



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

TEMA

EFFECTOS PROFILÁCTICOS DE *Ganoderma lucidum* EN EL
CRECIMIENTO, SUPERVIVENCIA Y RESISTENCIA A
PATÓGENOS BACTERIANOS EN LARVAS DE *Penaeus
vannamei*.

AUTOR:

Blgo. Durgel Eleonel Obando Velez

TRABAJO DE TITULACIÓN

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

TUTOR:

PhD. Sonnya Mendoza Lombana

Santa Elena, Ecuador

2026



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

TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos calificadores, aprueban el presente trabajo de titulación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por el Instituto de Postgrado de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

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

**PhD. Sonnya Mendoza Lombana
TUTORA**

**PhD. Geovanna Parra Riofrío
ESPECIALISTA 1**

**PhD. José Jerry Landivar Zambrano
ESPECIALISTA 2**

**Ab. María Rivera González. Mgtr.
SECRETARIA GENERAL
UPSE**



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

CERTIFICACIÓN:

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

Atentamente,

Acui. Sonnya Mendoza Lombana, Ph.D
TUTORA



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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Durgel Eleonel Obando Vélez

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, **Efectos profilácticos de *Ganoderma lucidum* en el crecimiento, supervivencia y resistencia a patógenos bacterianos en larvas de *Penaeus vannamei***, previo a la obtención del título en Magíster en Acuicultura, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Santa Elena, a los 31 días del mes de marzo del año 2026

Durgel Eleonel Obando Vélez
AUTOR



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

AUTORIZACIÓN

Yo, Durgel Eleonel Obando Velez

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Santa Elena, a los 31 días del mes de marzo del año 2026

Durgel Eleonel Obando Vélez
AUTOR



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

CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado **Efectos profilácticos de *Ganoderma lucidum* en el crecimiento, supervivencia y resistencia a patógenos bacterianos en larvas de *Penaeus vannamei***, presentado por el estudiante, Durgel Eleonel Obando Vélez fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 9%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

INFORME DE ANÁLISIS
registro

Propuesta, Durgel Eleonel_B1

9%
Textos sospechosos

- 0% Similitudes
 - 0% similitudes entre comillas
 - 0% entre las fuentes mencionadas
- 2% Idiomas no reconocidos (ignorados)
- 0% Textos potencialmente generados por IA

Nombre del documento: Propuesta, Durgel Eleonel_B1.docx
ID del documento: 93cf3850c1ffa68e53ec7ac5aa12457a005c91aa
Tamaño del documento original: 43,23 kB

Depositante: SONNYA PATRICIA MENDOZA LOMBANA
Fecha de depósito: 21/2/2026
Tipo de carga: interfase
Fecha de fin de análisis: 21/2/2026

Número de palabras: 5329
Número de caracteres: 36.527

Ubicación de las similitudes en el documento:

Acui. Sonnya Mendoza Lombana, Ph.D.
TUTORA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia, Dios, al laboratorio Larvafer S.A por darme la apertura para realizar mi investigación y a la empresa Premex por darme el producto y la institución por este nuevo escalón cumplido

Durgel, Obando

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres que siempre están ahí para brindarme su apoyo, a mi hija Alba que es mi motor para avanzar y vencer cada obstáculo, a mi hermano y su linda familia que ha formado y también a mi tutora de tesis la Acui. Sonnya Mendoza PhD por creer en mí una vez más, su apoyo constante en estas dos grandes etapas ha sido fundamental para mi éxito.

Durgel, Obando

ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL DE GRADO	ii
CERTIFICACIÓN	iii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iv
AUTORIZACIÓN	v
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO.....	vi
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xi
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
Capítulo 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	2
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos	6
1.4.1. Objetivo general	7
1.4.2. Objetivos específicos	8
1.5 Hipótesis.....	8
Capítulo II.....	8
2.1 Marco teórico	8
2.1.1. Acuicultura de <i>P. vannamei</i>	8
2.1.2 Problemática sanitaria en larvicultura	11
2.1.3 Uso de antibióticos en la acuicultura y sus consecuencias	13
2.1.4. Sistema inmune de <i>P. vannamei</i>	13
2.1.5 Inmunoestimulantes como alternativa profiláctica	14
2.1.6 <i>Ganoderma lucidum</i>	14
Capítulo III	24
3.1. Metodología	24
3.1.1. Enfoque y tipo de investigación	24

3.1.2. Área de estudio	24
3.1.5. Diseño experimental	25
3.1.6. Parámetros de calidad de agua.....	30
3.1.7 Observación macroscópica de larvas <i>P. vannamei</i>	30
3.1.8. Microbiología y procesamiento de muestras	31
3.1.10. Análisis estadísticos.....	34
Capítulo IV	35
4.1. Resultados	35
4.1.1 <i>MIC</i> y <i>MBC</i>	35
Capítulo V.....	47
5.1. Discusión.....	48
Capítulo VI	49
6.1. Conclusiones	49
6.2. Recomendaciones.....	50
Capítulo VII.....	52
7.1. Bibliografía.....	52
7.2 Anexos	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida.....	8
Figura 2. Ubicación satelital del Laboratorio de Larvafer-Cam S.A.S.....	24
Figura 3. Diseño experimental.....	27
Figura 4. Observación de muestras de larvas de <i>P. vannamei</i> y observación en microscopia .	31
Figura 5. Medios de cultivo para análisis microbiológicos.....	33
Figura 6. Grado de severidad.....	36
Figura 7. Grado de severidad de la réplica 2.....	37
Figura 8. Grado de severidad de la réplica 3.....	38
Figura 9. Conteo de colonias en ensayo microscópico en agar.....	39
Figura 10. Determinación de tasa de supervivencia de las larvas frente a la exposición de <i>G. Lucidum</i>	40
Figura 11. Distribución de la carga de <i>Vibrio</i> (UFC/mL) en los diferentes estadios larvales bajo tratamiento con <i>Ganoderma lucidum</i> y grupo control	41
Figura 12. Registro de datos de parámetros fisicoquímicos de la experimentación	42
Figura 13. Matriz de correlación de Phi.....	43
Figura 14. Matriz de correlación entre producción, supervivencia, crecimiento postlarval (PLG), carga bacteriana (<i>Vibrio alginolyticus</i> , <i>Pseudomonas</i> sp.) y parámetros de calidad de agua.....	44
Figura 15. Correlación supervivencia	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Índices de rangos de oxígeno en el sistema de cultivo	11
Tabla 2. Descripción de información general de tanques experimentales	28
Tabla 3. Dosificación de Ganoderma Lucidum por estadio.....	28
Tabla 4. Rangos óptimos de parámetros fisicoquímicos del agua	30
Tabla 5. Descripción de lesiones y patologías para el reconocimiento de severidad.....	30
Tabla 6. Resultados de MIC y MBC.....	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Determinación y control, de grados de severidad T1	56
Anexo 2. Determinación y control, de grados de severidad T2.....	56
Anexo 3. Determinación y control, de grados de severidad T3.....	57

Resumen

La actividad acuícola en Ecuador es altamente demandada debido a su importancia de exportación en el mundo. No obstante, sufre de efectos causados por las infecciones microbiológicas que afectan su industrialización. Como es el caso de *Penaeus vannamei*, mayormente afectadas por *Vibrios spp.* que causa la muerte de las larvas y los tratamientos con antibióticos pueden generar resistencia al medicamento. Es así como surge el uso de un extracto del hongo *Ganoderma lucidum*, que ha demostrado bioactividad profiláctica permitiendo incrementar la tasa de supervivencia larval. Por ello, la presente investigación propone evaluar la acción profiláctica del hongo en larvas de *P. vannamei*, mediante ensayos *in vitro* y tratamientos experimentales para determinar su efecto sobre el crecimiento, supervivencia y resistencia a patógenos bacterianos. Se realizó un ensayo MIC para reconocer la actividad del extracto en cepas *Vibrios spp.* y *Pseudomonas spp.* Posteriormente, se inocularon nauplios en 6 tanques (3 control y 3 de tratamiento) sometiendo las larvas a la carga de los microorganismos de interés. Los tanques del tratamiento se expusieron a 3 concentraciones del hongo (Nauplio 5 ppm; Zoea 5 ppm; en Mysis se mantuvo 5 ppm; 1-2 Postlarva 5 ppm; 3-6 Postlarva 7 ppm; 8-16 Postlarva 8 ppm). Durante el proceso, se tomaron muestras diarias para evaluar la salud larval, registrando grados de severidad y simultáneamente se examinó microbiológicamente la carga bacteriana para controlar el diseño, empleando los medios de cultivo selectivos TBCS, CHROMOAGAR y CETRAMIDE. Entre los principales resultados, se obtuvieron los siguientes datos: una mediana mayor de 89% de supervivencia en las larvas sometidas al tratamiento, en comparación con el control (83%). Además, se determinaron asociaciones fuertes entre la supervivencia y el tratamiento ($\phi = 0.76$), el tratamiento y PLG ($\phi = 0.98$), crecimiento y supervivencia ($\phi = 0.97$), *V. alginolyticus* y supervivencia ($\phi = 0.79$) y las correlaciones ambientales ($\phi \approx 0.70-0.90$). Por último, se calculó la producción y PLG mantienen una relación positiva de 0.25 que resalta que una mayor producción muestra un mayor crecimiento en larvas con *G. lucidum*. Se esclarece que existe una correlación nula entre el control y las variables fisicoquímicas, indicando que los parámetros del agua no influyeron en los porcentajes de supervivencia. Conclusión: De esta forma, el extracto natural se convierte en un potencial profiláctico que disminuye la posibilidad de sufrir infecciones e incrementar las probabilidades de vida en las larvas. Determinando que es un producto natural que requiere ser explorado en futuras investigaciones.

Palabras clave: Acuicultura, *Ganoderma lucidum*, *Penaeus vannamei*, efecto profiláctico, actividad biológica

Abstract

Aquaculture activity in Ecuador is highly demanded due to its importance in global exports. Problem: However, it is affected by microbiological infections that compromise its industrial development. This is particularly evident in *Penaeus vannamei*, which is mainly affected by *Vibrio spp.*, causing larval mortality or, in cases where antibiotics are used, promoting antimicrobial resistance. Justification: In response, the use of an extract from the fungus *Ganoderma lucidum* has emerged, as it has demonstrated prophylactic bioactivity allowing an increase in larval survival rates. Objective: Therefore, the present study aimed to evaluate the prophylactic action of the fungus in *P. vannamei* larvae through in vitro assays and experimental treatments to determine its effect on growth, survival, and resistance to bacterial pathogens. Methods: A Minimum Inhibitory Concentration (MIC) assay was conducted to determine the activity of the extract against *Vibrio spp.* and *Pseudomonas spp.* strains. Subsequently, nauplii were inoculated into six tanks (three control and three treatment), exposing the larvae to the microbial load of the pathogens of interest. Treatment tanks were exposed to three concentrations of the fungal extract according to developmental stage (Nauplius: 5 ppm; Zoea: 5 ppm; Mysis: 5 ppm; Postlarva 1–2: 5 ppm; Postlarva 3–6: 7 ppm; Postlarva 8–16: 8 ppm). During the process, daily samples were taken to evaluate larval health by recording severity scores, while microbiological analyses were performed to monitor bacterial load using selective culture media (TCBS, CHROMagar, and Cetrimide). Results: Among the main results, the following data were obtained: a higher median survival rate of 89% in larvae subjected to the treatment, compared to the control group (83%). Additionally, strong associations were identified between survival and treatment ($\phi = 0.76$), treatment and PLG ($\phi = 0.98$), growth and survival ($\phi = 0.97$), *V. alginolyticus* and survival ($\phi = 0.79$), as well as environmental correlations ($\phi \approx 0.70$ – 0.90). Additionally, production and PLG showed a positive correlation (0.25), indicating that higher production was associated with greater larval growth under *G. lucidum* supplementation. A null correlation was observed between the control group and physicochemical variables, indicating that water quality parameters did not influence survival percentages. Conclusion: Thus, the natural extract represents a potential prophylactic agent capable of reducing the likelihood of infections and increasing larval survival rates. It is concluded that this natural product warrants further investigation in future studies.

Keywords: Aquaculture, *Ganoderma lucidum*, *Penaeus vannamei*, prophylactic effect, biological activity.

CAPÍTULO 1

.INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la industria de la acuicultura ha presentado un significativo aumento para las últimas décadas, posicionándolo como uno de los mayores exportadores de camarón a nivel mundial (FAO, 2022; Solano, 2022). Esto ha conllevado al cumplimiento de estándares del mercado internacional y la mejora de control de calidad, diversificando y diseñando estrategias efectivas para la manipulación, preservación y producción de larvas (Reyes, 2018).

Sin embargo, las afectaciones patológicas en el cultivo de camarón se presentan como uno de los mayores problemas para los productores, ocasionando pérdidas económicas significativas y afectando principalmente a sectores vulnerables (FAO, 2004). El área de larvicultura ha buscado establecer alternativas ante las enfermedades que afectan a los estadios iniciales, con el fin de obtener organismos más resistentes y adaptados, incrementando la supervivencia y mejorando la rentabilidad del sistema productivo.

Uno de los principales desafíos en larvicultura son las enfermedades de origen bacteriano y la implementación de protocolos efectivos para su prevención y control (Espinoza et al., 2015). En *Penaeus vannamei*, los patógenos más comunes bacterianos son del género *Vibrio spp.*, ampliamente distribuidos en ambientes de cultivo (González, 2018; Lightner y Redman, 1998; Reyes, 2021). Entre las enfermedades más conocidas de este grupo se encuentra la necrosis hepatopancreática aguda (AHPND), la cual es causante de grandes mortalidades y pérdidas económicas de hasta 43 000 millones de dólares a la industria camaronera (Kumar et al. 2021). Esta afección se caracteriza por generar atrofia grave de la hepatopáncreas del camarón acompañada de cambios histopatológicos. Además, se reportan otro tipo de afecciones como *Baculovirus penaei* (BP), necrosis hipodérmica y hematopoyética infecciosa (IHHNV), Síndrome del Virus de la Mancha Blanca (WSSV), Parvovirus hepatopancreático (HPV) (Guevara & Alfaro, 2012).

Resulta imprescindible establecer métodos efectivos para mitigar enfermedades, ya que tienen un impacto directo en la fisiología de las especies y en la estabilidad del medio circundante (González, 2008; León, 2001). A lo largo del tiempo se han desarrollado diversas estrategias terapéuticas y profilácticas, siendo el uso de antimicrobianos una de las más comunes (Toledo et al., 2018). No obstante, esta práctica ha sido cuestionada debido al impacto ambiental generado y el desarrollo de resistencia bacteriana (Gothwal y Shashidhar, 2015; Kumar et al.,

2016; Liu et al., 2017).

De esta manera, como parte del desarrollo de prácticas acuícolas innovadoras y sostenibles, los insumos a partir de compuestos de origen natural o microorganismos se han convertido en el nuevo centro de investigación para sobrellevar los problemas de resistencia para combatir estas enfermedades y, además, mejorar el estado nutricional de los organismos (Verschuere et al., 2000). Como por ejemplo, el hongo *Ganoderma lucidum* que ha manifestado actividad inmunomoduladora, siendo de interés para la salud y productividad aplicada a estos organismos de interés (Rodríguez et al., 2022).

Ganoderma lucidum es un hongo medicinal ampliamente estudiado por sus propiedades bioactivas. Contiene más de 200 fitonutrientes, entre ellos antioxidantes, ácidos ganodéricos, 1,3/1,6 beta-glucanos, proteínas como LZ8, triptenoides, ganoderanos, polisacáridos y germanio orgánico, con efectos antifúngicos, antiinflamatorios, antibacterianos e inmunoestimulantes (Mendoza et al., 2022).

En larvas de *P. vannamei*, estudios recientes han demostrado que el extracto de *G. lucidum* estimula la actividad de los hemocitos, mejora la respuesta inmune y muestra efecto bactericida frente a patógenos como *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio harveyi* y *Vibrio vulnificus*. Además, su inclusión en el alimento y en el agua de cultivo incrementó significativamente la supervivencia y la uniformidad de talla de las larvas en comparación con grupos control (Mendoza et al., 2022).

Por lo tanto, el perfil de *Ganoderma lucidum* lo convierte en una alternativa viable y potencial para evaluar y optimizar la salud larval en los sistemas masivos de cultivo de camarón. En consecuencia, se propone estudiar el efecto de este hongo en larvas *P. vannamei*, para caracterizar su efecto y reconocer posibles estrategias profilácticas en larvas, promoviendo también una producción saludable y ambientalmente responsable (Cabrera et al., 2022).

1.2 Planteamiento del Problema

En las últimas décadas, la producción y comercio de camarón ha registrado un aumento ocasionando una mayor demanda y por ende incentivando a la intensificación de sistemas acuícolas más desarrollados, a su vez incrementando los costes dentro de la larvicultura en lo que respecta a la cadena productiva (Hernández et al., 2023). Ecuador representa actualmente

uno de los mayores exportadores, lo que incrementa la necesidad de asegurar larvas sanas de buena calidad y consistentes para sostener las necesidades requeridas en el mercado.

El incremento de especies de cultivo como *P. vannamei*, se ha expandido de forma acelerada a nivel mundial, ocasionando una mayor exposición a riesgos sanitarios consecuentes de sistemas intensivos (FAO,2009). Siendo que las altas densidades de las poblaciones aumentan la susceptibilidad a las enfermedades requiriendo distintos procesos de inocuidad y sanidad.

Las enfermedades infecciosas, incluyendo a las de origen bacteriano, pueden afectar a las poblaciones desde sus etapas tempranas e influir directamente a su comportamiento, fisiología y finalmente al aumento de las mortalidades (Sánchez, 2022). Además, factores de riesgos externos que influyen en los sistemas o tanques de cultivos, pueden provocar diversas afectaciones, como el estrés por densidades altas, deterioro de la calidad del agua o descompensaciones del balance iónico, siendo uno de los principales condicionantes para el incremento y proliferación de brotes virales como lo del género *Vibrio* (Karunasagar, 2012)

El estrés generado por factores bióticos y abióticos influyen en la contaminación microbiológica. Especialmente al cultivo larvario de *P. vannamei* que también puede llegar a contagiarse de bacterias luminiscentes, el síndrome de Zoea II, epibiontes bacterianos y otros problemas asociados a distintos estadios larvales (Paredes, 2018).

Los agentes patógenos que afectan a *P. vannamei* presentan una alta proliferación, además el sistema inmunológico de las larvas es poco desarrollado para combatirlos (Sánchez, 2022). Siendo estas causantes de las deformidades en los individuos, retraso en el desarrollo, mala asimilación de nutrientes y disparidad de las tallas de las poblaciones (Intriago, 2024).

En este contexto, la industria innovando y desarrollando métodos y protocolos más eficientes, propone antimicrobianos o inmunoestimulantes, a partir de extractos naturales tales como compuestos derivados de *Ganoderma lucidum*, los cuales han cobrado interés por su perfil inmunomodulador, antioxidante y antiinflamatorio (Darija, et al 2018).

En este sentido, se tiene al extracto de *Ganoderma lucidum*, que ha demostrado portar de propiedades inmunomoduladores, antioxidantes y antiinflamatorias. En línea con ello, se demuestra que su potencial está asociado principalmente a polisacáridos/ β -glucanos y triterpenoides (Darija, et al 2018). Se ha evidenciado que para organismos como peces y crustáceos pueden aumentar indicadores inmunes/antioxidantes otorgando cierto grado de

resistencias a las enfermedades, lo que a su vez depende de la dosis, vía y etapa de desarrollo. Este perfil lo convierte en una alternativa de interés en los cultivos larvarios de *P. vannamei*. No obstante, no cuenta con información referente a la estandarización de sus actividades inmunológica y fisiológica estandarizada.

No obstante, persiste una brecha crítica aplicado para las larvas de *P. vannamei*, aunque hay antecedentes promisorias para juveniles/postlarvas, aún queda estandarizar concentraciones y formas de aplicaciones para generar eficiencia, por ende no existe un estudio que estandarice las concentraciones del extracto del hongo, pero si la exploración de su perfil biológico, se evidencia la necesidad de explorar esta innovadora alternativa que podría ser favorable para manejar la susceptibilidad microbiológicas de las larvas en cultivo. Por lo tanto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Presenta el extracto de *Ganoderma lucidum* efectividad como profiláctico frente a bacterias patógenas en los cultivos larvarios de *Penaeus vannamei*, influyendo de manera significativa en el crecimiento, la supervivencia y la resistencia de las larvas?

1.3 Justificación

La larvicultura se ha consolidado como uno de los aspectos productivos más importantes para el Ecuador, sin embargo, la misma ha enfrentado diversos desafíos que donde se han registrado grandes mortalidades, entre ellas destaca aquellas asociadas a infecciones bacterianas.

En cultivos larvarios de *P. vannamei*, se han presentados mayores desafíos sanitarios, particularmente en las primeras etapas, donde la elevada densidad y la inmadurez del sistema inmunológico del animal, incrementan la susceptibilidad a infecciones bacterianas (FAO, 2022; Flagele, 2012). Entre los principales agentes patógenos destacan especies del género *Vibrio*, ampliamente asociadas a síndromes de mortalidad temprana y de grandes pérdidas económicas en los últimos años (De Schryver et al., 2014; Soto-Rodriguez et al., 2015).

Ante esta problemática, la industria ha intentado combatir aplicando diversos métodos de control, entre ellos los antibióticos que en su momento fueron una herramienta muy utilizada en el control bacteriano, no obstante la aplicación del mismo determinó que si bien presentó capacidades en los tratamiento, su uso también fue asociado al desarrollo y propagación de resistencia antimicrobiana, lo que ha llevado a controles estrictos de regulación y busca alternativas más sostenibles (Done et al., 2015; Shah et al., 2014).

Ante esto, las actividades inmunoestimulantes y antimicrobianas presentes en ciertos compuestos naturales se transforman en focos de exploración. Tales como *Ganoderma lucidum*, donde se ha evidenciado una valiosa riqueza de metabolitos secundarios con bioactividad, que incluyen esteroides, polisacáridos estructurales, compuestos fenólicos, triterpenos y lanostánicos (Wachtel-Galor et al., 2011; Baby et al., 2015).

Es decir, los polisacáridos de *Ganoderma lucidum*, específicamente los beta-glucanos, muestran en estudios previos ser capaces de activar los mecanismos de defensa en los sistemas inmunológicos en especies de cultivo, lo que representa un potencial para *P. vannamei*, induciendo a la estimulación de procesos como la fagocitosis y la generación de compuestos antimicrobianos endógenos (Meena et al., 2013).

Similarmente, estudios han determinado que extractos de *G. lucidum* tienen una actividad antibacteriana frente a diversas bacterias Gram negativas y Gram positivas. Debido a la acción combinada de triterpenoides y otros compuestos fenólicos, los cuales atacan la membrana celular de los patógenos y conducen a su posterior muerte (Sanodiya et al., 2009; Boh et al., 2007).

G. lucidum representa una alternativa favorable frente a los antibióticos convencionales, ya que debido a sus rutas de acción no tiende a desarrollar resistencia en los microorganismos y conduce al equilibrio microbiano del sistema. Por lo tanto, el uso de inmunoestimulantes representa un potencial para disminuir el estrés celular y disminuir la probabilidad de contagio, sin llegar a causar efectos ambientales no deseados (Citarasu, 2010).

Debido a esto que evaluar el potencial del extracto de *Ganoderma lucidum* como suplemento profiláctico en el cultivo de larvas de *P. vannamei*, representa una estrategia integral para optimizar la salud larval de la especie de camarón *L. vannamei* disminuyendo la posibilidad de contagio por carga bacteriana y a la vez trabajando estrategias responsables y sostenibles.

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la acción profiláctica del hongo *Ganoderma lucidum* en larvas de *Penaeus*

vannamei, mediante ensayos *in vitro* y tratamientos experimentales para la determinación de su efecto sobre el crecimiento, sobrevivencia y resistencia a patógenos bacterianos.

1.4.2. Objetivos específicos

- Establecer la concentración mínima inhibitoria (CMI) del extracto de *Ganoderma lucidum* frente a bacterias patógenas mediante ensayos *in vitro* con diluciones seriadas.
- Determinar la actividad antibacteriana del *G. lucidum* en condiciones experimentales sobre larvas de *P. vannamei* expuestas a patógenos comunes.
- Identificar el efecto del tratamiento con *G. lucidum* en el crecimiento y la tasa de sobrevivencia de larvas de *L. vannamei* bajo condiciones controladas.

1.5 Hipótesis

Hipótesis nula (H0): El extracto de *Ganoderma lucidum* no presenta ningún efecto profiláctico sobre la respuesta microbiológica y fisiológica de larvas de *Penaeus vannamei*

Hipótesis alternativa (H1): El extracto de *Ganoderma lucidum* presenta un efecto profiláctico sobre la respuesta microbiológica y fisiológica de larvas de *Penaeus vannamei*

Capítulo II

2.1 Marco teórico

2.1.1. Acuicultura de *P. vannamei*

2.1.1.1 Importancia económica y producción

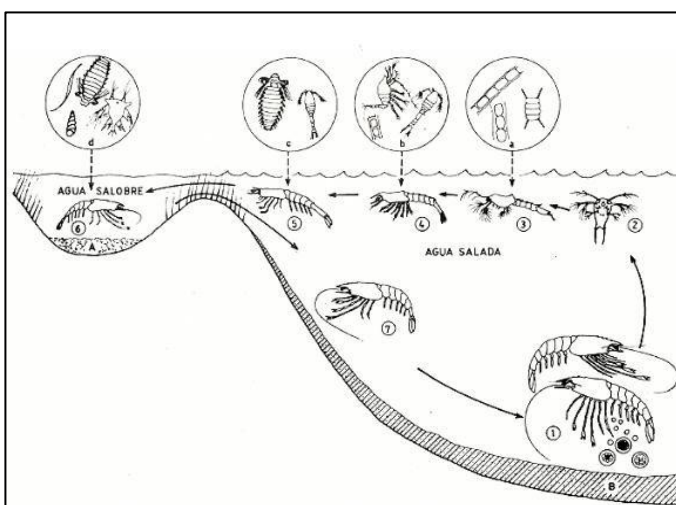
Ecuador se caracteriza por la consolidación que ha desarrollado en la producción acuícola internacional. Esto ha permitido su crecimiento tanto económico como social en las últimas décadas. En este sentido, se describe que el país andino cumple con el cumplimiento técnico rigurosos de producción de este crustáceo, basándose en masivos lotes de producción que debido a su distribución suelen ser susceptibles a l contagio de enfermedades infecciosas que, a más de representar significativas pérdidas económicas, también conduce al riesgo de resistencias que dificultarían su cultivo en los años futuros (Silva et al., 2021). Se resalta que el auge de su producción se obtuvo cuatro años atrás donde logró 185 millones de toneladas y representó el 51% de la producción total acuícola ecuatoriana (FAO, 2024).

2.1.1.2 Fases de desarrollo larvario

La larva del camarón blanco tiene 5 fases previas hasta alcanzar la madurez. Estas se reconocen como nauplio, protozoa, mysis y finalmente postlarvas que le permite desplazarse en los espacios estuarinos y alcanzar su etapa adulta donde mide entre 1-10 cm (Figura 3).

Figura 1.

Ciclo de vida



Nota: Descripción de las etapas de ciclo de vida del camarón blanco, [Ilustración], (Pérez y Kensley, 1997) citado en Palacios (2024).

En detalle, la hembra de *P. vannamei* se fecunda y expulsa los huevos, los cuales luego de 16 horas eclosionan y pasan por estadios hasta llegar a su etapa completa. Díaz y Montes (2012) indican que el camarón blanco inicia su vida larval como nauplio (I, II, III, IV, V) que dura entre 40 a 50 horas y se alimenta gracias a su saco vitelino (Blandón y Ordoñez, 2014), luego se convierte en zoea (I, II, III) donde termina las cinco metamorfosis en aproximadamente 4 a 6 días y muda para diferenciar su cefalotórax de su abdomen con un nado particular hacia adelante (García y Reste, 1986; Benítez et al., 2005). Posteriormente, en mysis (I, II, III) ocurre la muda completa y el cuerpo toma una forma encorvada específicamente en el área del abdomen, su nado se da por contracciones abdominales y tiene un periodo de tres días. Finalmente, llega al estadio postlarval y termina como un camarón adulto.

2.1.1.3 Sistema de cultivo

El cultivo de esta especie se da mediante tres tipos de sistemas. Por un lado, el sistema de cultivo extensivo se emplea principalmente en los países latinoamericanos. Ocurre en zonas intermareales, debido a que no se requiere aireación, ni bombeo; es decir que se utilizan tanques que tienen un volumen de aproximadamente 0.7-1.2 metros donde se crían las larvas. Este se caracteriza de una alimentación natural, bajos en contenido proteico diario y con aplicación de fertilizantes. Cabe recalcar que su cosecha solo se realizada semestralmente y alcanza rendimiento de 150 – 500 kg/ha (FAO, 2009; Reyes, 2021).

Por otro lado, el sistema semi-intensivo se diferencia debido a su alta densidad que comprende entre 10-30 camarones por m². Es por lo cual, requiere de mayor número de recambios de agua (10-20%) y uso de fertilizantes para brindar los suplementos alimenticios necesarios (Tacón, 2002; FAO, 2006; Tay, 2014).

Por último, el sistema intensivo se basa principalmente en su uso de fertilizantes, alimento artificial y la implementación de redes de aireación para controlar eficientemente las condiciones del estanque. De esta manera, estos pueden alcanzar los 60-300 individuos por m² (Benitez et al., 2005; FAO, 2011; Tay, 2014)

2.1.1.4 Condiciones de cultivo

Las condiciones requeridas para el tratamiento adecuado del agua incluyen controles de temperatura y salinidad, oxígeno y pH. El cumplimiento de los rangos óptimos es imprescindible para la disminución de índice de mortalidad en los cultivos y evitar alteraciones

en las etapas de ciclo de vida de las larvas, evitando también la contaminación por patógenos como *Vibrios spp.* y *Pseudomonas*.

2.1.1.4.1 Temperatura

Se reconoce que las larvas requieren desarrollarse en un rango de temperatura entre los 25-30°C, debido a la baja tolerancia de los organismos en los estadios de vida. Se detalla que en el estadio de postlarval el individuo tiene la ventaja de adaptarse a los niveles de salinidad y temperatura previamente a ser introducidos en los precriaderos, pero estos no pueden exceder y ausentarse a las condiciones óptimas (Sanz, 2024)

Estudios informan que valores menores de 23°C pueden conducir a un desarrollo lento o retardado ya que afecta directamente la tasa metabólica del camarón (Ulloa, 2015; Hernández-Gurrola, 2016). Mientras que los valores superiores a 32°C aceleran el metabolismo y el crecimiento paralelamente, aumentando los niveles de oxígeno e inversamente proporcionalmente disminuyendo la capacidad de solución que causa efectos a largo plazo.

Por lo tanto, se describe que según Boyd (2001), *P. vannamei* requiere un manejo controlado de temperatura, pero en caso de no ser posible se puede:

- Temperaturas superiores a 35°C: aumentar la cantidad de agua en el estante
- Temperaturas inferiores a 25°C: reducción del nivel de agua en el estante
- Estratificación: romper la estratificación mediante movimientos causados por aireación o uso de motor.

2.1.1.4.2 Oxígeno

El oxígeno requiere ser medido dos veces al día debido a que permite controlar y reconocer la necesidad de recambios de agua, fotosíntesis (población de fitoplancton) y la interacción del tanque con la atmósfera. En los horarios diurnos las concentraciones son bajas que se encuentran entre 4-9 ppm, mientras que en la etapa nocturna se tienen valores más altos que superan los 10ppm. Por lo tanto, la medida óptima para *P. vannamei* es de 5 mg/L, pero los niveles suelen ser mayores a 3 mg/L. De esta manera, el control de esta variable permite reconocer la densidad poblacional en el sistema y manejar los niveles adecuados de oxígeno para evitar enfermedades en el camarón (Auro, 2006, Sanz, 2024)

A continuación, se detalla una tabla (Boyd, 2001) con información referente a rangos de concentración de oxígeno y sus posibles efectos en los camarones:

Tabla 1.

Índices de rangos de oxígeno en el sistema de cultivo

Niveles de oxígeno mg/L	Efectos
<2mg/L	Muerte por exposición prolongada
2 - < 5 mg/L	Crecimiento retardado
5 mg/L	Crecimiento y desarrollo [optimo]
>5mg/L	Efectos adversos en el crecimiento y organismo

Nota: Descripción de los diferentes rangos y sus posibles efectos en el sistema de cultivo

2.1.2 Problemática sanitaria en larvicultura

2.1.2.1 Enfermedades bacterianas comunes

El mayor desafío del sector acuícola se debe a la variedad de enfermedades y complicaciones que amenazan la vida de las larvas en cultivo. Entre las principales patologías que afectan a *P. vannamei* se tienen las bacterias del género *Vibrio spp.* y las *Pseudomonas sp.* Su presencia puede provocar problemas morfológicos y fisiológicos que van desde el deterioro de sus órganos hasta la forma de su nado (Fajardo, 2013).

Además de ello, entre otras enfermedades que suelen afectar estos cultivos se tiene el padecimiento de postlarvas traslúcidas (TPD), que específicamente actúa en el estadio de postlarvas a los 6-12 días de crianza. Sus efectos se centran en vaciar el tracto digestivo y dejar incoloro la hepatopáncreas, provocando la muerte del más del 80% en los tres primeros días de

contagio (Jia et al., 2023).

Asimismo, se presentan las enfermedades por virus como Necrosis hipodérmica y hematopoyética infecciosa (IHHNV) que provoca el síndrome de deformidad o enanismo, el síndrome de la mancha blanca (WSSV) y el virus del síndrome de Taura (Peña, 2025).

2.1.2.2 Género *Vibrio* spp.

Los vibrios son bacterias gram negativas anaeróbicas y aeróbicas facultativas que poseen una forma de bastón recto o curvo de 1.4-2.6 μm de largo x 0.5-0.8 μm de ancho. Suelen habitar los ecosistemas marinos y de manglares. No obstante, también forman parte del microbiota intestinal de crustáceos, pero en exceso pueden convertirse en patógenos oportunistas que debilitan a la larva y la conducen a su muerte (Morales, 2008; Lomelí, 2011; Lin et al., 2018). Su versatilidad y diversidad lo convierten en un enemigo importante en el mercado camaronero, ya que su género se constituye de más de 100 especies (Lin et al., 2018), de las cuales, las más perjudiciales son *V. alginolyticus*, *V. anguillarum*, *V. harveyi*, *V. parahaemolyticus* y *V. splendidus* (Nimrat et al., 2008; Rebouças et al., 2011; Serrano, 2014).

Según Valeria y Alfaro (2018), en su estudio de resistencia a los antibióticos, determinaron que cinco especies de vibrios han desarrollado resistencia individual y múltiple. Lo cual se traduce en un desafío relevante en la industria. Detallando el 18.3% para *Vibrio cholerae*, 16.7% para *V. mimicus*, 10% para *V. parahaemolyticus*, 6.7% para *V. vulnificus* y 1.7% para *V. alginolyticus* (Cota, 2024)

Asimismo, Prabina et al. (2023) indica en su estudio de vibrios que *P. vannamei* que la especie más resistente es *V. alginolyticus* que tiene un índice de resistencia múltiple de 0.60, seguido de *V. mimicus* con 0.54 y *V. parahaemolyticus* (0.42). El índice de resistencia múltiple a antibióticos o MAR se rige de valor 0 a 1, donde los valores cercanos a 0 se refieren a baja resistencia, mientras que los próximos a 1 una resistencia fuerte (Cota, 2024)

2.1.2.3 *Pseudomonas* spp.

Las bacterias móviles del género *Pseudomonas* pueden contagiar los cultivos cuando estos se encuentran en condiciones adecuadas, específicamente en bajos niveles de salinidad (Jordy y Melena, 2021). Estudios indican que este microorganismo puede causar la muerte de los camarones debido a que generan pigmentos rojos-rosados debido a su acción siderófora que

puede contagiar a larvas y postlarvas en etapa temprana, ya que generan una muda deficiente y resultando en una necrosis e hidrólisis debido a las toxinas producidas por la bacteria. Por otro lado, se conoce que pueden ocasionar un efecto inhibitorio en la actividad de vibrio en esta especie de camarón siendo benéficos en ciertos cultivos, y un efecto probiótico (Duque y Rodríguez, 2025)

2.1.3 Uso de antibióticos en la acuicultura y sus consecuencias

Debido a todos estos desafíos en la salud larvas, los antibióticos son ampliamente usados en las actividades acuícolas, sin embargo, esto ha conducido a una administración inadecuada que da como resultado a episodios de toxicidad, producción de residuos, problemas a la salud pública y consecuencias ambientales graves (Irianto y Austin, 2002, Álvarez, 2023).

Además, esto puede llevar a la resistencia a los patógenos bacterianos, debido a que desarrollan cambios genéticos que les permiten sobrevivir a la exposición del medicamento. En este sentido, esto representa un problema relevante debido a que causa pérdidas económicas significativas en el mercado (Flegel et al, 2008, Ayala, 2025). Alderman y Hastings (1998) señalan que la resistencia puede provocar potencial riesgo en el consumidos debido a que existe la posibilidad de transferencia genética.

2.1.4. Sistema inmune de *P. vannamei*

Los camarones no cuentan con un sistema inmunológico adaptativo, por lo cual solo se sostiene de su inmunidad innata; esta funciona mediante la detección de patógenos debido a la presencia de antígenos y moléculas de reconocimiento que provoca la acción de peroxidasas, superóxido dismutasa (Ríos et al, 2022). Por un lado, se tiene el exoesqueleto de los crustáceos que brinda una protección física fuerte de quitina y sales minerales de calcio. Internamente, contienen factores humorales que permite que logren neutralizar la acción de patógenos, no obstante, debido a que requieren de mudar su cobertura llegan a perder esta propiedad en el proceso y aumenta el riesgo de contagio por microorganismos. En este contexto, intervienen nuevas rutas celulares y humorales que activan cascadas proteolíticas como por ejemplo la coagulación hemo linfática que es responsable de la producción de un gel para fagocitar patógenos (Gómez, 2024, Peña, 2025). No obstante, esta respuesta no suele ser suficiente para que las larvas sobrevivan a enfermedades producidas por bacterias, o virus.

2.1.5 Inmunoestimulantes como alternativa profiláctica

Recientemente, se ha demostrado que los inmunoestimulantes brindan beneficios importantes en el mecanismo de defensa de los crustáceos, permitiendo así sobrellevar problemas relacionados a la resistencia a medicamentos. Por lo tanto, estos se refieren a sustancias sintéticas o naturales que optimizan los mecanismos de defensa inespecíficos del organismo y permite prevenir contagios de enfermedades. Sin embargo, es importante regular su dosis y aplicación para evitar efectos adversos que suelen ocurrir debido a la sobredosificación (Fierro, 2009).

2.1.5.1 Antecedentes de inmunoestimulantes en camarón

El desarrollo de la acuicultura especialmente de *P. vannamei*, ha enfrentado enormes desafíos de salud causados por afecciones virales y bacterianas, causando altas mortalidades a nivel global. Tradicionalmente, los antibióticos eran considerados la primera línea de defensa, pero las restricciones impuestas por el mercado impulsaron la búsqueda de alternativas sostenibles.

Los inmunoestimulantes han surgido, como compuestos que tienen las capacidades de activar el sistema inmunológico innato del camarón, que, a diferencia de los vertebrados, no tiene una memoria inmunológica adaptativa en el sentido ordinario; se basa exclusivamente en mecanismos celulares y humorales para poder hacerle frente a los patógenos (Rodríguez, 2005).

Uno de los antecedentes más importantes utilizados en la investigación son los polisacáridos aislados a partir de las paredes celulares microbianas. Se ha documentado que los β -glucanos, especialmente aquellos derivados de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, han demostrado ser eficaces en la resistencia al Virus del Síndrome de la Mancha Blanca (WSSV) y a las cepas bacterianas de vibrio (Song et al., 1997). Además, se ha demostrado que la aplicación de peptidoglicanos de bacterias Gram-positivas mejora significativamente las tasas de supervivencia a estimular la cascada de profenoloxidasa, un proceso enzimático crítico para la melanización y el aislamiento de agentes extraños en el cuerpo del crustáceo (Itami et al., 1998).

En los últimos años, el trasfondo se ha vuelto más completo, lo que porque los microorganismos también consideran los probióticos y prebióticos. Esto es significativo beneficiosos, especialmente las cepas de *Bacillus subtilis*, no solo mejoran la eficiencia del alimento, sino que también secretan compuestos que inhiben el crecimiento de patógenos oportunistas,

mejorando la salud intestinal (Wang & Gu, 2010). Además, la inclusión de prebióticos como los fructooligosacáridos (FOS) ha facilitado un ajuste del microbiota del camarón para adaptarse a un entorno interno resiliente bajo estrés ambiental (Hu et al., 2019). Sin embargo, la literatura advierte que la administración debe ser estratégica, ya que la sobreestimulación prolongada puede llevar a la "fatiga inmunológica", reduciendo la efectividad de la protección buscada (Campa-Córdova et al., 2005).

2.1.6 *Ganoderma lucidum*

Los hongos medicinales se han convertido recientemente en un activo biológico clave en el estudio de la acuicultura debido a sus contenidos moleculares ricos en inmunomoduladores. Notablemente, se ha identificado que el *G. lucidum* tiene abundantes β -glucanos y triterpenos presentes como estimulantes de la respuesta inmune no específica.

Estudios iniciales mostraron que agregar extractos de este hongo en la dieta del camarón blanco (*P. vannamei*) contribuye a una mayor supervivencia y a una optimización en la efectividad de la alimentación y el crecimiento de estas especies, lo que sería un aditivo altamente funcional en la industria de la acuicultura (Chang et al., 2012).

A su vez, el *G. lucidum* tiene como mecanismo de acción la activación de los hemocitos y la regulación de algunas de las enzimas. Se ha demostrado que los polisacáridos de este hongo, cuando se administran por vía oral, aumentan significativamente el Conteo Total de Hemocitos (THC), la actividad de la enzima superóxido dismutasa (SOD), que es importante para neutralizar los radicales libres en la respuesta inflamatoria (Yeh et al., 2004).

Además, también se ha informado de una regulación positiva de la expresión génica de la penaeidina, un péptido antimicrobiano importante para la defensa natural de los crustáceos contra la invasión bacteriana (Carcamo et al, 2016).

Un hito en la investigación hacia este nuevo hongo es que es altamente efectivo contra el Virus del Síndrome de la Mancha Blanca (WSSV). Los estudios han demostrado que los camarones que reciben suplementos de *G. lucidum* acumulan más resistencia y tienen menos carga viral después de desafíos experimentales.

Los compuestos del hongo parecen "preparar" las células de defensa para aumentar la velocidad con la que pueden montar una respuesta rápida y más robusta en caso de patógenos (Yuan et

al., 2019). Este potencial de "preparación" inmunológica sugiere que los extractos fúngicos pueden ser una alternativa prometedora para los brotes epidémicos en sistemas de cultivo intensivo.

2.1.6.1. Taxonomía y características generales

2.1.6.1.1. Taxonomía

Reino: Fungi

División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Polyporales

Familia: Ganodermataceae

Género: Ganoderma

Especie: *G. lucidum*

(Curtis) P. Karst., 1881

G. lucidum es un basidiomiceto, cuya superficie brillante y coriácea del cuerpo fructífero es única; de esta propiedad se puede derivar el epíteto exacto *lucidum*, que significa "brillante" en latín.

El basidiocarpo exhibe una amplia gama de morfologías en forma de riñón, semicírculo o abanico, con diámetros que varían drásticamente con el paso del tiempo y las condiciones de crecimiento (González, 2015).

El color es muy heterogéneo, desde rojo intenso y rojo anaranjado hasta marrón rojizo oscuro, y típicamente aparece de un color más claro en el margen de crecimiento. Una característica del hongo es el píleo, que tiene una cutícula lacada o barnizada. Se caracteriza por una rica retención de metabolitos secundarios e hifas compactas, resultando en una estructura resistente y leñosa después del secado, lo cual está asociado con la quitina y otros polisacáridos estructurales de la pared celular (González, 2015; Yeh et al., 2004).

El hongo demuestra plasticidad fenotípica por la presencia de un estipe o tallo. Esta estructura es mayormente lateral, pero puede ser central o estar completamente ausente en ciertas condiciones críticas de intensidad de luz, ventilación y dióxido de carbono al formar la estructura. Esta diferenciación morfológica es una adaptación de los hongos a los cambios en los microambientes (González, 2015).

En la base del basidiocarpo se encuentra el himenio que, sin branquias o láminas, es una capa porosa con tubos delgados que son blancos a crema y se oscurecen con la madurez o la exposición. Estas estructuras porosas son las que producen y liberan basidiósporas, órganos reproductores del filo Basidiomycota, a las células de la especie (Yuan et al., 2019).

2.1.6.2 Composición bioquímica

En términos de composición bioquímica, *G. lucidum* consiste en una matriz fitoquímica altamente compleja que combina más de 400 metabolitos secundarios bioactivos distribuidos en su cuerpo fructífero, micelio y esporas (Ahmad et al., 2023). El análisis proximal muestra que el hongo en base seca está compuesto principalmente de fibra cruda (59%), carbohidratos totales (26-28%), proteínas crudas (7-8%) y lípidos que varían del 3% al 5% (Encyclopedia.pub, 2024).

Tal estructura no solo caracteriza la rigidez macroscópica, sino que también es una base para biomacromoléculas con alta actividad farmacológica (Sanodiya et al., 2009). Los polisacáridos (GLP) son uno de los grupos funcionales más investigados, que comprenden una arquitectura molecular basada en β -D-glucanos que incluye enlaces glicosídicos β (1 \rightarrow 3) en la cadena principal y ramificaciones laterales β (1 \rightarrow 6) (Bhat et al., 2023).

Además de estos homopolímeros de glucosa, el hongo también sintetiza heteropolisacáridos complejos con residuos de manosa, galactosa, xilosa y fructosa en varias conformaciones (Ahmad, 2020). La bioactividad de estas macromoléculas, incluyendo actividad inmunomoduladora y antitumoral, depende de su peso molecular y grado de ramificación de sus cadenas (Yupeng et al 2024)-

Los triterpenoides tipo lanostano representan el componente más diverso en el ámbito de los metabolitos secundarios de bajo peso molecular, con más de 380 compuestos identificados hasta la fecha (Ren et al., 2023). Debido a su sabor amargo, estos metabolitos pueden organizarse en ácidos ganodéricos (GA-A, GA-B y GA-T) así como en ácidos lucidénicos que

presentan un esqueleto de carbono de 27 átomos (Ahmad, 2020; Ren et al., 2023). Estos compuestos se producen exclusivamente a través de la vía del mevalonato (MVA), donde las enzimas (por ejemplo, lanosterol sintasa) ayudan en la formación del núcleo esteroidal (Shin et al., 2021).

La porción nitrogenada del hongo contiene proteínas particulares con funciones biológicas específicas (SSR Institute, 2025), a saber, la proteína inmunomoduladora LZ-8 (Ling Zhi-8). Esta molécula contiene 111 aminoácidos y es un homodímero no covalente con dominios similares a fibronectina tipo III que permiten la señalización a receptores celulares y la síntesis de citoquinas (SSR Institute, 2025).

Además, el perfil de aminoácidos de *G. lucidum* es notable debido a los altos niveles de leucina y lisina, que son esenciales para el metabolismo humano (Wachtel-Galor et al., 2011). La composición de lípidos y esteroides también es compleja, con una proporción relativamente alta de ácidos grasos poliinsaturados en comparación con los lípidos totales (Ahmad Nizar et al., 2013).

Los componentes principales incluyen ácido linoleico (53.6%), ácido oleico (24.2%) y ácido palmítico (11.5%) y están involucrados en la estabilización de las membranas celulares y las propiedades hipocolesterolémicas del hongo (Ahmad Nizar et al., 2013). El ergosterol, por otro lado, es reconocido como el principal esteroide, siendo un precursor biológico de la vitamina D2 que muestra su acción antiinflamatoria a través del bloqueo de los mediadores iNOS y COX-2 (Martínez-Montemayor et al., 2019; Encyclopedia.pub, 2024).

Por último, *G. lucidum* es altamente capaz de bioacumular minerales y oligoelementos del sustrato. El germanio orgánico (Ge-132) se detecta debido a su valor como oligoelemento para la regulación del oxígeno celular, y el selenio se enriquece, biotransformado por el hongo en selenoproteínas orgánicas altamente biodisponibles (NCBI, 2011).

En cuanto a su contenido vitamínico, el hongo también es rico en vitaminas del complejo B, principalmente niacina (B3), riboflavina (B2) y tiamina (B1), además de cantidades significativas de ácido ascórbico (Vitamina C) y vitaminas liposolubles como β -caroteno y tocoferol (Encyclopedia.pub, 2024).

2.1.6.2.1 Polisacáridos (β -glucanos 1,3/1,6)

Los polisacáridos de *G. lucidum* (GLPs) pertenecen a uno de los principales grupos

de metabolitos asociados con sus propiedades biológicas, incluyendo su actividad inmunomoduladora y antitumoral. Entre esta fracción, una de las clases prominentes son los β -D-glucanos, macromoléculas estructurales de la pared celular del basidiomiceto, que han demostrado ser altamente capaces de modular la función innata y adaptativa de las reacciones inmunitarias (Bhat et al., 2023).

Su potencial terapéutico no solo se debe a su abundancia, sino también a su bien estructurada organización molecular que especifica sus sitios de unión mediante receptores del sistema inmunológico dirigidos.

La cadena principal de los polímeros, que consiste en residuos de D-glucosa dispuestos en una columna vertebral lineal, están conectados por enlaces β -(1 \rightarrow 3)-glicosídicos. Esto estructura esta forma polimérica con ramas laterales unidas por enlaces β -(1 \rightarrow 6) adheridos a la estructura (generalmente por cada dos o tres enlaces de la cadena principal; generalmente a dos o tres residuos) (Bhat et al., 2023; Zhong et al., 2024).

Los β -1,3-1,6-glucanos están frecuentemente dispuestos de manera tridimensional, en forma de hélice, teniendo una forma tridimensional característica, debido a la formación de una molécula que comprende dos o más elementos estructurales. Se piensa que esta estructura secundaria es un factor clave en su bioactividad, ya que permite el reconocimiento por parte de los receptores de reconocimiento de patrones (PRRs) dentro de las células del sistema inmunológico (Hung et al 2008).

De manera similar, la solubilidad y el peso molecular de estos polisacáridos cambian con el proceso de extracción y purificación y las fracciones se reportaron con distintos niveles de polimerización y masas moleculares (análisis MALDI-TOF, 2025); estos parámetros también afectan directamente su actividad biológica. Más específicamente, la formación de β -glucanos es un fenómeno regulado enzimáticamente en términos biológicos.

Los genes GLGLS1 y GLGLS2, que codifican enzimas β -1,3-glucano sintasa que alargan la cadena principal utilizando la activación de la cadena principal con UDP-glucosa como sustrato activado, han sido identificados recientemente (Instituto SSR, 2025; Wu et al., 2025). De estos, la enzima GLGLS2p ha sido reconocida como la vía central en la formación de glucanos estructurales. Simultáneamente, la β -1,3-glucosiltransferasa (vinculada al gen gl20535) actúa como una enzima de extensión/modificación en las cadenas de polisacáridos (Zhong et al., 2025). La expresión excesiva de este gen, que se ha demostrado en un experimento que resulta

en aumentos superiores al 79% incluso hasta el 79% en la síntesis de glucanos intra y extendidos, ajusta aún más el flujo de carbono hacia polisacáridos bioactivos que se requieren en la célula.

El papel inmunológico de los β -glucanos se basa en su identificación como PAMPs. El receptor primario activado es Dectin-1, CLEC7A, un receptor de lectina tipo C derivado de macrófagos y células dendríticas (Bhat et al., 2023), que se dirige a un número específico de enlaces β -(1 \rightarrow 3). La interacción ligando-receptor desencadena un proceso de señalización que depende de la tirosina quinasa Syk y la proteína adaptadora CARD9, que culmina en la activación del factor nuclear NF- κ B y la liberación de citoquinas proinflamatorias, incluyendo TNF- α e IL-12 (Lee et al., 2009; MDPI, 2013).

2.1.6.2.2 Triterpenoides (ácidos ganodéricos)

Los triterpenoides de *G. lucidum* son una de las principales clases de metabolitos secundarios cuya farmacología es una de las más importantes. Son compuestos de bajo peso molecular (\approx 400–600 g/mol), derivados biosintéticos del lanosterol, con un esqueleto de 30 átomos de carbono (C₃₀) (Sanodiya et al., 2009; Ahmad, 2020).

Aproximadamente se han reportado de 380 a más de 495 compuestos terpénicos hasta la fecha en cuerpos fructíferos, micelio y esporas (Ren et al., 2023; Encyclopedia.pub, 2024). Estos metabolitos juegan un papel sustancial en el sabor amargo del hongo e incluso se utilizan como indicador de su concentración bioactiva (Ahmad, 2020; Sanodiya et al., 2009).

Las propiedades químicas se clasifican principalmente en ácidos ganodéricos, ácidos lucidénicos y sus derivados (alcoholes, lactonas, cetonas y ésteres). Los ácidos ganodéricos están específicamente restringidos al género y tienen una amplia diversidad estructural, como la actividad inhibitoria en la vía JAK/STAT3 por el ácido ganodérico A y la inhibición del inhibidor de la proteasa del VIH-1, ácido ganodérico B (Kubota et al., 1982; El-Mekkawy et al., 1998; Chen & Chen, 2003).

Los ácidos lucidénicos tienen un esqueleto de C₂₇ y son el segundo tipo más común de triterpenoide, que son citotóxicos en algunas líneas tumorales (Ahmad, 2020; Ren et al., 2023). Se sintetizan por la vía del mevalonato (MVA) durante la cual varias enzimas esenciales, como la 3-hidroxi-3-metilglutaril-CoA reductasa (HMGR), el escualeno sintasa (SQS) y la lanosterol sintasa (LS), controlan el desarrollo del núcleo esteroideal (Ren et al., 2023; Shin et al., 2021).

El desarrollo de triterpenoides está muy sujeto a factores genéticos y de cultivo, y las cepas mutagénicas han mostrado un aumento del contenido total de compuestos de hasta 1.4 veces en comparación con las cepas silvestres (Shin et al., 2021). De manera similar, los troncos de madera fomentan una complejidad relativamente mayor en los perfiles fitoquímicos que los obtenidos de sustratos artificiales (Luo et al., 2024; Ren et al., 2023).

Farmacológicamente muestran efectos de múltiples objetivos (afectando la apoptosis, la detención del ciclo celular (fase G1), la inhibición de la metástasis (MMP-2, MMP-9) y las vías PI3K/AKT (Ahmad, 2020; Cheng & Xie, 2019). Además, su actividad antiinflamatoria se muestra por la supresión de la producción de TNF- α e IL-6 mediante la inhibición de NF- κ B (Ahmad, 2020; Ren et al., 2023).

Las concentraciones de triterpenoides difieren dependiendo de la parte del organismo y su madurez: las esporas que sufren disrupción de la pared celular pueden ser el 1.31% de ácidos terpénicos con contenidos que típicamente superan al cuerpo fructífero o al micelio (Wu et al., 2023; Zhao et al., 2015).

Esta diversidad estructural y funcional de *G. lucidum* lo posiciona como un contribuyente estratégico de compuestos bioactivos que poseen funciones quimiopreventivas y reguladoras metabólicas en el campo de la micología medicinal moderna (Encyclopedia.pub, 2024; Ren et al., 2023).

2.1.6.2.3 Proteínas inmunomoduladores

La fracción proteica de *G. lucidum* comprende aproximadamente del 7% al 8% de su biomasa seca, que son biomacromoléculas ricas en actividades biológicas (Ahmad, 2020; Wachtel-Galor et al., 2011).

Los FIPs principales son los agentes más abundantes en esta clase y Ling Zhi-8 (LZ-8 o FIP-glu) del basidiomiceto es la molécula dominante entre estos FIPs (Ren et al., 2023). LZ-8, un polipéptido (110–111 aminoácidos) con un peso molecular aproximado de 12.6–13 kDa, es un homodímero no covalente con excelente estabilidad térmica y química (UniProt, 2024; SSR Institute, 2025).

Su estructura comparte las regiones constantes características observadas en inmunoglobulinas y presenta dominios de fibronectina tipo III (FNIII), que favorecen su interacción con receptores de la superficie celular (Huang & Sun, 2008; MDPI, 2025). A nivel celular, esta proteína

también activa macrófagos, linfocitos T y células dendríticas y promueve la liberación de citoquinas como IL-2 e IFN- γ al estimular vías de señalización intracelular como MAPK y NF- κ B (Zhong et al., 2024; Zuo et al., 2024).

Estas propiedades identifican a los FIPs como posibles adyuvantes inmunológicos para uso terapéutico. Los estudios han demostrado que la forma recombinante (rLZ-8) puede modular mecanismos hematológicos complicados que además promueven la movilización de células madre hematopoyéticas a través de la modulación del eje CXCR4–SDF-1, contribuyendo así a la recuperación de leucocitos en modelos de neutropenia inducida (Samanta et al., 2025; SSR Institute, 2025).

Además, se han implicado efectos antitumorales en la lesión del EGFR, la inducción de apoptosis y la detención del ciclo celular en la fase G1 (Lin et al., 2017; Zhong et al., 2024). Aparte de los FIPs, *G. lucidum* también está enriquecido en proteínas de menor peso molecular, incluyendo lectinas y ribonucleasas con actividad citotóxica selectiva (Ahmad, 2020; Ren et al., 2023), y enzimas antioxidantes, incluyendo superóxido dismutasa (SOD) y lisozima, que facilitan la protección contra el estrés oxidativo (Wachtel-Galor et al., 2011; Ren et al., 2023).

2.1.6.3. Propiedades de *G. lucidum*

2.1.6.3.1 Mecanismo de estimulación inmunitaria

Se reconoce que los macrófagos y hemocitos son los principales actores en la estimulación del sistema inmune causados por acción de *G. lucidum*. Esto se debe a que tiene propiedades inmunoestimulantes que conducen a la fagocitosis, activación de rutas de citoquinas, entre otras, lo cual permite sea un potencial proinflamatorio para optimizar la salud de la larva (Burgel et al., 2025). Estudios demuestran que este hongo es un coctel de compuestos que incluyen actividad antibacteriana, fungicida, a más de su perfil inmunoestimulador (Hu et al., 2022).

2.1.6.3.2 Actividad antimicrobiana

Posee actividades antimicrobianas directas como moduladoras contra infecciones causadas por patógenos (Ahmad et al., 2024). Este basidiomiceto produce metabolitos secundarios, principalmente triterpenoides y polisacáridos, que han mostrado buena actividad contra patógenos antimicrobianos clínicos en bacterias (Sanodiya et al., 2009).

Su identificación ha atraído mucha atención debido al aumento global de la resistencia antimicrobiana (Karunarathna et al., 2024b). Para la aplicación antibacteriana, se observa que los extractos de *G. lucidum* afectan la integridad de la pared celular y la membrana citoplasmática (Ewunkem et al., 2024).

Los ácidos ganodéricos se unen a los lípidos bacterianos para mejorar la permeabilidad de la membrana seguida de la lisis de la célula (Ojha, 2025). Se han reportado concentraciones mínimas inhibitorias (MIC) en un rango de 31.25 a 400 µg/mL para *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Klebsiella pneumoniae* en ensayos in vitro (Ahmad et al., 2024; Sudheer et al., 2019). Además, algunos polisacáridos pueden interferir con los procesos de replicación bacteriana mediante la inhibición de enzimas de síntesis de ácidos nucleicos (Liang et al., 2024).

Con respecto a las actividades antivirales, diferentes triterpenoides proporcionan acciones inhibitorias al bloquear y prevenir la entrada viral a través de vías como la inhibición enzimática (Zhu et al., 2015).

Capítulo III

3.1. Metodología

3.1.1. Enfoque y tipo de investigación

La investigación propuesta es de carácter experimental y cuantitativo, combinando ensayos de laboratorio (*in vitro*) con experimentos en sistemas de cultivo (*in vivo*) similares a los descritos por Mendoza Lombana et al. (2022). Se manipularon directamente las condiciones de cultivo para evaluar el efecto profiláctico del extracto de *G. lucidum* sobre los camarones. En línea con estudios previos, se siguieron protocolos controlados con grupo tratado (con suplemento de *G. lucidum*) y grupo control (sin suplemento) para identificar diferencias en respuestas inmunológicas y sanitarias (Rodríguez, 2005). Este enfoque experimental permitió cuantificar el impacto de los inmunoestimulantes sobre la salud de las larvas.

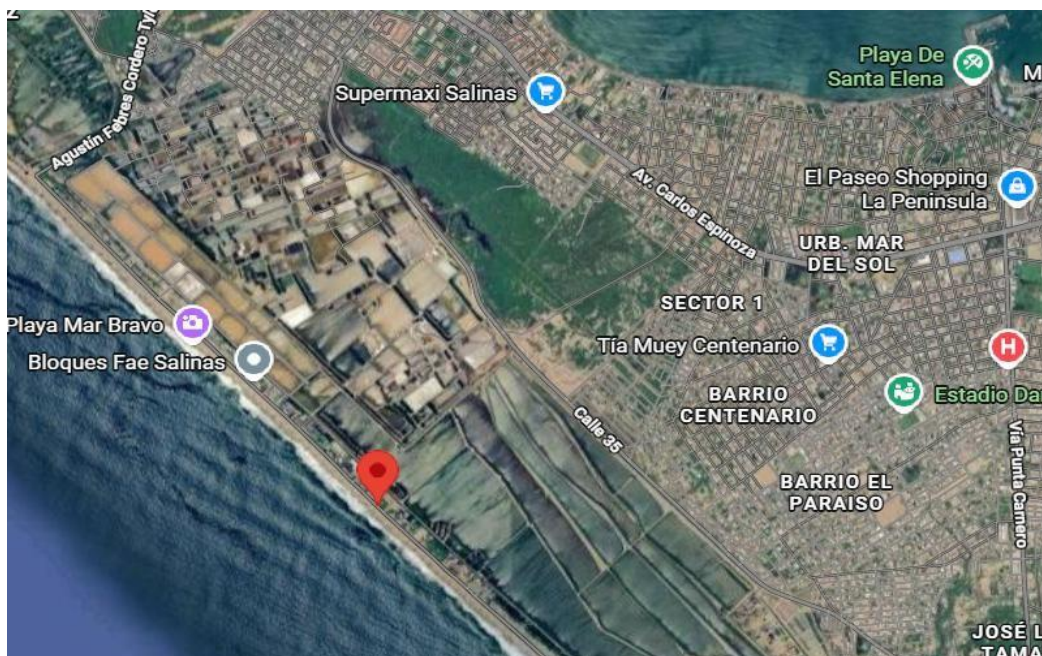
3.1.2. Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de Larvafer-Cam S.A.S, ubicado en el sector de la Carolina, Salinas Santa Elena, en las coordenadas geográficas -2.2278276 y -80.9659767 (Figura 1). Esta zona se encuentra en la franja costera del litoral ecuatoriano, caracterizada por un clima tropical seco con condiciones que favorecen el desarrollo de actividades acuícolas.

El laboratorio Larvafer-Cam S.A.S, cuenta con áreas acondicionadas para el manejo de larvas de camarón blanco (*P. vannamei*), incluyendo tanques de incubación, unidades de cultivo larvario, sistemas de aireación, filtración y control de parámetros fisicoquímicos. Estas instalaciones permiten realizar ensayos controlados que garantizan la reproducción de condiciones experimentales adecuadas para la investigación.

Figura 2.

Ubicación satelital del Laboratorio de Larvafer-Cam S.A.S



Nota: Imagen tomada de Google Maps. Larvafer-Cam S.A.S - Google Maps.

3.1.5. Diseño experimental

3.1.5.1 Preparación de hongo *Ganoderma lucidum*

El hongo *G. lucidum* empleado fue de origen comercial. Este funciona como un suplemento debido a que cuenta con actividad biológica que sugiere optimizar la inmunidad de las larvas, conduciendo a mejores índices de supervivencia y crecimiento de las larvas. Se realizaron stocks de concentraciones de 500 ppm, 1000 ppm, 2000 ppm, 3000 ppm, 4000 ppm, 5000 ppm, 6000 ppm, 7000 ppm, 8000 ppm, 9000 ppm, que se usaran en los ensayos siguientes.

3.1.5.2 Ensayo de concentración mínima inhibitoria (MIC) y concentración mínima bactericida (MBC)

Se evaluó la actividad del extracto comercial de *Ganoderma* frente a las cepas de *V. parahaemolyticus*,

V. harveyi, *V. vulnificus*, *V. alginolyticus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas sp.* Se sembró en las placas de micro Elisa la dilución del medio líquido de las siguientes concentraciones del hongo: 500 ppm, 1000 ppm, 2000 ppm, 3000 ppm, 4000 ppm, 5000 ppm, 6000 ppm, 7000 ppm, 8000 ppm, 9000 ppm. Posteriormente se añadió las suspensiones de las bacterias previamente comparadas con el método de McFarland (Arellano, 2021). Se

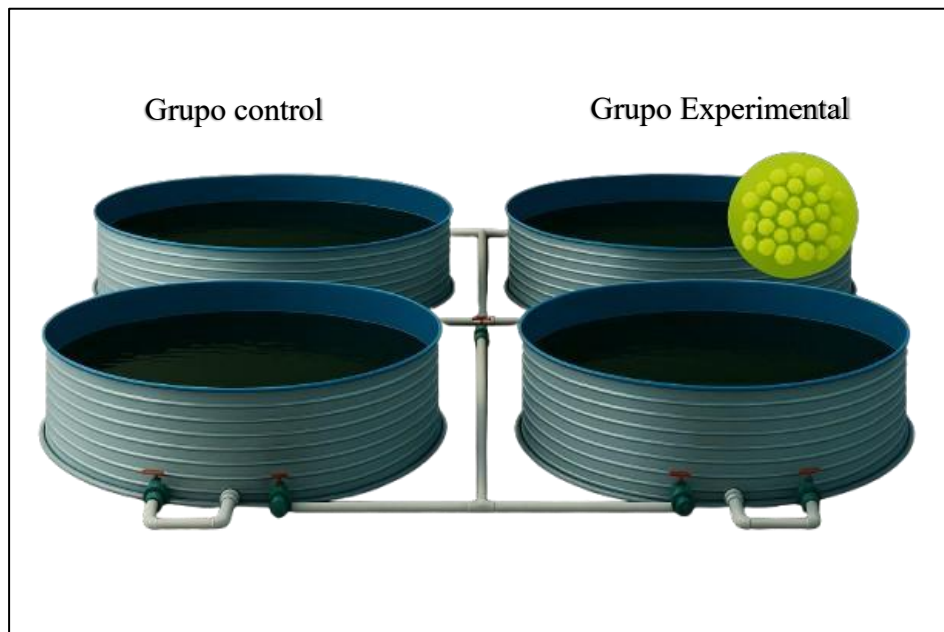
incubó por 18 horas a una temperatura de 37°C. Se determinó como control positivo el caldo de cultivo estéril y control negativo para cada uno de grupos bacterianos analizados. La lectura de la placa se realizó en un lector de microplacas. Luego, las concentraciones con inhibición bacteriana se sembraron en agar y se incubaron por 24 horas a 37°C. Las concentraciones que presentaron crecimiento bacteriano se determinaron como concentraciones mínimas bactericidas.

3.1.5.3 Siembra de nauplios y ensayo *in vivo*

Se emplearon seis tanques de larvicultura del laboratorio Larvafer cam con agua previamente tratada. Se ajustaron los parámetros iniciales de calidad del agua (temperatura, salinidad, oxígeno, pH) para que sean óptimos y posteriormente agregar una densidad de entre 3000000-5000000 de larvas. La siembra de los nauplios se hizo de forma directa, para reducir el riesgo de estrés. Se aplicó la solución de yodo 1% para la desinfección y se añadió 5 ppm del extracto del hongo y se inocularon las bacterias, horas después se añadió gradualmente microalgas para que las larvas resistan su transición de nauplios a zoeas (S.I. 2023).

Figura 3.

Diseño experimental



Nota. Tanques de cultivo de grupo control y experimental de *P. vannamei* con *Ganoderma lucidum*

3.1.5.4 Dosificación

Se identificaron tres tanques como parte del control experimental sin ser expuesto a ninguna dosis del extracto y a los otros tres tanques se les añadió concentraciones comprendidas entre 5-8 ppm (Tabla 1). Debido a análisis exploratorio se optó por aumentar progresivamente la dosis del tratamiento simultáneamente al crecimiento de la larva (Nauplio 5 ppm; Zoea 5 ppm; en Mysis se mantuvo 5 ppm; 1-2 Postlarvas 5 ppm; 3-6 Postlarvas 7 ppm; 8-16 Postlarvas 8 ppm) (Tabla 2), debido a que se notó que requería mayor concentración para evitar contaminación por población bacteriana. Se registraron cambios microscópicos y macroscópicos como recomienda la FAO (2004) durante los 23 días de experimentación.

Tabla 2.

Descripción de información general de tanques experimentales

Tratamiento	Réplica	Dosis
Control	3	Sin producto
<i>Ganoderma lucidum</i>	3	5 ppm – 8 ppm

Nota: Las concentraciones del extracto aumentaron en cada estadio de las larvas de *P. vannamei*.

Tabla 3.

Descripción de actividades en los 23 días de experimentación

Fecha	Etapas	Actividad de visita	Dosis
17/10/2025	Nauplios		5 ppm
18/10/2025	Zoea 1	Revisión microscópica	5 ppm
19/10/2025	Zoea 2	Revisión microscópica	5 ppm
20/10/2025	Zoea 3	Revisión microscópica/	5 ppm

Microbiología			
21/10/2025	Mysis 1	Revisión microscópica/	5 ppm
Microbiología			
22/10/2025	Mysis 2		5 ppm
23/10/2025	Mysis 3		5 ppm
24/10/2025	Postlarvas 1	Revisión microscópica	5 ppm
25/10/2025	Postlarvas 2	Revisión microscópica	5 ppm
26/10/2025	Postlarvas 3	Revisión microscópica	7 ppm
27/10/2025	Postlarvas 4	Revisión microscópica/ bacteriología	7 ppm
28/10/2025	Postlarvas 5	Revisión microscópica	7 ppm
29/10/2025	Postlarvas 6		7 ppm
30/10/2025	Postlarvas 7		8 ppm
31/10/2025	Postlarvas 8	Revisión microscópica	8 ppm
01/11/2025	Postlarvas 9	Revisión microscópica/ bacteriología	8 ppm
02/11/2025	Postlarvas 10	Revisión microscópica	8 ppm
03/11/2025	Postlarvas 11	Revisión microscópica	8 ppm
04/11/2025	Postlarvas 12		8 ppm
05/11/2025	Postlarvas 13		8 ppm
06/11/2025	Postlarvas 14		8 ppm
07/11/2025	Postlarvas 15	Cosecha	8 ppm
08/11/2025	Postlarvas 16	Cosecha	8 ppm

Nota: Registro diario de la actividad realizada en conjunto a la información de la dosis añadida en los tanques experimentales.

3.1.6. Parámetros de calidad de agua

Se siguió el protocolo descrito por Ordoñez et al (2017). Se mantuvo un control constante para evitar fluctuaciones de temperatura. Diariamente se supervisó la temperatura, salinidad, pH y oxígeno.

Tabla 4.

Rangos óptimos de parámetros fisicoquímicos del agua

Parámetro	Rangos
Temperatura	29-33°C
Alcalinidad	>90 - 200 mg/L
pH	7.2–8.3
Oxígeno	>4 - 6 mg/L
Saturación de oxígeno	70–100 %

Nota: Datos obtenidos de FAO (2009)

3.1.7 Observación macroscópica de larvas *P. vannamei*

Se realizaron observaciones macroscópicas diarias para evaluar la salud y comportamiento de las larvas en cada tanque. Se tomaron 0.5 gramos de larvas al azar y se observaron microscópicamente para determinar una valoración numérica según el grado de severidad de 0 a 4 de Lighthner (1996), el cual aborda que 0 indica ausencia de anomalías, 1-2 anomalías bajas – moderadas, y 3-4 severas-máximas. Se registraron detalles de tejido de la muestra tomada siguiendo el siguiente cuadro:

Tabla 5.

Descripción de lesiones y patologías para el reconocimiento de severidad

Tejido	Lesión	Detalle	Causa
Branquias	Melanización	Cambios de coloración (oscura)	Bacteria/Estrés
Hepatopáncreas	Vacuolización	Detección de vacuolas lipídicas	Virus/deficiencia

					nutricional
Intestino	Presencia de parásitos	de	Presencia de gregarinas	de	trofozoítos de Protozoarios
Caparazón	Lesiones externar cromatóforos		Erosiones, o cromatóforos		melanización, Bacteria/daño morfológico/Estrés

Nota: Fuentes de información citados (Cuellar et al, 2015; Morales, 2010)

Además de ello, se inspeccionaron elementos generales como el color, la uniformidad y la presencia de filamentos fecales y remanentes de alimento en el agua como parte del sistema y la actividad de natatoria de las larvas para identificar nado activo o letárgico.

Figura 4.

Observación de muestras de larvas de P. vannamei y observación en microscopia



Nota: Visualización microscópica de una larva muestra

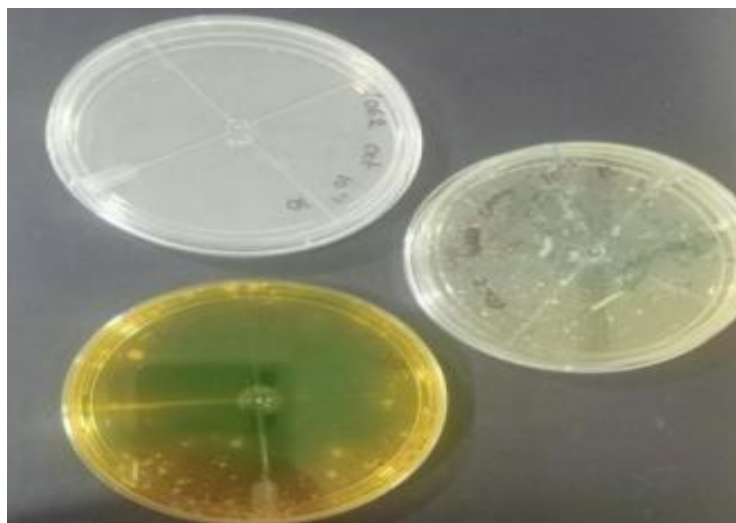
3.1.8. Microbiología y procesamiento de muestras

Paralelamente, se analizaron 0,50 gramos de muestra para evaluar carga bacteriana. Las muestras de hepatopáncreas de las larvas fueron transferidas en tubos eppendorf y se aforaron hasta alcanzar 1 gramo por volumen. Bajo cabina de flujo laminar (Air TechJapan Mod. BCM-1002W) se procesaron siguiendo la técnica estándar de siembra en placa (Obando, 2023).

Se realizaron diluciones seriadas 1:10. Posteriormente, se sembró 1 mL de cada dilución de las muestras en cajas Petri mediante vertido en placa con agar licuado de TCBS (2%), CHROMOAGAR (Medio Cromo génico), CETRIMIDE. Se incubaron las placas a 32°C durante 24 horas y posteriormente se realizó el conteo de las Colonias Formadoras de Unidades (UFC). El conteo se basó en el criterio estándar internacional, tomando en cuenta solo placas con presencia entre 30 y 300 colonias para el cálculo (rango sugerido por APHA 9215B). El número de UFC/g de muestra se calculó promediando duplicados y multiplicando por el factor de dilución correspondiente (Muthukrishnan et al., 2019). Finalmente, se evaluó la efectividad del extracto mediante estos recuentos microbiológicos frente a la reducción de la carga bacteriana y el control (Urmeneta et al., 2000; Moreno, 2002 B.A.M.,1998, citado por Acosta 2022).

Figura 5.

Medios de cultivo para análisis microbiológicos



Nota: Fotografía de las cajas Petri sembradas según los tres diferentes agares selectivos empelados en la investigación

3.1.9 Determinación de parámetros productivos

Se determinó la ganancia de peso mediante la fórmula

$$\underline{GP = PF - PI}$$

Donde, GP se refiere a peso ganado, PF peso final y PI peso inicial (Cruz, 2020).

Asimismo, se calculó la ganancia de talla en las larvas basado en la fórmula:

$$\underline{GT=TF-TI}$$

Donde, GT indica la ganancia en la talla, TF la talla final y TI la talla inicial (Cruz, 2020).

Posteriormente, se empleó el factor de conversión de alimento, según la fórmula

$$\text{Alimento ingerido (kg de alimento seco suministrado) – peso ganado (peso fresco o húmedo)}$$

Por último, la supervivencia se calculó tomando en cuenta (Mirabent et al, 2020):

$$\text{Cantidad inicial de larvas cultivadas / número total de individuos al final}$$

3.1.10. Análisis estadísticos

El análisis estadístico se realizó mediante el software RStudio. Por lo cual, se evaluaron las diferencias entre los grupos experimentales empleando pruebas paramétricas y no paramétricas bajo el concepto de normalidad para cada conjunto de datos, usando ANOVA de una vía para comparar las medias entre tratamientos y controles de cada etapa larval. En los casos donde el ANOVA mostró diferencias significativas ($p < 0,05$), se realizaron comparaciones múltiples post hoc mediante la prueba de Tukey HSD para identificar los grupos que presentaron diferencias estadísticas. Además, se ejecutó Kruskal-Wallis para comparar las diferencias entre dos o más grupos y se aplicó el análisis de correlación de Spearman para datos no paramétricos. Se estableció $\alpha=0,05$ como nivel de significancia.

Capítulo IV

4.1. Resultados

4.1.1 MIC y MBC

Los resultados del ensayo MIC demostraron que la concentración 500 ppm no inhibió el crecimiento de las cepas *V. parahaemolyticus*, *V. Harveyi*, *V. algynoliticus* y *Pseudomonas spp.* no obstante, en la concentración 1000 ppm tanto *V. harveyi* como *V. algynoliticus* sobrevivieron a la concentración. Posteriormente, para las concentraciones 2000 ppm y 3000 ppm únicamente no afectaron el crecimiento de la cepa de *V. algynoliticus*, pero en las dosis siguientes no se presentó actividad de los microorganismos estudiados (4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000 ppm) (Tabla 6). Por consiguiente, los resultados del ensayo de concentración mínima bactericida indicaron que *Pseudomonas sp* y *V. algynoliticus* tuvieron presencia de colonias en las concentraciones 500 ppm y 2000 ppm respectivamente (Tabla 6).

Tabla 6.

Resultados de MIC y MBC

Cepas Bacteriana	Concentraciones en ppm/Resultados en mm										
	9000 ppm	8000 ppm	7000 ppm	6000 ppm	5000 ppm	4000 ppm	3000 ppm	2000 ppm	1000 ppm	500 ppm	
<i>V. Parahaemolyticus</i>	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P
<i>V. Harveyi</i>	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P	P
<i>V. vulnificus</i>	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
<i>V. algynoliticus</i>	N	N	N	N	N	N	P	P	P	P	P
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
<i>Pseudomonas sp</i>	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	P

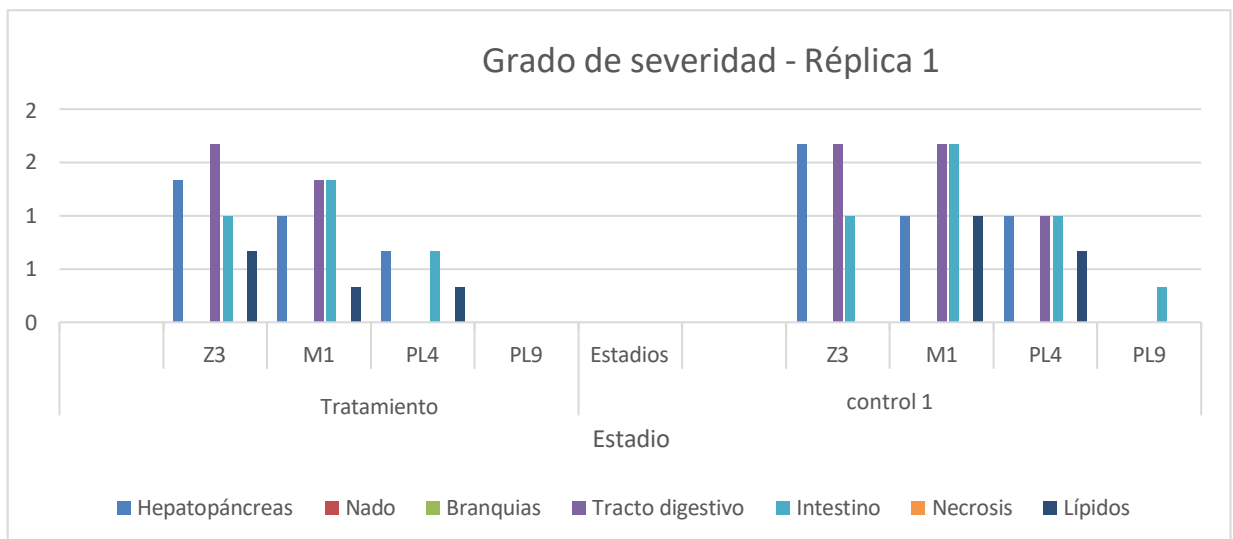
Nota: La coloración roja se refiere a resultados de MBC y la coloración amarilla a MIC

Se observó que en el tratamiento 1 los estadios M1, PL3-PL8 demostró menor grado de severidad en contraste con el control 1. No obstante, se aborda que existieron afecciones similares en hepatopáncreas y el tracto digestivo de las larvas en estadio Z3 de ambos tanques, aunque se sugiere una integridad tisular debido a la concentración estable de lípidos y ausencia de signos de necrosis. Es decir que en el Tratamiento 1 con *G. lucidum*, los estadios Z3 y M1 presentaron alteraciones leves, principalmente en hepatopáncreas, tracto digestivo e intestino,

con valores de severidad bajos (grado 1–2), sin evidencia de compromiso en branquias, nado ni necrosis. En los estadios PL4 y PL9, no se registraron lesiones histopatológicas, indicando una recuperación y normalización tisular conforme avanzó el desarrollo larvario. En contraste, el Control 1 (sin *G. lucidum*) mostró una mayor frecuencia e intensidad de lesiones, especialmente en tracto digestivo, intestino y acumulación de lípidos, con persistencia de alteraciones hasta el estadio PL4, donde aún se observaron grados de severidad leves a moderados. Aunque en PL9 no se evidenciaron lesiones, el control presentó una recuperación más tardía en comparación con el tratamiento (Figura 6).

Figura 6.

Grado de severidad Réplica 1



Nota: Los resultados pertenecen al control y tratamiento de la réplica 1

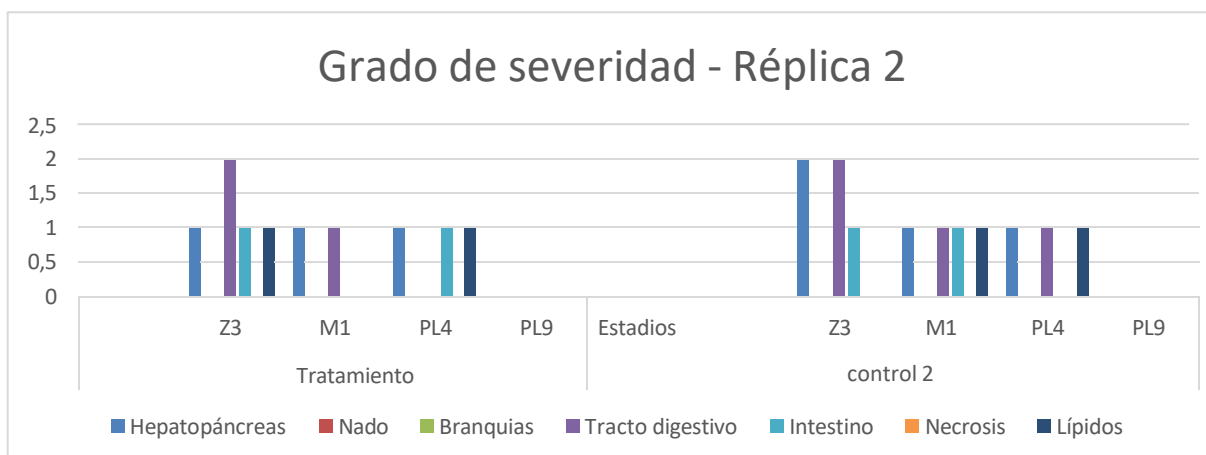
El Tratamiento 2 presentó alteraciones histopatológicas leves (grado 1) en los estadios tempranos (Z3 y M1), principalmente en hepatopáncreas y tracto digestivo, sin evidencia de necrosis ni compromiso en órganos de locomoción o respiración. En el estadio PL4, las lesiones fueron escasas y de baja intensidad, y en PL9 no se registraron alteraciones, evidenciando recuperación tisular completa.

El Control 2 mostró mayor severidad relativa, destacándose un incremento en la hepatopáncreas en Z3 (grado 2) y mayor persistencia de alteraciones digestivas y acumulación de lípidos hasta PL4, indicando una recuperación más lenta en comparación con el tratamiento. el uso de Ganoderma en el Tratamiento 2 contribuyó a una menor severidad y menor persistencia de lesiones histopatológicas en las larvas de camarón, en comparación con el control sin

Ganoderma (Figura 7)

Figura 7.

Grado de severidad de la réplica 2

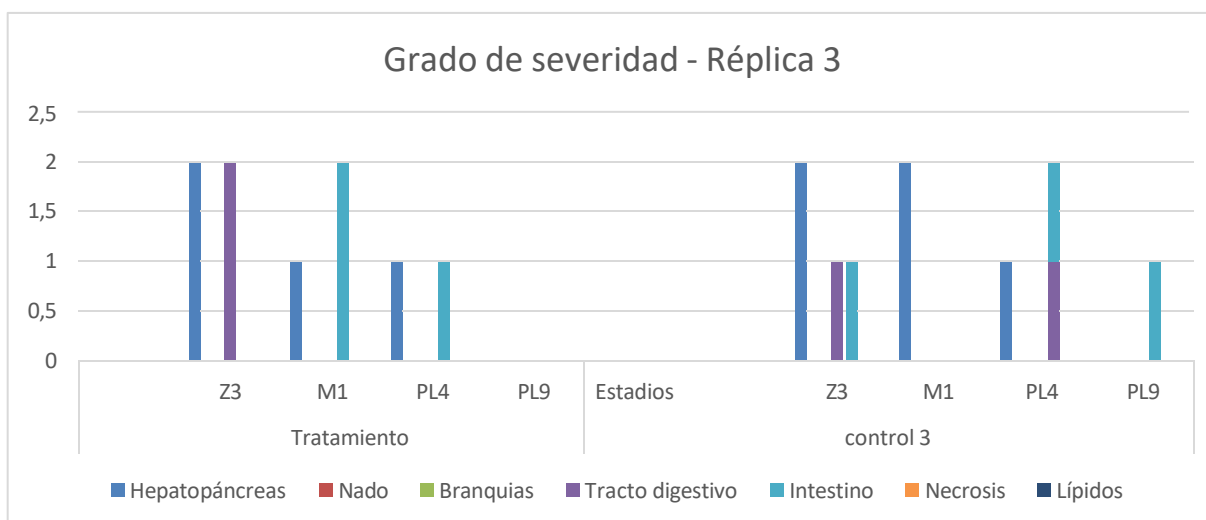


Nota: Los resultados pertenecen al control y tratamiento de la réplica 1

El Tratamiento 3 presentó que los estadios Z3 y M1 lesiones histopatológicas leves a moderadas, concentradas principalmente en hepatopáncreas, tracto digestivo e intestino, sin evidencia de necrosis ni alteraciones en estructuras respiratorias o de locomoción. En PL4, las alteraciones fueron mínimas y de baja severidad, mientras que en PL9 no se observaron lesiones, indicando una recuperación tisular completa. Por el contrario, el Control 3 mostró mayor severidad y persistencia de lesiones, destacándose valores más altos en hepatopáncreas, tracto digestivo e intestino, especialmente en el estadio M1, y la persistencia de alteraciones intestinales hasta PL9, lo que sugiere una recuperación más tardía en ausencia de Ganoderma (Figura 8).

Figura 8.

Grado de severidad de la réplica 3

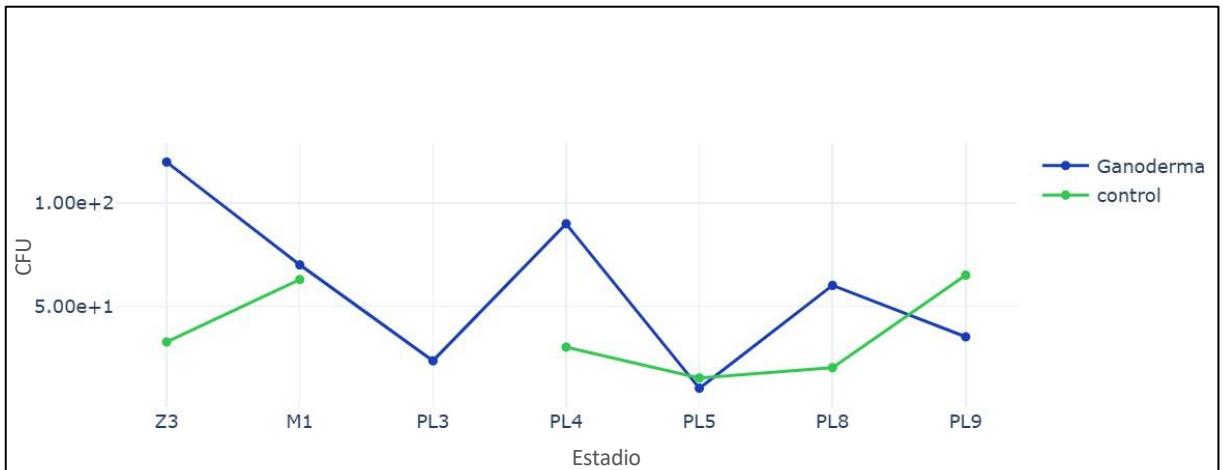
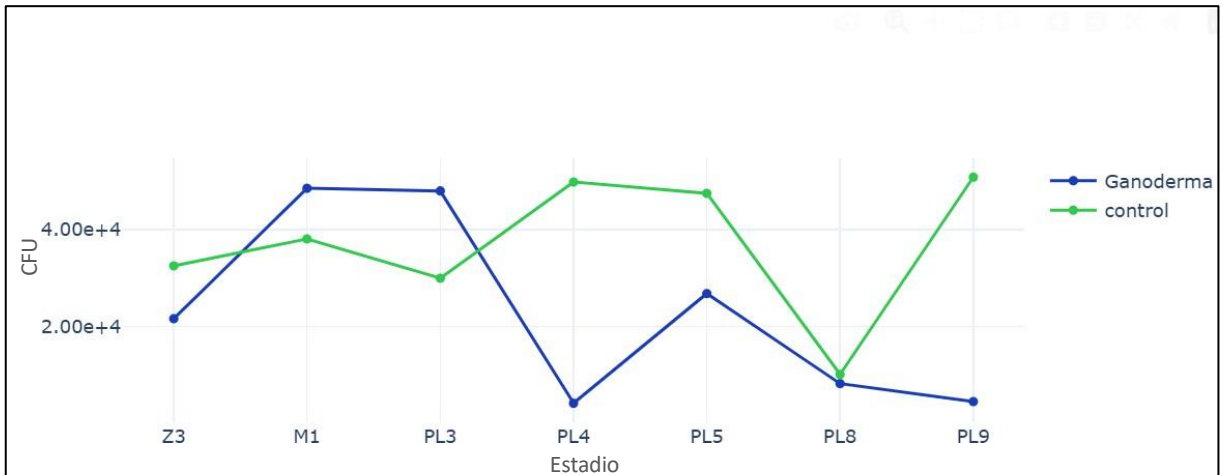


Por otro lado, los ensayos *in vitro* demostraron un rango efectivo en cuanto a las concentraciones del extracto del hongo. Principalmente, se observó que la dosis entre 1-8 ppm mostraron actividad antibacteriana sin afectar el organismo de las larvas. Además de ello, el ensayo mostró conteos de $3,30 \times 10^4$ UFC en TCBS para vibrios, $4,70 \times 10^4$ UFC en CHROM y $4,00 \times 10^4$ UFC para *Pseudomonas sp.* En estadio Z3. Mientras que Z4 presentó valores mayores ($5,80 \times 10^4$ UFC- TCBS, $6,30 \times 10^4$ UFC en CHROMagar y $4,80 \times 10^4$ UFC en *Pseudomonas sp.*).

En detalle, se evidenció el mayor número de colonias en Mysis 1, sugiriendo una posible proliferación bacteriana activa. No obstante, esto disminuyó en las etapas consecuentes de manera significativa (PL9 $0-2.8 \times 10^3$ UFC, PL10 $4,50 \times 10^4$ y $6,80 \times 10^4$ UFC por tipo de agar). Por ello, se determina que en los estadios intermedios existe una tendencia a sufrir picos bacterianos, pero que posiblemente la exposición al extracto permite que disminuyan en etapas posteriores con mayor capacidad alimentaria (Figura 9).

Figura 9.

Conteo de colonias en ensayo microscópico en agar



Nota: El ensayo se hizo por triplicado, por lo que cada figura corresponde a una réplica diferente

En detalle, la Figura 10 señala que la media de las larvas sometidas al hongo está entre los 89-90%, los valores Inter cuartiles se encuentran entre $Q1 = 88\%$ y $Q3=91\%$ aproximadamente, mientras que el valor máximo fue de 96% y el mínimo entre 83-84%. Mientras que, para el control, se tuvo que la mediana correspondió a un 83%, $Q1 = 80\%$, $Q3= 88\%$, valor máximo 91% y mínimo 67%. De esta manera se indica que las larvas expuestas a Ganoderma presentaron mayor supervivencia, además de ello, su rango intercuartil estrecho aborda una mayor estabilidad y en contraste el control resalta un mínimo 67% (más bajo), pero refleja una alta variabilidad y mortalidad. Asimismo, en cuanto al crecimiento postlarval, se tiene que el control presenta una mediana ligeramente más alta, pero que el hongo incrementa la uniformidad, disminuyendo diferencias relevantes en el crecimiento. Por lo tanto, se menciona que bajo las concentraciones empleadas de *G. lucidum*, este podría ejercer un efecto favorecedor

en la carga bacteriano sobre las larvas, incrementado su viabilidad sin llegar a causar efectos adversos en el crecimiento o productividad de los mismos.

Figura 10.

Determinación de tasa de supervivencia de las larvas frente a la exposición de G. lucidum.



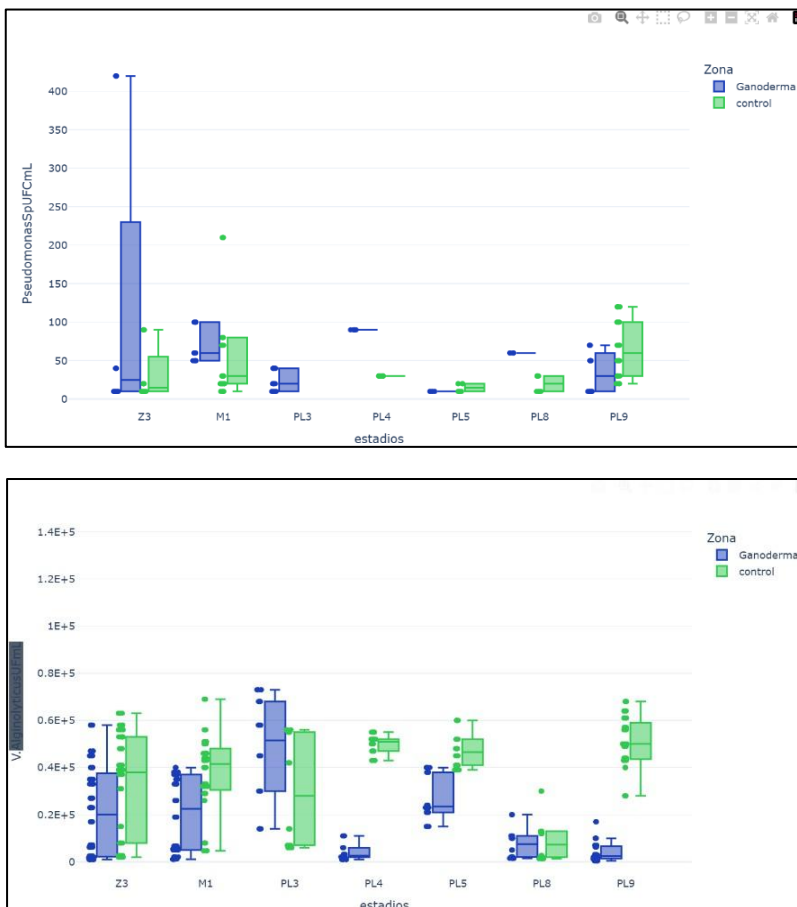
Nota: El ensayo se hizo por triplicado, por lo que cada figura corresponde a una réplica diferente

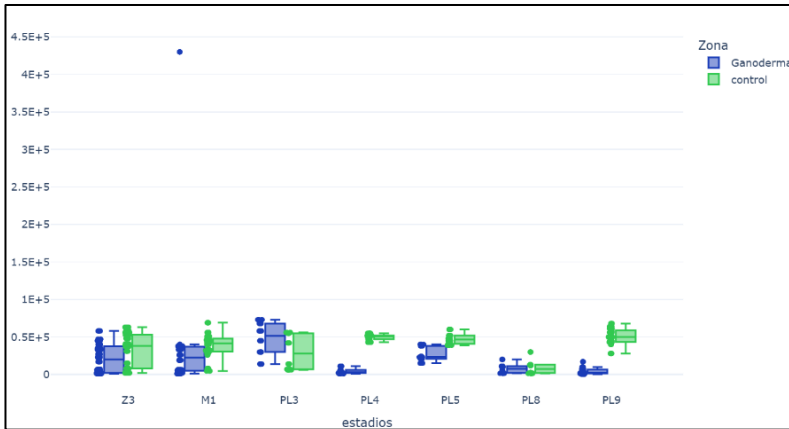
En relación con los ensayos microbiológicos, los resultados de análisis de *Pseudomonas sp.* Se tuvieron diferencias dentro de los diferentes estadios Z3 y M1 del grupo control y el tratamiento. A pesar de ello, se expone que las postlarvas 3 sometidas a la concentración del hongo tuvieron una reducción continua de la carga bacteriana con una baja dispersión de los datos. Por consiguiente, las etapas de desarrollo final de las larvas se obtuvieron que PL9 y el control

tuvieron valores de media altas y mayores al rango intercuartil, lo que muestra una posible susceptibilidad microbiológica en contraste a las muestras expuestas a *G. lucidum*. Por consiguiente, los resultados de TBCS bajo los efectos del hongo, se evidenciaron moderadas diferencias en los estadios tempranos, no obstante, desde PL3 se presentó una densidad bacteriana ligera. Por otro lado, el control mostró mayor recuento bacteriano, particularmente en los estadios PL5 y PL9. Por último, se obtuvo una carga bacteriana similar en el recuento de las placas de CHROMOAGAR. Por lo que los estadios tempranos del grupo control y tratamiento presentaron diferencias moderadas, mientras que las etapas intermedias y finales disminuyeron su carga bacteriana de manera progresiva únicamente en las larvas sometidas al extracto. En resumen, se sugiere que *G. lucidum* presenta una actividad biológica que incrementa a medida que madura el desarrollo de las larvas (Figura 11).

Figura 11.

Distribución de la carga de Vibrio (UFC/mL) en los diferentes estadios larvales bajo tratamiento con Ganoderma lucidum y grupo control





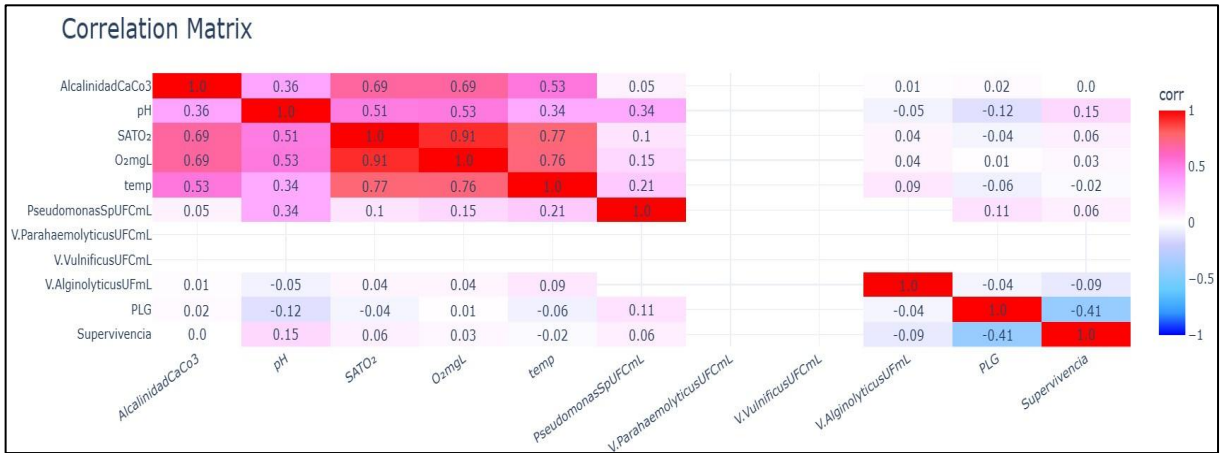
Nota: La primera presentación corresponde al medio de cultivo CETRAMIDE, la segunda es de TBCS y la última a CHROMOAGAR

El análisis de los parámetros fisicoquímicos del experimento registrados no presentó anomalías, es decir estuvieron dentro de los rangos óptimos para permitir el desarrollo larval del camarón. En este sentido, se tiene que La saturación de oxígeno y el oxígeno tienen una correlación positiva fuerte (0.91), indicando que a mayor concentración de oxígeno disuelto se presenta una mayor saturación. Asimismo, la temperatura el oxígeno también tuvieron una correlación positiva fuerte (0.76) esto aborda que existe una relación directa entre la variación térmica y la concentración de oxígeno disuelto en el sistema de cultivo. Similarmente, la temperatura y la saturación de oxígeno presentaron una asociación moderada que sugiere una estabilidad debido al sistema buffer y la relación con el estado del agua.

En el contexto, parámetros y bacteria, se denotó que existe una relación débil positiva (0.21) entre la temperatura y *Pseudomonas* posiblemente esta variable pudo haber causado la proliferación de este microorganismo. En cambio, *V. alginolyticus* mostró una correlación débil (menor a 0.1) que aborda que la carga bacteriana de esta cepa no dependió de las condiciones del agua, sugiriendo que fue debido al tratamiento. Por consiguiente, se obtuvo una correlación negativa (-0.41) entre PLG y la supervivencia, señalando que las alteraciones ambientales no intervinieron en la vitalidad de las larvas (Figura 12).

Figura 12.

Correlación de parámetros fisicoquímicos de la experimentación

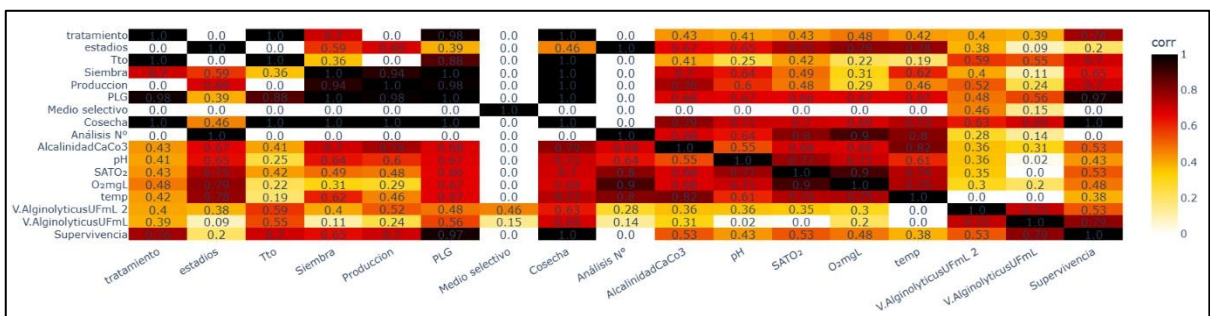


Nota: Correlación de Pearson de supervivencia/parámetros/PLG

La matriz de Phi de correlación indica que existe una asociación fuerte (0.76) entre el tratamiento y la supervivencia enmarcando que es debido a que la exposición al hongo incrementa la supervivencia. Similarmente, el tratamiento y PLG tienen una asociación sumamente fuerte (0.98) que indica una alta posibilidad de que la introducción del extracto influye en el crecimiento larval. Asimismo, se obtuvo que PLA y supervivencia presentaron una asociación fuerte (0.97) que sugiere que la supervivencia es alta cuando el crecimiento también lo es. La producción y siembra (0.94) y la producción y cosecha (1) representan una relación estructural fuerte que enmarca la relación y coherencia del sistema productivo, denotando que cuando se tiene la alta producción y cosecha son proporcionales directamente a una alta siembra. En línea con ello, el tratamiento y la supervivencia tuvieron una asociación fuerte de 0.79 indicando que la carga bacteriana es inversamente proporcional a la supervivencia. Por último, las correlaciones ambientales que se encuentran entre 0.70-0.90 muestran que el experimento mantuvo una estabilidad ambiental que no afectó en factores de supervivencia ni desarrollo larval (Figura 13).

Figura 13.

Matriz de correlación de Phi



Nota: La correlación evaluó todas las variables del estudio

La matriz de correlación refleja que existe una relación entre la productividad, los parámetros fisicoquímicos y la susceptibilidad microbiológica. En primer lugar, se evidencia correlación fuerte positiva de 0.91 para la siembra y cosecha de las larvas y una $r = 0.72$ entre la cosecha y la supervivencia. Esto indica que la supervivencia está asociada a las altas densidades iniciales y el rendimiento óptimo. No obstante, se presentó una correlación negativa entre la siembra ($r = -0.68$) y la cosecha ($r = -0.62$). Esto se vincula al rendimiento individual de cada organismo por competencia a la disponibilidad de alimento debido a la alta densidad sembrada.

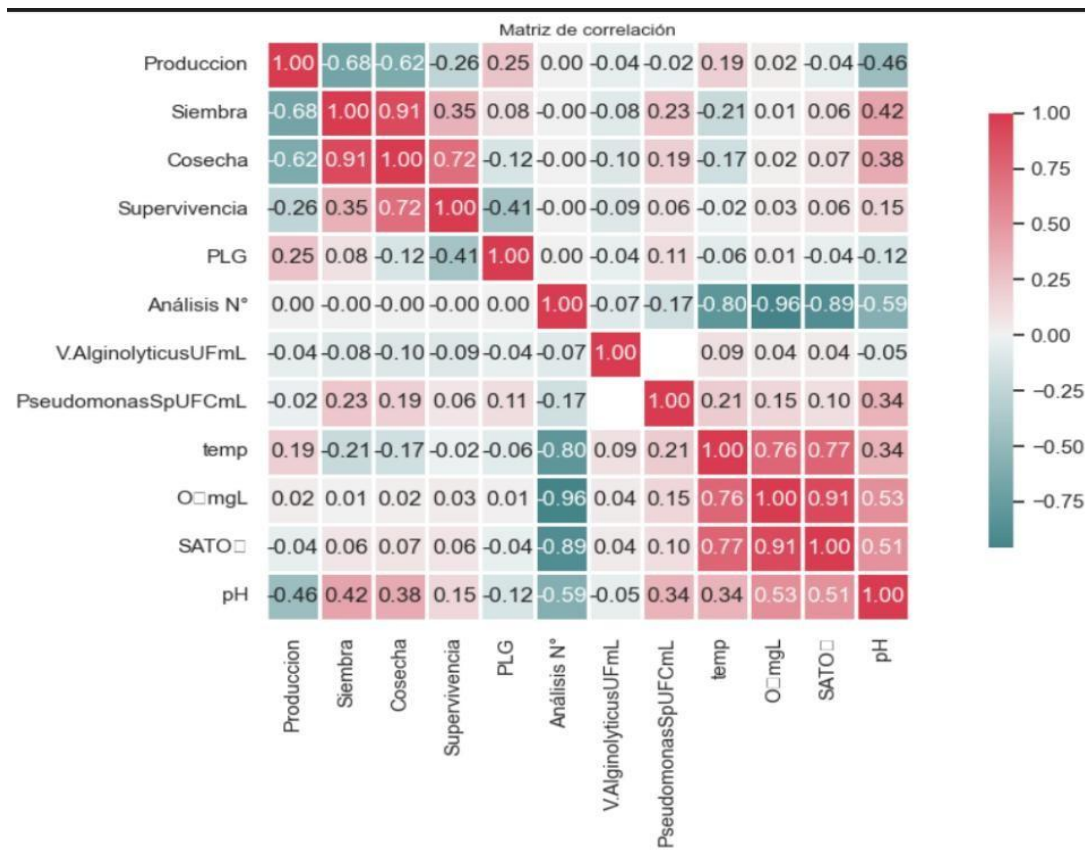
Por consiguiente, el crecimiento postlarval del camarón (PLG) y la supervivencia tuvieron una correlación negativa moderada ($r = -0.41$), esto se debe a que el desarrollo y crecimiento de las larvas no se traduce como mayores probabilidades de supervivencia, pero se aborda que existe una ligera relación positiva ($r = 0.25$) con la producción, lo que corrobora el desempeño productivo del experimento.

Se demostraron bajas correlaciones entre los parámetros fisicoquímicos y la evaluación microbiológica. Principalmente, se observó que la población bacteriana y la producción son directamente proporcionales. Pero, que esto puede llegar a ser más relevante en casos específicos como la determinación de *Pseudomonas sp.* con pH ($r = 0.34$) y temperatura ($r = 0.21$). Sugiriendo que las condiciones fisicoquímicas pueden influir en cuanto a la carga bacteriana.

Por lo tanto, la figura 14 corrobora que existe una asociación alta y positiva entre el oxígeno disuelto y la saturación de oxígeno ($r = 0.91$) correspondiendo a una condición organismo – sistema. Sin embargo, la temperatura se asocia ($r = 0.53$) con el oxígeno y la saturación ($r = 0.51$) corroborando que existe a una condición organismo – sistema que debe ser óptimamente controlada. En este sentido, las correlaciones analizadas muestran que el manejo de la producción se liga al manejo de las poblaciones larvales, en lugar de la susceptibilidad bacteriana. Mientras que los parámetros fisicoquímicos pueden provocar alteraciones en el sistema convirtiéndose en una causa de presencia de cepas bacterianas.

Figura 14.

Matriz de correlación entre producción, supervivencia, crecimiento postlarval (PLG), carga bacteriana (Vibrio alginolyticus, Pseudomonas sp.) y parámetros de calidad de agua

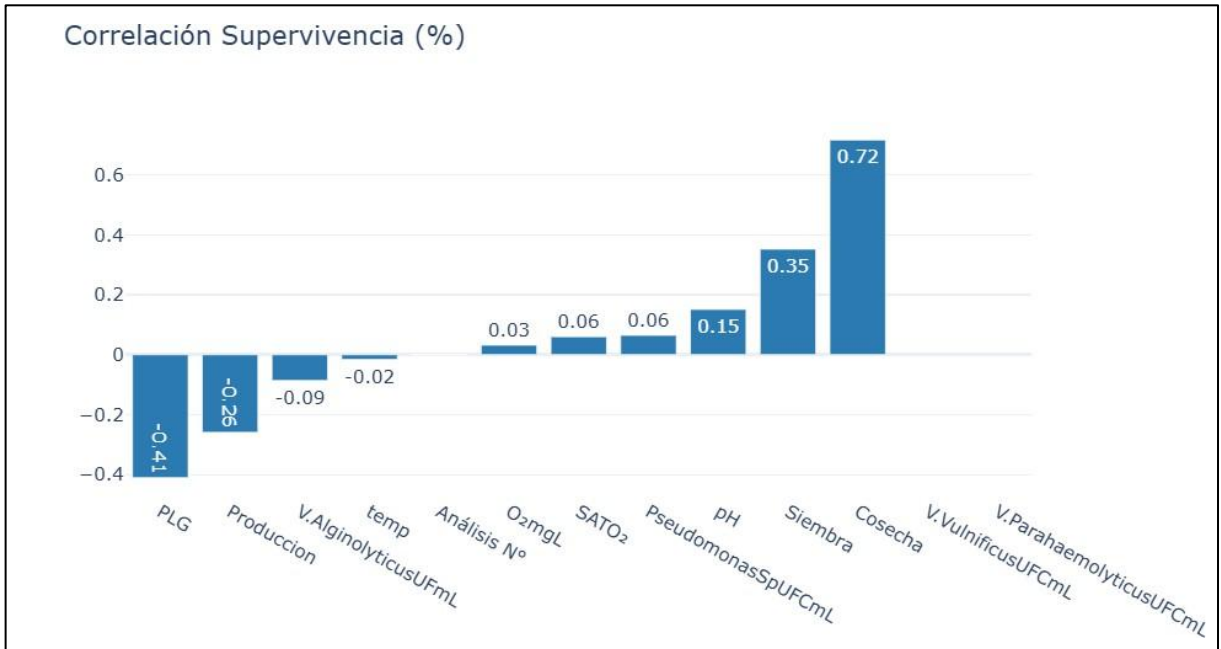


Nota: La correlación corresponden a variables ambientales, producción y susceptibilidad microbiológica.

La Figura 15 confirma la relación observada anteriormente donde la supervivencia y el crecimiento tienen una fuerte relación inversa. Además, se observa que la cosecha y el pH tienen una correlación débil con PLG (-0.12). Mientras que la producción y PLG tiene una relación positiva (0.25) que indica que a mayor crecimiento existe una mayor producción, confirmando que las pseudomonas y la supervivencia tienen una relación débil (0.11) y que no se asocia factores ambientales.

Figura 15.

Correlación supervivencia



Nota: La primera figura corresponde a correlaciones de supervivencia relacionadas a las variables del estudio, corroborando las demás correlaciones realizadas previamente.

Capítulo V

5.1. Discusión

Los camarones representan una oportunidad económica relevante para la economía ecuatoriana, por ello el manejo, control y optimización de su cultivo industrial es crucial. Es por ello que, alternativas sostenibles y efectivas se convierten en una necesidad latente. Es así como se presenta el extracto de *G. lucidum*.

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que la inclusión del extracto de *G. lucidum* en los sistemas larvales de *P. vannamei* influyó positivamente en varios indicadores de salud y rendimiento productivo. En primer lugar, las distribuciones de carga bacteriana de *V. alginolyticus* y *Pseudomonas sp.* evidenciaron que, aunque ambos grupos mostraron altos niveles de colonización en los estadios iniciales de desarrollo, los tratamientos con Ganoderma presentaron cargas menores y baja variabilidad en los estadios finales (PL8 y PL9). Esta tendencia sugiere un efecto modulador de la dinámica microbiológica, similarmente la literatura señala que los inmunomoduladores naturales potencian las defensas de los camarones frente a patógenos oportunistas (Nolasco-Alzaga, 2025; Kumar et al., 2022).

En este contexto, las correlaciones analizadas muestran que existe una Inter asociación entre la producción, factores microbiológicos y las condiciones fisicoquímicas del ensayo. Especialmente, se observa que aspectos como siembra, cosecha y supervivencia son altamente relacionadas, debido a la calidad de manejo larval. No obstante, las correlaciones entre estas variables y las poblaciones bacterianas pueden llegar a ser ligeras. Esto sugiere que la presencia de estos microorganismos patógenos representa un nivel de estrés que acompañado de rangos inadecuados de variables fisicoquímicas y anomalías fisiológicas larvales pueden conducir a su muerte. En este sentido, se aborda que investigaciones previas califican a este hongo como un inmunoestimulante que disminuye el padecimiento de infecciones y puede llegar a controlar y mejorar los casos de resistencia a patógenos en camarone, mediante una alteración en las rutas metabólicas de las larvas que modifica la actividad de los hemocitos y la concentración de enzimas antioxidantes. Esto quiere decir que el potencial antibacteriano del hongo es significativamente activo (Campa-Córdova et al., 2010).

Por consiguiente, los resultados demostraron medianas superiores y menor dispersión de

datos de supervivencia en los camarones sometidos al tratamiento del extracto. Similarmente, Peña (2025) aborda que *Ganoderma* permite incrementar la supervivencia de las larvas y postlarvas de *P. vannamei*. Curiosamente, el autor menciona que su potencial en extractos naturales suele ser mejor cuando se evalúa para pruebas de estrés bacteriano y alteraciones ambientales. En detalle, esto demuestra que la actividad masiva de avicultura afecta principalmente estadios tempranos y finales, afectando la transición fisiológica y resultando en la muerte precoz y vulnerabilidad a contaminación patológica.

Posteriormente, el crecimiento postlarval del camarón indica que el tratamiento del extracto optimiza el desarrollo y crecimiento uniforme de los especímenes. Particularmente debido a que disminuye la variabilidad entre los individuos. En este sentido, Mendoza et al. (2021) resalta que en la fase de larvicultura la exposición al hongo ya sea por suministrado en agua o el alimento, incrementa hasta un 17% de la supervivencia, contribuyendo así a que exista hasta un 95% de uniformidad en cuanto a las tallas de cada larva. Además de ello, estudios indican que estas características podrían deberse a un posible efecto inmunológico que permite mejorar la absorción de nutrientes y por ende soportar y adaptarse más fácilmente a fluctuaciones ambientales que en condiciones normales pueden llegar a ser letales (Peña Salas, 2025; Nolasco-Alzaga, 2025).

Por último, las condiciones ambientales del sistema indicaron que las correlaciones son coherentes entre las variables, específicamente la asociación oxígeno disuelto y saturación. Por lo que, se sugiere que la experimentación se mantuvo estable y permitió denotar más claramente el rol de la suministración del *Ganoderma* en los individuos, debido a que aumentó el crecimiento y los porcentajes de supervivencia. No obstante, Lu (2025) demostró en su investigación que las concentraciones mayores a 3 g/kg del hongo podrían ser contraproducente y disminuir la supervivencia, sin embargo, estimular la respuesta inmunitaria.

En resumen, el extracto de *Ganoderma lucidum* funciona como un natural inmunomodulador de la respuesta inmune incrementando la resistencia a padecimiento de enfermedades microbiológicas en camarones, ya que permite mejorar y estabilizar el funcionamiento del organismo y el desempeño productivo de *P. vannamei*. Asimismo, optimizar la capacidad del organismo para evitar estrés bacteriano y ambiental puede ser esencial para efectivizar las prácticas de larvicultura como una estrategia sostenible y eco amigable que reduce el riesgo de resistencias futuras a antibióticos (Nolasco-Alzaga, 2025; Kumar et al., 2022).

Capítulo VI

6.1. Conclusiones

En este sentido, se indica que mediante el ensayo de concentración mínima inhibitoria se obtuvo una actividad antimicrobiana preliminar del extracto de Ganoderma en presencia a 3 agentes patológicos relevantes en el cultivo de *L. vannamei*. Asimismo, se abordó que los ensayos *in vitro* demostraron el efecto dosis -respuesta partiendo de una concentración funcional para proseguir a la experimentación *in vivo*.

Por consiguiente, la exposición de las larvas a los hongos evidenció el perfil modulador del extracto para reducir la población bacteriana, especialmente en cepas de *Vibrio alginolyticus* y *Pseudomonas sp.*. No obstante, se enfatiza que la colonización, esto debido a posible potencial acumulativo de Ganoderma. Además, se obtuvo que los porcentajes de supervivencia en los grupos bajo el tratamiento obtuvieron mayores tasas en contraste al grupo control, alcanzado el 96%, esto corrobora el potencial positivo, debido a que no solo reduce la proliferación de los microorganismos, sino también permite que desarrollo mecanismos de defensa propios para estimular sus respuestas inmunitarias más fácilmente.

Los parámetros fisicoquímicos estudiados que comprenden la temperatura, el oxígeno disuelto, la saturación, el pH y la alcalinidad, mantuvieron rangos adecuados a lo largo de la investigación. Esto permite determinar que la recuperación a la presión bacteriana no fue influenciada por alteraciones ambientales.

En resumen, la investigación demuestra que el extracto de *Ganoderma lucidum* es potencialmente activo y puede ser utilizado como una alternativa profiláctica en la actividad de larvicultura del camarón *L. vannamei*. Permitiendo asó mejorar las medidas de control y calidad bajo un cultivo industrial masivo controlado.

6.2. Recomendaciones

Según lo obtenido en la investigación se recomienda la exploración molecular del extracto del hongo *G. lucidum*, para caracterizar la forma en que la expresión génica y esclarecer el mecanismo inmunomodulador que presenta gracias a la presencia de lectinas y sus péptidos. Además de ello, es importante evaluar la interacción existente entre el sistema larval y el extracto en los ensayos microbiológicos que demuestren o caractericen la conformación de las comunidades bacterianas presentes.

Sumado a ello, se recomienda evaluar rangos de concentración superiores e inferiores a los empleados en la presente investigación, con la finalidad de determinar una curva dosis-respuesta adecuada que permita estandarizar protocolos efectivos posteriormente.

Por último, se espera que futuras investigaciones puedan determinar la actividad sinérgica del hongo con otros extractos naturales, que pueden ser de origen animal o vegetal, con el objetivo de potenciar sus efectos sin llegar a afectar la supervivencia de la larva de camarón. Para de esta forma, también promover la búsqueda de fuentes naturales en el sector acuícola para brindar un enfoque sostenible, innovador y eco amigable que reduzca el riesgo de resistencias

Capítulo VII

7.1. Bibliografía

- Acosta, M., y Andrea, D. (2022). *Validación de estrategias profilácticas en larvicultura del camarón *Penaeus vannamei* la provincia de Santa Elena, Mar Bravo*. [Tesis de pregrado]. Universidad Estatal Península De Santa Elena, Ecuador
- Aguirre, L., Sánchez, A., y Ordinola, 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).
- Rodríguez, K. (2010). *Animales de *Aspergillus spp.* y dermatófitos*. [Tesis de pregrado]. Pontificia Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8469/tesis433.pdf;jsession>
- Aragón, E. (2017). Crecimiento individual del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) y del camarón azul *L. stylirostris* (Stimpson, 1874) (Crustácea: Penaeidae) mediante un enfoque multimodelo. *Revista Latinoamericana de Investigaciones Acuáticas*, 44 (3), 480-486.
- Auró, A. y Ocampo, L. (2006). *El libro del camarón*. Editores. México
- Baby, S., Johnson, A. J., & Govindan, B. (2015). Secondary metabolites from Ganoderma. *Phytochemistry*, 114, 66–101.
- Bachère, E. (2000). Shrimp immunity and disease control. *Aquaculture*, 191(1–3), 3–11.
- Benítez Castellón, FA; Pérez Vásquez, M; Saravia Gutiérrez, FM. 2005. *Proyecto sobre la prefactibilidad en la integración de la cadena productiva del camarón marino en la Bahía de Jiquilisco*. [Tesis de pregrado]. Universidad de El Salvador. El Salvador
- Bermudes, J., Flores, J., Nieves, M., y López, D. (2022). Effect of the larval density and food ratio on *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) zoea. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i8.2255>
- Bernal, F., Yangüés, L., de Von Chong, M., y Ashaw, I. (2021). Hongos patógenos en la

- producción de camarón marino, *Litopenaeus vannamei* (Boone), Panamá. *Tecnociencia*, 23(1), 15-28. <https://doi.org/10.1609/8102>
- Bhardwaj, N., Katyal, P., & Sharma, A. K. (2014). Suppression of oxidative stress and immunomodulatory effects of *Ganoderma lucidum*: A review. *Pharmacognosy Reviews*, 8(15), 1–7.
- Bidegain, M. (2017). Optimización del cultivo de *Ganoderma Lucidum*: Evaluación de actividad y desarrollo de nutraceuticos. [Tesis de postgrado]. Universidad Nacional del Sur.
- Boh, B., Berovic, M., Zhang, J., & Zhi-Bin, L. (2007). *Ganoderma lucidum* and its pharmaceutically active compounds. *Biotechnology Annual Review*, 13, 265–301.
- Boyd, C. (2001). Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. En: Boyd, C.E. (eds.). *Métodos para Mejorar la Camaronicultura en Centroamérica*. Editorial-Imprenta UCA, Managua, Nicaragua. 01-29p.
- Cabello, F. C. (2006). Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: A growing problem for human and animal health and for the environment. *Environmental Microbiology*, 8(7), 1137–1144.
- Cabrera, V., Calsin, L., Molina, J., Quispe, I., Rosado, F., Sucasaire, M., y Valero, D. (2022). Biología celular y organismos modelos. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Campa, I., Valenzuela, J., García, J., Medina, D., Licon, A., Angulo, C., Aguirre, G., y Mejía, CH. (2017). Uso profiláctico de aditivos inmunoestimulantes en el cultivo del camarón blanco, *Litopenaeus vannamei*. Investigación y Desarrollo en Nutrición Acuícola Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, pp. 541-559.
- Castañeda, M., Fajardo, A., Berrios, J., y Mendoza, A. (2022). Growth yield and health benefit of farm shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed in a pre-fattening phase with a diet based on wheat (*Triticum sativum*) and chickpea (*Cicerarietinum*) enriched with spirulina (*Spirulina maxima*). *Veterinaria México* OA, 9, <https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2022.966>
- Cebreros, R. (2018). Inmunoestimulación de larvas de pargo flamenco *lutjanus guttatus* en términos de inmunidad entrenada. https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/1082/1/2018-Rojo%20Cebreros%20Angel%20Humberto_.pdf
- Chalan, M. (2022). *Evaluación De La Uniformidad De Postlarvas De Camarón Litopenaeus*

vannamei, En El Laboratorio Ecufriendly S.A En Los Meses De Abril A Julio De 2021. [Tesis de pregrado]. UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA, Ecuador

Chang, C. C., Chen, C. C., & Liao, I. C. (2013). Immunomodulatory effects of β -glucans in shrimp. *Fish & Shellfish Immunology*, 34(4), 1211–1218.

Chang, S. T., & Buswell, J. A. (2008). Development of Ganoderma cultivation and products. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 67, 1–10.

Chiquito, I., y Cuéllar, J. (2023). *Evaluación de un protocolo para remisión total de infección por bacterias causantes de ems/ahpnd camarones*. [Monografía]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Unan-Leon

Citarasu, T. (2010). Herbal biomedicines: a new opportunity for aquaculture industry. *Aquaculture International*, 18, 403–414.

Citarasu, T. (2010). Herbal biomedicines: A new opportunity for aquaculture industry. *Aquaculture International*, 18, 403–414.

Cruz da Silva, L. R., Souza, O., Dos Santos, J., Massa, M., Rodríguez, R., y Souza, M. (2011). Culturable fungal diversity of shrimp *Litopenaeus vannamei* boone from breeding farms in brazil. *Brazilian journal of microbiology : [publication of the Brazilian Society for Microbiology]*, 42(1), 49–56. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822011000100007>

De Schryver, P., Defoirdt, T., & Sorgeloos, P. (2014). Early mortality syndrome outbreaks: A microbial management issue in shrimp farming? *PLoS Pathogens*, 10(4), e1003919.

Diaz-Palacios, M. A. y Montes-Rafailano, M. G. 2012. *Efecto de probiótico a base de Bacillus sp., Enterococcus sp., Pediococcus sp. y Lactobacillus sp., en la sobrevivencia y crecimiento larval del camarón blanco Litopenaeus vannamei, en la estación de maricultura Los Cóbano, Sonsonate*. [Tesis de licenciatura]. Facultad de Ciencias Agronomicas. Universidad de el Salvador. San Salvador

Done, H. Y., Venkatesan, A. K., & Halden, R. U. (2015). Does the recent growth of aquaculture create antibiotic resistance threats different from those associated with land animal production? *AAPS Journal*, 17(3), 513–524.

FAO (Food & Agriculture Organization of the United Nations). (2009). <http://www.fao.org/REGIONAL/LAmerica/prior/recnat/recursos/pesca/virus.htm#to p>

FAO. (2006). Cultured Aquatic Species Information Programme *Penaeus vannamei*(Boone, 1931). *Fisheries and Aquaculture Department*. Pp. 1-14

- FAO. (2004). Manejo sanitario y mantenimiento de la bioseguridad de los laboratorios de Postlarvas de camarón blanco (*Penaeus vannamei*) en América Latina. PDF. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/418fb6c9-530a-4f6b-8384-5b30dee25332/content>
- FAO. (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2024). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024. <https://doi.org/10.4060/CD0683ES>
- FAO. (2024). Informe de la FAO: La producción mundial de la pesca y la acuicultura alcanza un nuevo máximo histórico.
- Fernández, C., González, M., Illnait, T, y Martínez, G. (1998). Determinación de la concentración mínima inhibitoria de anfotericina B en levaduras de interés médico. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 50(1), 48-53. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037507601998000100010&lng=es&tlng=e
- Flegel, T. W. (2012). Historic emergence, impact and current status of shrimp pathogens in Asia. *Journal of Invertebrate Pathology*, 110(2), 166–173.
- García, S. y Le-Reste. L. 1986. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones decamarones peneidos costeros. *FAO Documento Técnico Pesca*, (203):180 p. <https://www.fao.org/3/AD015S/AD015S00.htm>
- Gómez, G. B., Guerra, L., & Guerra Flores, A. L. (2001). Enfermedades infecciosas más comunes en la camaronicultura en México y el impacto del uso de antimicrobianos. <http://cesaibc.org/pdf/infointeres/crustaceos/enfermedadesmexico.pdf>.
- González, A. (2009). *Evaluación de un sistema cerrado de recirculación Con camarones (Litopenaeus vannamei), para establecer un modelo de análisis de riesgos y control de puntos críticos*
- González, G. (2022). *ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO DE LARVAS ECONÓMICO EN EL ECUADOR*. [Examen complejo]. Universidad Técnica de Machala.
- Hai, N. V. (2015). The use of medicinal plants as immunostimulants in aquaculture: A review. *Aquaculture*, 446, 88–96.
- Heleno, S. A., Ferreira, I. C. F. R., Antonio, A. L., Queiroz, M. J. R. P., & Barros, L. (2015). Nutritional value, bioactive compounds and antioxidant properties of three edible mushrooms. *Food Chemistry*, 179, 27–35.

- Hernández, J. (2016). *Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco Litopenaeus vannamei, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado*. [Tesis de maestría]. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur. México.
- Layman, C. A., Kadar, J., Lyall, B., y Brown, C. (2024). A Review of Factors Affecting Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Welfare in Australia and Beyond. <https://ecoevorxiv.org/repository/object/6960/download/13355/>
- Lightner, D. (1993). *Diseases of cultured penaeid shrimp. Handbook of Mariculture*. Volume I: Crustacean Aquaculture., CRC Press, Boca Raton, Florida p. 393-486.
- Lightner, D. V. (1996). *A handbook of shrimp pathology and diagnostic procedures for diseases of cultured penaeid shrimp*. World Aquaculture Society.
- Lightner, D. V. (2011). Virus diseases of farmed shrimp in the Western Hemisphere (the Americas): A review. *Journal of Invertebrate Pathology*, 106(1), 110–130.
- Lightner, D. V., & Redman, R. M. (1998). Shrimp diseases and current diagnostic methods. *Aquaculture* 164, 201-220.
- Meena, D. K., Das, P., Kumar, S., Mandal, S. C., Prusty, A. K., Singh, S. K., & Mukherjee, S. C. (2013). Beta-glucan: An ideal immunostimulant in aquaculture. *Fish Physiology and Biochemistry*, 39, 431–457.
- Mendoza, S., Gonzalez, N., y Giraldo, S. (2021). *Efecto del hongo Ganoderma lucidum sobre la salud del camarón Litopenaeus vannamei cultivado en Ecuador*. World Aquaculture. <https://www.was.org/Meeting/Program/PaperDetail/159072>
- Montoya, S., López, D. M., y Segura, B. (2018). Influencia de la luz azul sobre la productividad del cultivo sólido de Ganoderma lucidum. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(1), 51-58.
- Muñoz, P., y Escoto, U. (2023). *Escalamiento a nivel de planta piloto del proceso de extracción de quitosano a partir de cascaras de camarón en camarones pre-adultos Penaeus vannamei*. [Tesis Doctoral]. ESPOL.
- Otero, J. (2018). *Enfermedades bacterianas mas comunes en la larvicultura del camaron blanco (Litopenaeus vannamei) y sus metodos de control*. [Examen complejo]. Universidad Técnica de Machala, Ecuador. https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12225/1/DE00002_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf
- Palacios, L. (2024). Cultivo de camarón blanco (*Penaeus vannamei*) con agua subterránea en Guasave sinaloa. Universidad de Ciencias y artes de Chiapas. [Tesis de pregrado].

<https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/5165>

- Paterson, R. (2006). Ganoderma – A therapeutic fungal biofactory. *Phytochemistry*, 67(18), 1985–2001.
- Paucar, R. T., Pezo, J. M., & Macías, S. C. A. (2018). Enfermedades, tratamientos y recomendación es en el cultivo del camarón. *Espirales revista multidisciplinaria de investigación*, 2(22).
<https://revistaespirales.consultorioampuero.com/index.php/es/article/view/379/286>
- Reyes, A. (2021). *Principales agentes infecciosos asociadas al cultivo del camarón blanco Penaeus vannamei reportados en Ecuador durante el periodo 2010-2021*. Universidad Estatal Península de Santa Elena. [Tesis de pregrado]
<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/889f5bca-d2dc-4906-ad10-906af351101d/content>
- Reyes, J. K. (2018). *Sensibilidad bacteriana a agentes terapéuticos utilizados para controlar problemas bacterianos en larvicultura de Penaeus Litopenaeus vannamei*.
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4432/1/UPSE-TBM-2018-0009.pdf>
- Rodríguez, J., & Le Moullac, G. (2000). State of the art of immunological tools and health control of penaeid shrimp. *Aquaculture*, 191(1–3), 109–119.
- Romero, J., Feijoo, C. G., & Navarrete, P. (2012). Antibiotics in aquaculture – Use, abuse and alternatives. *Health and Environment in Aquaculture*, 159–198.
- Sanodiya, B. S., Thakur, G. S., Baghel, R. K., Prasad, G. B., & Bisen, P. S. (2009). Ganoderma lucidum: A potent pharmacological macrofungus. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 10(8), 717–742.
- Sanz, A. (2024). *Simbiosis en larvicultura de Litopenaeus vannamei (camarón blanco) como prevención de agentes bacterianos patógenos del género Vibrio sp. Y Pseudomonas sp. Causantes de enfermedades*. Universidad Estatal de la Península de Santa Elena. [Tesis de pregrado]
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8075/1/UPSE-TBM-2022-0008.pdf>
- Shah, S. Q. A., Cabello, F. C., L'Abée-Lund, T. M., Tomova, A., Godfrey, H. P., Buschmann, A. H., & Sørum, H. (2014). Antimicrobial resistance and antimicrobial resistance genes in marine bacteria from salmon aquaculture and non-aquaculture sites. *Environmental Microbiology*, 16(5), 1310–1320.
- Silva, J., Jiménez, I., Vivas, J., Mayer, L., Acuicultor, A. F.-El. (2021). Algunas experiencias usando ácidos orgánicos para optimizar el desempeño de una larvicultura comercial de camarón blanco
- Soto-Rodríguez, S. A., Gomez-Gil, B., Lozano-Olvera, R., Betancourt-Lozano, M., &

- Morales-Covarrubias, M. S. (2015). Field and experimental evidence of vibriosis as a major cause of shrimp mortality in Mexico. *Aquaculture*, 448, 245–252.
- Tacón, A. (2002). *Thematic Review of Feeds and Feed Management Practices in Shrimp Aquaculture*. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. Pp.69
- Taju, G., Madan, N., Abdul, S.; Kumar, R., Thamizhvanan, S., y Otta, S. (2015). Immune Responses of Whiteleg Shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), to Bacterially Expressed dsRNA Specific to VP28 Gene of White Spot Syndrome Virus. *J Fish Dis*, 38 (5), 451- 465
- Tay, C. (2014). *La camaronicultura en la costa Sur de Guatemala, contexto, avance 2005-2012 y su perspectiva de expansión futura*. [Tesis de Postgrado]. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Toledo, A., Castillo, N., Carrillo, O., y Arenal, A. (2018). Probióticos: una realidad en el cultivo de camarones. Artículo de revisión. *Revista de Producción Animal*, 30(2), 57-71.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S222479202018000200009&lng=es&tlng=es
- Tran, L., Nunan, L., Redman, R. M., Mohny, L. L., Pantoja, C. R., Fitzsimmons, K., Lightner, D. V. (2013). Determination of the infectious nature of acute hepatopancreatic necrosis syndrome affecting penaeid shrimp. *Diseases of Aquatic Organisms*, 105(1), 45–55.
- Ulloa, R. (2015). *El efecto de dos porcentajes de recirculación de agua en el cultivo de camarón (Litopenaeus vannamei)*. [Tesis de pregrado]. Facultad de ciencias agropecuarias. Universidad Técnica de Machala.
- Reyes, N., Valle Cedeño, C. E., & Márquez, A. (2021). *Diseño de un protocolo de inclusión de aceites esenciales, como profiláctico y nutracéutico, para la optimización del proceso de producción de vannamei*. [Tesis de pregrado]. UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA, Ecuador.
- Gil, A., Cádernas, H., Rodríguez, J., y Arias, K. (2018). Viabilidad para la creación de una empresa que fabrique y comercialice el extracto de *Ganoderma lucidum* sobre la prefactibilidad en la integración de la cadena productiva del camarón marino en la bahía de Jiquilisco”. Tesis de Licenciatura. Universidad de el Salvador. El Salvador
- Mutunga, R. (2024). Beneficial impacts on immune responses and disease resistance of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed dietary herbal extracts. *Hélix*, 5(2). <https://doi.org/10.59411/jvrfxx80>
- Ochoa, C. y Buenaño, D. (2023). *Evaluación del efecto*

Inmunoestimulante de Ganoderma lucidum en el desarrollo general de tilapia roja (Oreochromis spp.) EN ETAPA DE PRE-ENGORDE. [Tesis de Doctorado]. Zamorano:Escuela Agrícola Panamericana. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/d6919f54-6cb1-4cb3-99f8-a1853cb6912d/content>

Rosado, A. (2018). *Resistencia antimicrobiana de bacterias del género vibrio en langostino blanco (Litopenaeus vannamei) en centros de cultivo de la región tumbes.* [Tesis de pregrado]. Universidad Ricardo Palma, Perú

Rodríguez, P. (2025) *compensación iónica del agua a baja salinidad y su impacto en el desarrollo larvario del camarón Litopenaeus vannamei.* [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4ec01926-d0dc-4a6a-b63b-700dd20994d8/content>

Velez, O., y Eleonel, D. (2023). *Aplicación de cúrcuma como medida profiláctica en la mejora de la respuesta fisiológica de larvas de camarón Litopenaeus vannamei.* [Tesis de pregrado]. Universidad Estatal Península De Santa Elena, Ecuador.

Wachtel-Galor, S., Yuen, J., Buswell, J. A., & Benzie, I. F. F. (2011). *Ganoderma lucidum (Lingzhi or Reishi): A medicinal mushroom.* In I. F. F. Benzie & S. Wachtel-Galor (Eds.), *Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects* (2nd ed.). CRC Press.

Wan Abd Al Qadr Imad Wan-Mohtar, N. M. Taufek, J. P. Thiran, J. F. P. Rahman, G. Yerima, K. Subramaniam, y N. Rowan. (2021). *Investigations on the use of exopolysaccharide derived from mycelial extract of Ganoderma lucidum as functional feed ingredient for aquaculture-farmed red hybrid Tilapia (Oreochromis spp.). Future Foods, 3.*

Yılmaz, S., Ergün, S., Şahin, T., Çelik, E. y Abdel, L. (2023). *Efectos del hongo reishi en la dieta (Ganoderma lucidum) sobre el crecimiento de los juveniles de tilapia del Nilo, Oreochromis niloticus. Acuicultura, 564. Recuperado por: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.739057*

7.2 Anexos

Anexo 1.

Determinación y control, de grados de severidad T1

Tratamiento 1	Estadios	Hepatopáncreas	Nado	Branquias	Tracto digestivo	Intestino	Necrosis	Lípidos
	Z3	1	0	0	2	1	0	2
	M1	1	0	0	1	1	0	0
	PL3	0	0	0	0	0	0	0
	PL8	0	0	0	0	0	0	0
control 1	Estadios	Hepatopáncreas	Nado	Branquias	Tracto digestivo	Intestino	Necrosis	Lípidos
	Z3	1	0	0	2	1	0	0
	M1	0	0	0	1	1	0	2
	PL3	1	0	0	1	1	0	0
	PL8	0	0	0	0	0	0	1

Nota: Descripción de la salud animal en tanques de *P. vannamei* con *Ganoderma Lucidum* del tratamiento 1

Anexo 2.

Determinación y control, de grados de severidad T2

Tratamiento 2	Estadios	Hepatopáncreas	Nado	Branquias	Tracto digestivo	Intestino	Necrosis	Lípidos
	Z3	0	0	0	2	1	0	0
	M1	0	0	0	1	0	0	0
	PL3	1	0	0	0	1	0	1
	PL8	0	0	0	0	0	0	0
control 2	Estadios	Hepatopáncreas	Nado	Branquias	Tracto digestivo	Intestino	Necrosis	Lípidos
	Z3	0	0	0	1	1	0	0
	M1	0	0	0	2	1	0	0
	PL3	0	0	0	1	0	0	1
	PL8	1	0	0	0	0	0	0

Nota: Descripción de la salud animal en tanques de *P. vannamei* con *Ganoderma Lucidum* del tratamiento 2

Anexo 3.

Determinación y control, de grados de severidad T3

Tratamiento 3	Estadios	Hepatopáncreas	Nado	Branquias	Tracto digestivo	Intestino	Necrosis	Lípidos
	Z3	2	0	0	2	2	0	0
	M1	1	0	0	1	1	0	0
	PL3	1	0	0	0	1	0	0
	PL8	0	0	0	0	0	0	0
control 3	Estadios	Hepatopáncreas	Nado	Branquias	Tracto digestivo	Intestino	Necrosis	Lípidos
	Z3	2	0	0	2	1	0	0
	M1	2	0	0	1	2	0	0
	PL3	1	0	0	1	0	0	0
	PL8	0	0	0	0	1	0	0

Nota: Descripción de la salud animal en tanques de *P. vannamei* con *Ganoderma Lucidum* del tratamiento 3