetros Inmunológicos

No se encontró diferencia significativa ($p > 0.05$) en el conteo total de hemocitos entre los tratamientos con aceites esenciales. Sin embargo, los valores en estos grupos ($22,67 \times 10^6 \pm 2,64 \times 10^6$ y $29,00 \times 10^6 \pm 8,78 \times 10^6$ cél/mL) fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) en comparación con el grupo control ($1,87 \times 10^6 \pm 1,25 \times 10^6$ cél/mL). Los demás parámetros inmunológicos, como la concentración de proteínas totales, la fenoloxidasa y el anión superóxido, no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los grupos evaluados (Tabla 4, Anexo 7, 8, 9 y 10).

Tabla 4

Parámetros inmunológicos de *Penaeus vannamei* por tratamientos al final del estudio.

Parámetro	Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	Control (AEOCM: 0 mL/kg)
Conteo final de hemocitos (cél./mL)	22,67 x 10 ⁶ ± 9,29 x 10 ^{6b}	29,00 x 10 ⁶ ± 5,29 x 10 ^{6b}	1,87 x 10 ⁶ ± 1,25 x 10 ^{6a}
Concentración final de fenoloxidasa total (mD.O)	213,33 ± 5,77 ^a	213,33 ± 15,28 ^a	190,00 ± 10,00 ^a
Concentración final de anión superóxido (D.O)	1,33 ± 0,08 ^a	1,38 ± 0,18 ^a	1,30 ± 0,10 ^a
Concentración final de proteínas plasmáticas (mg/mL)	54,25 ± 7,59 ^a	52,33 ± 12,05 ^a	55,67 ± 2,40 ^a

Los langostinos *P. vannamei* que recibieron dietas suplementadas con aceites esenciales de *Origanum vulgare* (orégano) y *Silybum marianum* (cardo mariano) mostraron una mayor concentración de hemocitos. Este hallazgo es consistente con lo encontrado por Campa-Córdova et al. (2011), observaron un incremento similar al usar extractos de plantas, con rangos de $17,6 \times 10^6 \pm 2,0 \times 10^6$ cél/mL a $24,0 \times 10^6 \pm 3,0 \times 10^6$ cél/mL, en contraste con el valor del control de $13,8 \times 10^6 \pm 1,0 \times 10^6$ cél/mL. Asimismo, Sheikh et al. (2018) reportaron un aumento significativo de células en la hemolinfa de *P. vannamei* (mínimo de $23,20 \times 10^5$ cél/mL y máximo de $26,55 \times 10^5$ cél/mL) al usar aceites esenciales de *Cuminum cyminum* con nanopartículas de hierro, superando al grupo control ($19,45 \times 10^5$ cél/mL). En otro estudio, Eslami et al. (2025) lograron una concentración de hemocitos de 13×10^6 cél/mL con una dieta que contenía 1% de extracto de *Citrus limon*, lo que representó una diferencia significativa ($p < 0.05$) frente a los demás tratamientos y al grupo de control.

Por otra parte, los niveles de actividad enzimática y proteína total de la hemolinfa no mostraron una diferencia significativa entre las dosis de aceites esenciales y el grupo control. Estos hallazgos contrastan con He et al. (2017) quienes reportaron que el uso de una mezcla de ácidos orgánicos y aceites esenciales provocó un aumento significativo ($p < 0,05$) en la actividad de enzimas como la fosfatasa alcalina

sérica, la glutatión peroxidasa y la fenoloxidasa. Del mismo modo, Sheikh et al. (2018) encontraron que la suplementación con aceite esencial de *Cuminum cyminum* y nanopartículas de hierro incrementó significativamente ($p < 0,05$) los niveles de superóxido dismutasa y la actividad de la fosfatasa alcalina en *P. vannamei*. Además, se observó que glutatión peroxidasa, junto con las concentraciones de glucosa y colesterol, disminuyeron significativamente en los camarones que recibieron las dietas suplementadas en comparación con el control.

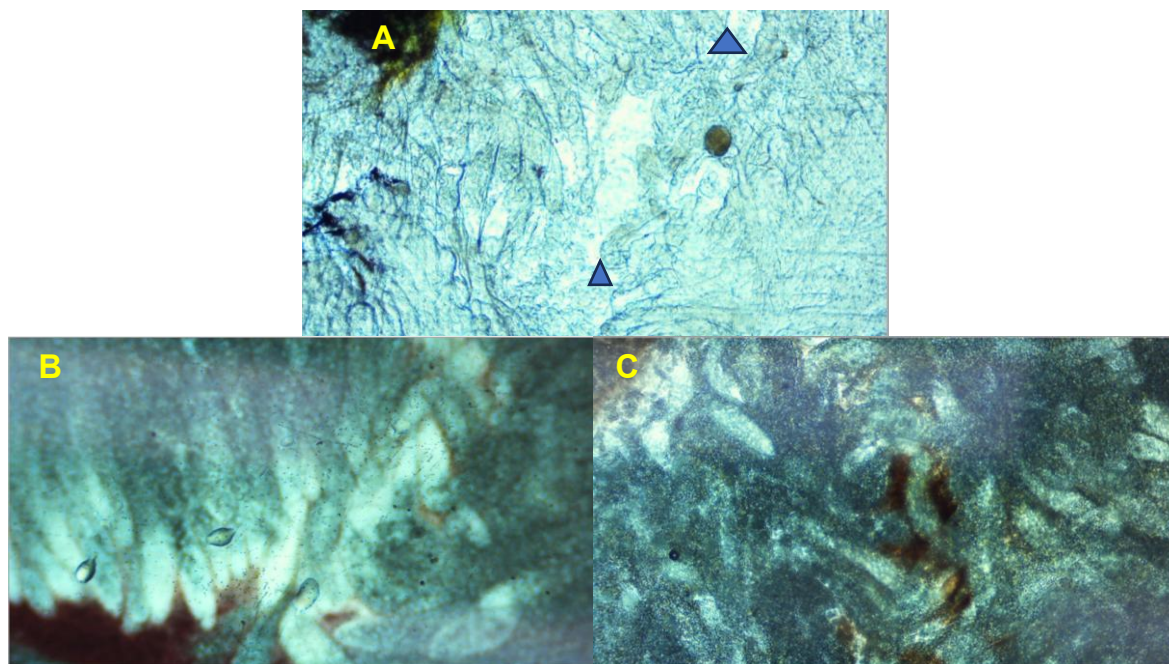
4.3. Estado sanitario

Al inicio del estudio, los langostinos examinados no presentaron signos clínicos externos compatibles con la presencia de agentes bacterianos. Sin embargo, al finalizar el periodo experimental, se observaron los siguientes signos clínicos:

- a) Intestino, no se observó infestación de gregarinas ni al inicio ni al final del estudio, sin embargo, se evidencio presencia parcial de alimento balanceado.
- b) Branquias, al inicio presentaron un grado de infestación de epibiontes entre G1 a G4, en cambio, al final se observó la ausencia en todos los tratamientos.
- c) Hepatopáncreas, al inicio se observaron grados de deformación de túbulos (G1 a G2) y un porcentaje de lípidos entre 70% a 85%. Al final del estudio, se observó una diferencia notable entre los tratamientos donde el control presentó mayor deformación de túbulos (G1 a G3) y un porcentaje de lípidos entre 0% a 70% a diferencia de los tratamientos con grados de deformación entre G1 a G2 y un porcentaje de lípidos entre 75% a 95% (Figura 4 y anexo 16).

Figura 4

Observación microscópica de túbulos hepatopancreáticos de Penaeus vannamei



Nota. Deformación tubular y contenido lipídico en Hepatopáncreas de Penaeus vannamei. (A) Hepatopáncreas con deformación tubular y pérdida total de lípidos (grupo control al final del estudio). (B) y (C) Hepatopáncreas con ligera deformación tubular y baja pérdida de lípidos (tratamientos con dosis de aceites esenciales al final del estudio) 40 X

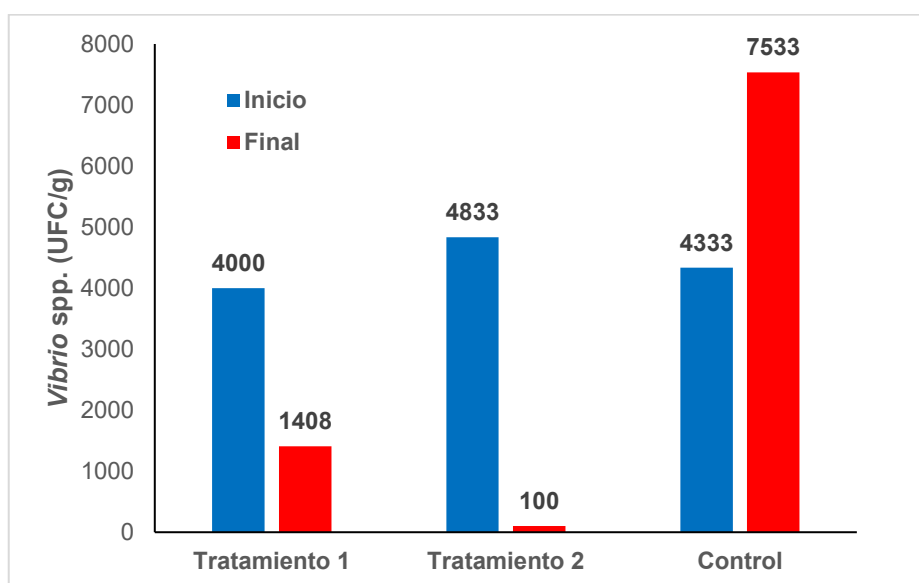
Los resultados indicaron una mejora en la salud de los langostinos *P. vannamei* alimentados con dosis de aceites esenciales 3 mL/kg (experimento 1) y 7 mL/kg (experimento 2). Esta observación coincide con estudios previos que resaltan los beneficios de los compuestos bioactivos en la acuicultura. Fadel et al. (2025) indican que los suplementos herbales mejoran el estado de salud de *P. vannamei* en comparación con el grupo control. Las características observadas en los ejemplares suplementados incluyen una natación muy activa, mayor apetito, mejor rendimiento de crecimiento, y un aspecto saludable: cuerpos translúcidos, exoesqueleto más duro, tracto digestivo lleno y coloración normal sin melanización. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por otros estudios, Ahmadifar et al. (2021) encontraron que los polifenoles presentes en extractos de plantas como el cardo mariano y el orégano contribuyen a la salud de los animales acuáticos. De manera similar, Bionte (2024) señaló que la curcumina y la silimarina, debido a sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y hepatoprotectoras, pueden mitigar los efectos negativos de las micotoxinas en peces y camarones. Adicionalmente,

Surai (2015) concluyó que la silimarina actúa como antioxidante al eliminar radicales libres, inhibir su formación, modular la respuesta y activar genes protectores.

Por otra parte, en la Figura 5, se evidencia una reducción significativa de la carga bacteriana de *Vibrio* spp. en hepatopáncreas de *Penaeus vannamei* en el experimento 2, donde los valores descendieron drásticamente de 4 833 UFC/g a menos 100 UFC/g. Le sigue el experimento 1, que también mostró una disminución, pasando de 4 000 UFC/g a 1 408 UFC/mL. En contraste, el grupo control experimentó un aumento en los niveles de *Vibrio* spp., ascendiendo de 4 333 UFC/mL a 7 533 UFC/mL.

Figura 5

Variación de carga bacteriana de *Vibrio* spp, en hepatopáncreas de *Penaeus vannamei* por tratamiento al inicio y al final del estudio.



Se observó que los aceites esenciales redujeron significativamente la carga bacteriana de *Vibrio* spp. en el hepatopáncreas de *Penaeus vannamei*. Estos hallazgos son consistentes con investigaciones, como la de Gómez et al. (2019), quienes también observaron que el uso de extractos de plantas inhibió el crecimiento de *Vibrio* spp. en bioensayos. De manera similar, Domínguez (2020) sugirió que los aceites esenciales representan herramientas eficientes para el control de la vibriosis en los sistemas de producción de *P. vannamei*. Sumado a

esto, Mendoza y Ordinola (2022), reforzaron la idea de que los aceites esenciales pueden ser una alternativa eficaz para reemplazar los antibióticos en los sistemas de cultivo de *P. vannamei*.

Por otra parte, existen reportes que demuestran que la suplementación con aceites esenciales de orégano en dietas para especies acuáticas mejora la inhibición del crecimiento de bacterias del género *Vibrio*. Donde, Mabrok et al. (2018), indican que el aceite esencial de *Origanum vulgare* L., en la dieta de tilapias, influye positivamente en la activación de la inmunidad innata y aumenta la resistencia de los peces a *V. anguillarum*. Asimismo, Zhang et al (2020), demostraron que el aceite esencial de *Origanum vulgare* L. aumenta la capacidad antioxidante y estimula la resistencia de enfermedades bacterianas de la *Carpa carpio*.

En cuanto a la carga de *Pseudomonas* spp. en el hepatopáncreas de *P. vannamei*, esta fue mínima o ausente (<100 UFC/mL) en todos los tratamientos a lo largo del estudio, ya que no se obtuvo crecimiento en los cultivos iniciales ni finales.

La ausencia de crecimiento bacteriano observada en los cultivos iniciales y finales sugiere que las condiciones experimentales no favorecieron la colonización de *Pseudomonas* spp., o que su abundancia se mantuvo por debajo del límite de detección del método empleado. Asimismo, diversos estudios recientes indican que el uso de fitobióticos puede ejercer efectos antimicrobianos selectivos, reduciendo la carga de bacterias gramnegativas oportunistas y favoreciendo un microbioma más equilibrado en *Penaeus vannamei* (Dawood et al., 2021). En concordancia, Naiel et al. (2023) señalan que la baja carga de bacterias patógenas se asocia a las propiedades antibacterianas de los fitobióticos, las cuales se manifiestan cuando estos compuestos son incorporados en la dieta de organismos acuáticos.

4.4. Actividad antibacteriana de fitobióticos

El antibiograma demostró que el extracto de *Origanum vulgare* fue eficaz en la inhibición del crecimiento de *Vibrio parahaemolyticus*. A concentraciones de 2,5%, 5,0% y 10,0%, el extracto produjo halos de inhibición de $16,53 \pm 0,10$; $12,57 \pm 0,16$ y $9,73 \pm 0,12$ mm, respectivamente. Esta actividad fue estadísticamente superior ($p < 0.05$) a la del extracto de *Silybum marianum*, que, a las mismas concentraciones, generó un halo de 6.00 mm. La eficacia observada para *Silybum*

marianum fue similar a la del antibiótico de referencia, la oxitetraciclina (30 µg), registrándose en ambos casos un halo de inhibición de 6.00 mm. No obstante, es importante precisar que, de acuerdo con las especificaciones del producto, *S. marianum* no presenta una acción antimicrobiana directa, sino que actúa principalmente como un inmunoestimulante en langostinos, fortaleciendo su respuesta inmune. En este contexto, su uso en acuicultura estaría orientado a la prevención y mejora del estado sanitario más que al control directo de patógenos, a diferencia de *Origanum vulgare*, el cual sí ha sido ampliamente reportado por su actividad antimicrobiana (Tabla 5).

Tabla 5

Halos de inhibición en la prueba de difusión en disco agar de aceites esenciales frente Vibrio parahaemolyticus.

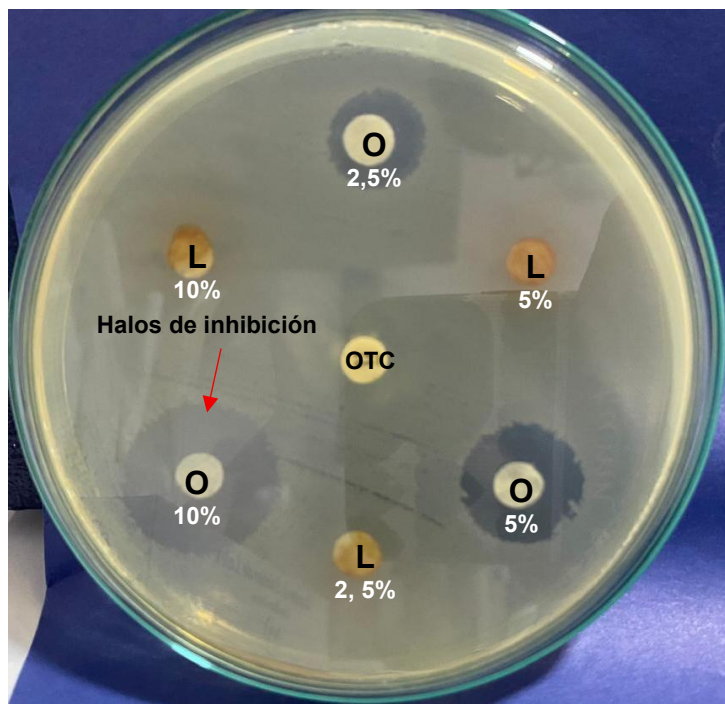
Antimicrobiano	Concentración	Halos de inhibición (mm)
<i>Origanum vulgare</i> (orégano)	10,0%	16,53 ±0,10
	5,0%	12,57 ±0,16
	2,5%	9,73 ±0,12
<i>Silybum marianum</i> (cardo mariano)	10,0%	6,00 ±0,00
	5,0%	6,00 ±0,00
	2,5%	6,00 ±0,00
Oxitetraciclina	30 ug	6,00 ±0,00

Nota:

S = Sensible; I = Intermedio; R = Resistente. Criterios de interpretación para oxitetraciclina (30 µg): ≥ 19 mm (S), 15–18 mm (I), ≤ 14 mm (R), según Cayul (2003).

Figura 6

Halos de inhibición en la prueba de difusión en disco agar de aceites esenciales frente Vibrio parahaemolyticus: (O) Origanum vulgare, (L) Silybum marianum y (OTC) Oxitetraciclina de 30 µg.



Se encontró que el aceite esencial de *Origanum vulgare* (orégano) demostró una mayor capacidad antibacteriana contra *V. parahaemolyticus* a diferencia del aceite esencial *Silybum marianum* y el antibiótico oxitetraciclina. Probablemente *V. parahaemolyticus* podría presentar genes de resistencia bacteriana a la oxitetraciclina, destacando la eficacia del aceite de orégano como alternativa potencial. La investigación coincide con lo encontrado por Aguirre et al. (2021), quienes indicaron que el aceite esencial de orégano posee propiedades bactericidas frente a bacterias Gram negativas y Gram positivas. Su composición química, basada en fenilpropanoles y flavonoides, incluye compuestos activos como el timol y el carvacrol, los cuales han sido identificados como los responsables de su actividad antimicrobiana (Reyes & Valle, 2021). Asimismo, se ha reportado la presencia de otros componentes antimicrobianos como timol, carvacrol y β -cariofileno (Moghrovyany y Sahakyan, 2024).

En los halos de inhibición, el aceite esencial de *Origanum vulgare* (10%) generó una zona de $15,87 \pm 0,19$ mm de diámetro, superando significativamente ($p < 0,05$) a la de *Silybum marianum* (10%) frente a *V. parahaemolyticus*. Estos resultados se alinearon con los obtenidos en la prueba de difusión en disco agar. En un estudio similar, Tejada-Muñoz et al. (2024), encontraron una mayor inhibición con una concentración del 100% de *Origanum vulgare* alcanzo un diámetro de 20,7 mm contra *Escherichia coli*, y de 10,0 mm con una concentración del 20%. Adicionalmente también otros autores han demostrado la efectividad del aceite esencial de orégano. Simirgiotis et al. (2020) observaron que una concentración del 10% de *Origanum vulgare* generó halos de inhibición de entre 7 y 16 mm frente a diversas bacterias patógenas, como *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella enterica*, y *Staphylococcus aureus*, entre otras. Por otro lado, Pathirana et al. (2021) indicaron que concentraciones inferiores al 5% no causaban inhibición bacteriana. Sin embargo, a una concentración del 10%, el aceite esencial de orégano produjo zonas de inhibición de 20 mm en *V. harveyi* y 18 mm en *V. ichthyenteri*, respectivamente, valores que se incrementaron a 26 mm y 28 mm, respectivamente, a una concentración del 100%.

4.5. Parámetros de calidad de agua

Durante el periodo de cultivo, los parámetros físico y químicos del agua analizados semanalmente registraron los siguientes valores: el pH se situó entre 6,83 y 7,67; el potencial redox varió de 144,45 a 165,67 mV; los sólidos disueltos totales se encontraron en un rango de 20,83 a 21,67 mg/L; la salinidad de 29,00 a 30,00 g/L a conductividad eléctrica osciló entre 39,30 y 45,67 mS/cm; los nitritos fluctuaron de 1,71 a 2,82 mg/L; los nitratos de 3,06 a 3,65 mg/L; el nitrógeno amoniacal total de 0,50 a 0,80 mg/L; el amoniaco (NH₃) de 0,02 a 0,08 mg/L; el amonio (NH₄⁺) de 0,39 a 0,92 mg/L y los fosfatos de 1,14 a 1,30 mg/L. En cuanto las mediciones diarias registraron que el oxígeno disuelto fluctuó entre 4,56 y 7,59 mg/L, mientras que la temperatura se encontró entre 23,5 y 28,0 °C.

Figura 7

Variación del pH registrada en los distintos grupos experimentales a lo largo del ciclo de cultivo.

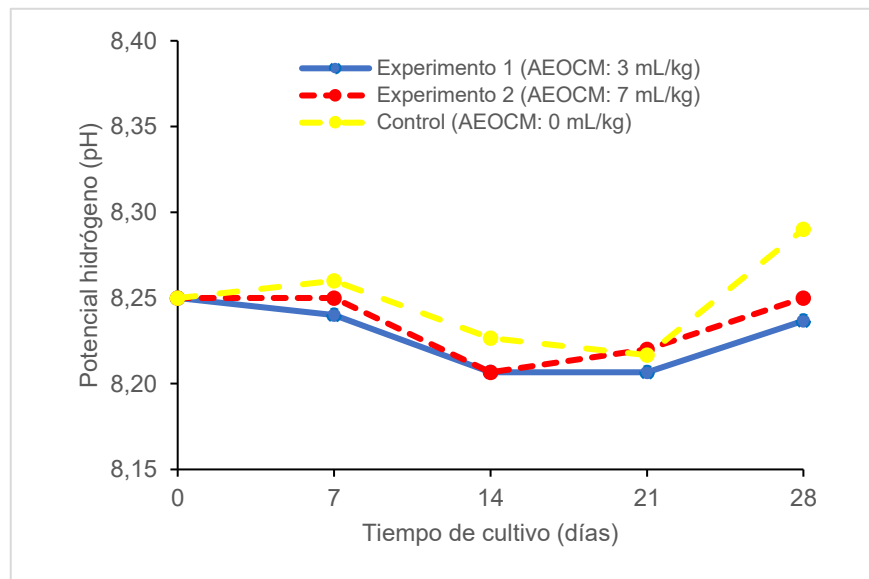


Figura 8

Cambios observados en la concentración de sólidos disueltos totales en los grupos experimentales durante el desarrollo del cultivo.

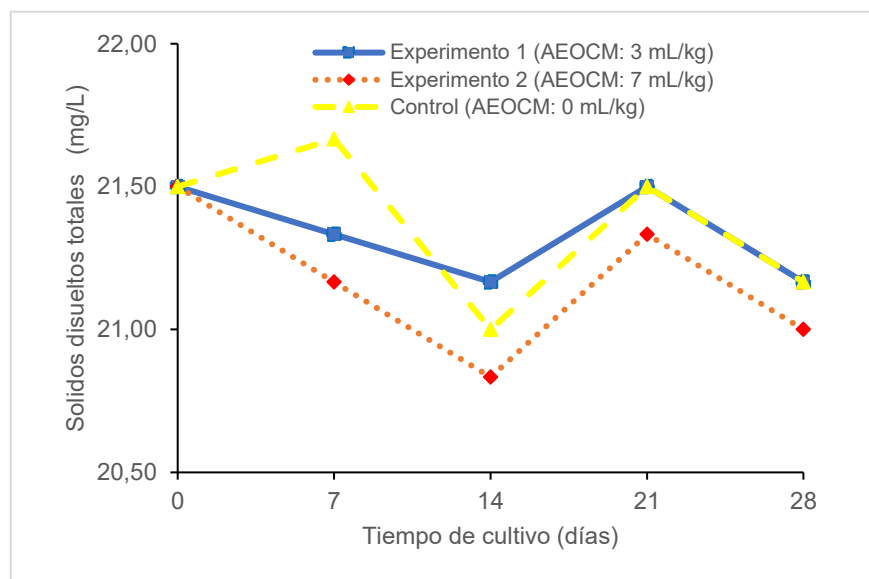


Figura 9

Comportamiento del potencial óxido-reducción en los tratamientos experimentales a lo largo del periodo de cultivo.

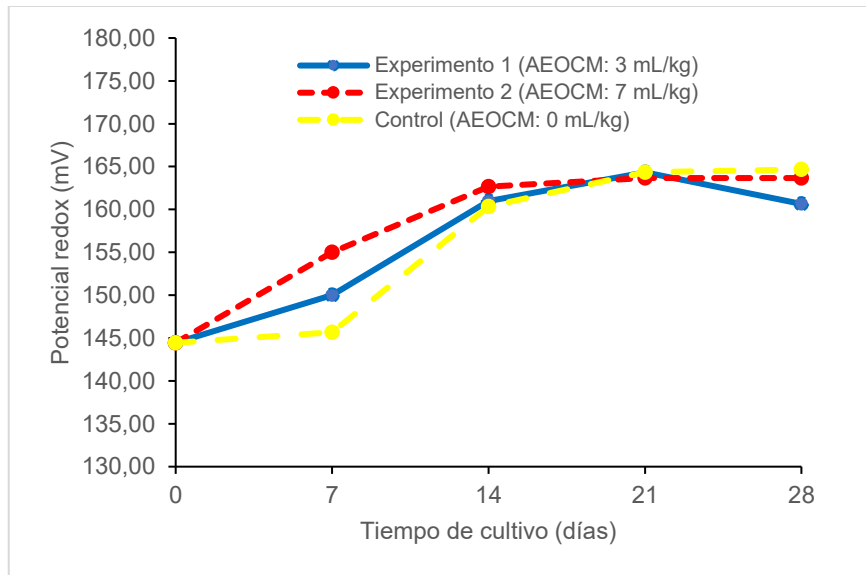


Figura 10

Evolución de la conductividad eléctrica en los diferentes grupos experimentales durante el proceso de cultivo.

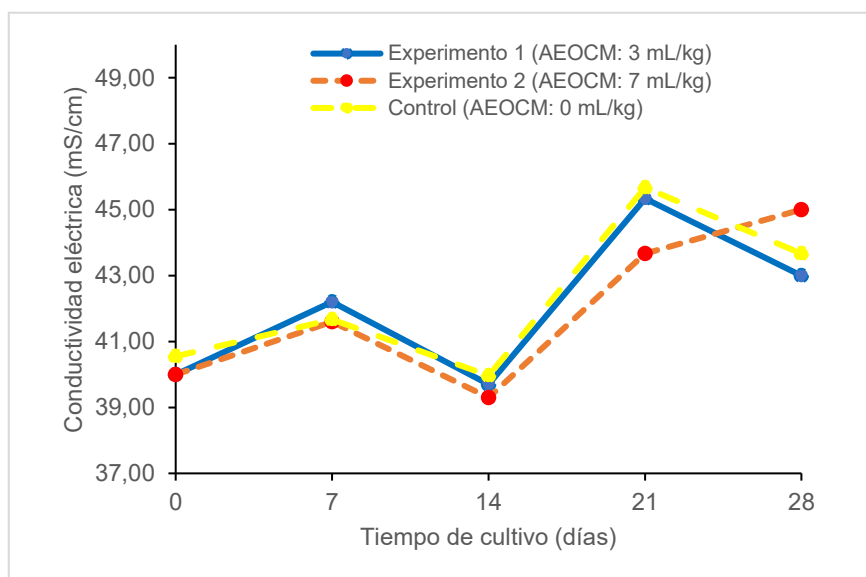


Figura 11

Dinámica del nitrógeno amoniacal total en los grupos experimentales a lo largo del tiempo de cultivo.

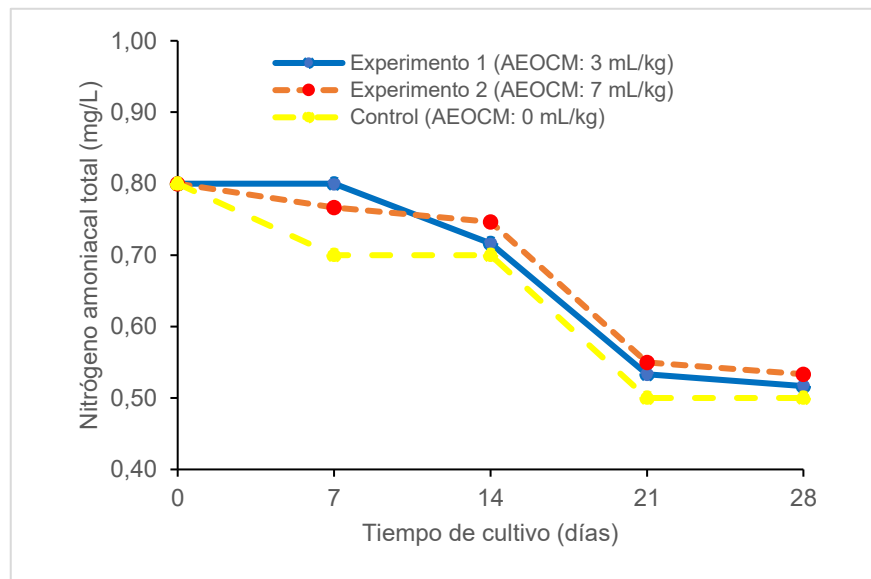


Figura 12

Variaciones en los niveles de amonio en los grupos experimentales durante el periodo experimental.

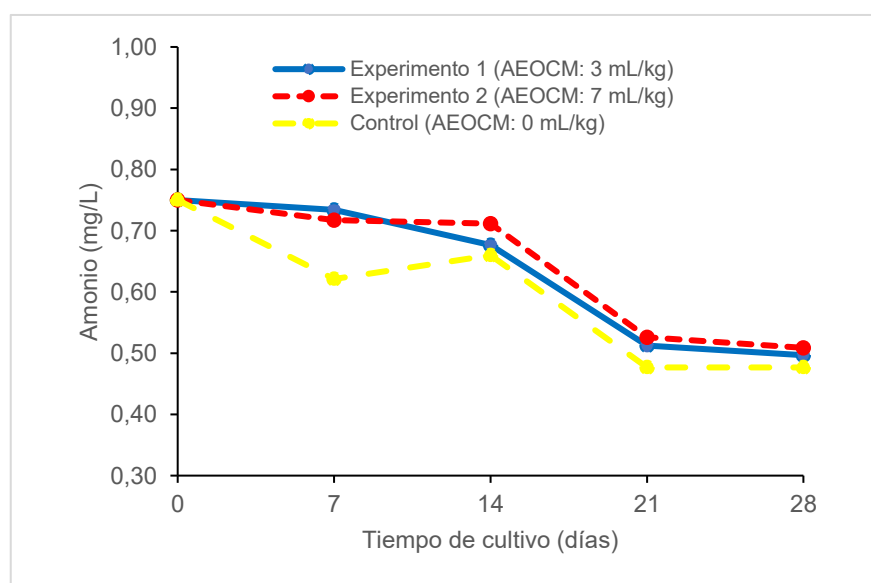


Figura 13

Comportamiento del amoníaco en los grupos experimentales a lo largo del cultivo.

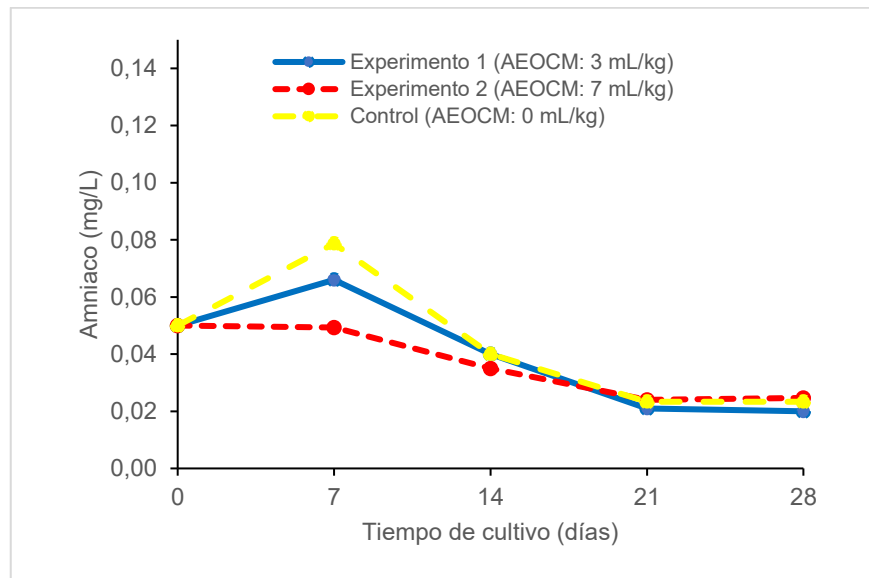
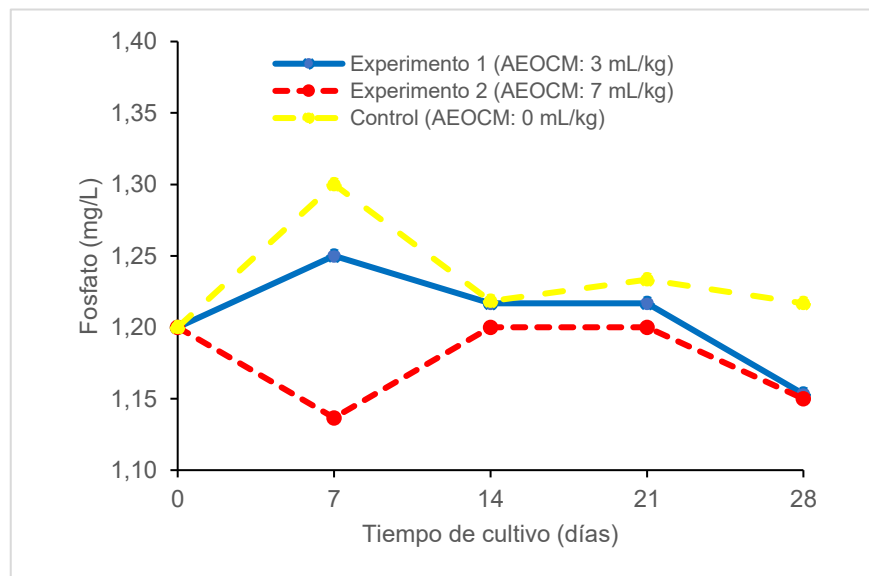


Figura 14

Cambios en la concentración de fosfato en los grupos experimentales durante el periodo de cultivo.



Los parámetros físico-químicos encontrados en los tanques experimentales se mantuvieron dentro de los niveles adecuados para el cultivo de *Penaeus vannamei*.

Según el Instituto Nacional de Pesca (2018), los rangos óptimos son: temperatura de 20 a 35 °C, salinidad de 5 a 40 g/L, oxígeno disuelto de 4 a 10 mg/L, pH de 7 a 9, nitrito menor a 0,1 mg/L, nitrato de 0,4 a 0,8 mg/L y amonio de 0,1 a 1,0 mg/L. Sin embargo, Sánchez et al. (2018), señalan que estos valores pueden fluctuar dependiendo del sistema de cultivo y de la estación del año, ya que la mayoría de estos parámetros están directamente influenciados por la temperatura del agua.

Por otra parte, Boyd (2020), considera que el oxígeno disuelto considerando que concentraciones superiores a 4 mg/L son recomendadas para camarones peneidos. Sin embargo, valores cercanos a 4,5 mg/L podrían generar estrés subletal y afectar el consumo de alimento, especialmente en sistemas de alta densidad. En relación con los compuestos nitrogenados, el nitrógeno amoniacal total no debe superar 1 mg/L. Asimismo, la concentración de amoníaco no ionizado debe estar por debajo de 0,1 mg/L, lo cual es crucial, dado que este compuesto es altamente perjudicial para el sistema respiratorio de los camarones.

V. CONCLUSIONES

1. Al finalizar el período de cultivo se observaron diferencias significativas en el peso final entre tratamientos. El grupo suplementado con 7 mL/kg presentó el mayor peso ($11,78 \pm 0,38$ g), superando significativamente al tratamiento con 3 mL/kg ($10,68 \pm 0,14$ g) y al control ($10,78 \pm 0,28$ g), los cuales no mostraron diferencias entre sí. Estos resultados indican que la dosis más alta del aditivo favoreció el crecimiento en peso de los organismos.
2. La supervivencia no mostró diferencias significativas entre los tratamientos, ya que todos los grupos alcanzaron un 100% de tasa al finalizar el cultivo experimental.
3. La adición de aceites esenciales a la dieta de los langostinos aumento de manera significativa la concentración de hemocitos totales en la hemolinfa, en comparación con el grupo control.
4. La actividad enzimática (fenoloxidasa y del anión superóxido) y proteína total de la hemolinfa no mostraron una diferencia significativa entre las dosis de aceites esenciales y el grupo control.

VI.RECOMENDACIONES

1. Para validar los hallazgos del estudio, se sugiere llevar a cabo una prueba de infección in vivo con *Vibrio parahaemolyticus* en *Penaeus vannamei*. Esto permitiría determinar el poder antimicrobiano de los aceites esenciales de *Origanum vulgare* y *Silybum marianum* aplicados de forma individual y combinada, evaluando su efecto protector contra la enfermedad.
2. Se sugiere evaluar el efecto de los aceites esenciales en *Penaeus vannamei* al probar diferentes niveles nutricionales de alimento balanceado. Esto permitirá determinar si la suplementación con estos aceites tiene un impacto diferenciado en rendimiento del crecimiento de los langostinos, dependiendo de si se utiliza un alimento de alta calidad (premium) o uno de calidad estándar (básico).
3. Se recomienda llevar a cabo análisis de expresión génica para profundizar en los hallazgos observados. Estos estudios permitirán evaluar el impacto inmunoestimulador de los aceites esenciales a nivel molecular y confirmar los mecanismos por los cuales estos compuestos mejoran el estado de salud de *Penaeus vannamei*.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Tawwab, M., Abdel-Razek, N., Tahoun, A. A., Awad, S. M., & El-Ashram, A. M. (2022). Effects of dietary supplementation of chamomile oil on Indian shrimp (*Penaeus indicus*) performance, antioxidant, innate immunity, and resistance to *Vibrio parahaemolyticus* infection. *Aquaculture*, 552, 738045. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738045>.
- Aguirre Chanta, Luis E., Sánchez-Suárez, Héctor A., y Ordinola-Zapata, Alberto. (2021). Resistencia antibiótica en *Vibrio* spp aislados de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Alternativas de tratamiento con extractos de *Azadirachta indica* y *Origanum vulgare*. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(4), e19386. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i4>.
- Aguirre-Guzmán G, Sánchez-Martínez J.G, Campa-Córdova A.I, Luna-González A, Ascencio F. (2009) Penaeid shrimp immune system: A Minireview. *Thai Journal of Veterinary and Medicine* 39, 205-215
- Ahmadi, A., Raz, D., y Abdollahi, M. (2012). Protective effects of silymarin against lead-induced hepatotoxicity in broiler chickens. *Toxicology and Industrial Health*, 28(7), 609–615. <https://doi.org/10.1177/0748233711420464>
- Ahmadifar, E., et al. (2021). Benefits of dietary polyphenols and polyphenol-rich additives to aquatic animal health: An overview. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), 92-122. <https://doi.org/10.1111/raq.12464>
- Aly, S. M., Abdelrazek, H. M. A., Eidaroos, N. H., Mostafa, S. I., Marzouk, S. S., Nashaat, M., Farid, D. S., y ElBanna, N. I. (2022). Effect of *Origanum vulgare* L.) essential oil on some immune parameters of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 26(6), 63–79. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2022.270407> .
- Armijos Flores, C. A., & Vacacela Cajamarca, L. D. (2022). Efecto del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) sobre la disminución de bacterias totales en el cultivo de camarón *Penaeus vannamei*

- Bendowski, W., Michalczuk, M., Jóźwik, A., Kareem, K. Y., Łozicki, A., Karwacki, J., & Bień, D. (2022). Using Milk Thistle (*Silybum marianum*) Extract to Improve the Welfare, Growth Performance and Meat Quality of Broiler Chicken. *Animals: an open access journal from MDPI*, 12(9), 1085. <https://doi.org/10.3390/ani12091085>
- Beltrán Cifuentes, M. C., Peláez Gutiérrez, E. C., Estrada Álvarez, J. M., Escobar Ríos, J. A., Serna Ángel, L., & Ríos Morales, D. (2010). Estudio farmacognóstico para el cuidado de la salud a partir de aceites esenciales obtenidos por destilación de arrastre de vapor. *Investigaciones Andina*, 12(20), 8-18. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81462010000100002#:~:text=Extracci%C3%B3n%20del%20aceite%20esencial,y%20resguardados%20de%20la%20luz.n
- Bionte. (2024, 24 de septiembre). *Curcumina y silimarina en acuicultura*. Recuperado de <https://www.bionte.com/curcumina-y-silimarina-en-acuicultura-bionte/>
- Boyd, C. E. (2020). *Water Quality: An Introduction*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-23335-8>
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223-253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
- Campa-Córdova, A. I., Luna-González, A., del Carmen Flores-Miranda, M., del Rosario Pacheco-Marges, M., & Ascencio-Valle, F. (2011). Respuesta Inmune en Camarón Blanco, *Litopenaeus vannamei*, Expuesto a Infecciones Bacterianas y Virales. *Avances en Nutrición Acuicola*. <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/96/96>
- Cárcamo-Aréchiga, N., Grijalva-Chon, J. M., Hernández-López, J., Varela-Romero, A., López-Torres, M. A., & Medina-Juárez, L. Á. (2016). Mecanismos de defensa de los camarones penaeidos durante un proceso infectivo: una revisión. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 18(1), 32–42. <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/242>

- Cayul, A. A. 2003. «Estudio de resistencia a antimicrobianos de uso frecuente en medicina veterinaria, de patógenos bacterianos aislados de metritis bovina en rebaños lecheros de la décima región» Tesis de Médico Veterinario. Universidad Austral de Chile. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/fvc385e/doc/fvc385e.pdf>
- Cerdá, R. (2020). *Encapsulación de aceites esenciales para obtención de films de PLA funcionales para el sector envase y embalaje*. [Tesis de posgrado, Univesidad Politécnica de Valencia]. Repositorio Institucional. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/149586/Cerd%C3%A1%2020Encapsulaci%C3%B3n%20de%20aceites%20esenciales%20para%20obteni%C3%B3n%20de%20films%20de%20PLA%20funcionales%20para%20el%20se....pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dawood, MAO, Koshio, S. y Esteban, M.Á. (2018), Funciones beneficiosas de los aditivos alimentarios como inmunoestimulantes en acuicultura: una revisión. *Rev Aquacult*, 10: 950-974. <https://doi.org/10.1111/raq.12209>
- Domínguez Borbor, C., & Rodríguez León, J. A. (2020). *Aceites Esenciales Como Inhibidores de la Virulencia de Vibrio spp. Patógenos de Camarón P. vannamei* (Doctoral dissertation, ESPOL. FIMCM: Maestría en Ciencias). <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/54686/1/T76787%20Dom%C3%ADnguez%20Borbor.pdf>
- El-Hack, M. E. A., Alagawany, M., Farag, M. R., Tiwari, R., Karthik, K., Dhama, K., & Zorriehzahra, J. (2016). Beneficial impacts of oregano (*Origanum vulgare*) on animal health. *Journal of Biological Sciences*, 16(2), 63–76.
- Esmaeil, N., Anassori, E., Dalir-Naghadeh, B., & Pirmohammadi, R. (2017). Anti-inflammatory effects of silibinin in animal models of colitis: A systematic review. *Phytotherapy Research*, 31(6), 831–840.
- Eslami, H., Abdoli, L. y Akbarzadeh, A. (2025). La suplementación dietética con extracto etanólico de cáscara de limón (*Citrus limon*) mejora el crecimiento y la respuesta inmunitaria antioxidante en el camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Nutrition*, 2025 (1), 4879504. <https://doi.org/10.1155/anu/4879504>

- Fakharzadeh, S. M. E., et al. (2020). An In vitro and in vivo study on antimicrobial activity of *Origanum vulgare* extract and its nano form against *Streptococcus iniae* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 19(5), 2454-2463. <https://jifro.ir/article-1-2621-fa.pdf>
- FAO. (2024). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024: Transformación azul en acción. FAO. <https://doi.org/10.4060/cd0683es>
- FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>
- FAO. (2021). Informe de la Reunión Regional de la FAO sobre el uso de antimicrobianos en la acuicultura en América Latina: Desafíos y perspectivas futuras. FAO Informe de Pesca y Acuicultura N.º 1338. Santiago de Chile. <https://doi.org/10.4060/cb3565es>
- FAO. (2018). *Visión general del sector acuícola nacional*. Recuperado de <http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso México/df>.
- Fadel, A., Khafage, A., Abdelsalam, M. y Abdel-Rahim, MM (2025). Evaluación comparativa de tres extractos herbales sobre el rendimiento del crecimiento, la respuesta inmunitaria y la resistencia a *Vibrio parahaemolyticus* en *Litopenaeus vannamei*. *BMC Veterinary Research*, 21 (1),166. <https://doi.org/10.1186/s12917-025-04588-0>
- García-Meilán, I., Firmino, J. P., Salomón, R., Reyes-López, F. E., Tort, L., & Gisbert, E. (2019). Medicinal plant leaf extract from *Salvia officinalis* and *Lippia citriodora* enhances growth and immune response in gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Fish & Shellfish Immunology*, 93, 1023–1033.
- García, R. (2019). *Efecto de la aplicación de un probiótico en el crecimiento, supervivencia y estado sanitario de Litopenaeus vannamei en etapa de precría*. [Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias con mención en Gestión Ambiental, Escuela de Posgrado. Universidad Nacional de Tumbes].

- Gracia, M., Orozco, M., & Molina, C. (2012). Efecto antibacteriano del aceite esencial de orégano (*Lippia berlandieri*) en bacterias patógenas de camarón *Litopenaeus vannamei*. *Hidrobiológica*, 22(3), 201–206.
- Giannenas, I., Triantafyllou, E., Stavrakakis, S., Margaroni, M., Mavridis, S., Steiner, T., & Karagouni, E. (2012). Effects of dietary supplementation with oregano and/or α -tocopheryl acetate on growth performance, haematological parameters and antioxidant activity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed on diets containing soybean oil. *Aquaculture*, 344–349, 17–24. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.03.019>
- Güroy, D., Güroy, B., Merrifield, D. L., Ergün, S., Tekinay, A. A., & Yigit, M. (2012). Effect of dietary herbal supplements on growth performance, body composition, and antioxidant activity of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Journal of the World Aquaculture Society*, 43(1), 1–10. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00532.x>
- Hassan, R., Morrow, B., Thomas, A., Walsh, T., Lee, M. K., Gulsuner, S., ... Churpek, J. E. (2019). Inherited predisposition to malignant mesothelioma and overall survival following platinum chemotherapy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(18), 9008–9013. doi:10.1073/pnas.1821510116
- Hassaan, M. S., Mohammady, E. Y., Soaudy, M. R., El-Garhy, H. A., Moustafa, M. M., Mohamed, S. A., & El-Haroun, E. R. (2019). Effect of *Silybum marianum* seeds as a feed additive on growth performance, serum biochemical indices, antioxidant status, and gene expression of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *Aquaculture*, 509, 178-187. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848618320751>
- He, W., Rahimnejad, S., Wang, L., Song, K., Lu, K., & Zhang, C. (2017). Effects of organic acids and essential oils blend on growth, gut microbiota, immune response and disease resistance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) against *Vibrio parahaemolyticus*. *Fish & shellfish immunology*, 70, 164-173. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.09.007>

- Hoa, T. T. T., Fagnon, M. S., Thy, D. T. M., Chabrilat, T., Trung, N. B., & Kerros, S. (2023). Growth performance and disease resistance against *Vibrio parahaemolyticus* of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed essential oil blend (Phyto AquaBiotic). *Animals*, 13(21), 3320. <https://doi.org/10.3390/ani13213320>
- Huapaya Tapia, S.L. (2024). Mejora integral en la cría de crustáceos/moluscos empleando fitobióticos. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/210035>
- Instituto Nacional de Pesca. (2018). Acuicultura camarón blanco del Pacífico. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/acuicultura-camaron-blanco-del-pacifico>
- Jorgensen, J. H., Pfaller, M. A., Carroll, K. C., Funke, G., Landry, M. L., Richter, S. S., & Warnock, D. W. (2020). *Manual of Clinical Microbiology* (12th ed.). ASM Press.
- Kordali, S., Cakir, A., Ozer, H., Cakmakci, R., Kesdek, M., & Mete, E. (2008). Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish *Origanum acutidens*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(5), 1658–1666.
- Lara-Espinoza, C. L., Espinosa-Plascencia, A., Rivera-Domínguez, M., Astorga-Cienfuegos, K. R., Acedo-Félix, E., & del Carmen Bermúdez-Almada, M. (2015). Desarrollo de camarón *Litopenaeus vannamei* en un sistema de cultivo intensivo con biofloc y nulo recambio de agua. *AquaTIC*, (43), 1-13.
- Li, F., Xie, S., Wang, M., Chen, L., & Yu, H. (2024). Distribution and management of residual antibiotics in the *Litopenaeus vannamei* shrimp farming environment: Recommendations for effective control. *Fishes*, 9(3), 84. <https://www.mdpi.com/2410-3888/9/3/84>
- Mandell, G. L., Bennett, J. E., & Dolin, R. (Eds.). (2001). *Principles and Practice of Infectious Diseases* (5^a ed.). Churchill Livingstone.
- Mabrok, MAE y Wahdan, A. (2018). Efecto inmunomodulador del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) en *Tilapia zillii* tras una infección

- intraperitoneal con *Vibrio anguillarum*. *Aquaculture International*, 26 (4), 1147-1160. <https://doi.org/10.1007/s10499-018-0274-y>
- Mendoza Noblecilla, G., & Ordinola Zapata, A. (2022). El extracto de *Mentha piperita* incrementa la supervivencia del camarón *Litopenaeus vannamei* infectado experimentalmente con *Vibrio* spp. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 33(3). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172022000300005&script=sci_arttext&tlng=en
- Ministerio de la Producción (PRODUCE). (2023). *Informe Anual del Sector Acuicola Peruano 2022*. Dirección General de Acuicultura. Lima, Perú. <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oe-documentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/1116-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2022>
- Mohammadi, G., et al. (2021). Oregano (*Origanum vulgare*) Extract Enhances Zebrafish (*Danio rerio*) Growth Performance, Immune Responses, and Resistance to *Aeromonas hydrophila*. *Animals*, 11(2), 395. <https://doi.org/10.3390/ani11020395>
- Moghrovyan, A., y Sahakyan, N. (2024). Actividad antimicrobiana y mecanismos de acción del aceite esencial de *Origanum vulgare* L.: efectos sobre las propiedades asociadas a la membrana. *AIMS Biophysics*, 11 (4), 508-526. doi: 10.3934/biophy.2024027
- Morales, V. y Cuéllar-Anjel, J. (2014). *Guía Técnica: Patología e inmunología de camarones penaeidos*. 2da ed. OIRSA, Panamá.
- Nazzaro, F., Fratianni, F., De Martino, L., Coppola, R., & De Feo, V. (2013). Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceuticals*, 6(12), 1451–1474.
- Naiel, MA, El-Kholy, AI, Negm, SS, Ghazanfar, S., Shukry, M., Zhang, Z., ... & Abdel-Latif, HM (2023). Una breve revisión sobre compuestos fenólicos derivados de plantas, con especial énfasis en sus posibles aplicaciones y usos beneficiosos en acuicultura. *Annals of Animal Science*, 23 (4), 971-977. <https://reference-global.com/article/10.2478/aoas-2023-0007>

- Olivo, M. (2018). *Prototipo para el monitoreo automatizado de parámetros de calidad del agua en una granja de camarón* [División de estudios de posgrado e investigación, Instituto Tecnológico de Colima. <https://dspace.itcolima.edu.mx/xmlui/handle/123456789/1238>
- Pajuelo Risco, F., Castro Salinas, D., Honorio Javes, C., Hernández Valdez, J., & Vega González, R. J. (2024). ¿Cuál es el rol de los fitobióticos en la producción animal?: Beneficios, biodisponibilidad, desafíos actuales y futuros. *Manglar*, 21(1), 115-126. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2414-10462024000100115
- Pathirana H.N.K.S.1 ; Wimalasena S.H.M.P.1 ; De Silva B.C.J.1 ; Hossain S.1 ; Heo G.J.1. (2021). Antibacterial activity of oregano (*Origanum vulgare*) essential oil, carvacrol and thymol against fish pathogenic bacteria isolated from cultured olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 20(6), 1822-1834. DOI: 10.22092/ijfs.2021.125609
- Gómez, C. A. G., Uyaguari, Y. A. C., Ochoa, L. S., & Intriago, L. R. (2019). Sinergia de combinaciones de extractos vegetales para el control de vibriosis en sistema productivo de camarón (*Litopenaeus vannamei*). *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 2(3), 91-98. <https://doi.org/10.62452/26yxfk83>
- Pepi, M y Focardi, S. (2021). Antibiotic-Resistant Bacteria in Aquaculture and Climate Change: A Challenge for Health in the Mediterranean Area. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18(11), 1-31. doi:10.3390/ijerph18115723
- Sanches-Fernandes, G. M., Sá-Correia, I., & Costa, R. (2022). Vibriosis outbreaks in aquaculture: addressing environmental and public health concerns and preventive therapies using gilthead seabream farming as a model system. *Frontiers in microbiology*, 13, 904815. <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2022.904815/full>
- Sánchez, S. G., Agis, A. J., Salome, B. O., González, M. R., & Torres, J. Z. (2018). Variables fisicoquímicas ambientales que inciden en el cultivo de camarón

- Litopenaeus vannamei*, en Coyuca de Benítez, Guerrero, México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 5(2), 135-155.
<https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/article/view/169/151>
- Sheikh, Z., Amani, A., Basseri, H. R., Kazemi, S. H. M., Sedaghat, M. M., Azam, K., Azizi, M., & Amirmohammadi, F. (2021). Repellent efficacy of *Eucalyptus globulus* and *Syzygium aromaticum* essential oils against malaria vector *Anopheles stephensi*. *Iranian Journal of Public Health*, 50(8), 1668–1677.
<https://doi.org/10.18502/ijph.v50i8.6833>
- Simirgiotis, MJ, Burton, D., Parra, F., López, J., Muñoz, P., Escobar, H. y Parra, C. (2020). Capacidad antioxidante y antibacteriana del aceite esencial de *Origanum vulgare* L. de la región árida andina de Chile y su caracterización química por cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS). *Metabolitos*, 10 (10), 414.
<https://doi.org/10.3390/metabo10100414>
- Rashidian, G., Boldaji, J. T., Rainis, S., Prokić, M. D., & Faggio, C. (2021). Oregano (*Origanum vulgare*) Extract Enhances Zebrafish (*Danio rerio*) Growth Performance, Serum and Mucus Innate Immune Responses and Resistance against *Aeromonas hydrophila* Challenge. *Animals : an open access journal from MDPI*, 11(2), 299. <https://doi.org/10.3390/ani11020299>
- Reverter, M., Bontemps, N., Lecchini, D., Banaigs, B., & Sasal, P. (2014). Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: Current status and future perspectives. *Aquaculture*, 433, 50–61.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.048>
- Reyes, R., & Valle, C. (2021). *Diseño de un protocolo de inclusión de aceites esenciales, como profiláctico y nutraceutico, para la optimización del proceso de producción de camarón blanco (Penaeus vannamei)*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio Institucional.
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/51438/1/T-76724.pdf>

- Romero, J., Feijoó, C. G., & Navarrete, P. (2012). Antibiotics in Aquaculture – Use, Abuse and Alternatives. En E. Carvalho (Ed.), *Health and Environment in Aquaculture*. InTech. <https://www.intechopen.com/chapters/35141>
- Stalin, N., & Srinivasan, P. (2016). Molecular characterization of antibiotic resistant *Vibrio harveyi* isolated from shrimp aquaculture environment in the south east coast of India. *Microbial Pathogenesis*, 97, 1-7. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0882401016300547>
- Sheikh Asadi, M., Gharaei, A., Mirdar Harijani, J., & Arshadi, A. (2018). A Comparison between dietary effects of *Cuminum cyminum* essential oil and *Cuminum cyminum* essential oil, loaded with iron nanoparticles, on growth performance, immunity and antioxidant indicators of white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture nutrition*, 24(5), 1466-1473. <https://doi.org/10.1111/anu.12683>
- Sotomayor M., Reyes, J., Restrepo, L., Dominguez, C., Maldonado, M y Bayot, B (2019). Evaluación de la eficiencia de productos naturales y antibióticos comerciales disponibles, comúnmente utilizados para reducir brotes de *Vibrio* en criaderos de *Litopenaeus vannamei* de Ecuador. 14(1): e0210478.
- Sönmez, A. Y., et al. (2015). Effects of dietary supplementation of different rates of thyme (*Thymus vulgaris*) and oregano (*Origanum vulgare*) oils on growth, body composition, and liver histology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh*, 67, 1189-1195.
- Sozmen, M., et al. (2014). Silymarin alleviates fumonisin B1-induced hepatotoxicity in mice. *Acta Veterinaria Hungarica*, 62(1), 10-19.
- Surai P. F. (2015). Silymarin as a Natural Antioxidant: An Overview of the Current Evidence and Perspectives. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 4(1), 204–247. <https://doi.org/10.3390/antiox4010204>
- Tejada-Muñoz, S., Cortez, D., Rascón, J., Chávez, SG, Caetano, AC, Díaz-Manchay, RJ, ... & Tapia-Limonchi, R. (2024). Actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Origanum vulgare* contra *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. *Productos farmacéuticos* , 17 (11), 1430.

- Tello Picón, R. D., & Terrones Ramírez, J. A. (2024). *Efecto de la silimarina en el rendimiento productivo de la tilapia del Nilo (Oreochromis niloticus), Huacho 2023* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio Institucional UNJFSC. <http://hdl.handle.net/20.500.14067/9598>
- Torres, C., & Zarasaga, M. (2002). Antibióticos como promotores del crecimiento en animales: ¿Vamos por el buen camino? *Gaceta Sanitaria*, 16(2), 112–119. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-91112002000200002
- Valera, A. y Choc-Martínez, L. (2020). Técnicas diagnósticas para enfermedades bacterianas en camarones. Usos, alcances y limitaciones. Artículo de revisión 31(3): e18165 <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i3.18165>
- Varela, A y Alfaro, Ramsés. (2018). Revisión sobre aspectos farmacológicos a considerar para el uso de antibióticos en la camaronicultura. *Rev Inv Vet Perú* 2018; 29(1): 01-14 <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i1.141861>
- Wang Zhenlu, Jiang Zhou, Junyi Li, Jixing Zou & Lanfen Fan. (2020). Respuesta de la defensa inmune del camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) ante una fluctuación de temperatura. *Revista Cámara Nacional de Acuicultura*. Edición 135 junio 2020. 48-54 pp.
- Zhang, R., Wang, XW, Liu, LL, Cao, YC y Zhu, H. (2020). El aceite esencial de orégano en la dieta mejoró la respuesta inmunitaria, la actividad de las enzimas digestivas y la microbiota intestinal de la carpa koi (*Cyprinus carpio*). *Acuicultura* , 518 , 734781. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734781>

ANEXOS

ANEXO 1

Análisis de normalidad (Shapiro-Wilk) de parámetros productivos, Sanitarios e inmunológicos en langostinos en los diferentes tratamientos y control.

Parámetro	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
Peso inicial del langostino (g)	0,952	9	0,707
Peso final del langostino (g)	0,854	9	0,082
Incremento de peso del langostino (g)	0,832	9	0,047
Biomasa inicial (g)	0,952	9	0,707
Biomasa final (g)	0,854	9	0,082
Factor de conversión (FCR)	0,785	9	0,014
Conteo inicial de Vibrio spp. (UFC/gHP)	0,879	9	0,154
Conteo final de Vibrio spp. (UFC/gHP)	0,724	9	0,003
Conteo inicial de hemocitos (cél./mL)	0,986	9	0,989
Conteo final de hemocitos (cél./mL)	0,787	9	0,015
Concentración inicial de fenoloxidasa total (mD.O)	0,977	9	0,947
Concentración final de fenoloxidasa total (mD.O)	0,972	9	0,915
Concentración inicial de anión superóxido (D.O)	0,959	9	0,784
Concentración final de anión superóxido (D.O)	0,926	9	0,442
Concentración inicial de proteínas plasmáticas (mg/mL)	0,975	9	0,933
Concentración final de proteínas plasmáticas (mg/mL)	0,898	9	0,242

Nota: Supervivencia es constante. Se ha omitido.

ANEXO 2

Prueba de homogeneidad de varianzas de Levene en datos de los parámetros productivos, sanitarios e inmunológicos en langostinos de los diferentes tratamientos y control.

Parámetro	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Peso inicial del langostino (g)	1,009	2	6	0,419
Peso final del langostino (g)	2,399	2	6	0,172
Incremento de peso del langostino (g)	2,435	2	6	0,168
Biomasa inicial (g)	1,009	2	6	0,419
Biomasa final (g)	2,399	2	6	0,172
Factor de conversión (FCR)	7,254	2	6	0,025
Conteo inicial de Vibrio spp. (UFC/gHP)	3,580	2	6	0,095
Conteo final de Vibrio spp. (UFC/gHP)	13,961	2	6	0,006
Conteo inicial de hemocitos (cél./mL)	0,866	2	6	0,467
Conteo final de hemocitos (cél./mL)	3,949	2	6	0,080
Concentración inicial de fenoloxidasa total (mD.O)	1,231	2	6	0,357
Concentración final de fenoloxidasa total (mD.O)	1,217	2	6	0,360
Concentración inicial de anión superóxido (D.O)	0,758	2	6	0,509
Concentración final de anión superóxido (D.O)	0,886	2	6	0,460
Concentración inicial de proteínas plasmáticas (mg/mL)	2,147	2	6	0,198
Concentración final de proteínas plasmáticas (mg/mL)	0,485	2	6	0,638

Nota: Supervivencia es constante. Se ha omitido.

ANEXO 3

Datos de crecimiento de *Penaeus vannamei* en cada tratamiento y control, durante el periodo de estudio.

Tratamiento	Tiempo de cultivo (días)	Peso total (g)				Incremento de peso (g/semana)				Biomasa			
		Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio
Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	0	3,25	3,30	3,00	3,18	0,00	0,00	0,00	0,00	58,50	59,40	54,00	5,24
	7	4,65	4,60	4,50	4,58	1,40	1,30	1,50	1,40	83,70	82,80	81,00	82,44
	14	6,65	6,60	6,50	6,58	2,00	2,00	2,00	2,00	119,70	118,80	117,00	118,44
	21	8,85	8,80	8,60	8,75	2,20	2,20	2,10	2,17	159,30	158,40	154,80	157,50
	28	10,85	10,60	10,60	10,68	2,00	1,80	2,00	1,93	195,30	190,80	190,80	192,24
Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	0	3,10	3,20	3,30	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00	55,80	57,60	59,40	57,60
	7	4,50	5,10	4,80	4,80	1,40	1,90	1,50	1,60	81,00	91,80	86,40	86,40
	14	6,65	7,40	7,00	7,02	2,15	2,30	2,20	2,22	119,70	133,20	126,00	126,36
	21	8,85	9,50	9,50	9,28	2,20	2,10	2,50	2,27	159,30	171,00	171,00	167,04
	28	11,35	12,00	12,00	11,78	2,50	2,50	2,50	2,50	204,30	216,00	216,00	212,04
Control (AEOCM: 0 mL/kg)	0	3,00	3,18	3,45	3,21	0,00	0,00	0,00	0,00	54,00	57,24	62,10	57,78
	7	4,17	4,48	4,80	4,48	1,17	1,30	1,35	1,27	75,06	80,64	86,40	80,64
	14	6,07	6,48	6,80	6,45	1,90	2,00	2,00	1,97	109,26	116,64	122,40	116,10
	21	8,47	8,68	8,80	8,65	2,40	2,20	2,00	2,20	152,46	156,24	158,40	155,70
	28	10,47	10,88	11,00	10,78	2,00	2,20	2,20	2,13	188,46	195,84	198,00	194,04

ANEXO 4

Distribución descriptiva de los diámetros de halos de inhibición en el método de difusión en agar por disco.

Parámetro	Tratamiento	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Peso final del langostino (g)	Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	3	10,6833	,14434	,08333	10,3248	11,0419	10,60	10,85
	Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	3	11,7833	,37528	,21667	10,8511	12,7156	11,35	12,00
	Control (AEOCM: 0 mL/kg)	3	10,7833	,27791	,16045	10,0930	11,4737	10,47	11,00
	Total	9	11,0833	,58071	,19357	10,6370	11,5297	10,47	12,00
Incremento de peso del langostino (g)	Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	3	1,0733	,02887	,01667	1,0016	1,1450	1,04	1,09
	Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	3	1,2267	,04163	,02404	1,1232	1,3301	1,18	1,26
	Control (AEOCM: 0 mL/kg)	3	1,0833	,01528	,00882	1,0454	1,1213	1,07	1,10
	Total	9	1,1278	,07886	,02629	1,0672	1,1884	1,04	1,26
Biomasa final (g)	Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	3	192,3000	2,59808	1,50000	185,8460	198,7540	190,80	195,30
	Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	3	212,1000	6,75500	3,90000	195,3197	228,8803	204,30	216,00
	Control (AEOCM: 0 mL/kg)	3	194,1000	5,00236	2,88811	181,6735	206,5265	188,46	198,00
	Total	9	199,5000	10,45279	3,48426	191,4653	207,5347	188,46	216,00
Factor de conversión relativo	Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	3	1,1200	,02646	,01528	1,0543	1,1857	1,10	1,15
	Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	3	,8867	,12097	,06984	,5862	1,1872	,75	,98
	Control (AEOCM: 0 mL/kg)	3	1,1067	,01528	,00882	1,0687	1,1446	1,09	1,12
	Total	9	1,0378	,12950	,04317	,9382	1,1373	,75	1,15

Parámetro	Tratamiento	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Supervivencia (%)	Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	3	100,0000	,00000	,00000	100,0000	100,0000	100,00	100,00
	Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	3	100,0000	,00000	,00000	100,0000	100,0000	100,00	100,00
	Control (AEOCM: 0 mL/kg)	3	100,0000	,00000	,00000	100,0000	100,0000	100,00	100,00
	Total	9	100,0000	,00000	,00000	100,0000	100,0000	100,00	100,00

ANEXO 5

Análisis de varianza (ANOVA) de datos de los parámetros crecimiento y supervivencia de langostinos al final del estudio en diferentes tratamientos y control.

Parámetro		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso inicial del langostino (g)	Entre grupos	0,001	2	0,001	0,019	0,981
	Dentro de grupos	0,174	6	0,029		
	Total	0,175	8			
Peso final del langostino (g)	Entre grupos	2,220	2	1,110	13,939	0,006
	Dentro de grupos	0,478	6	0,080		
	Total	2,698	8			
Incremento de peso del langostino (g)	Entre grupos	0,045	2	0,022	25,479	0,001
	Dentro de grupos	0,005	6	0,001		
	Total	0,050	8			
Biomasa inicial (g)	Entre grupos	0,353	2	0,176	0,019	0,981
	Dentro de grupos	56,462	6	9,410		
	Total	56,815	8			
Biomasa final (g)	Entre grupos	719,280	2	359,640	13,939	0,006
	Dentro de grupos	154,807	6	25,801		
	Total	874,087	8			
Factor de conversión (FCR)	Entre grupos	0,101	2	0,050	10,080	0,012
	Dentro de grupos	0,030	6	0,005		
	Total	0,131	8			
Supervivencia (%)	Entre grupos	0,000	2	0,000		
	Dentro de grupos	0,000	6	0,000		
	Total	0,000	8			

ANEXO 6

Prueba post hoc Tukey ($\alpha=0,05$) de los parámetros de productividad que arrojaron diferencia significativa ($p<0,05$) entre los tratamientos.

Peso final del langostino (g)

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	3	10,6833	
Control (AEOCM: 0 mL/kg)	3	10,7833	
Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	3		11,7833
Sig.		0,903	1,000

Nota: Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Incremento de peso (g)

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	3	1,0733	
Control (AEOCM: 0 mL/kg)	3	1,0833	
Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	3		1,2267
Sig.		0,916	1,000

Nota: Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Biomasa final (g)

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	3	192,3000	
Control (AEOCM: 0 mL/kg)	3	194,1000	
Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	3		212,1000
Sig.		0,903	1,000

Nota: Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Factor de conversión relativa

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	3	,8867	
Control (AEOCM: 0 mL/kg)	3		1,1067
Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	3		1,1200
Sig.		1,000	0,972

Nota: Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

ANEXO 7

Parámetros inmunológicos de langostinos en los tratamientos con aceites esenciales y control, al inicio y final del estudio.

Tratamiento	Repetición	Conteo de hemocitos (cell/mL)		Concentración de fenoloxidasa total (mD.O)		Concentración de anión superóxido (D.O)		Concentración de proteínas plasmáticas (mg/mL)	
		Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	1	2,00E+06	2,00E+06	210,00	210,00	1,55	1,35	60,00	50,25
	2	1,00E+06	1,50E+06	190,00	220,00	1,05	1,25	55,00	63,00
	3	3,00E+06	3,30E+06	180,00	210,00	1,45	1,40	56,00	49,50
	Promedio	2,00E+06	2,27E+06	193,33	213,33	1,35	1,33	57,00	54,25
Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	1	2,50E+06	2,50E+06	220,00	230,00	1,20	1,40	58,00	66,25
	2	2,30E+06	1,50E+06	250,00	210,00	1,24	1,55	40,00	45,50
	3	2,50E+06	3,05E+06	230,00	200,00	1,59	1,20	45,00	45,25
	Promedio	2,43E+06	2,35E+06	233,33	213,33	1,34	1,38	47,67	52,33
Control (AEOCM: 0 mL/kg)	1	1,50E+06	1,30E+06	210,00	190,00	1,10	1,30	60,00	53,50
	2	3,00E+06	1,00E+06	280,00	200,00	1,34	1,40	45,00	58,25
	3	4,30E+06	3,30E+06	240,00	180,00	1,40	1,20	55,00	55,25
	Promedio	2,93E+06	1,87E+06	243,33	190,00	1,28	1,30	53,33	55,67

ANEXO 8

Descriptivos de los datos de los parámetros inmunológicos del langostino al inicio y final del estudio por cada tratamiento y control.

Parámetro	Tratamiento	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Concentración final de fenoloxidasa total (mD.O)	Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	3	213,3333	5,77350	3,33333	198,9912	227,6755	210,00	220,00
	Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	3	213,3333	15,27525	8,81917	175,3875	251,2792	200,00	230,00
	Control (AEOCM: 0 mL/kg)	3	190,0000	10,00000	5,77350	165,1586	214,8414	180,00	200,00
	Total	9	205,5556	15,09231	5,03077	193,9546	217,1565	180,00	230,00
	Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	3	133,3333	7,63763	4,40959	114,3604	152,3062	125,00	140,00
Concentración final de anión superóxido (D.O)	Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	3	138,3333	17,55942	10,13794	94,7133	181,9534	120,00	155,00
	Control (AEOCM: 0 mL/kg)	3	130,0000	10,00000	5,77350	105,1586	154,8414	120,00	140,00
	Total	9	133,8889	11,39566	3,79855	125,1294	142,6484	120,00	155,00
	Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	3	22666666	9291573	5364492	-414881	45748214	1,50E+7	3,30E+7
	Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	3	29000000	5291502	3055050	15855179	42144821	2,50E+7	3,50E+7
Conteo final de hemocitos (cél./mL)	Control (AEOCM: 0 mL/kg)	3	1866667	1250333	721880	-1239333	4972667	1,00E+6	3,30E+6
	Total	9	17844444	1341995	4473319	7528951	28159937	1,00E+6	3,50E+7

Parámetro	Tratamiento	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Concentración final de proteínas	Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	3	54,2500	7,58700	4,38035	35,4029	73,0971	49,50	63,00
	Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	3	52,3500	12,03869	6,95054	22,4442	82,2558	45,25	66,25
	Control (AEOCM: 0 mL/kg)	3	79,0000	14,13993	8,16369	43,8745	114,1255	65,25	93,50
	Total	9	61,8667	16,32198	5,44066	49,3205	74,4128	45,25	93,50

ANEXO 9

Análisis de varianza (ANOVA) de datos de los parámetros inmunológicos de langostinos en diferentes tratamientos y control.

Parámetro		Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Sig.
Conteo final de hemocitos (cél./mL)	Entre grupos	4,87E+12	2	2,44E+12	0,786	0,497
	Dentro de grupos	1,86E+13	6	3,10E+12		
	Total	2,35E+13	8			
Concentración final de fenoloxidasa total (mD.O)	Entre grupos	1088,889	2	544,444	4,455	0,065
	Dentro de grupos	733,333	6	122,222		
	Total	1822,222	8			
Concentración final de anión superóxido (D.O)	Entre grupos	105,556	2	52,778	0,339	0,725
	Dentro de grupos	933,333	6	155,556		
	Total	1038,889	8			
Concentración final de proteínas plasmáticas (mg/mL)	Entre grupos	1326,395	2	663,198	4,944	0,054
	Dentro de grupos	804,860	6	134,143		
	Total	2131,255	8			

ANEXO 10

Prueba post hoc Tukey ($\alpha=0,05$) de los parámetros de inmunológicos que arrojaron diferencia significativa ($p<0,05$) entre los tratamientos.

Conteo de hemocitos (cel/mL)

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Control (AEOCM: 0 mL/kg)	3	1866667	
Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	3		22666667
Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	3		29000000
Sig.		1,000	,471

Nota: Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

ANEXO 11

Concentración de *Vibrio* spp. en *Penaeus vannamei* por tratamiento con aceites esenciales y control al inicio y final del estudio.

Tratamiento	Repetición	Concentración de <i>Vibrio</i> spp. (UFC/gHP)	
		Inicio	Final
Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	1	4000	1475
	2	4000	500
	3	4000	2250
	Promedio	4000	1408
Experimento 1 (AEOCM: 7 mL/kg)	1	7000	100
	2	5500	100
	3	2000	100
	Promedio	4833	100
Control (AEOCM: 0 mL/kg)	1	2000	8550
	2	4000	8750
	3	7000	21500
	Promedio	4333	12933

ANEXO 12

Descriptivos de los datos de carga de *Vibrio* spp. en el hepatopáncreas de langostinos al final del estudio por cada tratamiento y control.

Parámetro	Tratamiento	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Conteo inicial de <i>Vibrio</i> spp. (UFC/g)	Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	3	4000,0000	0,00000	0,00000	4000,0000	4000,0000	4000,00	4000,00
	Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	3	4833,3333	2565,80072	1481,36574	-1540,4690	11207,1357	2000,00	7000,00
	Control (AEOCM: 0 mL/kg)	3	4333,3333	2516,61148	1452,96631	-1918,2761	10584,9428	2000,00	7000,00
	Total	9	4388,8889	1833,33333	611,11111	2979,6641	5798,1136	2000,00	7000,00
Conteo final de <i>Vibrio</i> spp. (UFC/g)	Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	3	1408,3333	876,90269	506,28001	-770,0137	3586,6804	500,00	2250,00
	Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	3	100,0000	0,00000	0,00000	100,0000	100,0000	100,00	100,00
	Control (AEOCM: 0 mL/kg)	3	12933,3333	7419,62488	4283,72242	-5498,0366	31364,7033	8550,00	21500,00
	Total	9	4813,8889	7166,51405	2388,83802	-694,7815	10322,5592	100,00	21500,00

ANEXO 13

Análisis de varianza (ANOVA) de datos carga de *Vibrio spp.* en el hepatopáncreas de langostinos al inicio y al final del estudio.

Parámetro	Tratamiento	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Conteo final de <i>Vibrio</i> spp. (UFC/g)	Entre grupos	1055555,556	2	527777,8	0,123	0,887
	Dentro de grupos	25833333,333	6	4305555,6		
	Total	26888888,889	8			
Conteo inicial de <i>Vibrio</i> spp. (UFC/g)	Entre grupos	299231805,556	2	149615902,8	8,041	0,020
	Dentro de grupos	111639583,333	6	18606597,2		
	Total	410871388,889	8			

ANEXO 14

Prueba post hoc Tukey ($\alpha=0,05$) de los conteos de *Vibrio* spp. que arrojaron diferencia significativa ($p<0,05$) entre los tratamientos.

Conteo final de *Vibrio* spp.

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	3	100,0000	
Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	3	1408,3333	
Control (AEOCM: 0 mL/kg)	3		12933,3333
Sig.		0,928	1,000

Nota: Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

ANEXO 15

Diámetros del halos de inhibición obtenidos en la prueba de difusión en disco agar entre los aceites esenciales frente *Vibrio parahaemolyticus*.

Antibacterianos	Repetición	Halos de inhibición (mm)			
		10%	5%	5%	30 ug
<i>Origanum vulgare</i> (orégano)	1	16.65	12.65	9.62	-
	2	16.45	12.67	9.86	-
	3	16.50	12.38	9.70	-
	Promedio	16.53	12.57	9.73	-
	D.S.	0.10	0.16	0.12	-
<i>Silybum marianum</i> (cardo mariano)	1	6.00	6.00	6.00	-
	2	6.00	6.00	6.00	-
	3	6.00	6.00	6.00	-
	Promedio	6.00	6.00	6.00	-
	D.S.	0.00	0.00	0.00	-
Oxitetraciclina	1	-	-	-	6.00
	2	-	-	-	6.00
	3	-	-	-	6.00
	Promedio	-	-	-	6.00
	D.S.	-	-	-	0.00

ANEXO 16

Parámetros clínicos patológicos de *Penaeus vannamei* alimentados con diferentes dosis de aceites esenciales al inicio y final del estudio.

Parámetros clínicos patológicos	Tratamiento (Dosis de aceites esenciales)	0 días		28 días	
		Grado de severidad (min.-máx.)	Nivel Lípidos (min.-máx.)	Grado de severidad (min.-máx.)	Nivel Lípidos (min.-máx.)
Grado de severidad a la deformación tubular y nivel de Lípidos en Hepatopáncreas	Tratamiento 1 (3mL/kg)	G1 a G2	70% a 85%	a G2	80% a 95%
	Tratamiento 2 (7ml/kg)	G1 a G2	70% a 85%	G1	80% a 95%
	Control (0 mL/kg)	G1 a G2	20% a 85%	G1 a G3	0% a 70%
		Ectoparásito	Grado (min.-máx.))	Ectoparásito	Grado (min.-máx.))
Grado de severidad de inafección en Branquias	Tratamiento 1 (3mL/kg)	<i>Epistylis sp.</i>	G1 a G4	Ninguno	G0
	Tratamiento 2 (7ml/kg)	<i>Epistylis sp.</i>	G1 a G4	Ninguno	G0
	Control (0 mL/kg)	<i>Epistylis sp.</i>	G1 a G4	Ninguno	G0
		Porcentaje AABB (min.-máx.))	Grado (min.-máx.))	Porcentaje AABB (min.-máx.)x)	Grado (min.-máx.))
Contenido de alimento y grado de infestación de gregarinas en el intestino	Tratamiento 1 (3mL/kg)	10 a 30	G0	100	G0
	Tratamiento 2 (7ml/kg)	11 a 30	G0	100	G0
	Control (0 mL/kg)	12 a 30	G0	0 a 100	G0

Nota:

Grado de severidad a la deformación tubular de hepatopáncreas (número/campo/organismo):

G0: No presenta, G1:1-5, G2:medio 6-10, G3: 11-16, G4: mayor a 16.

Grado de severidad a la infestación de epibiontes en lamelas branquiales:

G0: No presenta, G1:muy bajo 1-5, G2:medio 6-10, G3: alto 10-15, G4: muy alto mayor a 15.

Grado de infestación de gregarinas

(intestino/organismo):

G0: No presenta, G1:1-15, G2:16-50, G3: 51-100, G4: mayor a 100.

Fuente: IMorales y Cuéllar-Anjel (2014).

ANEXO 17

Parámetros físicos y químicos de calidad de agua por cada tratamiento tomado semanalmente.

Tratamiento	Tiempo de cultivo (Días)	Temperatura. (°C)	Sólidos disueltos totales (mg/L)	Potencial hidrógeno (pH)	Potencial redox (mV)	Salinidad (g/L)	Conductividad eléctrica. (mS/cm)	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrógeno Amoniacal Total (mg/L)	Amoniaco (mg/L)	Amonio (mg/L)	Fosfato (mg/L)
Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	0	24,40	21,50	8,25	144,45	29,00	40,00	2,33	3,23	0,80	0,05	0,75	1,20
	7	24,27	21,33	8,24	150,00	29,00	42,20	2,82	3,55	0,80	0,07	0,73	1,25
	14	23,20	21,17	8,21	161,00	30,00	39,70	2,25	3,34	0,72	0,04	0,68	1,22
	21	23,60	21,50	8,21	164,33	30,00	45,33	1,82	3,06	0,53	0,02	0,51	1,22
	28	24,00	21,17	8,24	160,67	30,00	43,00	1,94	3,54	0,52	0,02	0,50	1,15
Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	0	24,40	21,50	8,25	144,45	29,00	40,00	2,33	3,23	0,80	0,05	0,75	1,20
	7	24,03	21,17	8,25	155,00	29,00	41,60	2,58	3,62	0,77	0,05	0,72	1,14
	14	23,43	20,83	8,21	162,67	30,00	39,30	2,32	3,48	0,75	0,04	0,71	1,20
	21	23,60	21,33	8,22	163,67	30,00	43,67	1,82	3,44	0,55	0,02	0,53	1,20
	28	24,00	21,00	8,25	163,67	30,00	45,00	1,75	3,65	0,53	0,02	0,51	1,15
Control (AEOCM: 0 mL/kg)	0	24,40	21,50	8,25	144,45	29,00	40,55	2,33	3,23	0,80	0,05	0,75	1,20
	7	24,43	21,67	8,26	145,67	29,00	41,67	2,32	3,51	0,70	0,08	0,92	1,30
	14	23,30	21,00	8,23	160,33	30,00	39,97	2,26	3,32	0,70	0,04	0,66	1,22
	21	23,30	21,50	8,22	164,33	30,00	45,67	1,71	3,55	0,50	0,02	0,39	1,23
	28	24,00	21,17	8,29	164,67	30,00	43,67	1,84	3,53	0,50	0,02	0,40	1,22

ANEXO 18

Oxígeno disuelto y temperatura por tratamientos tomados en tres tiempos diferentes (8 am, 12 pm y 6 pm).

Periodo de cultivo (días)	Hora	Oxígeno disuelto (mg/L)			Temperatura (°C)		
		Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	Control (AEOCM: 0 mL/kg)	Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	Control (AEOCM: 0 mL/kg)
1	8:00 a. m.	5,22	5,54	5,40	26,10	25,60	25,80
	12:00 p. m.	4,56	6,20	5,54	26,10	26,10	25,70
	6:00 p. m.	5,50	5,60	5,39	26,10	26,10	25,80
2	8:00 a. m.	5,96	5,40	5,36	26,40	25,90	26,43
	12:00 p. m.	6,20	5,60	5,86	26,40	26,40	25,90
	6:00 p. m.	6,25	5,82	5,43	26,40	26,10	26,50
3	8:00 a. m.	6,09	5,78	5,79	24,10	23,90	24,10
	12:00 p. m.	5,51	7,59	5,82	24,20	23,80	24,00
	6:00 p. m.	7,25	7,12	5,40	23,80	23,80	23,90
4	8:00 a. m.	5,25	5,26	5,30	26,20	26,20	26,00
	12:00 p. m.	5,21	6,64	5,26	26,30	28,10	26,30
	6:00 p. m.	6,48	6,26	5,22	28,00	28,00	27,60
6	8:00 a. m.	6,47	5,70	5,50	25,00	24,80	24,50
	12:00 p. m.	5,91	5,40	5,70	24,90	24,60	24,40
	6:00 p. m.	6,11	5,12	5,99	24,70	24,60	24,60
7	8:00 a. m.	6,13	6,22	6,39	24,10	24,50	24,00
	12:00 p. m.	5,76	6,27	5,89	24,00	24,60	24,60
	6:00 p. m.	6,31	6,22	6,03	24,00	24,10	23,90
9	8:00 a. m.	6,48	6,35	6,50	24,20	24,10	23,70
	12:00 p. m.	6,30	6,30	6,15	24,20	23,80	23,50
	6:00 p. m.	6,15	6,37	6,14	24,00	23,80	23,80
10	8:00 a. m.	6,34	6,21	6,04	25,00	24,80	24,40
	12:00 p. m.	6,22	5,80	5,44	24,80	24,40	24,50
	6:00 p. m.	6,00	6,02	5,70	24,70	24,70	24,60
11	8:00 a. m.	6,50	6,20	6,11	25,40	25,10	24,80
	12:00 p. m.	6,27	5,83	5,35	25,10	24,80	24,90
	6:00 p. m.	6,25	6,10	5,66	24,90	25,00	24,90
13	8:00 a. m.	6,06	5,25	6,23	25,10	25,20	24,90
	12:00 p. m.	6,08	6,20	6,01	25,40	24,80	25,00
	6:00 p. m.	5,93	5,90	6,10	25,00	25,10	25,00
14	8:00 a. m.	6,39	6,49	6,20	24,60	24,30	24,10
	12:00 p. m.	5,75	6,45	6,39	24,50	24,10	24,10
	6:00 p. m.	6,30	6,50	6,35	24,30	24,10	24,30
15	8:00 a. m.	7,44	6,80	7,34	24,00	24,00	24,00
	12:00 p. m.	6,74	6,63	6,75	24,00	24,00	24,00
	6:00 p. m.	6,85	6,50	6,85	24,00	24,00	24,00
16	8:00 a. m.	6,40	6,36	6,56	24,20	24,10	23,90

Periodo de cultivo (días)	Hora	Oxígeno disuelto (mg/L)			Temperatura (°C)		
		Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	Control (AEOCM: 0 mL/kg)	Experimento 1 (AEOCM: 3 mL/kg)	Experimento 2 (AEOCM: 7 mL/kg)	Control (AEOCM: 0 mL/kg)
17	12:00 p. m.	6,34	6,35	6,15	24,00	23,90	23,90
	6:00 p. m.	6,18	6,31	6,15	24,00	23,90	23,90
	8:00 a. m.	5,31	5,62	5,33	24,10	25,00	26,00
	12:00 p. m.	5,35	6,01	5,29	24,05	25,00	26,30
	6:00 p. m.	6,56	6,28	5,25	26,00	24,00	26,60
	8:00 a. m.	5,82	5,99	6,18	25,00	25,10	25,00
18	12:00 p. m.	6,30	6,30	6,01	24,60	24,30	24,10
	6:00 p. m.	5,24	6,22	6,18	24,50	24,10	24,10
	8:00 a. m.	6,36	6,10	6,34	24,30	24,10	24,30
19	12:00 p. m.	6,15	6,21	6,22	24,00	23,80	23,80
	6:00 p. m.	6,34	6,39	6,11	25,00	24,80	24,40
	8:00 a. m.	6,16	5,99	5,82	24,80	24,40	24,50
20	12:00 p. m.	6,12	6,22	5,90	24,70	24,70	24,60
	6:00 p. m.	6,20	6,51	6,10	25,40	25,10	24,80
	8:00 a. m.	6,32	5,92	5,84	25,10	24,80	24,90
21	12:00 p. m.	6,33	6,16	5,88	24,90	25,00	24,90
	6:00 p. m.	6,09	5,86	6,10	25,10	25,20	24,90
	8:00 a. m.	6,00	6,02	6,24	24,70	24,70	24,60
22	12:00 p. m.	6,50	6,20	6,19	25,40	25,10	24,80
	6:00 p. m.	6,15	6,12	6,28	25,10	24,80	24,90
	8:00 a. m.	6,06	6,15	5,99	24,90	25,00	24,90
23	12:00 p. m.	6,03	6,16	6,02	25,10	25,20	24,90
	6:00 p. m.	6,19	6,22	6,31	25,40	24,80	25,00
	8:00 a. m.	5,90	6,35	6,21	25,00	25,10	25,00
24	12:00 p. m.	6,90	6,02	6,29	24,60	24,30	24,10
	6:00 p. m.	6,60	6,09	6,39	24,50	24,10	24,10
	8:00 a. m.	5,90	6,43	6,30	24,30	24,10	24,30
25	12:00 p. m.	6,80	6,72	6,99	24,00	24,00	24,00
	6:00 p. m.	6,10	6,29	6,49	24,00	24,00	24,00
	8:00 a. m.	6,25	6,49	6,85	24,00	24,00	24,00
27	12:00 p. m.	6,16	6,10	5,88	24,00	24,00	24,00
	6:00 p. m.	5,94	6,23	5,26	24,00	24,00	24,00
	8:00 a. m.	5,84	6,19	6,21	24,00	24,00	24,00
28	12:00 p. m.	5,99	5,94	6,11	24,00	24,00	24,00
	6:00 p. m.	6,21	5,86	6,02	24,00	24,00	24,00

ANEXO 19

Grado de severidad a la deformación tubular en hepatopáncreas de langostinos de *Penaeus vannamei*.

Grado de severidad	Signos clínicos
0	No presentan signos de infección. No presentan deformación tubular ni rugosidad. Organismo sano
1	Presencia muy baja de deformación tubular (1-5/campo/organismo). Se observa muy poco desprendimiento celular. Fase (0), infección.
2	Se observa la presencia moderada de deformación tubular (6-10/campo/organismo), atrofia, melanización y necrosis tubular. Se presenta mortalidad si no se aplica tratamiento. Fase (1), inicial.
3	Se observa presencia alta de deformación tubular (11-16/campo/organismo), con lesiones de moderadas a severas, con melanización, necrosis, desprendimiento celular y atrofia tubular. Letal si no se aplica tratamiento. Fase (II), aguda.
4	Se observa gran cantidad de túbulos deformes (más de 16/campo/organismo), con severas lesiones con melanización, necrosis, atrofia tubular y túbulos vacíos. Presencia de hemocitos alrededor de túbulos atrofiados, melanizados y necróticos. Fase (III), crónica.

Fuente: de Morales-Covarrubias 2013).