



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

TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Impacto de *Ganoderma lucidum* en la salud y supervivencia de las post-larvas de camarón *Penaeus vannamei* durante el transporte y su influencia en la salud durante la siembra en los sistemas de precría.

AUTORA

Ac. Susana Victoria Peña Salas

TRABAJO DE TITULACIÓN

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

TUTORA

Ac. Sonnya Mendoza Lombana, Ph.D.

Santa Elena, Ecuador

Año 2025



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
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. Juan Valenzuela Cobos
ESPECIALISTA 1

PhD. Verónica Vera Vera
ESPECIALISTA 2

Ab. María Rivera González, Mgs.
**SECRETARIA GENERAL
UPSE**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
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 Susana Victoria Peña Salas, como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Acuicultura.

Atentamente,

PhD. Sonnya Mendoza Lombana
TUTORA



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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Susana Victoria Peña Salas

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, **Impacto de *Ganoderma lucidum* en la salud y supervivencia de las post-larvas de camarón *Penaeus vannamei* durante el transporte y su influencia en la salud durante la siembra en los sistemas de precría** 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 02 días del mes de diciembre de año 2025

Ac. Susana Victoria Peña Salas
AUTORA



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

AUTORIZACIÓN

Yo, Susana Victoria Peña Salas

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 02 días del mes de diciembre de año 2025

Ac. Susana Victoria Peña Salas
AUTORA



**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 **Impacto de *Ganoderma lucidum* en la salud y supervivencia de las post-larvas de camarón *Penaeus vannamei* durante el transporte y su influencia en la salud durante la siembra en los sistemas de precría**, presentado por el estudiante, Susana Victoria Peña Salas fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 10%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

 **INFORME DE ANÁLISIS**
magister

Susana Victoria Peña Salas

10%
Textos sospechosos

0% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas

0% Idiomas no reconocidos

10% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Susana Victoria Peña Salas.docx ID del documento: e4ab373322e9c228dfa1ea73de4f72abc05653f2 Tamaño del documento original: 294,77 kB	Depositante: SONNYA PATRICIA MENDOZA LOMBANA Fecha de depósito: 6/11/2025 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 6/11/2025	Número de palabras: 12.630 Número de caracteres: 84.180
---	---	--

Ubicación de las similitudes en el documento:

Atentamente,

PhD. Sonnya Mendoza Lombana
TUTORA

2 DEDICATORIA

A mi esposo y mis hijos por su amor incondicional, apoyo constante y motivación que me han permitido llegar hasta aquí.

A mis maestros y tutora por su guía, paciencia y conocimientos que han inspirado este trabajo.

A mi familia y amigos, por su ánimo y compañía en cada paso del camino.

3 AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi Padre Celestial, por ser la fuente permanente de fortaleza, sabiduría e inspiración a lo largo de mi vida, y por guiar cada etapa de este camino.

A mi esposo e hijos, gracias por su amor incondicional, paciencia y apoyo constante. Su comprensión, confianza y acompañamiento en los momentos de mayor exigencia fueron fundamentales para alcanzar este logro.

Extiendo un agradecimiento especial a la empresa Premex, por la confianza depositada en mí y por el respaldo brindado durante el desarrollo de este proceso académico. Su apoyo y apertura fueron clave para la ejecución y culminación de este trabajo, contribuyendo de manera significativa a mi crecimiento profesional.

De manera particular, agradezco a mi tutora, Sonnya Mendoza, por su orientación, compromiso y acompañamiento constante. Su experiencia, rigor académico y dedicación fueron esenciales para la correcta conducción y finalización de esta investigación.

A todos ustedes, mi más sincero y profundo agradecimiento.

RESUMEN

En la etapa de postlarvas de *P. vannamei* constituye un punto crítico dentro del ciclo productivo, ya que en esta fase los organismos enfrentan múltiples factores de estrés derivados tanto de las condiciones ambientales, transporte y manejo en precrías. Por ende, en el presente estudio se evaluó la eficiencia de *G. lucidum* sobre la supervivencia y salud en transporte y precría. Para ello, se seleccionó un mismo laboratorio de origen mediante tres corridas consecutivas, considerando la salinidad y parámetros del sitio de destino. Luego se organizaron los camiones y tinas de despacho según las densidades de siembra, manteniéndose en todas las réplicas una densidad uniforme de 70–80 postlarvas/m² y un tamaño de 250 postlarvas por gramo; cada tina recibió 500.000 postlarvas en una tonelada de capacidad. Durante 23 días de precría se aplicó *G. lucidum* a 5 g/kg de alimento balanceado. No se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en la supervivencia con la adición de *G. lucidum* en la dieta durante la fase de precría en cada uno de los bioensayos realizados. No obstante, en el crecimiento, la uniformidad de talla y peso fue superior en las precrías que incluían *G. lucidum*, siendo 90 % de uniformidad en talla y 74 % en peso. Asimismo, las precrías que incluyeron *G. lucidum* en la dieta presentaron una mejor condición del hepatopáncreas, evidenciando una menor incidencia de túbulos atrofiados, lo cual representa una ventaja para el siguiente ciclo productivo.

Palabras claves: estrés, factor de conversión, *Ganoderma lucidum*, hepatopancreas, uniformidad de tallas

ABSTRACT

During the postlarval stage of *P. vannamei*, this phase constitutes a critical point within the production cycle, since in this stage the organisms face multiple stress factors derived both from environmental conditions and from handling and transport. Therefore, in the present study, the efficiency of *G. lucidum* on survival during transport and, in the nursery phase, on growth, health, and size uniformity was evaluated. The stocking density varied between 70 and 80 animals per m², and 5 g per kilogram of feed was applied for 23 days of cultivation. Statistical analysis to evaluate the differences among experimental groups was performed using the R Studio platform. The results showed that, regarding the growth of *L. vannamei*, there was greater uniformity in weight and size compared to treatments without *G. lucidum*, slightly improving final weight gain and feed conversion ratio. Regarding survival, no significant differences were found ($P > 0.05$); however, this indicates that *G. lucidum* did not have a negative effect on this parameter.

Keywords: Conversion factor, *Ganoderma lucidum* hepatopancreas, size uniformity, stress

ÍNDICE

TRIBUNAL DE GRADO	ii
CERTIFICACIÓN:.....	iii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iv
AUTORIZACIÓN	v
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO	vi
2 DEDICATORIA.....	vii
3 Agradecimiento	1
4 Introducción	8
5. Problemática.....	12
5 JustificaciÓn.....	15
6 OBJETIVOS.....	17
7 Marco teÓrico	18
7.1 Generalidades y relevancia económica del cultivo de <i>Penaeus vannamei</i>	18
7.2 Fases del ciclo productivo: larvicultura, transporte y precría.....	20
7.2.1 Larvicultura	20
7.2.2 Transporte de larvas de <i>P. vannamei</i>	21
7.2.3 Precría.....	21
7.3 Patologías asociadas a larvicultura de <i>P. vannamei</i>	22
7.4 Sistema inmunológico innato en crustáceos decápodos	23
7.4.1 Osmorregulación en postlarvas de <i>Penaeus vannamei</i>	24
7.4.2 Enzimas inmunitarias clave: fenoloxidasa, lisozima, superóxido dismutasa, peroxidasa.....	24
7.5 Características biológicas de <i>G. lucidum</i>	25
7.5.1 Taxonomía y morfología	25
7.5.2 Cultivo de <i>G. lucidum</i>	26

7.6	Metabolitos bioactivos de <i>G. lucidum</i>	26
7.6.1	Polisacáridos (β -glucanos).....	27
7.6.2	Triterpenoides (ácidos ganodéricos).....	27
7.6.3	Fenoles, péptidos y proteínas bioactivas de <i>Gonaderma lucidum</i>	28
7.7	Propiedades inmunológicas y antioxidantes de <i>G. lucidum</i>	28
7.7.1	Mecanismo de estimulación inmunitaria.....	28
7.7.2	Enzimas inmunitarias (PO, LZ, SOD, CAT).....	29
7.7.3	Propiedades antioxidantes y reducción del estrés oxidativo	30
7.7.4	Efecto sobre microbiota intestinal	30
7.8	Aplicación de <i>G. lucidum</i> en acuicultura.....	31
7.8.1	Incorporación en dietas o baños: métodos y dosificaciones reportadas	31
7.8.2	Efectos en crecimiento, supervivencia y respuesta inmune en crustáceos	31
7.9	Comparación con otros hongos (<i>Saccharomyces sp.</i>)	31
7.10	Posibles sinergias con probióticos o prebióticos	32
8	Metodología	33
8.1	Área de estudio	33
8.2	Diseño experimental	33
8.2.1	Producto experimental.....	33
8.2.2	Primera fase experimental (transporte).....	34
8.2.3	Segunda fase experimental (precrias).....	35
8.3	Parámetros de evaluación	35
8.3.1	Primera fase (transporte)	35
8.3.2	Segunda fase (precria)	36
8.3.3	Parámetros físico-químicos en precria	36
8.3.4	Salud (patología en fresco).....	36
8.4	Parámetros productivos	37
8.4.1	Ganancia de Peso.....	37

8.4.2	Ganancia de Talla	37
8.4.3	Factor de conversión de alimento.....	38
8.4.4	Supervivencia	38
8.5	Análisis estadístico	38
9	RESULTADOS.....	39
9.1	Análisis comparativos del estado patológico de postlarvas de <i>Penaeus vannamei</i> durante el transporte y la fase de precría	39
9.1.1	Transporte.....	39
9.2	Resultados de parámetros fisicoquímicos	53
9.2.1	Réplica 1	53
9.2.2	Réplica 2.....	56
9.2.3	Réplica 3.....	58
9.2.4	Comparación entre replicas experimentales- parámetros de agua.....	61
9.2.5	Parámetros fisicoquímicos del agua	65
9.3	Comparación de supervivencia y parámetros productivos	69
9.3.1	Análisis estadístico de los parámetros productivos	69
9.3.2	Alimento acumulado	70
9.3.3	Factor de conversión alimenticia.....	71
9.3.4	Peso de transferencia	72
9.3.5	Días de Precría.....	73
9.3.6	Peso ganado	74
9.3.7	Uniformidad de tallas	75
9.3.8	Uniformidad de peso	76
9.3.9	Supervivencia	77
9.4	Correlaciones entre parámetros durante el transporte	79
8.5	Correlaciones entre precría, parametros de salud y parámetros físicos-químicos....	80
10	DISCUSIÓN.....	83

11	CONCLUSIONES.....	86
12	RECOMENDACIONES	88
13	Bibliografía.....	89

4 INTRODUCCIÓN

La camaronicultura, centrada en la producción de *Penaeus vannamei*, constituye una actividad de gran relevancia económica a escala global y nacional, caracterizándose por un crecimiento sostenido en las últimas décadas que ha sido impulsado por la elevada demanda internacional (Silva et al., 2021). A nivel mundial, la acuicultura aportó en 2022 el 51 % de la producción de animales acuáticos, de manera exacta, 94 millones de toneladas frente a 91 millones correspondientes a la pesca de captura, alcanzando 185 millones de toneladas (FAO, 2024). Ecuador se ha consolidado como líder a nivel mundial en la producción y exportación de camarón, superando incluso al petróleo como principal producto de exportación a nivel local; esto se debe a la tecnificación, el manejo sostenible y el cumplimiento de estándares de calidad que ha llevado la industria, lo que lo ha posicionado como un referente en la exportación de camarón (Guerra, 2025).

En este contexto, las especies del género *Penaeus* son las que generalmente son cultivadas por los productores, dada sus características de conversión y adaptabilidad. *P. vannamei* en particular ha desplazado a otras especies como *P. monodon*, llegando a una cifra actual de alrededor del 70 % de la producción mundial de camarón cultivado, dado su carácter eurihalino y su tolerancia a altas densidades de cultivo (Barrios et al., 2023).

La fase larvaria, el transporte y la precría son etapas críticas del ciclo productivo que condicionan la calidad y supervivencia de los lotes de postlarvas. Los laboratorios de larvicultura, cubren la demanda de Post larvas (PL), de manera que buscan asegurar la calidad de la larva para su competencia en el mercado, en esta línea, estos afrontan infecciones bacterianas a través de protocolos previamente establecidos, usando productos comerciales (Lecaro Mendoza et al., 2025). A pesar de la aplicación de estos productos, las condiciones de estrés por las que atraviesa la PL durante la transferencia a sistemas abiertos en piscinas camaroneras, interfieren en su desarrollo y por ende en la supervivencia de la misma, en este sentido, la regulación de los parámetros fisicoquímicos determina la viabilidad del cultivo, puesto que estos llegan a ser agentes silenciosos de mortalidad (Barrios et al., 2023; Aguirre & López, 2020).

Concentraciones altas de compuestos nitrogenados, niveles de oxígeno disuelto (OD) por encima o por debajo de lo óptimo y la variación de la temperatura, merman la capacidad metabólica del organismo de tal forma que reducen la capacidad energética durante procesos de muda y crecimiento (Gavilanes & Katherine, 2023; Aguirre & López, 2020).

Este tipo de estrés fisiológico no solo compromete la homeostasis del organismo, sino que también reduce significativamente la respuesta inmunológica, disminuyendo el recuento total de hemocitos, la fagocitosis y la actividad de enzimas inmunes, lo que incrementa la susceptibilidad a infecciones bacterianas, virales y otros desafíos ambientales en *Penaeus vannamei* (Ye et al., 2023; Zhang et al., 2023; Liu et al., 2019; Wang et al., 2025).

Las condiciones ambientales juegan un rol importante, estas desencadenan una respuesta inmune en la PL generando condiciones de estrés, de manera que el cultivo se ve susceptible a contaminación por patógenos. Entre los agentes patológicos que con mayor frecuencia se han registrado en *P. vannamei*, se encuentran bacterias, virus, hongos y protozoos, siendo el género *Vibrio* de las bacterias que se presentan con mayor frecuencia, también infecciones fúngicas por microsporidios y patógenos virales como IHHNV, WSSV y síndrome de Taura, mismas que representan amenazas económicas en sistemas de producción, generando pérdidas en gran parte del cultivo en un corto lapso de tiempo (Jordy & Melena, 2021; Jia et al., 2023).

El uso de antibióticos permitió en su momento contrarrestar la contaminación patológica en los cultivos, dado que este se aplicó sin un control establecido, las bacterias comenzaron a presentar resistencia ante el fármaco, pese a esto se busca de manera constante una alternativa sostenible frente a virus, hongos y bacterias (Barrios et al., 2023).

En este contexto, surge la necesidad de implementar estrategias de estimulación inmunológica en PL de *P. vannamei*, evadiendo efectos secundarios generados por la administración de fármacos. El sistema inmune de los crustáceos se basa en inmunidad innata, esta cuenta con hemocitos, efectores humorales, mismos que pueden ser péptidos antimicrobianos, lisozima, profenoloxidasa o la cascada de coagulación, desempeñan roles centrales en la detección y eliminación de patógenos (Ríos et al., 2022; Gracia Alicia Gómez Anduro et al., 2022).

La activación del sistema profenoloxidasa (proPO) y la conversión a fenoloxidasa (PO) facilitan la generación de compuestos oxidativos, melanización, procesos de encapsulación y neutralización microbiana. De manera paralela, enzimas antioxidantes como la superóxido dismutasa y la catalasa contrarrestan el estrés oxidativo asociado a la respuesta inmune (Ibarra, 2025).

La alternativa propuesta, *G. lucidum* ha sido identificado como fuente de compuestos bioactivos; componentes como β -glucanos, triterpenoides, fenoles y péptidos son

reconocidos como potenciales inmunomoduladores frente a patógenos. La composición de estos metabolitos depende del sustrato y condiciones de cultivo, lo que se refleja en su actividad biológica (Cadar et al., 2023; Luo et al., 2024).

En vertebrados y diversos invertebrados marinos, se ha documentado que polisacáridos y exopolisacáridos de *G. lucidum* activan macrófagos y células efectoras, incrementando la producción de óxido nítrico y estimulando vías de señalización como MAPK/NF- κ B, de esta manera, influye en la expresión de genes relacionados con la respuesta inmune y antioxidante (Hu et al., 2022; Bürgel et al., 2025; G. L. Li et al., 2023). La suplementación con polisacáridos de *G. lucidum* se ha asociado con incrementos en la actividad de PO, lisozima, SOD y CAT en especies acuáticas, lo que sugiere un fortalecimiento de la inmunidad inespecífica y de la resistencia frente a infecciones (Moniruzzaman et al., 2025; Zhang et al., 2022).

En organismos terrestres y humanos, *G. lucidum* ha sido ampliamente utilizado por sus propiedades inmunomoduladoras, hepatoprotectoras y antioxidantes. Estudios clínicos han reportado que sus polisacáridos estimulan la proliferación de linfocitos, la actividad de macrófagos y la producción de citoquinas antiinflamatorias, mejorando la respuesta inmune frente a infecciones virales y bacterianas (Ren et al., 2025; Wu et al., 2024). De igual forma, en animales terrestres como aves y mamíferos, se ha demostrado su efecto positivo en el sistema digestivo y la reducción del estrés oxidativo.

A pesar de la evidencia descrita en trabajos previos, existen vacíos relacionados a la evaluación integrada de *G. lucidum* en condiciones de transporte y la precría de postlarvas de *P. vannamei* (Espinoza et al., 2025). Ante esta problemática, se plantea la necesidad de una evaluación a detalle de la eficacia de *G. lucidum* relacionada a la supervivencia de postlarvas durante eventos de estrés como el transporte y la aclimatación, aplicando prácticas sostenibles enfocadas a la reducción de pérdidas económicas en el sector camaronero.

Dado esto, el presente trabajo tiene como objetivo, evaluar la eficiencia de *G. lucidum* en relación con la salud y supervivencia de las postlarvas de *P. vannamei*, mediante el control de parámetros inmunológicos, antioxidantes y de supervivencia en condiciones controladas durante el transporte y precría.

4. HIPOTESIS

En este sentido, se plantean las siguientes hipótesis estadísticas:

Hipótesis nula (H₀): El uso de *Ganoderma lucidum* durante el transporte y la fase de precría, no presenta diferencias significativas en la salud, supervivencia, crecimiento ni uniformidad de las postlarvas de *Penaeus vannamei* con relación al tratamiento control.

Hipótesis alternativa (H₁): El uso de *Ganoderma lucidum* durante el transporte y la fase de precría presenta diferencias significativas en la salud, supervivencia, crecimiento y uniformidad de las postlarvas de *Penaeus vannamei* con relación al tratamiento control.

5. PROBLEMÁTICA

P. vannamei conocido como camarón blanco del Pacífico, es la especie más significativa en la acuicultura mundial por su elevada productividad, rápida conversión alimenticia y adaptabilidad a sistemas intensivos y superintensivos (Monsalve & Quiroga, 2022). La producción mundial de especies acuícolas superó por primera vez a la captura en el 2022, consolidando la acuicultura como fuente primaria de proteína animal; dentro de ese crecimiento, *P. vannamei* representa una fracción sustantiva de la producción de crustáceos a escala global (FAO, 2024).

A nivel mundial, países como China, Ecuador y México lideran la producción acuícola, en este sentido, Ecuador muestra un crecimiento sostenido de la industria camaronera en la última década teniendo alcances a gran escala y posicionándose como uno de los principales exportadores a nivel mundial, lo que para la acuicultura posiciona a *P. vannamei* en un sector estratégico para la economía del país (OECD & Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023).

La intensificación del cultivo trae problemas que limita la productividad y la sostenibilidad como las enfermedades infecciosas de los virus y bacterias que causan pérdidas severas (Chowdhury et al., 2024). Entre las de mayor impacto se encuentran el White Spot Syndrome Virus (WSSV) y la Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND) asociadas a *Vibrio parahaemolyticus* productor de toxinas que a su vez son codificadas por plásmidos, ocasionando tasas elevadas de mortalidad en juveniles y adultos (De Souza Valente & Wan, 2021).

De manera adicional, en revisiones recientes asociadas a mortalidad en los procesos productivos evidenciaron que la mayor parte de las pérdidas ocurren antes de la cosecha o durante las etapas iniciales del cultivo, lo que resalta la importancia de establecer protocolos de transporte y aclimatación, de manera que se fortalezca el sistema inmune de las PL (Alday-Sanz et al., 2020).

P. vannamei tiene la capacidad de subsistir a cambios en la salinidad, siempre y cuando, esta se encuentre entre 0.5 y 45 ppt, dada la característica de osmorregulación branquial. En este proceso se ve involucrada la bomba Na^+/K^+ -ATPasa, además de la regulación de aminoácidos en la hemolinfa para mantener el equilibrio de sales en el organismo. Cambios abruptos en los niveles de salinidad desencadenan estrés osmótico, consumo energético en exceso y modificación en la expresión de genes ligados a la homeostasis.

El metabolismo de *P. vannamei* depende principalmente del consumo de carbohidratos y lípidos. Los ácidos grasos insaturados también desempeñan un rol importante a nivel celular, estos se ven involucrados a nivel de membranas y la resistencia al estrés. La deficiencia de estos, genera alteraciones en la muda y mayor riesgo de enfermedades (Stevens, 2018).

El sistema inmune de *P. vannamei*, como el de todos los invertebrados, carece de memoria adaptativa, teniendo únicamente mecanismos de defensa innata y humoral. Los hemocitos, ya sean granulares, semigranulares o hialinos, participan en la fagocitosis, encapsulación y coagulación (Barrios et al., 2023). El control entre oxidantes y antioxidantes desempeña un rol importante, dado que un exceso de especies reactivas de oxígeno (ROS) puede lesionar membranas o proteínas, generando un daño en la capacidad de respuesta inmunitaria del organismo (Maihuire & Rodríguez, 2022).

La etapa de postlarvas (PL) en *P. vannamei* constituye un punto crítico dentro del ciclo productivo, ya que en esta fase los organismos enfrentan múltiples factores de estrés derivados tanto de las condiciones ambientales como del manejo y transporte. Estos factores inciden directamente sobre la fisiología, el sistema inmune y, por ende, sobre la supervivencia de las postlarvas en sistemas de precría e inicio de engorde. Debido a esto, es pertinente que los controles durante la etapa de transporte y precia, se manejen de manera efectiva, estableciendo protocolos con la finalidad de asegurar la calidad de la larva y la supervivencia durante la transferencia hasta engorde.

En este sentido, durante los últimos años la aplicación de ácidos orgánicos, como la vitamina C (ácido ascórbico), desempeña un papel protector al reducir radicales libres y aumentar la actividad de la fenoloxidasa, mejorando la resistencia al estrés y a infecciones bacterianas (Stevens, 2018). Asimismo, dietas con suplementos inmunoestimulantes naturales, como β -glucanos, compuestos fenólicos y polisacáridos fúngicos han mostrado elevar la supervivencia y modular la expresión de genes inmunes (Mohan et al., 2022; Onomu & Okuthe, 2024), pese a esto se buscan otras formas de estimular la respuesta inmune del camarón, fortaleciendo la calidad de este y por tanto la rentabilidad del cultivo.

En este contexto, diversos estudios evaluaron el efecto de *G. lucidum* como suplemento en la dieta de *P. vannamei*, dado su contenido de polisacáridos, β -glucanos y triterpenos. Chithra et al. (2016) incorporaron extractos de polisacáridos de *G. lucidum* en la dieta de *Ctenopharyngodon idella* (carpa herbívora), corroborando mejoras a nivel de crecimiento y por tanto en el desarrollo del animal. En el mismo sentido, Wan-Mohtar et al., (2021) usaron

exopolisacáridos derivados del micelo de *G. lucidum* en dietas de tilapia híbrida roja (*Oreochromis sp.*) durante 42 días, empleando concentraciones de 1, 2 y 3 g/kg de alimento. El tratamiento con 3 g/kg obtuvo el mayor incremento de peso ($18,75 \pm 0,03$ g/pez) en comparación con el grupo control (12,4 g/pez), junto con un aumento significativo en el índice hepatosomático (2,22 %) y en los niveles de hemoglobina, hematocrito y glóbulos rojos. También se evidenció una mayor actividad enzimática antioxidante (catalasa y glutatión S-transferasa) en los peces suplementados con *G. lucidum*. En el trabajo realizado por Gavilanes & Katherine (2023), reportaron que la combinación de *G. lucidum* y *Lonicera japonica* en la dieta de *Oreochromis niloticus* incrementó la respuesta inmune inespecífica y la resistencia frente a *Aeromonas hydrophila*.

Por otra parte, en trabajos relacionados a crustáceos, Stevens, (2018) desarrolló dietas funcionales para *P. vannamei* suplementadas con aditivos inmunoestimulantes (probióticos, β -glucanos, extractos vegetales y algas), logrando mejorar la supervivencia frente al virus del síndrome de la mancha blanca y *Vibrio parahaemolyticus*, sentando bases experimentales aplicables al uso de hongos funcionales como *G. lucidum* en sistemas de cultivo de camarón.

Mohan et al., (2022) evaluaron polisacáridos de *G. lucidum* (GLCP) en el crecimiento y composición bioquímica del langostino de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*. Se reportó un aumento significativo en la tasa de crecimiento, supervivencia y contenido proteico respecto al control.

5 JUSTIFICACIÓN

La producción de Camarón representa un eje económico importante en países exportadores de este producto a nivel global. Ante el considerable crecimiento de este sector, dado el incremento proporcional de la demanda internacional, muchos de los procesos fueron tecnificados a tal punto que los niveles de producción se consolidaron hacia sistemas intensivos, lo que llevó a la acuicultura a cifras por encima de la pesca de captura, representando hasta este punto ganancias considerables para el campo camaronero; en la misma línea, al llevar el cultivo a niveles altos de producción, este es propenso a enfrentar brotes de patologías (Silva et al., 2021;FAO, 2024).

Si bien es cierto, el organismo cultivado en el 70% de los cultivos a nivel mundial, *P. vannamei*, cuenta con una alta tasa de crecimiento y adaptabilidad frente a condiciones adversas, características que difieren de otras especies (Barrios et al., 2023). A pesar de estas ventajas frente a otros organismos, *P. vannamei*, también afronta riesgos patológicos que en muchos de los casos se expanden con facilidad debido a las condiciones del cultivo, lo que desencadena una respuesta inmune al estrés, ralentizando sobre todo su crecimiento y, considerando el cuadro patológico, derivando en una pérdida de hasta el 90% del total del cultivo.

Por este motivo, se trata de llevar un control de parámetros fisicoquímicos; es el caso de la larvicultura, donde generalmente se trabaja con agua de mar; en estos laboratorios se implementan protocolos de alimentación y controles fisiológicos para garantizar la calidad de la larva hasta su proceso de engorde (Barrios et al., 2023). Otro punto importante, son las condiciones durante el transporte hasta la finca donde será sembrada la larva en la precria, en este punto son importantes, la alimentación del Camarón, un OD óptimo, niveles de pH, amonio y nitritos, asegurando que la larva no enfrente alteraciones que la lleven a signos de inmunosupresión y una eventual aparición de enfermedades (Aguirre & López, 2020; Espinoza et al., 2025).

En este contexto, existen diversos agentes causantes de patologías en cultivos de Camarón *P. vannamei*, entre estos, hongos, virus y bacterias. En este orden, los microsporidios son los que se encuentran con mayor frecuencia, específicamente los del género *Ameson*. A nivel viral, existen agentes como el virus de la IHNV, WSSV y el síndrome de Taura. Entre las bacterias, las de mayor incidencia son las del género *Vibrio*, llegando a presentar síntomas

como un desarrollo lento del Camarón, letargia, ente otras (Barrios et al., 2023; Jordy & Melena, 2021).

Para frenar el crecimiento de estos eventos en las piscinas, se implementaron una serie de productos que complementen la alimentación del Camarón buscando la estimulación del sistema inmune, manteniendo un equilibrio sobre procesos metabólicos del Camarón como la osmorregulación, donde los iones representan una condición de quiebre a nivel fisiológico. Rodríguez (2025), reconoció el Ca y el Mg, como iones con un rol importante en la respuesta inmune frente a antígenos, asegurando que a niveles por encima de 100mg/L y 50mg/L la supervivencia del Camarón puede llegar hasta un 80%.

Dado que la especie *P. vannamei* representa una porción central de la producción mundial de crustáceos cultivados, respaldando economías locales y globales («Annual Farmed Shrimp Production Survey», 2023; Gamberoni et al., 2025), y que las etapas de larvicultura, transporte y precría constituyen momentos críticos con elevadas tasas de mortalidad, mayor sensibilidad a patógenos y condiciones de estrés ambiental (Aguirre & López, 2020); además de que las enfermedades bacterianas y virales junto con desafíos de manejo, como la acumulación de nitrógeno, la hipoxia y la densidad elevada, limitan notablemente la eficiencia productiva, se impulsó la búsqueda de estrategias alternativas como probióticos, inmunoestimulantes y mejoras de manejo (Emerenciano et al., 2022).

En este sentido, se plantea la investigación, intervención y aplicabilidad de estimulantes naturales derivados de *G. lucidum*, con lo que se busca reducir la mortalidad y mejorar la calidad de las PL durante el transporte y la precría, dado que el hongo de interés es una fuente natural de elementos como el Ca, Mg, importantes en la formación de tejido conectivo, cicatrización, además de cumplir con la función de cofactor en enzimas relacionadas a la defensa antioxidante (Plosca et al., 2025a), por lo que los polisacáridos de *G. lucidum* podrían ejercer un efecto modulador en la microbiota intestinal del camarón, favoreciendo la presencia de bacterias beneficiosas y reduciendo la proliferación de patógenos.

6 OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar la eficiencia de *G. lucidum* en la salud y supervivencia de las postlarvas durante el transporte y cultivo en precría.

Objetivo Específicos

- Determinar un protocolo de aplicación que mejore la salud en el transporte y recepción de precrias.
- Analizar el comportamiento de los parámetros físicos químicos en el transporte y desarrollo en precría en los distintos tratamientos empleados.
- Comparar la supervivencia y parámetros productivos entre los distintos tratamientos mediante el uso de *G. lucidum* durante la fase de precría.

7 MARCO TEÓRICO

7.1 Generalidades y relevancia económica del cultivo de *Penaeus vannamei*

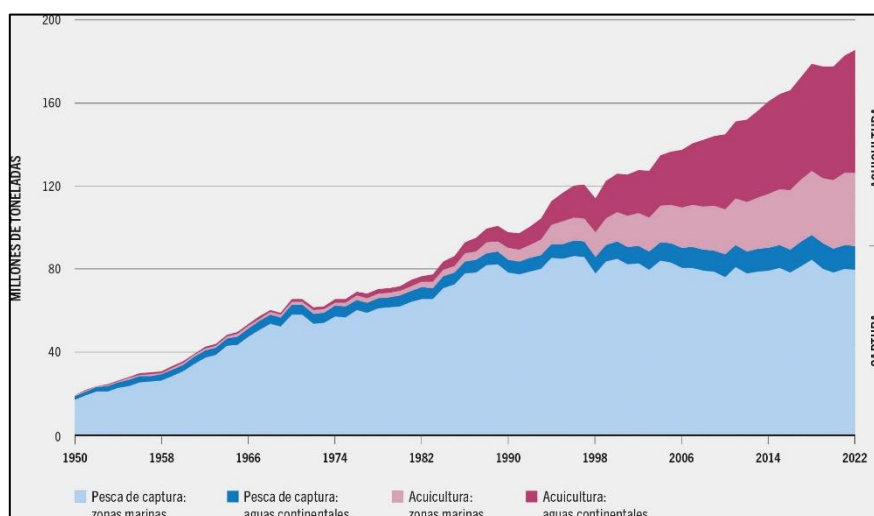
El cultivo de Camarón se ha consolidado como una de las actividades más relevantes dentro de la producción acuícola, debido a su alto impacto económico y social. En las últimas dos décadas, la camaronicultura muestra un crecimiento sostenido a nivel mundial, impulsado de manera directa por la creciente demanda internacional y los significativos ingresos que genera para los países productores. Este desarrollo está acompañado por un proceso de tecnificación en cada uno de sus procesos, lo que permite alcanzar sistemas de cultivo cada vez más intensivos; sin embargo, esta intensificación también favorece la aparición de brotes de enfermedades patológicas desencadenando pérdidas económicas (Silva et al., 2021).

De manera global, la producción acuícola alcanzó en 2022 un volumen histórico de 185 millones de toneladas, cifra que representa un incremento del 4 % en contraste al 2020. En este sentido, tan solo las actividades acuícolas representaron 94 millones de toneladas, es decir, cerca del 51 % de la producción total, superando a la pesca de captura, que registró 91 millones de toneladas (FAO, 2024). (Figura 1).

Entre las especies cultivadas, los camarones del género *Penaeus* destacan por su elevada tasa de crecimiento, su capacidad de adaptación a condiciones ambientales adversas y su valor comercial en el mercado. En los inicios de la industria, *Penaeus monodon* fue la especie predominante; sin embargo, la dificultad para obtener reproductores, su menor domesticación, la alta incidencia de enfermedades virales y la competencia de otras especies llevaron a un cambio hacia el camarón blanco del Pacífico (*Penaeus vannamei*), mismo de naturaleza eurihalina, este se caracteriza por su grado de tolerancia a variaciones de salinidad y altas densidades de cultivo, representando actualmente cerca del 70 % de la producción mundial de camarón cultivado (Barrios et al., 2023).

Figura 1

Toneladas producidas mediante pesca de captura y la acuicultura de manera marítima y continental.



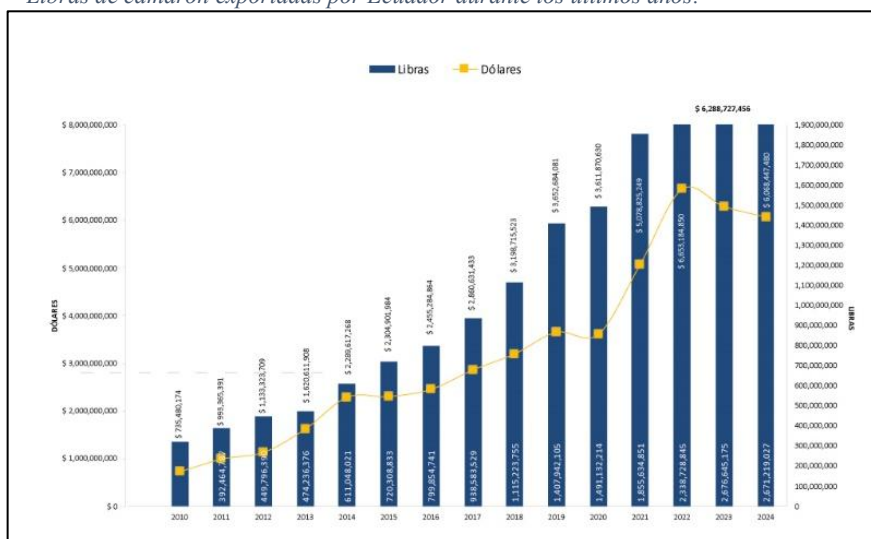
Nota. La figura muestra las libras producidas a nivel mundial por medio de pesca de captura y acuicultura continental y marítima. Fuente: FAO (2024).

Penaeus vannamei es un crustáceo decápodo de cuerpo alargado, originario de la franja costera del océano Pacífico oriental, partiendo desde México hasta el noroccidente de Perú. De manera morfológica el cuerpo está conformado por 19 pares de segmentos: cinco en el cefalón, ocho en el tórax y seis en el abdomen, donde se ubican las patas natatorias. Su desarrollo óptimo se produce a temperaturas promedio de 20 °C y en salinidades que oscilan entre 2 y 40 unidades prácticas de salinidad (ups), con un ideal alrededor de 35 ups (Rivera et al., 2022).

Pulgarín Sánchez & Mora Coello (2022), señalaron que uno de los desafíos que enfrentó el sector camaronero, estuvo relacionado a la pandemia por COVID, a pesar de esto, mantuvo un equilibrio económico, especialmente en países como Ecuador, donde el camarón blanco se consolidó como un producto de alta calidad y competitividad en los mercados internacionales. El campo camaronero representa aproximadamente el 40 % de las exportaciones nacionales y genera más de 200 000 empleos de manera directa e indirecta, constituyéndose como un pilar fundamental para la economía en el país. Complementario a esto, la Cámara Nacional de Acuicultura (2025), mencionó que, en el 2022, el sector tuvo un importante crecimiento económico post pandemia. (Figura 2).

Figura 2

Libras de camarón exportadas por Ecuador durante los últimos años.



Nota. Libras de camarón exportadas por Ecuador hasta el 2022, donde se evidencia el alza considerable que ha tenido la producción de este producto a nivel nacional. Fuente: Cámara Nacional de Acuicultura (2025).

7.2 Fases del ciclo productivo: larvicultura, transporte y precría

7.2.1 Larvicultura

En el trabajo realizado por (Lecaro Mendoza et al., 2025), mencionaron como la demanda de postlarvas de camarón es cubierta en su totalidad por laboratorios, mismos que buscan mantener controles fisiológicos y sanitarios para asegurar el adecuado desarrollo y supervivencia de los organismos durante la fase de engorde.

El cultivo larvario comprende 3 etapas de desarrollo, iniciando con el nauplio, caracterizado por no necesitar de alimentación exógena, dado que los nutrientes provienen de la reserva vitelina. Posteriormente, en la fase de zoea, cuenta con tres subestadios (I, II Y III), el animal se alimenta de manera continua, es notorio el hilo fecal y presenta una respuesta positiva a la luz. Finalmente, en la etapa mysis, también dividida en tres subestadios (I, II Y III), el organismo adopta una morfología similar a un juvenil, presentando pereiópodos funcionales con los que se desplaza hacia atrás con asistencia de los maxilípedos (Lecaro Mendoza et al., 2025).

Las condiciones ambientales juegan un rol importante durante la larvicultura, puesto que en circunstancias adversas pueden causar estrés y alterar el crecimiento proyectado del

organismo. En el mismo contexto, la calidad del agua durante el cultivo larvario constituye un factor determinante para la supervivencia de los organismos, por lo que es indispensable controlar los parámetros físicos y químicos, entre estos, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto (OD), pH, amonio y nitritos. El agua con la que se trabajan los tanques de cultivo en los laboratorios, generalmente se toma de forma directa del mar y se somete a distintos tratamientos según el sitio de captación (Barrios et al., 2023).

La especie *Penaeus vannamei* presenta un cuerpo alargado y lateralmente comprimido, recubierto por el exoesqueleto predominante en quitina, mismo que se desprende mediante mudas periódicas, permitiendo así su crecimiento. El rostro, posee dientes dorsales y ventrales, lo que constituye un rasgo distintivo para su clasificación taxonómica. Asimismo, cuenta con diez pares de apéndices torácicos, de los cuales los tres primeros los usa para la manipulación y captura de alimento, mientras que los otros cinco apéndices participan en la locomoción. La coloración corporal de esta especie varía entre tonos traslúcidos, con patrones manchados o bandas azuladas y negruzcas (Valdez, 2025).

7.2.2 Transporte de larvas de *P. vannamei*

A partir del estadio PL10-12, las postlarvas son transportadas desde los laboratorios hacia las camaroneras, generalmente en tanques con oxígeno. Sin embargo, una deficiente calidad del agua, como temperatura, salinidad y OD, pueden afectar de manera significativa la supervivencia; índices altos en la concentración de amoníaco, derivado de la excreción del camarón, la descomposición de restos orgánicos o alimento no consumido, también influyen sobre la calidad del agua (Aguirre & López, 2020).

Otros factores como el pH, la manipulación, la aclimatación y las variaciones en la densidad durante el transporte también pueden inducir estrés. Además, el transporte en densidades elevadas incrementa la probabilidad de canibalismo entre postlarvas, siendo recomendable la inclusión de alimento vivo. Complementario a esto, se promueven protocolos de bioseguridad; limpieza, desinfección y control de parámetros, lo que se demostró como estrategias eficaces para reducir el estrés y mejorar la supervivencia del animal (Aguirre & López, 2020).

7.2.3 Precría

Durante la precría del camarón, se manejan sistemas intensivos de cultivo, lo que favorece de manera negativa a la aparición de patologías, es el caso de altas concentraciones de

amonio, mismas que, por encima de 1 mg/L pueden resultar tóxicas, provocando daño en órganos internos, disminución en la resistencia a enfermedades y alteraciones en el metabolismo. Asimismo, temperaturas superiores a los 32 °C o niveles bajos de oxígeno (<3 mg/L) reducen la tasa metabólica y aumentan el consumo energético, afectando la supervivencia durante el transporte o aclimatación (Gavilanes & Katherine, 2023). A pesar de los avances en el manejo de la proliferación de estas bacterias, aún existen vacíos respecto a la determinación de dosis óptimas de agentes antimicrobianos que permitan mantener la salud de los organismos sin afectar su desempeño productivo durante esta fase del cultivo (Espinoza et al., 2025).

7.3 Patologías asociadas a larvicultura de *P. vannamei*

En relación a lo descrito anteriormente, las variaciones en los parámetros fisicoquímicos, influyen directamente en la estabilidad de los sistemas de cultivo y favorecen la aparición de agentes patógenos. Dichas fluctuaciones reducen el bienestar fisiológico de los organismos, comprometen sus procesos metabólicos y los vuelven vulnerables a infecciones. En el trabajo realizado por Jordy & Melena (2021) mencionaron el rol de las proteínas asociadas al estrés y su desempeño en la modulación de la respuesta inmune, participando activamente en la defensa del organismo frente a patógenos, ya sea de tipo viral o bacteriano.

Los agentes infecciosos que afectan a los Camarones comprenden hongos, virus, protozoos y bacterias tanto Gram positivas como Gram negativas, siendo el género *Vibrio* el más frecuente en los cultivos de Camarón. Tradicionalmente, el uso de antibióticos como medida de prevención resultó eficaz para controlar infecciones bacterianas; sin embargo, su excesiva aplicación promovió la resistencia de cepas bacterianas (Barrios et al., 2023).

Entre las enfermedades bacterianas de mayor impacto se encuentra la “enfermedad de postlarvas translúcidas” (TPD), que afecta principalmente a postlarvas de *Penaeus vannamei* entre los 6 y 12 días del cultivo. Los organismos infectados presentan un tracto digestivo vacío y un hepatopáncreas incoloro, alcanzando tasas de mortalidad de hasta el 90% en menos de 3 días (Jia et al., 2023).

En particular, los miembros de la familia Vibrionaceae, principalmente del género *Vibrio*, son reconocidos agentes etiológicos de patologías en cultivos de Camarón y aunque forman parte de la microbiota natural de los crustáceos, en ocasiones, bajo condiciones de estrés

ambiental, pueden presentarse una proliferación de este agente, ocasionando reducciones significativas en la supervivencia. Las bacterias del género *Pseudomonas* también se asocian con altas mortalidades, especialmente en cultivos mantenidos en condiciones de baja salinidad, aunque su efecto puede mitigarse mediante la aplicación de probióticos (Jordy & Melena, 2021).

En el mismo trabajo, Jordy & Melena (2021) describieron otros tipos de infecciones en Camarón, partiendo desde un origen fúngico, los microsporidios son los que con mayor frecuencia se encuentran en infecciones presentes en cultivos de Camarón. En *Penaeus vannamei*, las especies del género *Ameson* son las de mayor incidencia, generando opacidad del músculo abdominal, menor talla, letargia y un tono azulado en la cutícula debido a la presencia de los melanóforos. Por otra parte, se mencionan las infecciones virales representando uno de los principales retos sanitarios de la camaronicultura. El virus de la Necrosis Hipodérmica y Hematopoyética Infecciosa (IHHNV) fue uno de los primeros reportados y es responsable del síndrome de deformidad o enanismo. Asimismo, el Virus del Síndrome de la Mancha Blanca (WSSV) y el Virus del Síndrome de Taura.

7.4 Sistema inmunológico innato en crustáceos decápodos

A diferencia de los vertebrados, los crustáceos carecen de un sistema inmunológico adaptativo, lo que los hace dependientes exclusivamente de la inmunidad innata para su defensa frente a infecciones (Claro-De-los-Santos et al., 2025).

En crustáceos, la primera barrera defensiva frente a antígenos es la cutícula esclerotizada del exoesqueleto, misma que proporciona protección mecánica. Esta estructura está conformada por quitina y sales minerales como el Ca, mismos que aportan rigidez y resistencia. Debajo de ella se localiza la epidermis, la cual secreta factores humorales capaces de neutralizar microorganismos invasores. Sin embargo, durante la muda o tras lesiones en la cutícula, esta defensa puede verse comprometida, facilitando la contaminación frente a agentes patógenos. De este modo, se activan mecanismos celulares y humorales adicionales, entre ellos las cascadas proteolíticas, como la coagulación hemo linfática, que forma un gel para encapsular microorganismos; paralelo a esto, la vía profenoloxidasa (proPO) es activada (Gómez, 2024).

El sistema inmunológico de los Camarones peneidos cuenta con una respuesta innata, esta se activa ante la detección de patógenos mediante interacciones moleculares entre antígenos y moléculas de reconocimiento, mismas que están presentes en la hemolinfa. En esta etapa

inicial se desencadena una serie de respuestas, donde se activan peroxidasa, superóxido dismutasa y el sistema profenoloxidasa (proPO), junto con mecanismos humorales como la coagulación, fagocitosis, nodulación, opsonización y producción de péptidos antimicrobianos. En todos estos procesos, los hemocitos participan en la síntesis y liberación de moléculas bioactivas y en la coordinación de interacciones célula-célula que permiten neutralizar los agentes infecciosos (Ríos et al., 2022).

7.4.1 Osmorregulación en postlarvas de *Penaeus vannamei*

Mantener un control sobre la osmorregulación, es uno de los retos sobre el cultivo de esta especie, dado la transición a condiciones de baja salinidad, en este sentido, los iones de interés; sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), cuya disponibilidad determina la resistencia al estrés y el crecimiento del camarón. Rodríguez (2025), destacó el Ca y Mg como los iones de mayor interés; el primero participa en la mineralización del exoesqueleto durante la ecdisis, y el segundo actúa como cofactor enzimático y regulador osmótico, facilitando de esta manera la absorción de Ca, señaló que en niveles óptimos de Ca (100–150 mg/L) y Mg (50–80 mg/L) se obtuvo una supervivencia superior al 80%.

7.4.2 Enzimas inmunitarias clave: fenoloxidasa, lisozima, superóxido dismutasa, peroxidasa

El sistema circulatorio abierto de los crustáceos alberga los hemocitos, células que constituyen el componente celular de la hemolinfa y se relacionan de manera directa a la inmunidad innata. Se describen tres tipos principales de hemocitos: hialinos, semigranulares y granulares, diferenciados por su morfología y funciones. Los hialinos, que representan la mayor proporción en la hemolinfa, responsables principalmente de la fagocitosis. Las células semigranulares, de mayor tamaño y con gránulos dispersos, participan en la encapsulación, fagocitosis limitada y en la activación del sistema profenoloxidasa (proPO). Por último, las granulares, actúan en el almacenamiento y liberación del sistema proPO (Gracia Alicia Gómez Anduro et al., 2022).

Los hemocitos representan los principales efectores celulares, participando en procesos de fagocitosis, encapsulación y síntesis de péptidos antimicrobianos, además de liberar las enzimas del sistema profenoloxidasa (proPO). Este sistema, localizado en los gránulos de las células granulares y semigranulares, se activa ante la presencia de moléculas como

peptidoglucanos, β -glucanos o lipopolisacáridos, mediante una serinproteasa tipo tripsina (PPA) que transforma la profenoloxidasa en fenoloxidasa (PO). La PO, cataliza reacciones oxidativas que generan compuestos como quinonas, L-DOPA y melanina, los cuales ejercen funciones bactericidas, contribuyen a la cicatrización y a la esclerotización del exoesqueleto (Ibarra, 2025).

7.5 Características biológicas de *G. lucidum*

7.5.1 Taxonomía y morfología

G. lucidum es reconocida como la especie tipo del género *Ganoderma*. Taxonómicamente pertenece al Reino Fungi, Phylum Basidiomycota, Clase Himenomicetes, Orden Afiloforales y Familia *Ganodermataceae* (Rodríguez-Farinango et al., 2022)

Este hongo, posee gran relevancia en el ámbito biomédico por su capacidad de degradar compuestos vegetales complejos y generar metabolitos con propiedades terapéuticas. El género *G. lucidum* se divide en dos grandes grupos: el complejo *G. lucidum* (del latín *lucidus*, que significa “brillante”, haciendo referencia al aspecto laqueado de su carpóforo) y el complejo *G. applanatum*, de superficie no laqueada. Aunque *G. lucidum* es la especie más popular y ampliamente estudiada del género, otras especies de la familia *Ganodermataceae* también son productoras de compuestos biológicamente activos (Gonzalez Vega & Gonzalez Vega, 2023).

Por su parte, *G. applanatum* presenta un cuerpo fructífero perenne con forma aplanada y crecimiento en repisas. La superficie superior es de color marrón rojizo, con bordes blanco-crema debido a la abundancia de esporas ferruginosas. En su fase madura, el basidiocarpo adquiere una textura firme y dura; el himenóforo interno es blanco y contiene poros muy pequeños, mientras que los micelios son de tonalidad clara. Sus hifas son hialinas, de pared delgada, con fíbulas de tipo ojal abierto y ramificaciones originadas a partir de las setas (ARIZA MIRAVAL, 2023)

En cuanto a *G. lucidum*, se caracteriza físicamente por presentar una estructura leñosa o maderosa, sabor amargo y tonalidades variables, siendo el rojo coriáceo el color predominante. Su forma típica es la de un sombrero aplanado con aspecto de abanico o riñón (Ríos Sánchez, 2025).

No obstante, sus características morfológicas pueden variar según las condiciones ambientales y el tipo de cultivo. El cuerpo fructífero posee un talo de entre 2 y 30 cm de

longitud, unido lateralmente al basidiocarpo, con una estructura plana de 5 a 20 cm de diámetro, y una coloración que puede ir del rojo ladrillo al marrón oscuro, dependiendo de la cepa y las condiciones de crecimiento (Rodríguez-Farinango et al., 2022)

7.5.2 Cultivo de *G. lucidum*

Los cuerpos fructíferos de *G. lucidum* se producen predominantemente mediante cultivo artificial en troncos de árboles de hoja ancha, enterrados o semienterrados en invernaderos con ambiente controlado (Mueses Mafla, 2022). Este proceso productivo suele comprender varias fases: selección y corte del tronco o preparación del sustrato, ensacado o atado del material, esterilización, inoculación del micelio, incrustación en suelo o transferencia a cámaras de fructificación, seguido del control de la fructificación y la cosecha (Mueses Mafla, 2022). Durante todo el proceso se mantienen parámetros ambientales críticos como la temperatura, el contenido de agua, la humedad relativa, el pH y la intensidad de luz.

Por otro lado, estudios recientes, como el realizado por (Bedoya Morera, 2023) demostraron que la limitación controlada de nitrógeno y el uso de cultivos líquidos estáticos pueden promover la acumulación de ácidos ganodéricos, mientras que una adecuada aireación incrementa aún más su producción. Así mismo, el uso de elicitores en cultivos sumergidos estimula la síntesis de polisacáridos y triterpenoides, compuestos reconocidos por su alta actividad biológica.

En otros estudios más recientes, se observó que la elección del sustrato tiene un efecto directo sobre la calidad de los cuerpos fructíferos, como lo elaborado por Luo et al., (2024), quien comparó la producción en troncos de madera frente a sustratos sustitutos y determinó que los primeros presentaron mayor contenido de triterpenoides y mayor actividad antioxidante.

7.6 Metabolitos bioactivos de *G. lucidum*

El hongo *G. lucidum* alberga una química compleja; entre los principales grupos que se caracterizan por sus propiedades farmacológicas son los esteroides, triterpenoides y polisacáridos. Se aislaron más de 80 derivados triterpenoidales, entre estos, ácidos ganodéricos, ganoderioles, ácidos ganolucídicos, ácidos lucidénicos, y derivados del lanosterol. Además, el carpóforo contiene carbohidratos, aminoácidos, una pequeña fracción de proteína e iones inorgánicos (Mg, Ca, Zn, Mn, Fe, Cu, Ge) (Carranza Lozano, 2024).

La composición y concentración de los compuestos bioactivos en *G. lucidum* pueden variar tanto en cantidad como en tipo, dentro de ciertos márgenes, según el país y la región donde

el hongo se desarrolla. Estas diferencias también dependen de si el organismo crece de forma natural en el bosque o mediante cultivo controlado. En el caso de los ejemplares cultivados, el contenido de metabolitos bioactivos está estrechamente relacionado con la composición nutricional del sustrato utilizado, así como con las condiciones ambientales de crecimiento particularmente la humedad y la temperatura, que influyen directamente en la síntesis y acumulación de dichos compuestos (Cadar et al., 2023).

7.6.1 Polisacáridos (β -glucanos)

Los polisacáridos, principalmente los β -glucanos, son considerados los principales compuestos bioactivos de *G. lucidum*, responsables de gran parte de sus propiedades terapéuticas. La actividad inmunomoduladora de los β -glucanos se ve influenciada por factores como la masa molecular, la composición de monosacáridos, el tipo de enlaces glucosídicos, la configuración de las cadenas principales y las ramificaciones, así como los sustituyentes presentes en la estructura (Furtado da Silva, 2024).

Los β -glucanos presentes también en *G. lucidum*, han mostrado propiedades inmunológicas específicas. Estas activan las células inmunitarias como macrófagos, monocitos, células dendríticas y neutrófilos, lo que desencadena a su vez una cascada de señalización, la misma que conduce a la activación de quinasas, generando de este modo una respuesta inmune con mayor eficacia (Ahmad et al., 2021).

Además, estudios recientes sugirieron que los β -glucanos de *G. lucidum* podrían tener potencial en la prevención y tratamiento de enfermedades virales, incluyendo el COVID-19, debido a sus propiedades inmunomoduladoras y antivirales (Miró Nczuk-Chodakowska et al., 2021).

7.6.2 Triterpenoides (ácidos ganodéricos)

Los triterpenoides constituyen uno de los grupos más diversos de metabolitos especializados presentes en todos los taxones de organismos vivos. Estos compuestos son los ingredientes activos de mayor relevancia derivados de organismos vegetales, de manera que son ampliamente aplicados en los campos farmacéutico y cosmético (Dinday & Ghosh, 2023). En este contexto, se ha demostrado previamente que los triterpenoides de *G. lucidum* tienen efectos sobre la modulación de la respuesta inmune, la salud cardiovascular, protección hepática y la neuroprotección (Pan et al., 2025).

Los polisacáridos del género *G. lucidum* cumplen con múltiples mecanismos de acción. Principalmente participan en la modulación del sistema inmunológico, activando macrófagos y linfocitos. En este proceso, los macrófagos degradan a los polisacáridos, convirtiéndolos en oligosacáridos, los mismos que interactúan con linfocitos (T y B) para desencadenar respuestas inmunológicas adaptativas (Furtado da Silva, 2024).

Además de los polisacáridos, los triterpenos y los peptidoglicanos se consideran los principales tipos de compuestos bioactivos responsables de las diversas actividades biológicas en varias especies del género *Ganoderma*, incluyendo *G. lucidum* (Galappaththi et al., 2022).

7.6.3 Fenoles, péptidos y proteínas bioactivas de *Gonaderma lucidum*

Los péptidos bioactivos derivados de *G. lucidum* son fragmentos proteicos que exhiben diversas actividades biológicas, incluyendo propiedades antioxidantes, antimicrobianas, inmunomoduladores y hepatoprotectores. Un péptido es una molécula formada por una corta secuencia de aminoácidos (AA). Si bien algunos péptidos pueden encontrarse libres en su fuente natural, la mayoría permanece inactiva dentro de la secuencia de su proteína precursora (Urbano Najarro, 2025). Solo cuando esta proteína es degradada por enzimas específicas, mediante un proceso de proteólisis que rompe sus enlaces químicos, se liberan péptidos con secuencias de aminoácidos concretas y actividad biológica (H. Li et al., 2023).

Se ha demostrado en estudios previos que los péptidos GLF y GLM poseen una actividad antagonica frente a *Escherichia coli* y *Salmonella typhi* (H. Li et al., 2023). En el mismo sentido, se ha comprobado que estos péptidos llegan a inducir la apoptosis en células tumorales y activar la respuesta inmune mediante macrófagos y linfocitos (Ren et al., 2025).

La estructura aminoacídica de estos péptidos es importante para la actividad biológica de los mismos. Los péptidos antimicrobianos suelen contener aminoácidos hidrofóbicos y pueden presentar estructuras como hojas β , hélices α o enlaces disulfuro, lo que les permite interactuar eficazmente con las membranas celulares de los patógenos (Plosca et al., 2025b).

7.7 Propiedades inmunológicas y antioxidantes de *G. lucidum*

7.7.1 Mecanismo de estimulación inmunitaria

La estimulación del sistema inmune innato por *G. lucidum* se relaciona principalmente con la activación de macrófagos y hemocitos. Los EPS de este hongo actúan como inmunoestimulantes, promoviendo la fagocitosis, la producción de óxido nítrico (NO) y la

secreción de citoquinas proinflamatorias, lo que fortalece la capacidad del hospedador para eliminar patógenos (Bürgel et al., 2025).

Se demostró que los compuestos bioactivos mejoran la actividad fungicida de las células inmunes innatas y confirieron protección frente a infecciones, siendo así adyuvantes en esquemas antimicrobianos. De manera similar, los polisacáridos extraídos de *G. lucidum* (GL-PS) indujeron la activación de macrófagos mediante la vía MAPK/NF- κ B, promovieron la expresión de genes relacionados con la respuesta inmune y antioxidante (Hu et al., 2022).

En el estudio realizado por G. L. Li et al., (2023), se determinó que el GL-PS incrementó la producción de óxido nítrico y la actividad fagocítica frente a agentes infecciosos como *Leishmania*. En organismos acuáticos, los hemocitos también respondieron de manera favorable a los polisacáridos de *G. lucidum*, incrementando la actividad fagocítica y enzimática (Zhang et al., 2022a).

7.7.2 Enzimas inmunitarias (PO, LZ, SOD, CAT)

El sistema inmune innato del camarón está conformado por elementos pasivos y activos, barreras físicas, y las respuestas humorales y celulares, respectivamente. (Martín Ríos & Espinosa López, 2022). Los microorganismos patógenos son reconocidos por el organismo mediante patrones moleculares asociados a patógenos (PAMPs), presentes en su pared celular. Estos, incluyen polisacáridos y glicoproteínas como el lipopolisacárido (LPS) de bacterias Gram negativas, el peptidoglucano (PGN) de bacterias Gram positivas y los glucanos de hongos. La detección de estos PAMPs activa la respuesta inmune innata, liberando componentes humorales y celulares mediados por los hemocitos (Camberos Solano, 2021).

Uno de los mecanismos de defensa es la activación del sistema profenoloxidasa (ProPO), el mismo que se encarga de la síntesis de melanina, reconocido también por su papel en la encapsulación y eliminación de patógenos. Bouallegui (2021) explicó que el sistema se activa cuando los hemocitos detectan cuerpos extraños, lo que desencadena la cascada enzimática de melanización. Otros autores como Tran et al. (2023) determinaron a la profenoloxidasa, como una enzima clave de este proceso, por lo que es considerada una proteína inmune esencial en artrópodos.

Diversos estudios demostraron que la suplementación con polisacáridos de *G. lucidum* logró aumentar la actividad enzimática del sistema inmune innato del organismo. Este efecto se

refleja principalmente en la activación del sistema profenoloxidasa (proPO), así como en el incremento de lisozima (LZ), responsable de la eliminación de patógenos. De forma paralela, se observó un aumento en la actividad de superóxido dismutasa (SOD) y catalasa (CAT), que protegen a las células del daño oxidativo y fortalecen la capacidad defensiva de hemocitos y macrófagos (Moniruzzaman et al., 2025; Zhang et al., 2022).

7.7.3 Propiedades antioxidantes y reducción del estrés oxidativo

Las especies reactivas de oxígeno (ROS) y los radicales libres se generan de manera continua durante los procesos fisiológicos normales y se incrementan aún más en condiciones patológicas. Estos compuestos altamente inestables pueden inducir estrés oxidativo, dañando membranas celulares, proteínas (Castro Perez, 2024). El hongo *G. lucidum* es una fuente significativa de antioxidantes naturales, incluyendo polisacáridos, triterpenoides y compuestos fenólicos, como se mencionó anteriormente, que actúan de manera dual, eliminando directamente los radicales libres y potenciando las defensas antioxidantes endógenas (Plosca et al., 2025a).

G. lucidum es una fuente natural de oligoelementos como el manganeso, esencial para la formación de tejido conectivo, cicatrización, y funciona como cofactor en enzimas involucradas en la defensa antioxidante (Plosca et al., 2025a).

7.7.4 Efecto sobre microbiota intestinal

Los polisacáridos de *G. lucidum* actúan como moduladores de la microbiota intestinal. Promueven el crecimiento de bacterias beneficiosas como Lactobacillaceae, Ruminococcaceae o Bifidobacteriaceae y, por otro, inhiben la proliferación de enterobacterias. En el estudio de fermentación in vitro con extractos acuosos de *G. lucidum* realizado por Ayimbila et al., (2025), se observó el aumento de bacterias beneficiosas y mayor producción de ácidos grasos de cadena corta (SCFAs) como acético, propiónico y butírico, lo que favorece a la flora bacteriana presente en el intestino.

La microbiota del tracto digestivo en organismos acuáticos, especialmente en Camarones peneidos, cumple funciones esenciales en la digestión, la absorción de nutrientes y la regulación inmunitaria (Garibay-Valdez et al., 2020). El intestino del camarón presenta una amplia diversidad bacteriana, donde predominan las familias *Mollicutes*, *Rhodobacteraceae* y *Vibrionaceae*, cuya composición puede verse influida por la dieta y las condiciones

ambientales. Estos microorganismos son clave para el desarrollo, la salud y la resistencia del hospedero frente a patógenos (Lopez Loera, 2025).

7.8 Aplicación de *G. lucidum* en acuicultura

7.8.1 Incorporación en dietas o baños: métodos y dosificaciones reportadas

La implementación de *G. lucidum* en acuicultura se lleva a cabo principalmente a través de la suplementación dietética o mediante enriquecimiento del agua, en el estudio realizado por Mohan & Chithra, (2016) utilizando tres niveles de polisacáridos derivados de *G. lucidum* dio como resultado una mejora significativa de la supervivencia, el aumento de peso y la tasa de crecimiento de *Macrobrachium rosenbergii* en comparación al control.

En otro estudio realizado por Wan-Mohtar et al. (2021) en *Oreochromis sp.* se aplicó un exopolisacárido (EPS) derivado del micelio de *G. lucidum* con una dosis de 3 g/kg de alimento, durante 42 días; los peces alimentados con esta dosis mostraron un mayor aumento de peso frente al grupo control.

7.8.2 Efectos en crecimiento, supervivencia y respuesta inmune en crustáceos

En crustáceos, la suplementación de *G. lucidum* contribuye a mejorar el crecimiento al optimizar la absorción de nutrientes y reducir el estrés metabólico, favoreciendo la conversión alimenticia y el aumento de peso. Estos efectos se observaron en *Macrobrachium rosenbergii*, donde dietas con polisacáridos de *G. lucidum* mostraron mejoras en parámetros productivos sin afectar la supervivencia (Mohan et al., 2019). En el mismo estudio se registró un incremento significativamente sobre el recuento total de hemocitos, la actividad de fenoloxidasa (PO), la fagocitosis y el estallido respiratorio, además de reducir la mortalidad frente a desafíos con *Aeromonas hydrophila*. Estos resultados evidencian que GLP actúa como inmunoestimulante innato, potenciando la capacidad defensiva del camarón frente a patógenos.

7.9 Comparación con otros hongos (*Saccharomyces sp.*)

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* ha sido ampliamente estudiada como probiótico en acuicultura, demostrando importantes beneficios en rendimiento de crecimiento, eficiencia alimentaria, inmunidad innata, integridad intestinal y composición de la microbiota intestinal. En el estudio realizado por Sutthi et al., (2025) durante el invierno, se suplementó *S. cerevisiae* en la dieta de *Oreochromis niloticus*, de 10-20 g/kg, lo que resultó en mayores

ganancias de peso, mayor tasa de crecimiento específico (SGR), mejor conversión alimenticia (FCR), mayor actividad de lisozima en suero y mejor resistencia frente a infección por *Streptococcus agalactiae*.

En la revisión bibliográfica realizada por Mohammed et al. (2025) sobre el uso de *S. cerevisiae* en acuicultura, destacó la acción de la misma y como mejoró la diversidad de la microbiota intestinal, incrementó la resistencia a enfermedades, reforzó la respuesta inmune en relación a la actividad de la profenoloxidasa y la lisozima en peces y Camarones.

Por su parte, *G. lucidum* se ha estudiado fundamentalmente por sus polisacáridos (GLPs), triterpenoides y otros compuestos bioactivos que actúan como inmunoestimulantes y antioxidantes. En el estudio realizado por Zhang et al. (2022) en peces demostró que GLPs aumentaron la actividad de catalasa, superóxido dismutasa y lisozima, así como la expresión génica de IgM y otras moléculas de inmunidad adaptativa.

7.10 Posibles sinergias con probióticos o prebióticos

Una estrategia ya aplicada en la acuicultura es el uso de probióticos, Valdez Mireles (2024) se conceptualiza a los probióticos como microorganismos que proporcionan un beneficio al cultivo. El uso de estos, mejora la absorción de macronutrientes, actúa como agente de biorremediación, contribuye al control de organismos patógenos, estimula el sistema inmunológico y elimina o inhibe microorganismos nocivos mediante la producción de sustancias antimicrobianas.

Los prebióticos, por su parte, son ingredientes alimentarios no digeribles por el hospedador que estimulan de forma selectiva el crecimiento o la actividad de bacterias intestinales beneficiosas, con lo cual mejoran la salud intestinal, la digestión y la inmunidad del animal acuático (Soltani et al., 2023).

Los polisacáridos presentes en *G. lucidum* han demostrado ser un complemento al crecimiento de bacterias beneficiosas a nivel intestinal, cumpliendo una función como agente prebiótico. Esta actividad se relaciona con su alto contenido de carbohidratos, beneficiosos para el sustrato de la microbiota intestinal. En estudios recientes, se ha evidenciado que al incluir extractos de *G. lucidum* en formulaciones nutracéuticas se registra un aumento tanto en la actividad antioxidante como la viabilidad de cepas probióticas (Piedrahíta-Díaz et al., 2024).

8 Metodología

8.1 Área de estudio

Los bioensayos ejecutados iniciaron en la primera fase experimental que es larvicultura, la ubicación comprende a Mar Bravo, Santa Elena, luego pasamos a la etapa precria, que su ubicación es Via Naranjal, Guayas.

Figura 1

Ubicación del laboratorio de larvas



Nota. Ubicación de laboratorio, Mar Bravo, Santa Elena, donde se hizo la fase experimental correspondiente al transporte.

8.2 Diseño experimental

8.2.1 Producto experimental

Como producto experimental se usó el hongo *G. Lucidum* de origen comercial, ya que es considerado un aditivo funcional, por las bondades de sus compuestos bioactivos que promete mejorar la inmunidad, la salud y Kpis productivos, tales como la supervivencia y crecimiento dentro del cultivo. La distribución de los tratamientos, se rigió según la etapa de cultivo y fechas de siembra.

Tabla 1

Distribución de tratamientos y dosis aplicada

TRATAMIENTOS	CICLOS	REPLICAS	PRODUCTO	DOSIS
T1: control	3	9	Sin aditivo	Sin aditivo
T2: ganoderma	3	9	<i>G. Lucidum</i>	5 g/Kg balanceado

Nota. Distribución y etiqueta de tratamiento control (T1), tratamiento con *Ganoderma* (T2), donde en el control no se adicionó ningún inmunoestimulante.

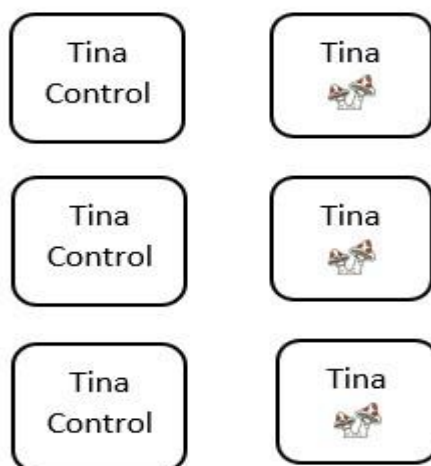
8.2.2 Primera fase experimental (transporte)

Previo al transporte hubo una selección de laboratorios conforme a la salinidad y parámetros de destino de la precia, este procedimiento se repitió tres veces consecutivas con el fin de seleccionar el mismo laboratorio de origen, es decir tres diferentes corridas de producción de postlarvas, luego se organizaron los camiones y tinas de despacho según densidades de siembra y hectareaje de la precia, la densidad fue la misma en todas las replicas (70 a 80 animales por metro cuadrado). El tamaño de las postlarva fue el mismo en cada una de las repeticiones (250 postlarva en un gramo), calculado con el plgramo la distribución de 500 mil larvas por tina de despacho con una tonelada de capacidad.

La duración de esta fase fue entre 8 a 9 horas, el despacho que se mantuvo alrededor de las 22:00 horas y su destino en cada uno de los despachos tuvo como destino la misma camaronera. El aditivo funcional (*G. lucidum*), primero fue disuelto en 500 ml de agua (5 gramos/Tonelada) para luego ser distribuido en las tinas de despacho, esta aplicación se hizo media hora antes del transporte, durante el transporte se monitorearon los parámetros de calidad de agua, alimentación y supervivencia, con una frecuencia de 4 horas. Las tinas control llevaron los mismos parámetros de evaluación, con el fin de evitar sesgo en los resultados finales.

Figura 2.

Diseño experimental de fase transporte



Nota. durante el transporte se distribuyó la densidad en tinas con la misma capacidad y densidad, tanto para control y tratamiento, el producto se administró minutos antes de trasladar las larvas a las tinas.

8.2.3 Segunda fase experimental (precias)

Luego de la recepción de las postlarvas, *G. Lucidum* fue incorporado con la dieta balanceada durante los 23 a 24 días de continuación de cultivo en la fase de precia, la distribución en las precias se realizó según la aplicación aditivo en el transporte, y se repitió cada tratamiento tres veces consecutivas y en la misma época del año, la densidad fluctuó entre 70 a 80 animales por m², las precias fueron previamente seleccionadas paramétricamente comparables, luego se monitorearon una vez a la semana, analizando la calidad del agua, la salud larvaria y crecimiento semanal, cada precia con el tratamiento tuvo el control respectivo.

8.3 Parámetros de evaluación

8.3.1 Primera fase (transporte)

El registro de los parámetros durante el transporte fue continuo, específicamente cada cuatro horas, iniciando desde la salida del laboratorio de postlarvas, siguiendo la guía de parámetros de Ordoñez et al. (2017). Los parámetros que se supervisaron fueron temperatura, pH,

salinidad, oxígeno, calidad de agua (calcio, potasio, magnesio), amonio y nitritos. Se muestra una tabla referencial con los parámetros óptimos para el transporte (Durai, 2019).

Tabla 2.

Parámetros óptimos y frecuencia de monitoreo

Parámetro	Rangos	Frecuencia
Temperatura	24 – 28 °C (ajustar según duración)	Cada cuatro horas
Salinidad	Depende de la finca (misma salinidad de salida y llegada)	Cada cuatro horas
Oxigenación	≥ 6.0 – 8.0 mg/L de oxígeno disuelto	Cada cuatro horas
pH	7-8	Cada cuatro horas
Amonio	< 0.23 mg/L	Al inicio y al final
Nitrito	< 0.1 mg/L	Al inicio y al final
Alcalinidad	50 – 150 mg/L CaCO ₃	Al inicio y al final

Nota. Fuente obtenida de Durai, 2019

8.3.2 Segunda fase (precria)

Luego de la recepción de las post-larvas se procedió a la siembra por gravedad, y se monitoreó los parámetros de calidad de agua, supervivencia y crecimiento durante 25 días para cada tratamiento y control.

8.3.3 Parámetros físico-químicos en precria

Los parámetros se supervisaron diariamente y con mayores frecuencias, en los primeros días posterior a la siembra, los rangos de los parámetros cambiaron en esta fase, ya que al ser un medio no controlado, la temperatura fluctuó y esto depende en las decisiones tomadas en el manejo (Cedeño & Vera, 2019).

8.3.4 Salud (patología en fresco)

Se seleccionaron diez camarones para realizar el montaje en fresco y se observaron al microscopio, para dar un valor numérico cualitativo de grado de infección o síndrome basado

en la calificación. Esta calificación fue de 0 a 4, siendo 0 ninguna sintomatología y 4 la más alta calificación para la manifestación de una infección de origen bacteriana o viral, descripción de los grados según Lighther en 1996.

Tabla 3.

Descripción de patologías en fase de precría

TEJIDO	LESIÓN OBSERVADA	DESCRIPCIÓN	POSIBLE CAUSA	REFERENCIA
Branquias	Melanización	Coloración oscura en lamelas branquiales	Infección bacteriana o estrés	Cuéllar-Anjel et al., 2015
Hepatopáncreas	Vacuolización	Presencia de vacuolas lipídicas	Infección viral o deficiencia nutricional	Cuéllar-Anjel et al., 2015
Intestino	Presencia de parásitos	Observación de trofozoitos de gregarinas	Infección por protozoarios	Morales-Covarrubias, 2010
Caparazón	Lesiones externas	Erosiones o melanización en el caparazón	Infección bacteriana o trauma físico	Morales-Covarrubias, 2010
Caparazón	Cromatóforos	Cromatóforos extendidos o dilatados	Estrés	Cuéllar-Anjel et al., 2015

Nota. Formato para patología en fresco en precría, se tomó la referencia de varios autores según el tejido a analizar.

8.4 Parámetros productivos

8.4.1 Ganancia de Peso

La ganancia de peso se obtiene mediante la siguiente formula: $GP = PF - PI$ (Cruz, 2020). PF y PI corresponden al peso promedio final e inicial respectivamente.

8.4.2 Ganancia de Talla

La ganancia de talla se obtiene mediante la fórmula: $GT = TF - TI$ (Cruz, 2020) TF y TI corresponden a la talla promedio final e inicial, respectivamente

8.4.3 Factor de conversión de alimento

Definido como los gramos de alimento consumido, por cada gramo de peso corporal ganado.

*Alimento ingerido (Kg) * -peso ganado(Kg) ***

*Como alimento seco suministrado.

** Peso fresco o húmedo ganado

8.4.4 Supervivencia

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

8.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico para evaluar diferencias entre los grupos experimentales se realizó utilizando la plataforma R Studio. Se utilizaron diferentes pruebas paramétricas y no paramétricas según el cumplimiento o no de las condiciones de normalidad y homocedasticidad para cada conjunto de observaciones, utilizando pruebas como ANOVA de una vía, Kruskal-Wallis y pruebas de confirmación como TukeyHSD.

9 RESULTADOS

9.1 Análisis comparativos del estado patológico de postlarvas de *Penaeus vannamei* durante el transporte y la fase de precría

En esta sección se evaluaron los parámetros de patología en fresco relacionados con la salud general de las postlarvas de *Penaeus vannamei* durante dos fases: el transporte y la fase inicial de precría. Los indicadores analizados incluyeron alteraciones en cromatóforos, hepatopáncreas, niveles de estrés, opacidad muscular, vacuolas lipídicas, atrofia de túbulos, túbulos melanizados y presencia de parásitos intestinales. Cada variable se clasificó en una escala ordinal de 0 a 4, equivalente a un 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de incidencia del parámetro evaluado. Los datos fueron analizados por separado para las fases de transporte y precría.

Para evaluar la homogeneidad entre réplicas dentro de cada tratamiento se aplicó la prueba de Kruskal–Wallis, mientras que las diferencias entre tratamientos (Control vs *G. lucidum*) se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Mann–Whitney (Wilcoxon rank-sum). Ambas pruebas se eligieron debido a la naturaleza no normal y ordinal de los datos.

9.1.1 Transporte

9.1.1.1 Muestreo 1

La prueba de Kruskal–Wallis mostró que no hubo diferencias significativas entre las réplicas dentro de cada tratamiento ($p > 0.05$), lo que confirma la homogeneidad del experimento en esta muestra. Además, según la prueba no paramétrica de Mann–Whitney (Wilcoxon rank-sum), tampoco se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos Control y *G. lucidum* en ninguna de las variables analizadas (Tabla 6). Las medianas de los parámetros patológicos fueron similares entre tratamientos: 1 (25%) para el estrés, entre 1 y 2 (25–50%) para la opacidad muscular, y 3 (75%) para las vacuolas lipídicas. No se observaron diferencias significativas. Las demás variables como atrofia de túbulos, alteraciones en cromatóforos, hepatopáncreas pálido, parásitos intestinales y túbulos melanizados mostraron valores nulos (mediana = 0), lo que sugiere que no hubo daño tisular evidente.

Tabla 4.

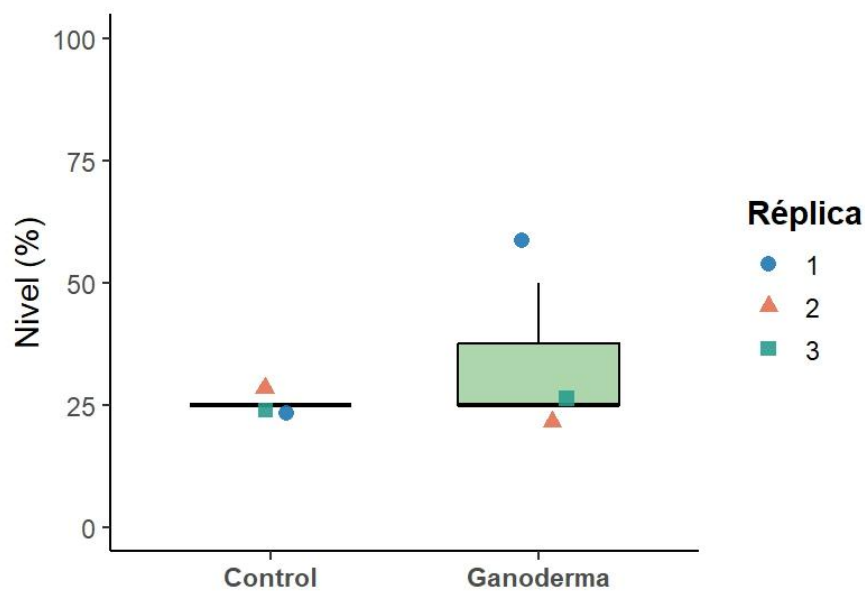
Resultados del análisis de salud patológica en el muestreo 1 (transporte) de *Penaeus vannamei*.

Variable	Mediana Control	Mediana <i>G. lucidum</i>	p-valor	p-ajustado FDR	Cliff's δ	Dirección del efecto
Estrés	1	1	0.505	0.683	0.333	Igual
Opacidad muscular	1	2	0.637	0.683	0.333	<i>G. lucidum</i> > Control
Vacuolas lipídicas	3	3	0.683	0.683	0.333	Igual
Atrofia de túbulo	0	0	—	—	0	Igual
Cromatóforos	1	1	—	—	0	Igual
Hepatopáncreas pálido	0	0	—	—	0	Igual
Parásitos intestinales	0	0	—	—	0	Igual
Túbulo melanizado	0	0	—	—	0	Igual

Nota. Los datos corresponden al análisis patológico realizado en precría de *Litopenaeus vannamei*. Los valores de p ajustados se calcularon mediante FDR. Cliff's δ se interpretó como tamaño del efecto no paramétrico.

Figura 3.

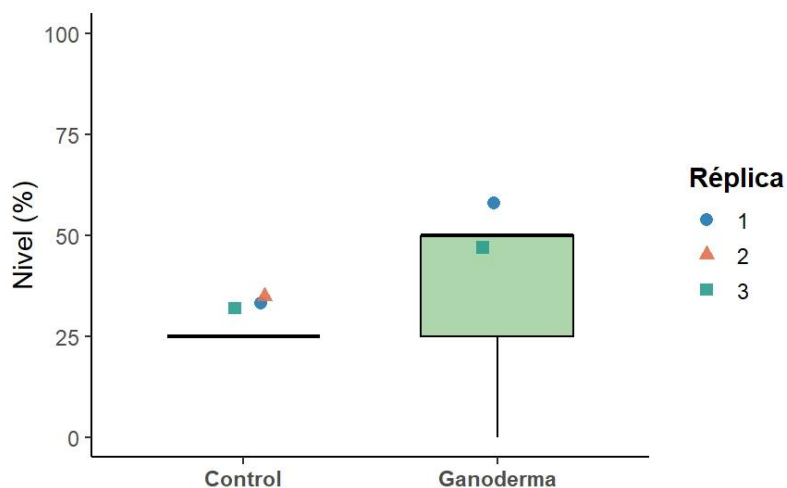
*Distribución del nivel de estrés en postlarvas de *Penaeus vannamei* durante el transporte, comparando los tratamientos Control y *G. lucidum**



Nota. El gráfico muestra los valores de estrés (%) agrupados por tratamiento. Cada punto corresponde a una réplica independiente (1, 2 y 3). Las réplicas no presentaron diferencias consistentes entre tratamientos.

Figura 4.

Distribución de la opacidad muscular en postlarvas de *Penaeus vannamei* durante el transporte, comparando los tratamientos Control y *G. lucidum*.



Nota. El gráfico muestra los valores (%) de opacidad muscular registrados en cada réplica (1, 2 y 3) para ambos tratamientos. Las réplicas no presentaron diferencias significativas entre grupos ($p = 0.637$).

9.1.1.2 Muestreo 2

La prueba de Kruskal-Wallis reveló valores de $p = 0.368$ para la mayoría de las variables, interpretando que no hay diferencias significativas entre las réplicas de cada tratamiento (Control y *G. lucidum*). Luego, al comparar los tratamientos utilizando la prueba de Mann-Whitney (Wilcoxon rank-sum), se observó que no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) en ninguno de los parámetros patológicos analizados.

Tabla 5.

Resultados del muestreo 2: comparación patológica entre los tratamientos Control y *G. lucidum*.

Variable	Mediana Control	Mediana <i>G. lucidum</i>	p-valor	P-ajustado FDR	Cliff's δ	Dirección
Atrofia de túbulos Cromatóforos	0	0	1.000	1.000	0.000	Iguales
Estrés	1	1	0.505	1.000	-0.333	Iguales
Hepatopáncreas pálido	1	1	1.000	1.000	-0.111	Iguales
Vacuolas lipídicas	1	1	1.000	1.000	0.000	Iguales
Opacidad muscular	3	3	1.000	1.000	0.000	Iguales
	0	0	—	—	0.000	Iguales

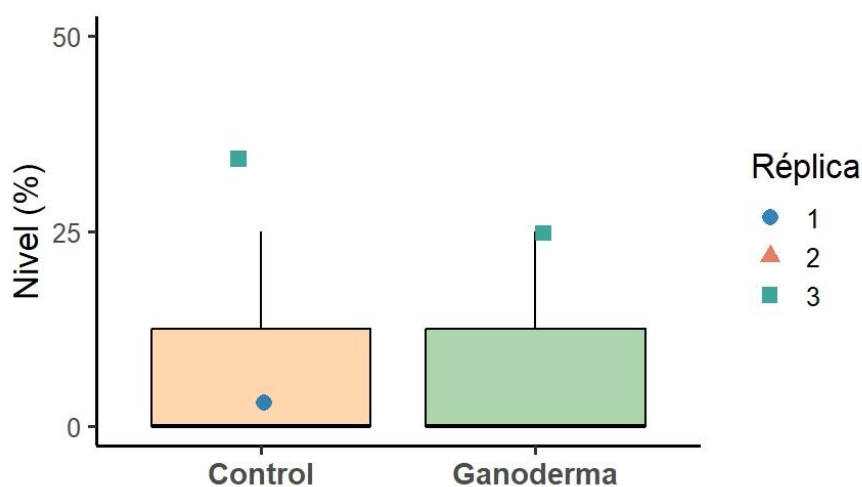
Parásitos intestinales	0	0	—	—	0.000	Iguales
Túbulos melanizados	0	0	—	—	0.000	Iguales

Nota. Los valores faltantes fueron clasificados como “—” siguiendo el estándar APA 7 para datos no disponibles. Los valores p se ajustaron mediante FDR y Cliff’s δ se interpretó como tamaño del efecto no paramétrico.

Durante el segundo muestreo (etapa de precría), las medianas de todos los parámetros patológicos fueron equivalentes entre tratamientos. Los valores de p ajustados (> 0.05) y los coeficientes de efecto ($\delta \approx 0$) confirman la ausencia de diferencias significativas entre el grupo control y el tratado con *G. lucidum*, sugiriendo un estado patológico estable y homogéneo en ambos grupos.

Figura 5.

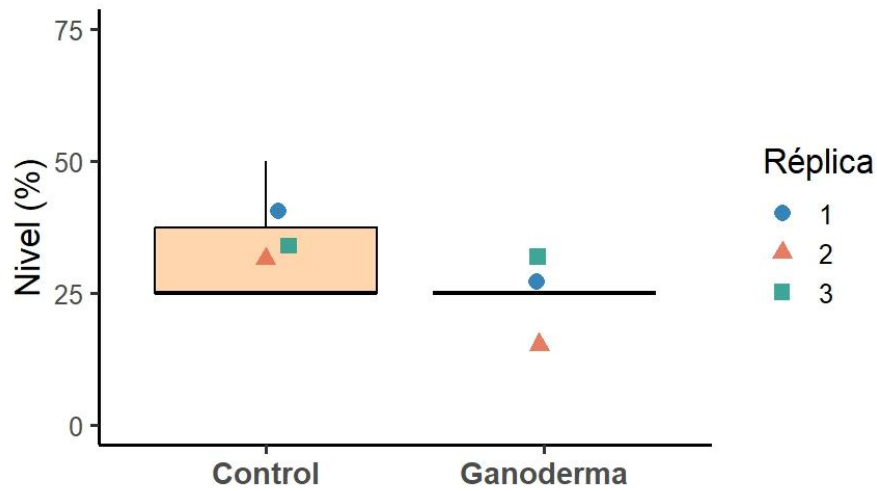
. Distribución de la atrofia muscular en postlarvas de *Penaeus vannamei* durante el transporte, comparando los tratamientos Control y *G. lucidum*.



Nota. El gráfico muestra los niveles (%) de atrofia muscular registrados en cada réplica (1, 2 y 3). No se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 1.000$).

Figura 6.

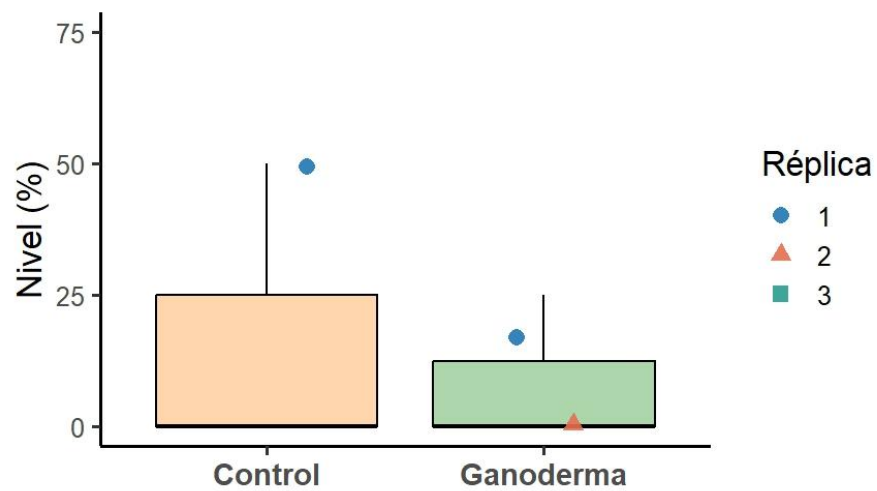
Distribución del nivel de cromatóforos en postlarvas de *Penaeus vannamei* durante el transporte, comparando los tratamientos Control y *G. lucidum*.



Nota. El gráfico muestra los niveles (%) de cromatóforos registrados en cada una de las tres réplicas. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.505$).

Figura 7.

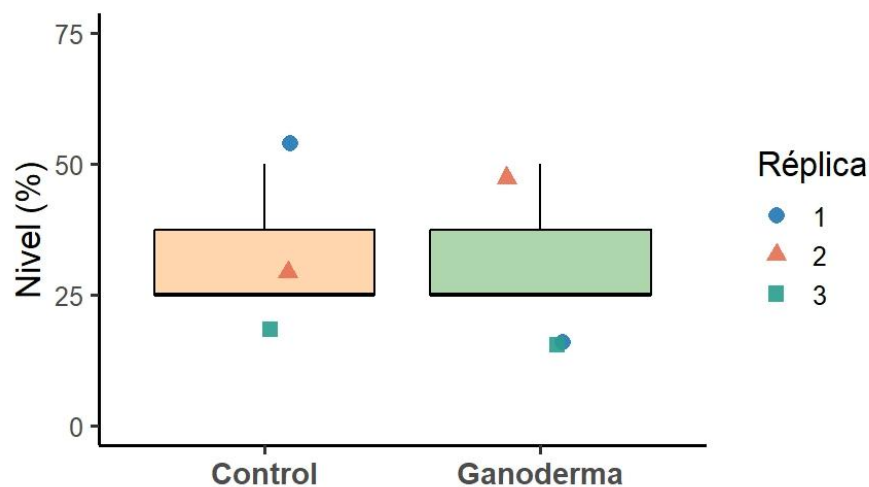
Distribución del nivel de estrés en postlarvas de *Penaeus vannamei* durante el transporte, comparando los tratamientos Control y *G. lucidum*.



Nota. El gráfico muestra los niveles (%) de estrés para cada una de las tres réplicas. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 1.000$).

Figura 8.

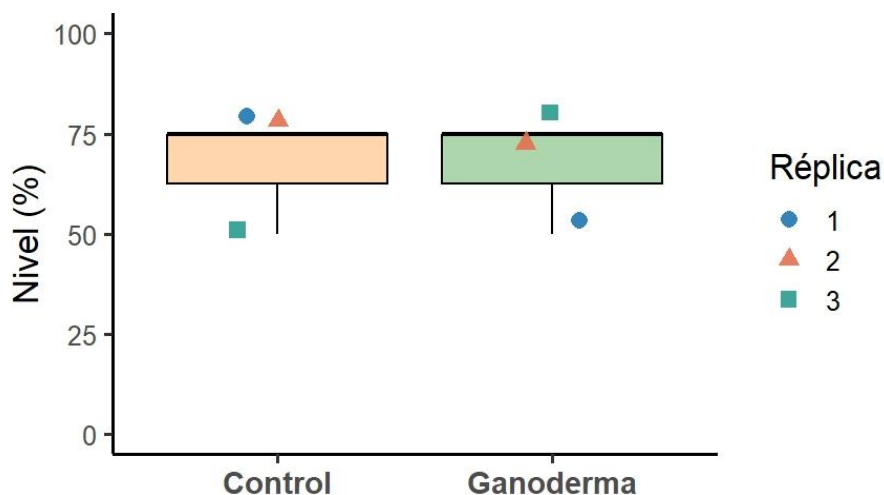
Distribución del nivel de hepatopáncreas pálido en postlarvas de *Penaeus vannamei* durante el transporte, comparando los tratamientos Control y *G. lucidum*



Nota. El gráfico muestra los niveles (%) de hepatopáncreas pálido para cada una de las tres réplicas. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 1.000$).

Figura 9.

Distribución del nivel de vacuolas lipídicas en postlarvas de *Penaeus vannamei* durante el transporte, comparando los tratamientos Control y *G. lucidum*.



Nota. El gráfico muestra los niveles (%) de vacuolas lipídicas registrados en cada una de las tres réplicas. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 1.000$).

9.1.1.3 Muestreo 3

La prueba de Kruskal-Wallis mostró valores de $p = 0.368$ para la mayoría de las variables, encontrando que no hay diferencias significativas entre las réplicas de cada tratamiento. Al comparar los tratamientos con la prueba de Mann-Whitney (Wilcoxon rank-sum), se detectaron algunas tendencias leves en ciertos parámetros, aunque ninguna alcanzó significación estadística tras ajustar los valores de p . En el tercer muestreo, correspondiente a la etapa intermedia de precría, se observó una leve disminución en las medianas de algunos parámetros entre esto el de estrés, vacuolas lipídicas y palidez del hepatopáncreas en el grupo tratado con *Ganoderma lucidum*, en comparación con el grupo control.

Tabla 6.

Resultados del muestreo 3 (precría intermedia): comparación patológica- entre los tratamientos Control y *G. lucidum*.

Variable	Mediana Control	Mediana <i>G. lucidum</i>	p-valor	p-ajustado FDR	Cliff's δ	Dirección
Estrés	3	1	0.0469	0.1171	-1.000	<i>G. lucidum</i> < Control
Vacuolas lipídicas	3	2	0.0469	0.1171	-1.000	<i>G. lucidum</i> < Control
Cromatóforos	3	1	0.1573	0.2622	-0.778	<i>G. lucidum</i> < Control
Atrofia de túbulos	1	1	0.5050	0.5049	-0.333	Igual
Hepatopáncreas pálido	3	2	0.4936	0.5049	-0.444	<i>G. lucidum</i> < Control
Opacidad muscular	0	0	—	—	0.000	Igual
Parásitos intestinales	0	0	—	—	0.000	Igual
Túbulos melanizados	1	1	—	—	0.000	Igual

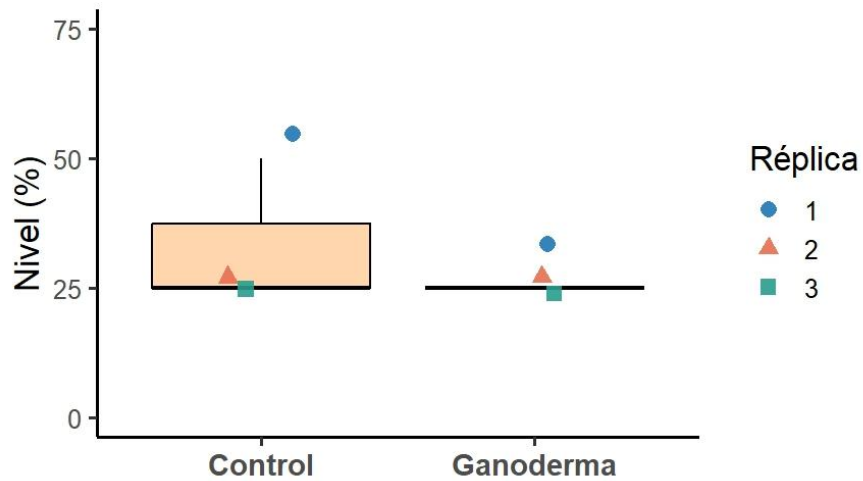
Nota. Los valores p fueron ajustados mediante FDR. Los tamaños del efecto se calcularon con Cliff's δ . La dirección del efecto se interpretó de acuerdo con la comparación entre medianas y el signo del tamaño del efecto.

En el tercer muestreo, correspondiente a la etapa intermedia de precría, se observó una ligera disminución en las medianas de estrés, vacuolas lipídicas y hepatopáncreas pálido en el grupo tratado con *G. lucidum*, en comparación con el grupo control. No obstante, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p > 0.05$). Los resultados sugieren una

posible tendencia hacia una mejor condición patológica en los organismos tratados, reflejada en niveles más bajos de estrés y vacuolización, aunque sin respaldo estadístico.

Figura 10.

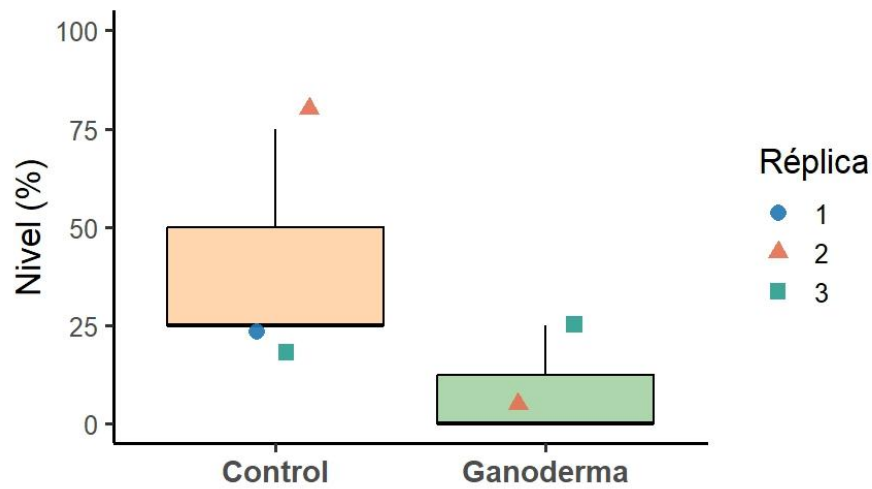
Distribución del nivel de atrofia de túbulos en postlarvas de *Penaeus vannamei* durante el transporte, comparando los tratamientos Control y *G. lucidum*.



Nota. El gráfico muestra los niveles (%) de atrofia de túbulos registrados en cada una de las tres réplicas. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.5049$).

Figura 11.

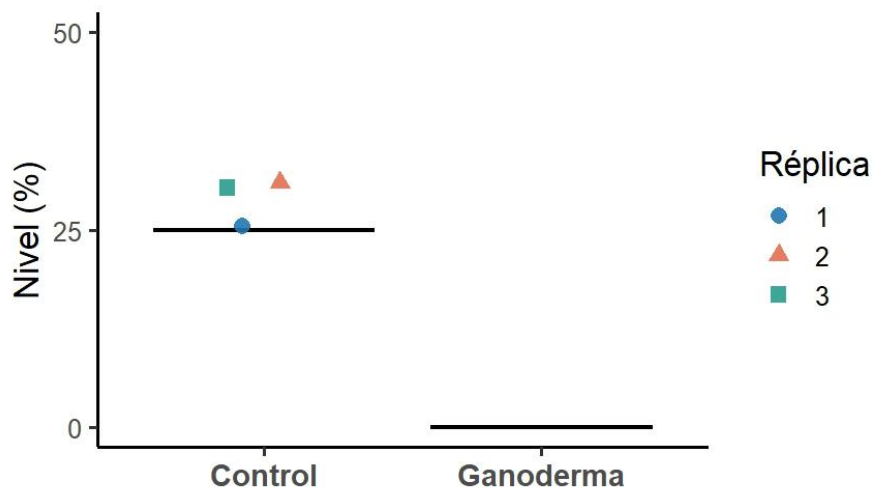
Distribución del nivel de cromatóforos en postlarvas de *Penaeus vannamei* durante el transporte, comparando los tratamientos Control y *G. lucidum*.



Nota. El gráfico muestra los niveles (%) de cromatóforos registrados en cada una de las tres réplicas. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.2622$).

Figura 12.

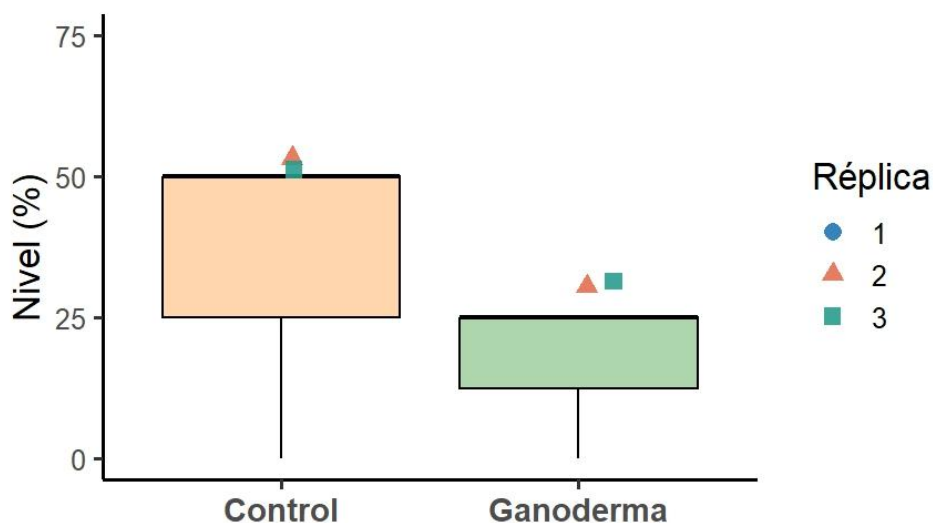
Distribución del nivel de estrés en postlarvas de *Penaeus vannamei* durante el transporte, comparando los tratamientos Control y *G. lucidum*.



Nota. El gráfico muestra los niveles (%) de estrés registrados en cada una de las tres réplicas. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.1171$).

Figura 13.

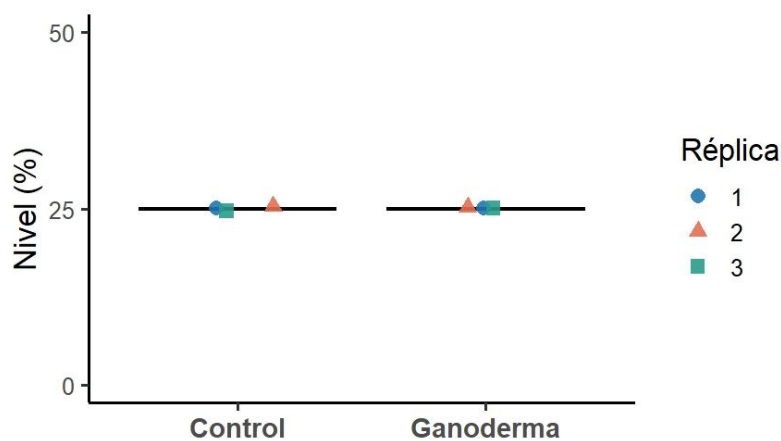
Distribución del nivel de hepatopáncreas pálido en postlarvas de *Penaeus vannamei* durante el transporte, comparando los tratamientos Control y *G. lucidum*.



Nota. El gráfico muestra los niveles (%) de hepatopáncreas pálido registrados en cada una de las tres réplicas. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.5049$).

Figura 14.

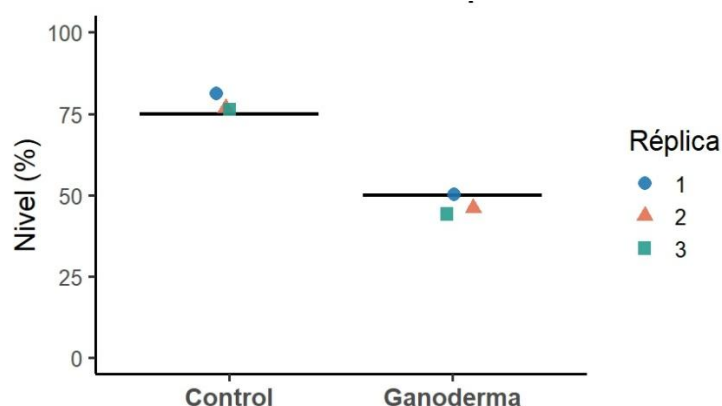
Distribución del nivel de túbulos melanizados en postlarvas de *Penaeus vannamei* durante el transporte, comparando los tratamientos Control y *G. lucidum*.



Nota. El gráfico muestra los niveles (%) de túbulos melanizados registrados en cada una de las tres réplicas. No se observaron diferencias entre los tratamientos.

Figura 15.

Distribución del nivel de vacuolas lipídicas en postlarvas de *Penaeus vannamei* durante el transporte, comparando los tratamientos Control y *G. lucidum*.



Nota. El gráfico muestra los niveles (%) de vacuolas lipídicas registrados en cada una de las tres réplicas. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.1171$).

9.1.1.4 Muestreo 4

La prueba de Kruskal-Wallis mostró un valor de $p = 0.368$ en las variables con variabilidad observable, es decir, no hay diferencias significativas entre las réplicas de cada tratamiento (Control y *G. lucidum*). Además, la prueba de Mann-Whitney (Wilcoxon rank-sum) indicó que las medianas fueron similares en todas las variables, sin diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p > 0.05$), lo que confirma la homogeneidad entre los grupos.

Tabla 7.

Resultados del muestreo 4 (precría final): comparación patológica entre los tratamientos Control y *G. lucidum*.

Variable	Mediana Control	Mediana <i>G. lucidum</i>	p-valor	p-ajustado FDR	Cliff's δ	Dirección
Atrofia de túbulos	1	1	0.505	0.755	0.333	Igual
Vacuolas lipídicas	3	2	0.505	0.755	-0.333	Igual
Túbulos melanizados	1	1	1.000	1.000	0.000	Igual
Cromatóforos	3	0	—	—	0.000	Igual
Estrés	3	3	—	—	0.000	Igual
Hepatopáncreas pálido	3	1	—	—	0.000	Igual
Opacidad muscular	3	0	—	—	0.000	Igual
Parásitos intestinales	3	1	—	—	0.000	Igual

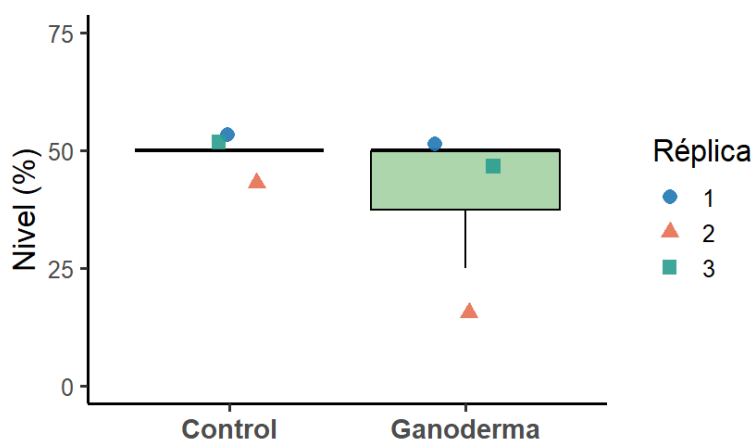
Nota. Los valores p se ajustaron mediante FDR. Cliff's δ se interpretó como el tamaño del efecto no paramétrico. Los guiones (—) indican que no se obtuvo un valor estadístico para esa comparación.

En la etapa final de precría (muestreo 4), las medianas observadas fueron similares entre los tratamientos Control y *G. lucidum*. Los valores de p ajustados ($p > 0.05$) y los coeficientes de efecto cercanos a cero sugieren que no hubo diferencias significativas, lo que indica que el tratamiento no provocó alteraciones patológicas relevantes en comparación con el grupo control.

Los resultados reflejan una condición estable de los organismos en ambas condiciones experimentales, con parámetros dentro de rangos normales y sin indicios de estrés o daño tisular asociado al uso del hongo.

Figura 16.

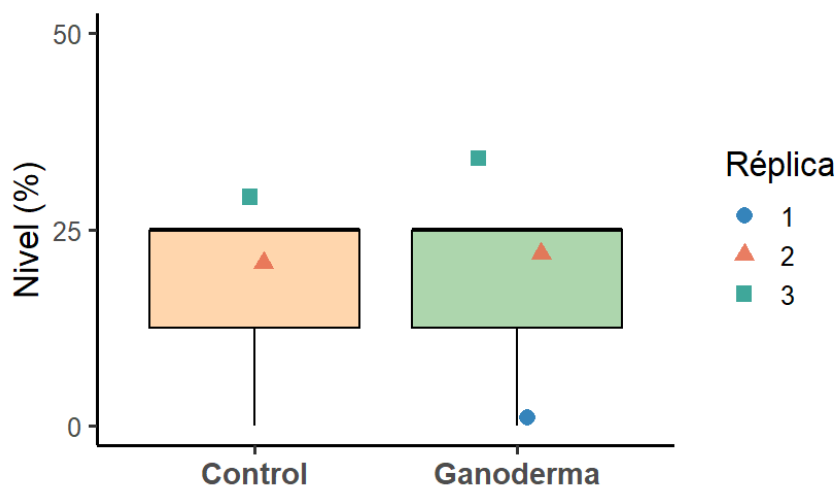
Distribución del nivel de vacuolas lipídicas en postlarvas de *Penaeus vannamei* durante el transporte, comparando los tratamientos Control y *G. lucidum*.



Nota. El gráfico muestra los niveles (%) de vacuolas lipídicas registrados en cada una de las tres réplicas. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.755$).

Figura 17.

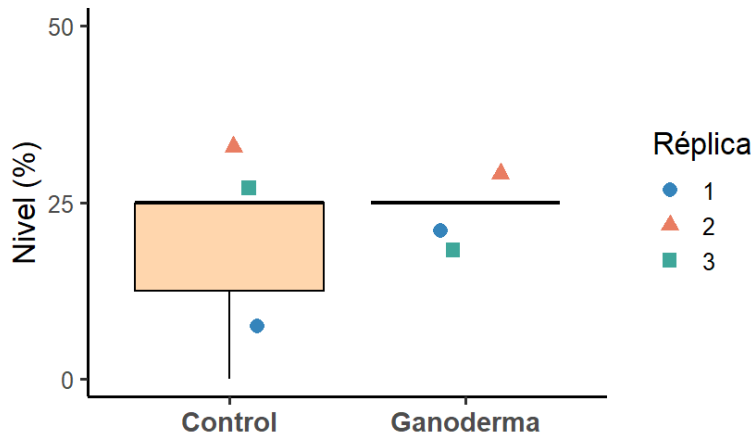
Distribución del nivel de estrés en postlarvas de *Penaeus vannamei* durante el transporte, comparando los tratamientos Control y *G. lucidum*.



Nota. El gráfico muestra los niveles (%) de estrés registrados en cada una de las tres réplicas. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 1.000$).

Figura 18.

Distribución del nivel de atrofia de túbulos en postlarvas de *Penaeus vannamei* durante el transporte, comparando los tratamientos Control y *G. lucidum*.



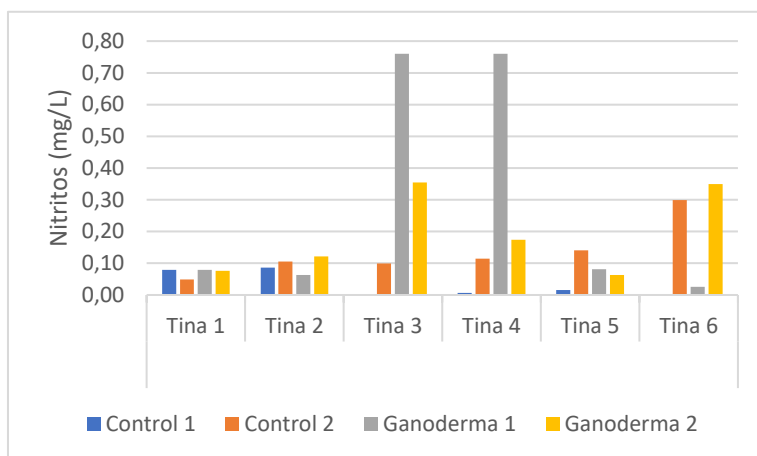
Nota. El gráfico muestra los niveles (%) de atrofia de túbulos registrados en cada una de las tres réplicas. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.755$).

De manera general, los resultados de las cuatro etapas de evaluación entre transporte y precría muestran una consistencia entre las réplicas y tratamientos, sin diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) en los parámetros patológicos analizados. Las medianas de las variables relacionadas con estrés, palidez del hepatopáncreas, vacuolas lipídicas,

opacidad muscular y atrofia de túbulo se mantuvieron en rangos similares en ambos grupos, Control y *Ganoderma lucidum*, lo que sugiere una condición patológica estable durante todo el estudio. Los parámetros que no fueron graficados permanecieron constantes, con valores iguales a 0 o sin variación entre tratamientos, por lo que no fue posible representarlos visualmente ni realizar comparaciones estadísticas. Por lo tanto, *G. lucidum* no tuvo efectos adversos ni causó diferencias estructurales en los tejidos analizados, preservando la integridad patológica de las postlarvas durante las fases de transporte y precría.

9.2 Resultados de parámetros fisicoquímicos

Figura 19. Niveles de nitritos (NO₂) en las tinas experimentales, comparando los grupos Control y G. lucidum.



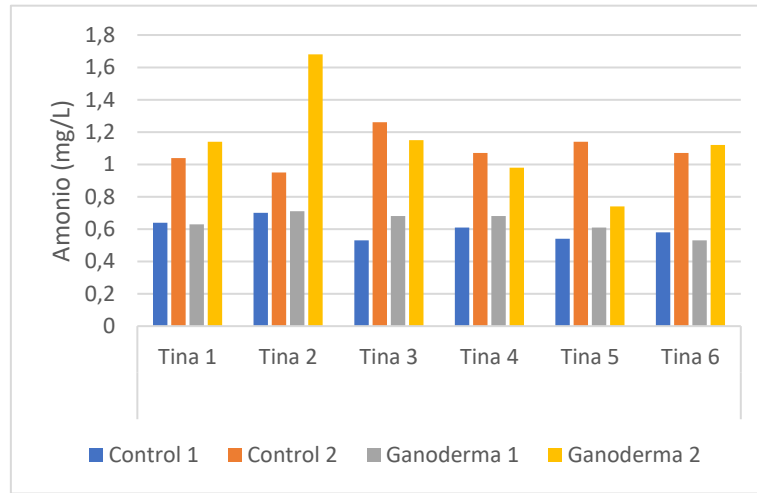
Nota. El gráfico muestra las concentraciones de nitritos (mg/L) registradas en seis tinas experimentales. Se presentan dos réplicas por tratamiento (Control 1–2 y *G. lucidum* 1–2).

9.2.1 Réplica 1

Los niveles de nitritos (NO₂⁻) se mantuvieron entre 0,00 y 0,30 mg/L en el grupo control, y entre 0,03 y 0,36 mg/L en el tratamiento con *G. lucidum*. Aunque ambos rangos se mantuvieron dentro del límite permitido (0,001–0,100 mg/L), los valores fueron ligeramente más altos en el grupo tratado. (Ver Gráfico 17).

Figura 20.

Concentración de amonio (NH_4^+) en las tinas experimentales, comparando los grupos Control y *G. lucidum*.

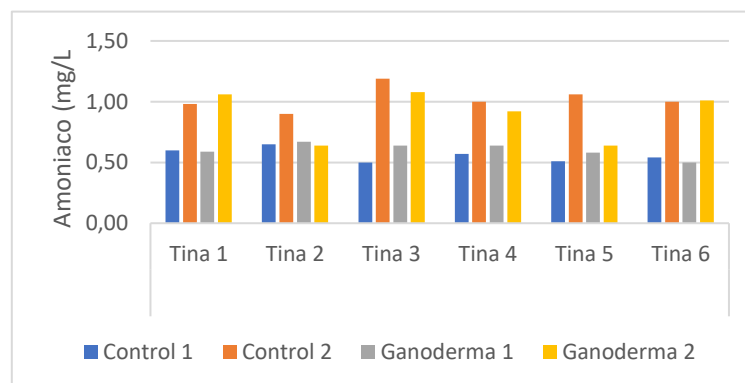


Nota. El gráfico muestra las concentraciones de amonio (mg/L) registradas en seis tinas experimentales. Se presentan dos réplicas por tratamiento (Control 1–2 y *G. lucidum* 1–2).

Las concentraciones de amonio (NH_4^+) estuvieron entre 0,53 y 1,14 mg/L en el control, y entre 0,53 y 1,68 mg/L en *G. lucidum*. Si bien todos los valores superaron el rango permisible (0,01–0,25 mg/L), se observó un leve aumento en el tratamiento con el hongo. (Ver Gráfico 18).

Figura 21.

Concentración de amoníaco (NH_3) en las tinas experimentales, comparando los grupos Control y *G. lucidum*.

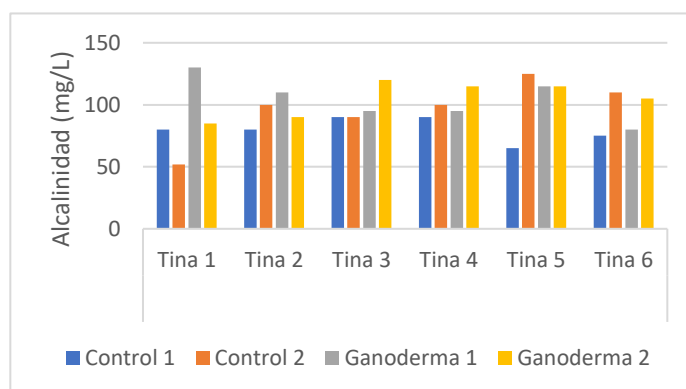


Nota. El gráfico muestra las concentraciones de amoníaco (mg/L) registradas en seis tinas experimentales. Se presentan dos réplicas por tratamiento (Control 1–2 y *G. lucidum* 1–2).

En el caso del amoniaco (NH_3), los valores oscilaron entre 0,50 y 1,19 mg/L en el control, y entre 0,50 y 1,08 mg/L en *G. lucidum*. Aunque todos los registros superaron el límite recomendado (0,01–0,25 mg/L), no se observaron diferencias claras entre tratamientos. (Ver Gráfico 19).

Figura 22.

Niveles de alcalinidad (CaCO_3) en las tinas experimentales, comparando los grupos Control y *G. lucidum*.

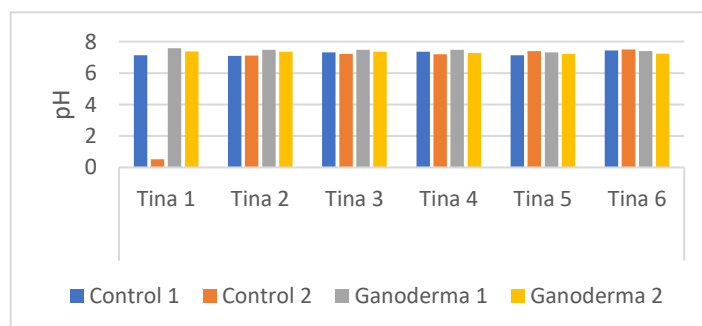


Nota. El gráfico muestra los niveles de alcalinidad (mg/L como CaCO_3) registrados en seis tinas experimentales. Se presentan dos réplicas por tratamiento (Control 1–2 y *G. lucidum* 1–2).

La alcalinidad (mg/L CaCO_3) se ubicó entre 65 y 125 mg/L en el control, y entre 80 y 130 mg/L en *G. lucidum*, dentro del rango permitido (60–180 mg/L). El tratamiento con *G. lucidum* mostró una ligera tendencia a valores más altos. (Ver Gráfico 20).

Figura 23.

Niveles de pH en las tinas experimentales, comparando los grupos Control y *G. lucidum*



Nota. El gráfico muestra los valores de pH registrados en seis tinas experimentales. Se presentan dos réplicas por tratamiento (Control 1–2 y *G. lucidum* 1–2).

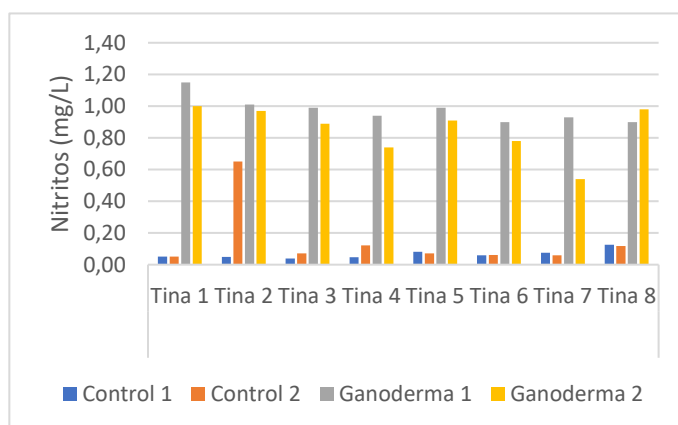
El pH del agua varió entre 7,09 y 7,49 en el control, y entre 7,21 y 7,59 en el tratamiento, sin superar el rango óptimo (6,5–8,0) ni mostrar diferencias relevantes. (Ver Gráfico 21).

La salinidad se mantuvo constante en 27 ‰ en ambos grupos, dentro del intervalo adecuado para *P. vannamei* (27–33 ‰).

9.2.2 Réplica 2

Figura 24.

Niveles de nitritos (NO_2^-) en las tinas experimentales durante la réplica 2, comparando los grupos Control y *G. lucidum*.

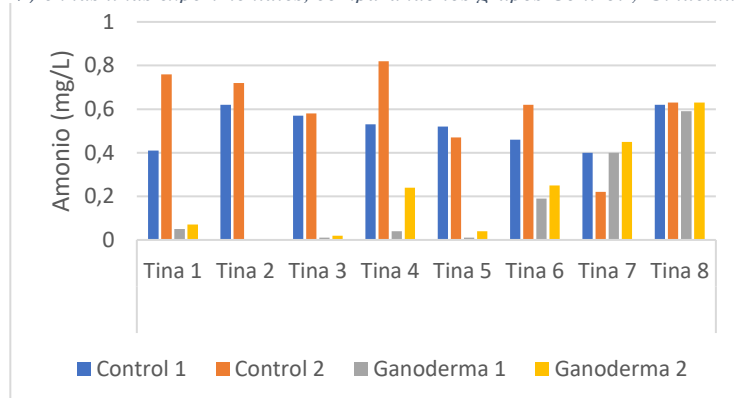


Nota. El gráfico muestra las concentraciones de nitritos (mg/L) registradas en ocho tinas durante la réplica 2 del experimento. Se presentan dos réplicas por tratamiento (Control 1–2 y *G. lucidum* 1–2).

Los niveles de nitritos (NO_2^-) variaron entre 0,05 y 0,13 mg/L en el grupo control, mientras que en el tratamiento con *G. lucidum* se registraron valores más altos, entre 0,54 y 1,01 mg/L. Esta diferencia fue significativa ($p < 0.05$). (Ver figura 24).

Figura 25.

Niveles de amonio (NH_4^+) en las tinas experimentales, comparando los grupos Control y *G. lucidum*.



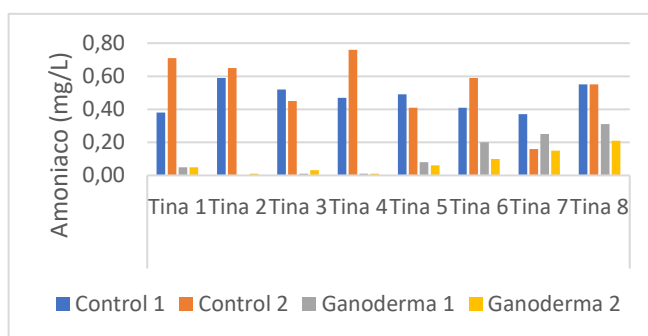
Nota. El gráfico muestra las concentraciones de amonio (mg/L como NH_4^+) registradas en ocho tinas experimentales. Se presentan dos réplicas por tratamiento (Control 1–2 y *G. lucidum* 1–2).

Las concentraciones de amonio (NH_4^+) fueron más bajas en el tratamiento de *G. lucidum* (0,01–0,25 mg/L) que en el control con 0,40–0,62 mg/L, con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). (Ver Gráfico 23).

En cuanto al amoníaco (NH_3), los valores en el control variaron entre 0,37 y 0,71 mg/L, mientras que en el tratamiento de *G. lucidum* se mantuvieron dentro del rango permitido aproximadamente de 0,01–0,25 mg/L, mostrando una disminución clara y significativa ($p < 0.05$). (Ver Gráfico 24).

Figura 26.

Concentración de amoníaco (NH_3) en las tinas experimentales, comparando los grupos Control y *G. lucidum*.

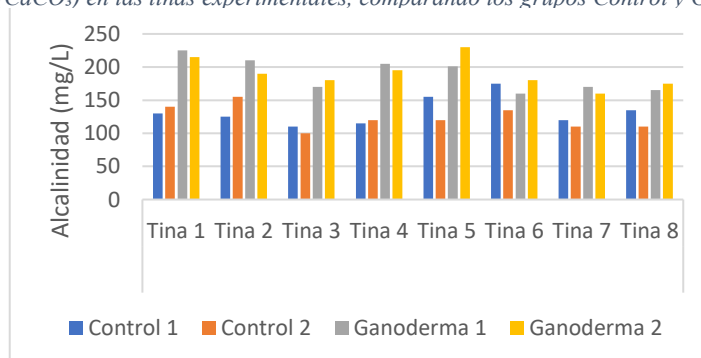


Nota. El gráfico muestra las concentraciones de amoníaco (mg/L como NH_3) registradas en ocho tinas experimentales. Se presentan dos réplicas por tratamiento (Control 1–2 y *G. lucidum* 1–2).

La alcalinidad aumentó en el tratamiento con *G. lucidum*, con valores entre 160 y 230 mg/L, frente al resultado de 110–175 mg/L perteneciente a el control. Aunque ambos tratamientos cumplieron con el rango permisible (60–180 mg/L), *G. lucidum* superó ligeramente ese límite, con diferencias significativas ($p < 0.05$). (Ver Gráfico 25).

Figura 27.

Niveles de alcalinidad (CaCO_3) en las tinas experimentales, comparando los grupos Control y *G. lucidum*.



Nota. El gráfico muestra los niveles de alcalinidad (mg/L como CaCO₃) registrados en ocho tinas experimentales. Se presentan dos réplicas por tratamiento (Control 1–2 y *G. lucidum* 1–2).

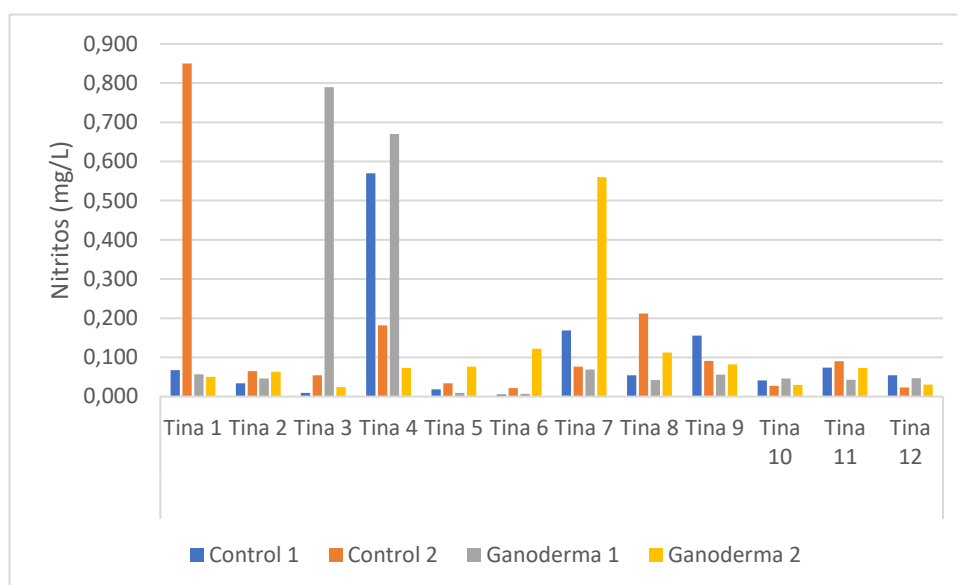
El pH se mantuvo dentro de los valores óptimos para la especie cultivada, con una leve tendencia a ser más alto en *G. lucidum* (7,50–7,95) frente al control (7,15–7,63). (Ver Gráfico 26).

La salinidad se mantuvo estable en 27 ‰ en ambos tratamientos, sin variaciones.

9.2.3 Réplica 3

Figura 28.

*Niveles de nitritos (NO₂) en las tinas experimentales, comparando los tratamientos Control y *G. lucidum*.*

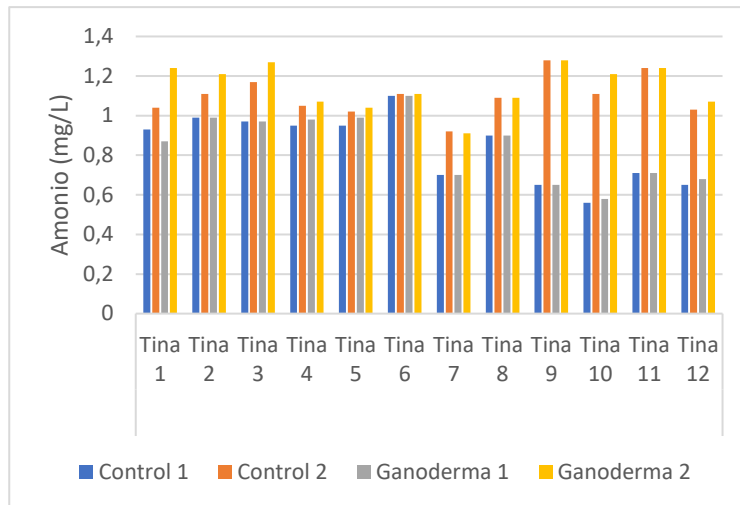


Nota. El gráfico muestra las concentraciones de nitritos (mg/L) registradas en doce tinas experimentales. Se presentan dos réplicas por tratamiento (Control 1–2 y *G. lucidum* 1–2).

En esta réplica, los nitritos (NO₂⁻) fluctuaron entre 0,005 y 0,85 mg/L en el grupo control, y entre 0,024 y 0,112 mg/L en *G. lucidum*. Aunque ambos grupos se mantuvieron dentro del rango permitido (0,001–0,100 mg/L), los valores fueron levemente menores en el tratamiento. (Ver Gráfico 27).

Figura 29

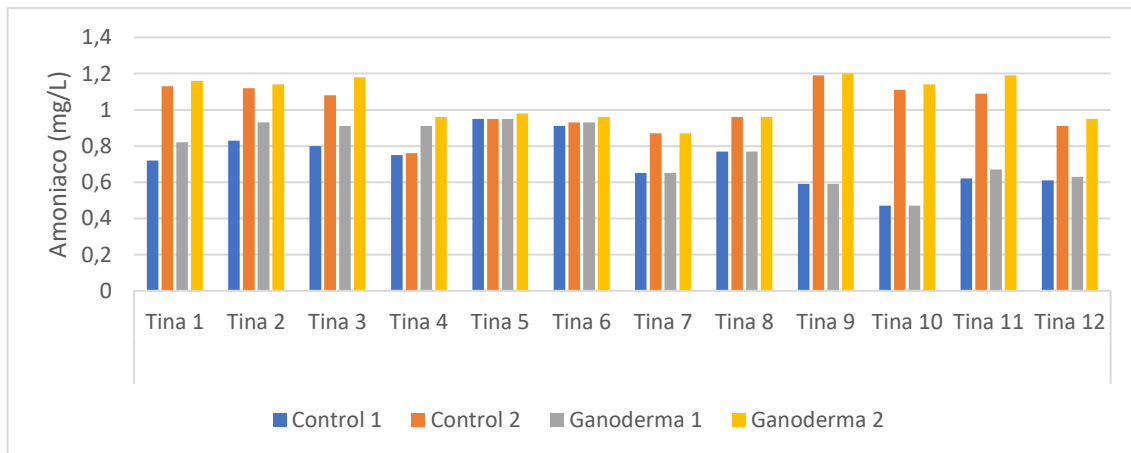
Concentración de amonio (NH_4^+) en las tinas experimentales, comparando los tratamientos Control y *G. lucidum*.



Nota. El gráfico muestra las concentraciones de amonio (mg/L como NH_4^+) registradas en doce tinas experimentales. Se presentan dos réplicas por tratamiento (Control 1–2 y *G. lucidum* 1–2).

Las concentraciones de amonio (NH_4^+) variaron entre 0,65 y 1,28 mg/L en el control, y entre 0,87 y 1,27 mg/L en *G. lucidum*, sin diferencias significativas entre tratamientos. (Ver Gráfico 28).

Figura 30. Niveles de amoníaco (NH_3) en las tinas experimentales durante el tratamiento, comparando los grupos Control y *G. lucidum*

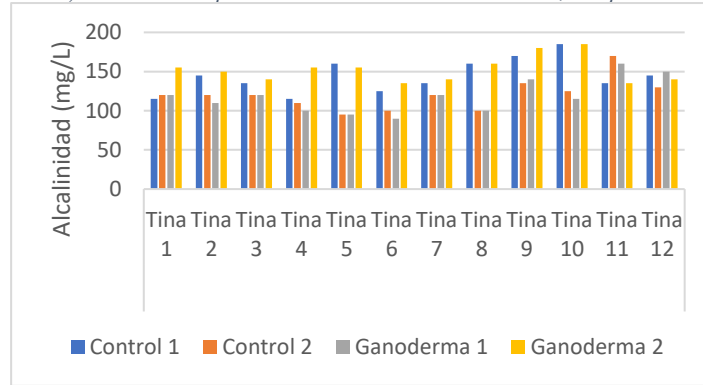


Nota. El gráfico muestra las concentraciones de amoníaco (mg/L como NH_3) registradas en doce tinas experimentales. Se presentan dos réplicas por tratamiento (Control 1–2 y *G. lucidum* 1–2).

El amoníaco (NH_3) se encontró entre 0,47 y 1,19 mg/L en el control, y entre 0,63 y 1,20 mg/L en el tratamiento de *G. lucidum*. Ambos superaron el rango recomendado el cual oscila entre 0,01–0,25 mg/L, sin diferencias marcadas entre tratamientos. (Ver Gráfico 29).

Figura 31.

Niveles de alcalinidad (CaCO_3) en las tinas experimentales durante el tratamiento, comparando los grupos Control y *G. lucidum*.

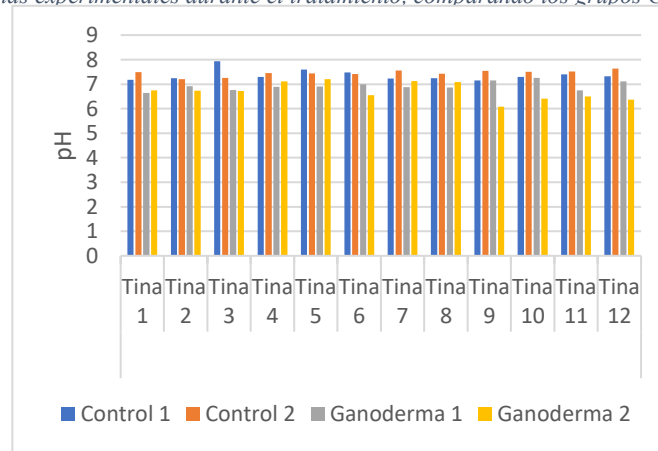


Nota. El gráfico muestra los niveles de alcalinidad (mg/L como CaCO_3) registrados en doce tinas experimentales. Se presentan dos réplicas por tratamiento (Control 1–2 y *G. lucidum* 1–2).

La alcalinidad de esta réplica fue similar en ambos grupos trabajados, con valores entre 95 y 160 mg/L en el control, y entre 95 y 155 mg/L en *G. lucidum*. Ambos se mantuvieron dentro del rango adecuado y óptimo (60–180 mg/L). (Ver Gráfico 30).

Figura 32.

Niveles de pH en las tinas experimentales durante el tratamiento, comparando los grupos Control y *G. lucidum*.



Nota. El gráfico muestra los valores de pH registrados en doce tinas experimentales. Se presentan dos réplicas por tratamiento (Control 1–2 y *G. lucidum* 1–2).

El pH varió entre dos puntuaciones entre 7,15 y 7,50 en el control, y entre 7,70 y 7,93 en *G. lucidum*. Aunque ambos grupos permanecieron dentro del rango permitido, el tratamiento mostró valores ligeramente más elevados. (Ver Gráfico 31).

La salinidad se mantuvo entre 27 y 28 % en ambos tratamientos el control y el del tratamiento, sin cambios relevantes ni estadísticos.

9.2.4 Comparación entre réplicas experimentales- parámetros de agua

Después del análisis de los parámetros fisicoquímicos del agua durante la fase de transporte, se realizó una comparación de los valores promedio entre las tres réplicas experimentales correspondientes a cada tratamiento Control y *G. lucidum*.

Para este propósito, se calculó el promedio entre los dos muestreos (antes y después del transporte) de cada tina, y con dichos valores se estimaron los promedios generales por réplica y tratamiento.

Posteriormente, se aplicaron pruebas de normalidad con Shapiro–Wilk y pruebas de comparación de medias: t de Student o Wilcoxon, según correspondió, con el fin de determinar si existieron diferencias significativas entre las réplicas dentro de cada tratamiento para cada parámetro. Los valores promedio de amoníaco (NH₃) obtenidos por réplica se presentan en la Tabla 1.

Tabla 8.

Promedios de amoníaco (NH₃, mg/L) por réplica y tratamiento durante la fase de transporte.

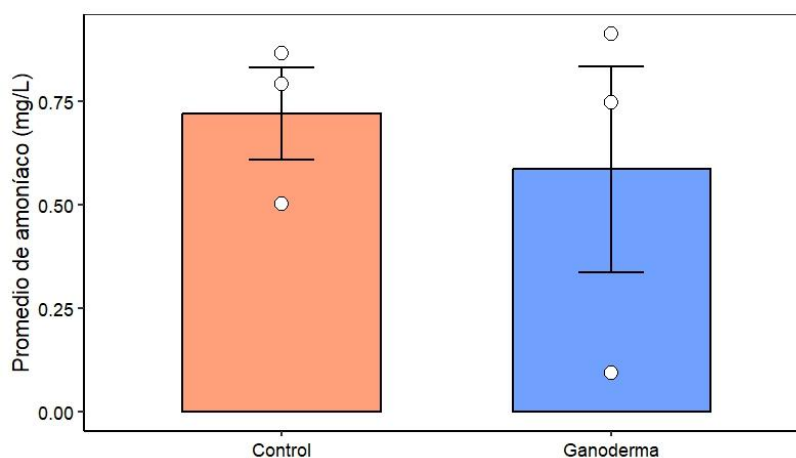
Réplica	Control	<i>G. lucidum</i>
1	0.792	0.748
2	0.504	0.0956
3	0.865	0.913
Promedio general ± DE	0.720 ± 0.184	0.586 ± 0.409

Nota. Los valores representan la concentración promedio de amoníaco (NH₃) en mg/L para cada réplica y tratamiento. DE = desviación estándar.

La prueba de normalidad de Shapiro–Wilk ($p = 0.1316$) indicó distribución de datos normal, por lo que se procedió a realizar una prueba t de Student para muestras independientes. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($t(2.75) = 0.49, p = 0.658$), con valores promedio de 0.720 ± 0.18 mg/L para el Control y 0.586 ± 0.41 mg/L para el tratamiento con *G. lucidum*.

Figura 33.

Promedio de amoníaco (mg/L) en postlarvas de *Penaeus vannamei* durante la fase de transporte, comparando los tratamientos Control y *G. lucidum*



Nota. El gráfico muestra el promedio de concentración de amoníaco y su variabilidad por réplica para cada tratamiento. Los puntos representan los valores individuales por réplica.

El análisis estadístico en el parámetro de Amonio demostró que no existen diferencias significativas en los valores promedio entre los tratamientos: el tratamiento control y el tratamiento con *G. lucidum* ($p > 0.05$). Aunque se observó un promedio ligeramente superior en el control con 0.79 mg/L en comparación con *G. lucidum* con 0.69 mg/L, esta variación no fue estadísticamente significativa.

Tabla 9.

Promedios del parámetro amonio por réplica y tratamiento.

Réplica	Tipo de tratamiento	Promedio de amonio (mg/L)
1	Control	0.844
1	<i>G. lucidum</i>	0.888
2	Control	0.559
2	<i>G. lucidum</i>	0.187
3	Control	0.968
3	<i>G. lucidum</i>	0.994

Nota. Los valores corresponden al promedio registrado por réplica en cada tratamiento. *G. lucidum* se presenta en cursiva por ser un nombre científico.

En la Tabla 3 se presentan los valores promedio de alcalinidad obtenidos en los tratamientos Control y *G. lucidum* a lo largo de las tres réplicas experimentales. El test de Shapiro–Wilk

resultado que los datos presentan una distribución normal ($W = 0.92065$, $p = 0.51$), por lo cual se aplicó una prueba t de Student para comparar los promedios entre tratamientos.

Tabla 10.

Promedios de alcalinidad (CaCO_3 mg/L) por réplica y tratamiento.

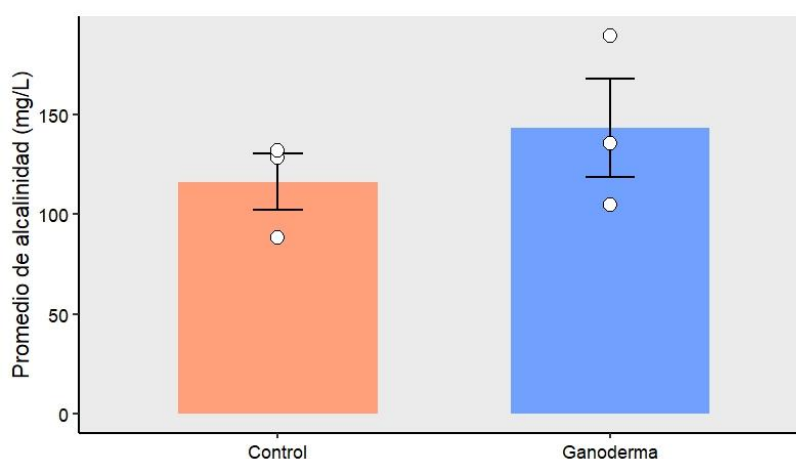
Réplica	Tratamiento	Promedio de alcalinidad (mg/L CaCO_3)
1	Control	88.1
1	<i>G. lucidum</i>	105.0
2	Control	128.0
2	<i>G. lucidum</i>	189.0
3	Control	132.0
3	<i>G. lucidum</i>	135.0

Nota. Los valores corresponden al promedio registrado por réplica en cada tratamiento. *G. lucidum* se presenta en cursiva por ser un nombre científico.

El análisis mostró que no hubo diferencias significativas en los niveles de alcalinidad entre el grupo Control con 116.20 mg/L y el grupo tratado con *G. lucidum* con 143.15 mg/L. Aunque el grupo tratado presentó un promedio ligeramente mayor, la diferencia no fue estadísticamente significativa ($p > 0.05$).

Figura 34.

Promedio de alcalinidad (CaCO_3 , mg/L) en tratamientos Control y *G. lucidum*



Nota. El gráfico muestra los promedios de alcalinidad (mg/L como CaCO_3) obtenidos para ambos tratamientos. Los puntos representan los valores individuales por réplica, y las barras de error indican la variabilidad observada.

El análisis de normalidad mediante la prueba de Shapiro–Wilk ($p = 0.3519$) indicó que los datos presentan una distribución normal y homogénea, por lo que se aplicó una prueba t de Student para comparar los promedios de pH entre réplicas.

El resultado del t-test muestra que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los valores promedio de pH del grupo Control (7.16) y del grupo *G. lucidum* (7.33) entre las réplicas.

Tabla 11.

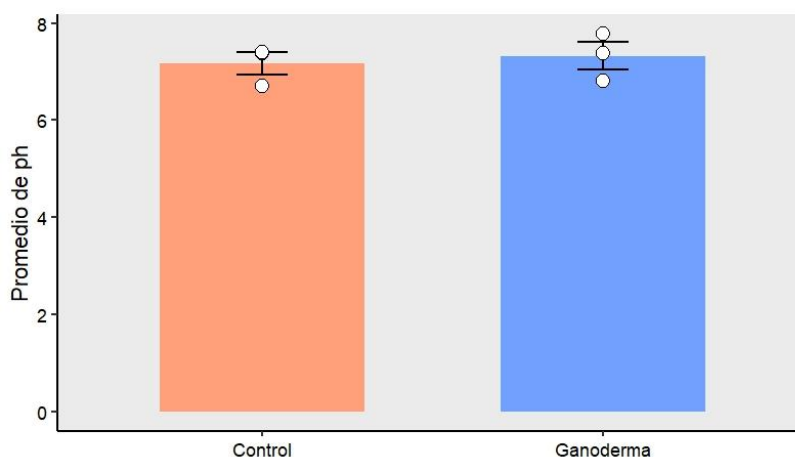
Promedio de pH por réplica en los tratamientos Control y G. lucidum

Réplica	Tipo	Promedio de pH
1	Control	6.70
1	<i>G. lucidum</i>	7.38
2	Control	7.38
2	<i>G. lucidum</i>	7.78
3	Control	7.41
3	<i>G. lucidum</i>	6.82

Nota. Los valores corresponden al promedio registrado por réplica en cada tratamiento. *G. lucidum* se presenta en cursiva por ser un nombre científico.

Figura 35.

Comparación del promedio de pH entre tratamientos (Control vs. G. lucidum)



Nota. El gráfico muestra los promedios de pH registrados en ambos tratamientos. Los puntos representan los valores individuales por réplica y las barras de error indican la variabilidad observada.

La prueba de normalidad de Shapiro–Wilk arrojó un valor de $p = 0.0011$, lo que indica que los datos no siguen una distribución normal ($p < 0.05$). Por esta razón, se utilizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para comparar los tratamientos en relación con los niveles de nitritos. El resultado del test de Wilcoxon (rank sum exact test) fue $p = 0.1$, lo que indica que no hubo diferencias significativas en los niveles promedio de nitritos entre tratamientos. Aunque se observa una ligera tendencia a mayores valores promedio en el tratamiento con *G. lucidum*, esta diferencia no fue estadísticamente significativa.

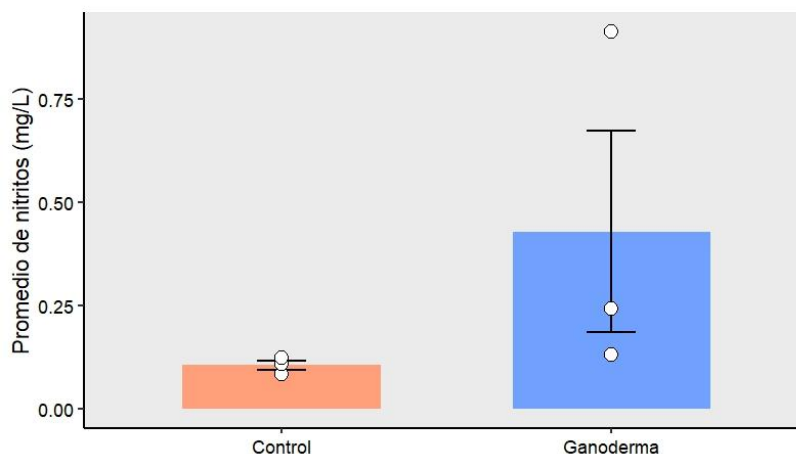
Tabla 12.

Promedio de concentración de nitritos (NO_2^-) por réplica y tratamiento.

Réplica	Tipo	Promedio de nitritos (mg/L)
1	Control	0.085
1	<i>G. lucidum</i>	0.243
2	Control	0.109
2	<i>G. lucidum</i>	0.914
3	Control	0.124
3	<i>G. lucidum</i>	0.132

Figura 36.

Comparación del promedio de nitritos (NO_2^-) entre tratamientos (Control vs. *G. lucidum*)



Nota. El gráfico muestra los promedios de concentración de nitritos (NO_2^- , mg/L) para ambos tratamientos. Los puntos representan los valores individuales por réplica y las barras de error muestran la variabilidad observada.

9.2.5 Parámetros fisicoquímicos del agua

Se evaluó la calidad del agua mediante varios parámetros, incluyendo amonio, amoníaco, nitrito, alcalinidad, salinidad, temperatura y pH. Esto se realizó en tres réplicas

experimentales (R1, R2 y R3), cada una con tres muestreos (M1, M2 y M3). Los tratamientos incluyeron un grupo control (sin aditivo) y otro con la aplicación de *Ganoderma lucidum* como aditivo natural. En general, los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos del agua se mantuvieron dentro de los rangos óptimos para *Litopenaeus vannamei*, sin cambios significativos atribuibles al uso de *Ganoderma lucidum*. Por ejemplo, el amonio total estuvo entre 0,001 y 0,4 mg/L, la alcalinidad varió entre 125 y 175 mg/L de CaCO₃, y el pH se mantuvo en un rango de 7,4 a 7,9. Las desviaciones estándar, que en algunos casos alcanzaron ± 120 mg/L (especialmente en ciertos iones), reflejan variaciones naturales entre tinas o muestreos, sin evidenciar una relación directa con el tratamiento aplicado. En conjunto, los datos presentados en la tabla confirman que *Ganoderma lucidum* no generó un impacto significativo sobre la composición química del agua. Las condiciones se mantuvieron dentro de los límites adecuados para el desarrollo normal de las postlarvas

Tabla 13.

Estadísticos descriptivos de los parámetros fisicoquímicos del agua por réplica, muestreo y tratamiento.

Parámetro	Réplica	Muestreo	Tratamiento	n	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
valor	1	1	Control	11	65.47	121.50	0.03	400
valor	1	1	<i>G. lucidum</i>	11	54.79	88.78	0.003	270
valor	1	2	Control	11	76.70	105.08	0.30	300
valor	1	2	<i>G. lucidum</i>	11	80.97	109.02	0.30	310
valor	1	3	Control	11	80.97	107.82	0.24	300
valor	1	3	<i>G. lucidum</i>	11	72.39	112.55	0.01	340
valor	2	1	Control	11	51.66	83.08	0.001	250
valor	2	1	<i>G. lucidum</i>	11	59.11	97.61	0.001	300
valor	2	2	Control	11	53.47	86.13	0.03	260
valor	2	2	<i>G. lucidum</i>	11	55.08	87.38	0.003	260
valor	2	3	Control	11	55.66	90.50	0.02	275
valor	2	3	<i>G. lucidum</i>	11	54.34	85.87	0.004	255

valor	3	1	Control	11	55.53	85.82	0.001	240
valor	3	1	<i>G. lucidum</i>	11	51.49	83.74	0.001	250
valor	3	2	Control	11	48.14	75.88	0.003	210
valor	3	2	<i>G. lucidum</i>	11	55.54	91.99	0.001	280
valor	3	3	Control	11	29.88	55.74	0.003	178
valor	3	3	<i>G. lucidum</i>	11	48.18	96.20	0.005	295

Nota. Valores de medias, desviaciones estándar para comparar si existen diferencias significativas.

9.2.5.1 Comparación estadística entre tratamientos y muestreos

Con el fin de determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos (Control y *G. lucidum*), se aplicaron pruebas de hipótesis no paramétricas (Wilcoxon y Kruskal-Wallis) debido a la ausencia de normalidad según el test de Shapiro–Wilk.

Tabla 14.

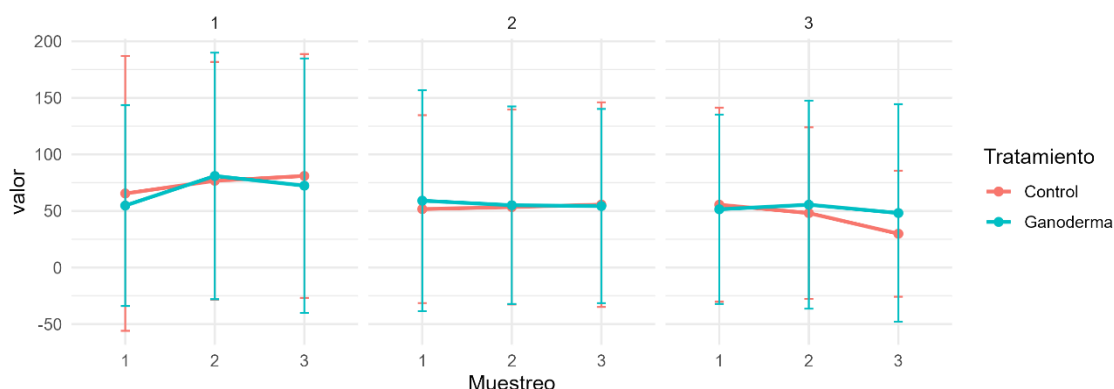
Resultados de las pruebas de comparación entre tratamientos por muestreo.

Parámetro	Muestreo	Método	Estadístico	p-value	n Control	n <i>G. lucidum</i>	Tamaño del efecto (r)
valor	1	Wilcoxon	562.5	0.822	33	33	0.028
valor	2	Wilcoxon	451.5	0.989	30	30	0.003
valor	3	Wilcoxon	474.0	0.902	30	31	0.016

Notas. En la imagen se indica los valores de $p > 0.05$ entre todos los tratamientos

Figura 37.

Tendencia media de los parámetros fisicoquímicos por muestreo, tratamiento y réplica.



Nota. Comparaciones múltiples entre el control y el uso de *Ganoderma* en precia.

Los valores de $p > 0.05$ en todos los muestreos indican que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en ninguno de los parámetros evaluados. El tamaño del efecto (r) fue muy bajo (<0.03). Por lo tanto, se concluye que el tratamiento con *G. lucidum* no provocó cambios detectables ni estadísticos en las condiciones fisicoquímicas del agua en comparación con el grupo control durante los tres periodos de evaluación del experimento.

Tabla 15.

Tendencia temporal por tratamiento y réplica.

Parámetro	Tratamiento	Réplica	Método	Estadístico	p-value
valor	Control	1	Kruskal proxy	2	0.3679
valor	Control	2	Kruskal proxy	2	0.3679
valor	Control	3	Kruskal proxy	2	0.3679
valor	<i>G. lucidum</i>	1	Kruskal proxy	2	0.3679
valor	<i>G. lucidum</i>	2	Kruskal proxy	2	0.3679
valor	<i>G. lucidum</i>	3	Kruskal proxy	2	0.3679

Nota. Parámetro de valor entre control y uso de *Ganoderma*, mediante el método Kruskal proxy.

No se observaron cambios significativos entre los tres muestreos en cada tratamiento y réplica. Los valores de $p > 0.05$ indican que las condiciones del agua se mantuvieron iguales a lo largo del tiempo, lo que muestra un equilibrio químico tanto en el grupo de control como en el tratamiento con *G. lucidum*.

Tabla 16..

Diferencias entre tratamientos (*G. lucidum* – Control) por muestreo.

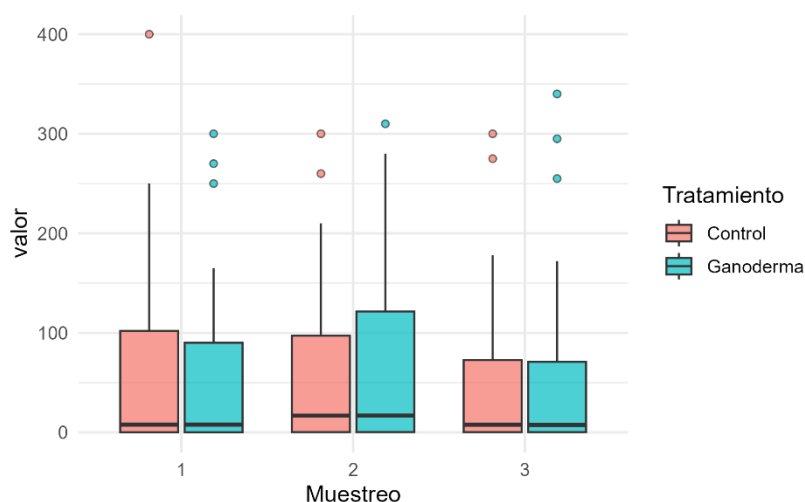
Parámetro	Muestreo	Diferencia G–C	IC95% bajo	IC95% alto
valor	1	-2.42	-44.51	42.41
valor	2	4.44	-39.48	52.04
valor	3	4.43	-35.72	48.15

Los intervalos de confianza incluyen el cero en todos los casos, lo que confirma que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Las variaciones detectadas corresponden al rango de dispersión natural del sistema, sin evidenciar un patrón atribuible al efecto de *Ganoderma*.

Figura 38.

Distribución de los parámetros fisicoquímicos del agua por muestreo y tratamiento.



Nota. Se puede observar los valores atípicos y típico en el análisis estadístico.

9.3 Comparación de supervivencia y parámetros productivos

9.3.1 Análisis estadístico de los parámetros productivos

Se compararon los tratamientos Control y *G. lucidum* en distintos parámetros productivos: supervivencia, factor de conversión alimenticia (FCA), peso de transferencia, días de precría, uniformidad de talla y de peso.

Antes del análisis, se verificaron los supuestos de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene. Según estos resultados, se aplicaron pruebas no paramétricas entre Wilcoxon/Mann-Whitney para los mismos parámetros anteriores.

También se calcularon los tamaños del efecto con r para las pruebas no paramétricas y d de Cohen para los t-test, para valorar la magnitud de las diferencias encontradas, más allá de la significancia estadística. Los resultados se resumen en la Tabla 17.

Tabla 17.

Resultados del análisis estadístico de los parámetros productivos de *Penaeus vannamei* durante la precría.

Parámetro	Prueba aplicada	p-value	Efecto (magnitud)	Media Control	Media <i>G. lucidum</i>	G.
FCA	Wilcoxon	0,400	$r = -0,45$ (moderado)	1,27	1,48	
Peso de transferencia (g)	Wilcoxon	1,000	$r = -0,09$ (muy pequeño)	0,82	0,84	
Días de precría	Wilcoxon	0,376	$r = -0,45$ (moderado)	24,67	26,67	
Uniformidad de talla (%)	Wilcoxon	0,376	$r = -0,45$ (moderado)	87,33	91,00	
Uniformidad de peso (%)	t-test	0,524	$d = -0,57$ (moderado)	69,00	74,00	
Supervivencia (%)	t-test	0,743	$d = 0,29$ (pequeño)	90,93	89,29	

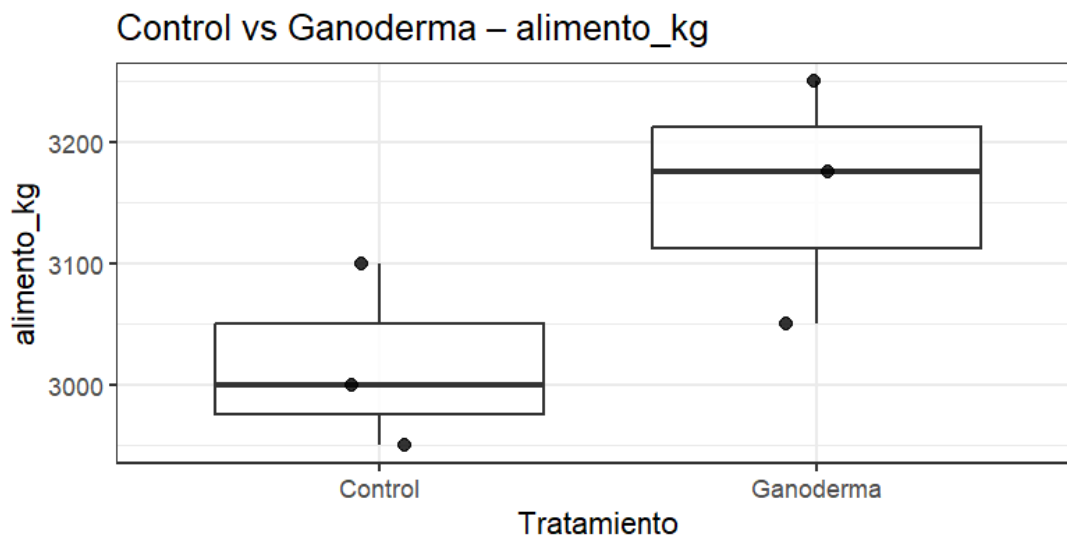
Nota. Prueba Wilcoxon y t-test en factor de conversión, peso de transferencia, días de precría, uniformidad de tallas, uniformidad de peso, supervivencia.

9.3.2 Alimento acumulado

El análisis t-test mostró que no existen diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.124$). Aunque el grupo *G. lucidum* registró un consumo promedio ligeramente superior con 3158 kg al control que obtuvo 3016 kg, esta diferencia no fue estadísticamente significativa.

Figura 39.

Comparación del consumo total de alimento (kg) entre tratamientos Control y *G. lucidum* durante la precría



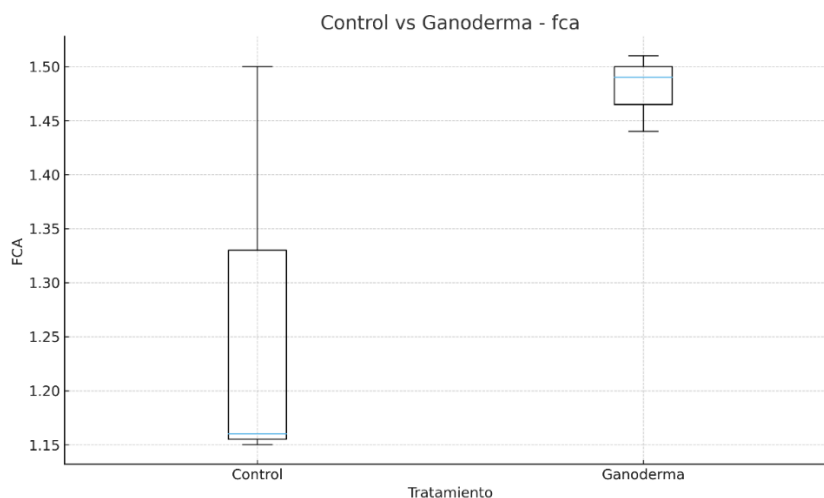
Nota. La comparación entre el uso de alimento que no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

9.3.3 Factor de conversión alimenticia

No se encontraron diferencias significativas en el FCA entre tratamientos ($p = 0,400$). El grupo control tuvo un promedio de 1,27, mientras que el tratamiento con *G. lucidum* alcanzó 1,48. Aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa, el tamaño del efecto fue moderado ($r = -0,45$), lo que sugiere una tendencia hacia una mayor eficiencia alimenticia en el grupo control (menor FCA). En esta corrida experimental, la suplementación con *G. lucidum* no mejoró el uso del alimento y, de hecho, el FCA fue ligeramente más alto en comparación con el control.

Figura 40. .

Comparación del factor de conversión alimenticia (FCA) entre tratamientos Control y *G. lucidum*.



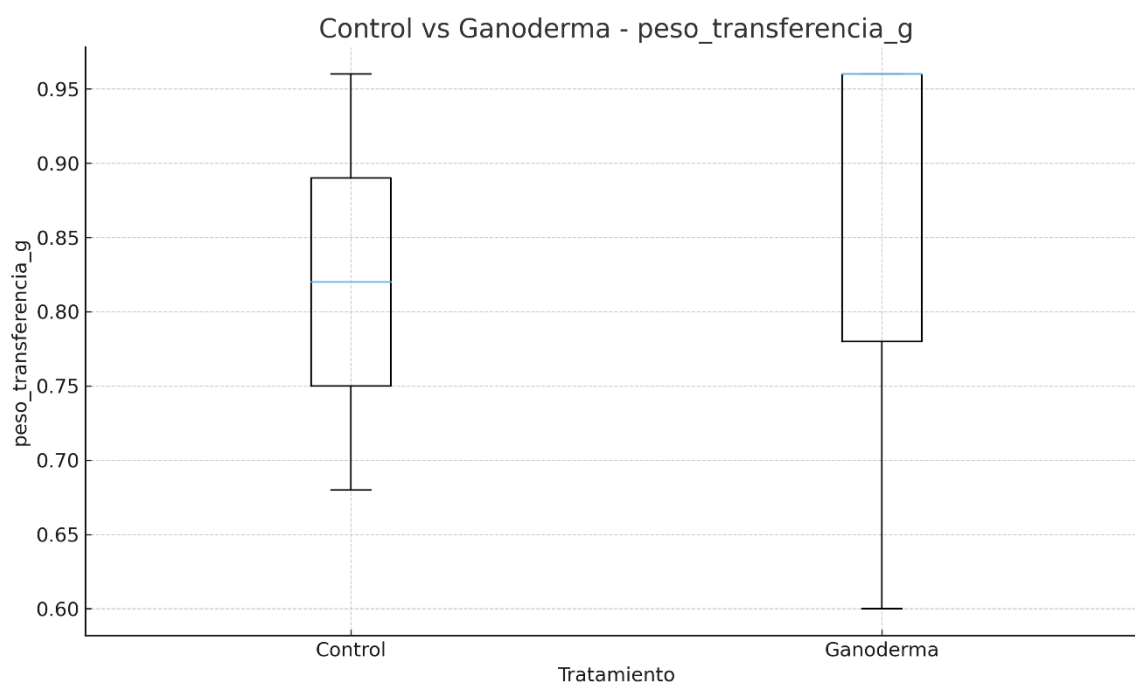
Nota. En la grafica se observa las medias estadísticas entre control y tratamiento durante precria, adicional la dispersión de datos.

9.3.4 Peso de transferencia

No hubo diferencias significativas en el peso promedio de transferencia entre tratamientos ($p = 1,000$). El grupo control registró un promedio de 0,82 g, mientras que el tratamiento con *G. lucidum* alcanzó 0,84 g. El tamaño del efecto fue mínimo ($r = -0,09$), lo que indica que la diferencia es prácticamente imperceptible. En resumen, la inclusión de *G. lucidum* en la dieta no tuvo impacto en el peso de las postlarvas al momento de la transferencia.

Figura 41.

Peso promedio de transferencia (g) de postlarvas en tratamientos Control y *G. lucidum*



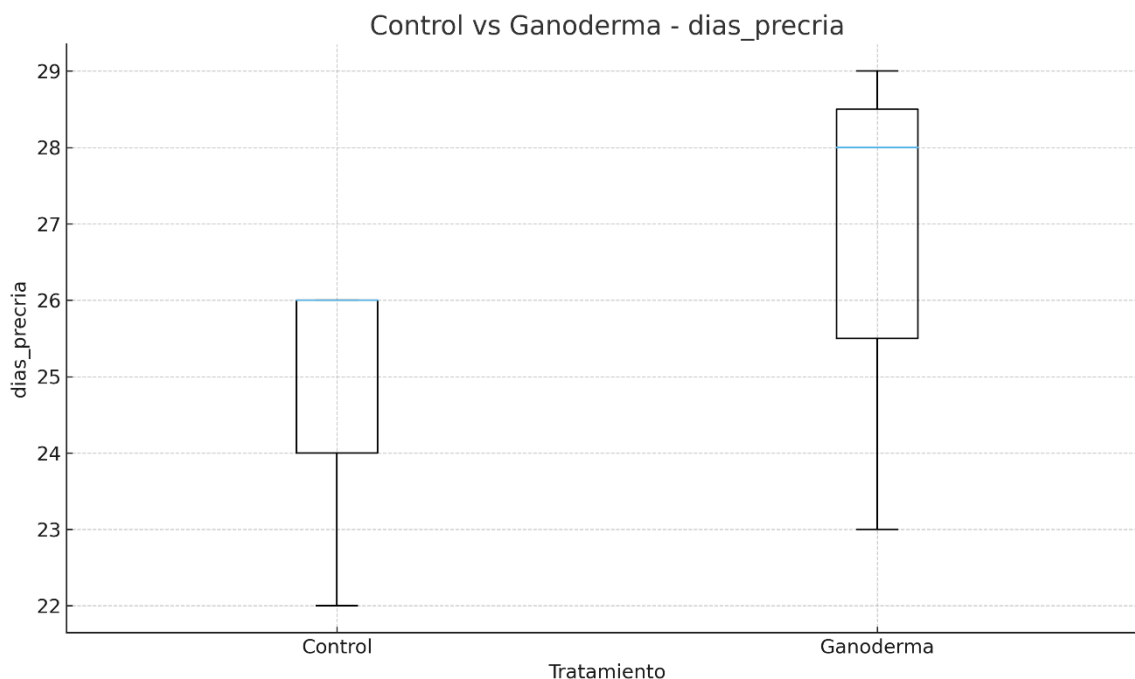
Nota. Comparación de peso de transferencia ente control y *Ganoderma* donde la dispersión de datos fue mayor para ganoderma a diferencia del control.

9.3.5 Días de Precría

La duración de la precría no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,376$). El grupo control completó esta fase en un promedio de 24,67 días, mientras que el grupo suplementado con *G. lucidum* lo hizo en 26,67 días. El tamaño del efecto fue moderado ($r = -0,45$), lo que indica una leve tendencia hacia una mayor duración con el suplemento, aunque sin respaldo estadístico. En conjunto, los resultados sugieren que la suplementación con *G. lucidum* no modifica de forma consistente el tiempo necesario para alcanzar el peso de transferencia.

Figura 42.

Comparación de los días de precría entre tratamientos Control y *G. lucidum*



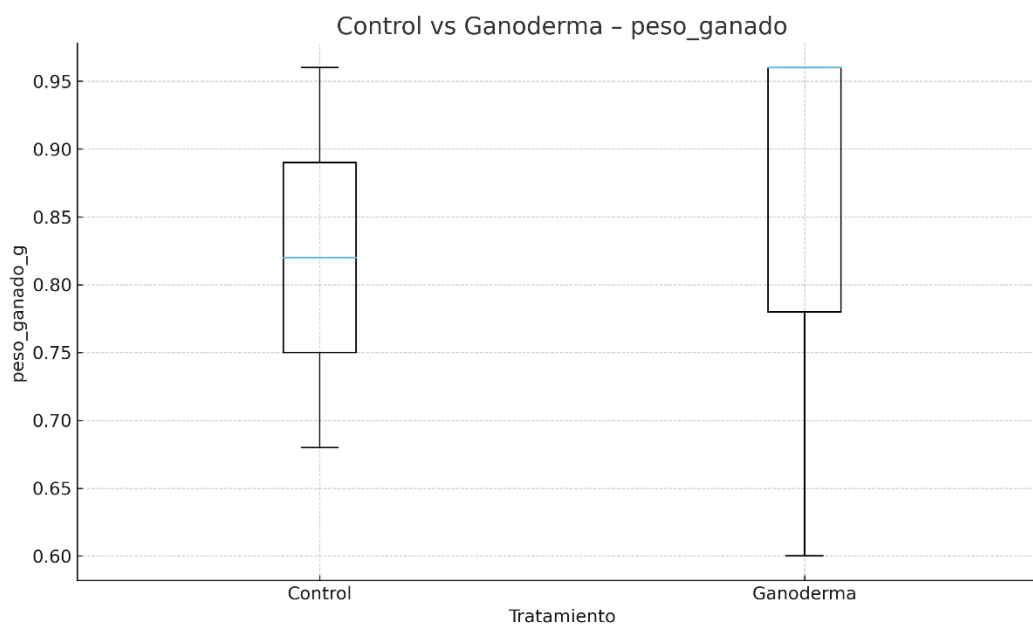
Nota. En la imagen se indican las medias de días entre control y *Ganoderma* en todas las réplicas realizadas.

9.3.6 Peso ganado

El parámetro "peso ganado", estimado a partir del peso de transferencia ante la falta de datos iniciales, no mostró diferencias claras entre tratamientos. El grupo control registró valores entre 0,68 y 0,96 g, mientras que el tratamiento con *G. lucidum* presentó un rango similar, entre 0,60 y 0,96 g. La variabilidad entre réplicas fue mayor que la observada entre tratamientos, lo que sugiere que factores operativos o ambientales tuvieron más influencia que la suplementación. El boxplot (Figura 43) muestra un solapamiento considerable entre ambos grupos, lo que refuerza la ausencia de un efecto atribuible al uso de *G. lucidum*.

Figura 43.

Ganancia de peso promedio (g) de postlarvas bajo tratamientos Control y *G. lucidum*.



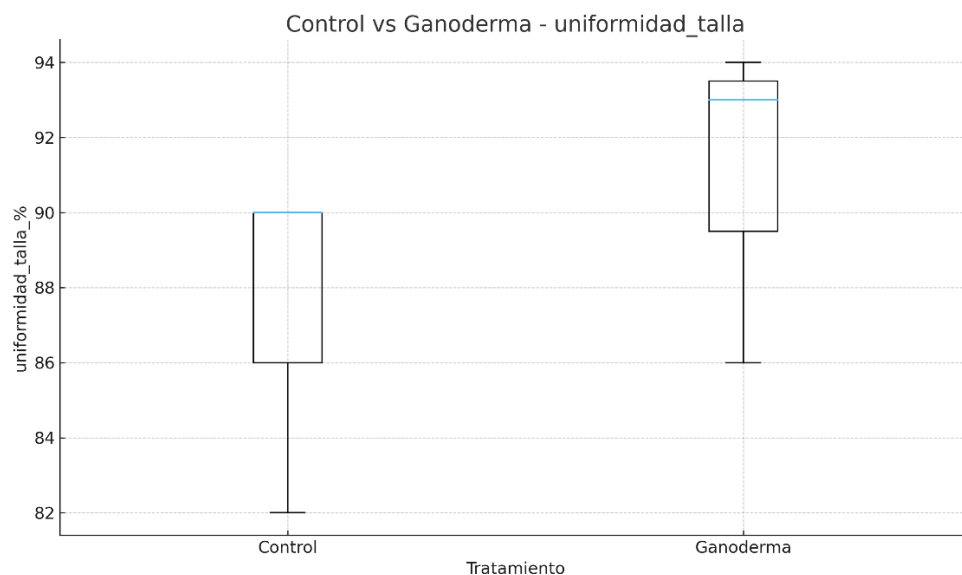
Nota. En la figura se muestra la ganancia de peso entre el tratamiento control y *Ganoderma* con el fin de comparar las medias estadísticas de pesos.

9.3.7 Uniformidad de tallas

Los valores de uniformidad de talla fueron similares entre tratamientos, sin diferencias significativas ($p = 0,376$). El grupo control tuvo un promedio de 87,33 %, mientras que *G. lucidum* alcanzó 91,00 %. El tamaño del efecto fue moderado ($r = -0,45$), lo que sugiere una posible tendencia a mayor homogeneidad en el grupo suplementado, aunque sin respaldo estadístico concluyente. En general, ambos grupos mostraron un crecimiento relativamente uniforme durante la precría.

Figura 44.

Uniformidad de talla (%) en tratamientos Control y *G. lucidum*.



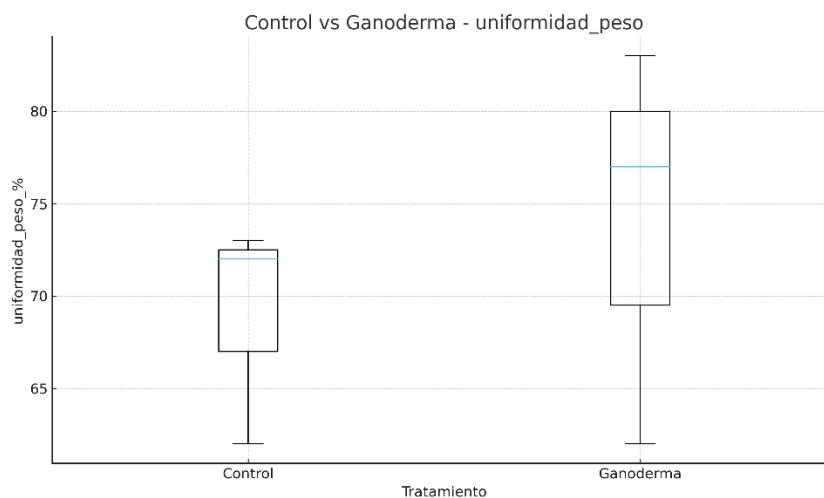
Nota. En la figura se muestra la uniformidad de talla entre el tratamiento control y *Ganoderma* con el fin de comparar las medias estadísticas.

9.3.8 Uniformidad de peso

Tampoco se observaron diferencias significativas en la uniformidad de peso entre tratamientos ($p = 0,524$). El promedio fue de 69 % para el control y de 74 % para *G. lucidum*. El tamaño del efecto fue moderado ($d = -0,57$), lo que apunta a una ligera mejora en la uniformidad del grupo suplementado, aunque sin evidencia suficiente para atribuir ese resultado al uso del suplemento.

Figura 45.

Uniformidad de peso (%) en tratamientos Control y *G. lucidum*



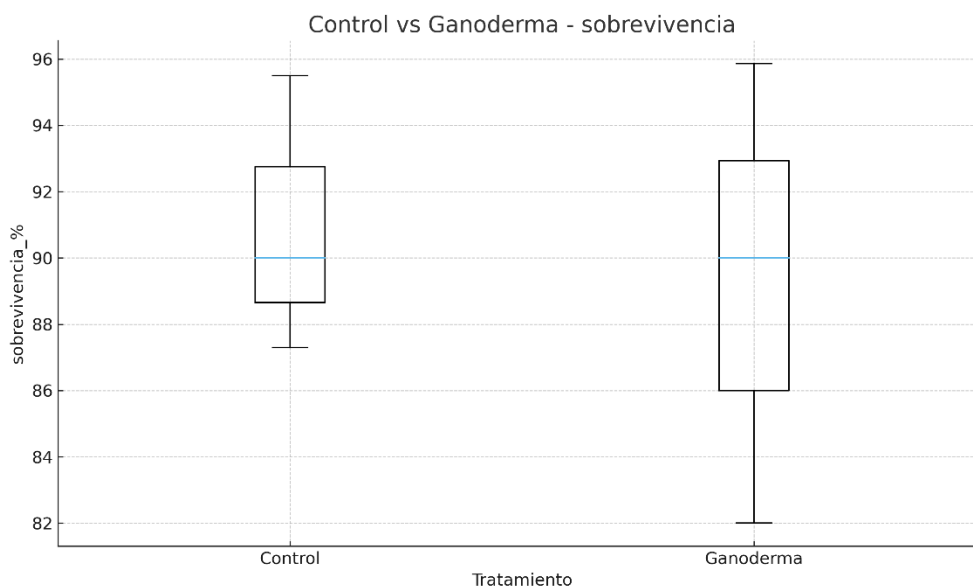
Nota. En la figura se muestra la uniformidad de peso entre el tratamiento control y *Ganoderma* con el fin de comparar las medias estadísticas.

9.3.9 Supervivencia

La supervivencia final no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,743$). El grupo control alcanzó 90,93 %, y *G. lucidum* registró 89,29 %. El tamaño del efecto fue pequeño ($d = 0,29$), lo que indica diferencias mínimas. Bajo las condiciones de este ensayo, la suplementación con *Ganoderma* no afectó negativamente la supervivencia, pero tampoco aportó mejoras claras frente al control.

Figura 46.

Comparación del porcentaje de supervivencia entre tratamientos Control y *G. lucidum*



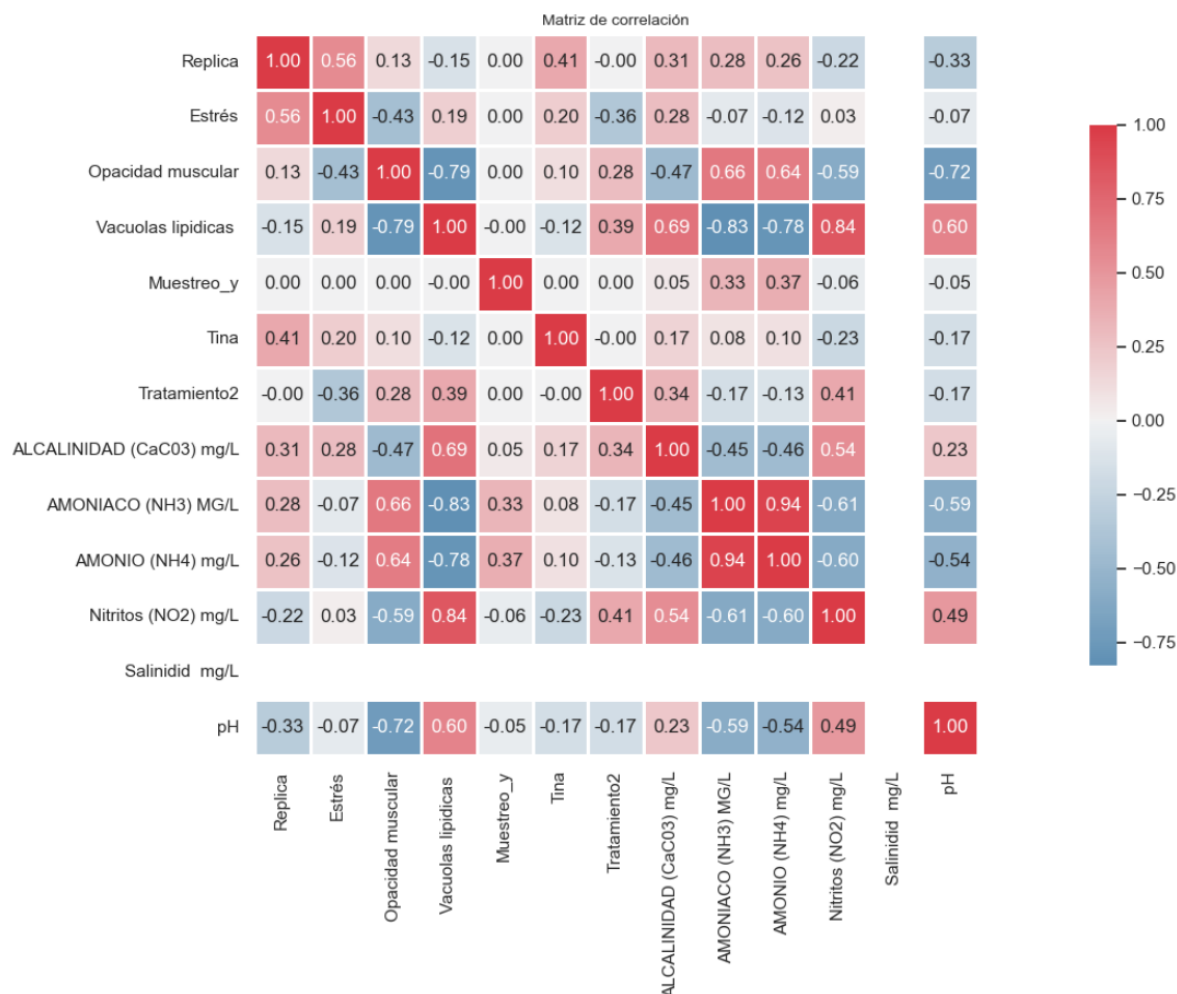
Nota. La supervivencia fue variable en ambos tratamientos, es decir entre el control y *Ganoderma*

En este análisis, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento control y el grupo suplementado con *G. lucidum* en ninguno de los parámetros productivos evaluados: FCA, peso de transferencia, duración de la precría, uniformidad de talla, uniformidad de peso y supervivencia. Aunque hubo indicios de una mayor uniformidad y un ligero aumento del FCA en el grupo suplementado, los efectos fueron moderados o pequeños y no se reflejaron en mejoras claras del desempeño productivo.

9.4 Correlaciones entre parámetros durante el transporte

La matriz de correlación evidencia que las respuestas observadas en la condición de las postlarvas estuvieron principalmente asociadas a la presencia de compuestos nitrogenados tóxicos, más que a un efecto directo del tratamiento. Se identificó una correlación negativa fuerte entre la opacidad muscular y las vacuolas lipídicas ($r = -0.79$), lo que indica que el deterioro muscular ocurre simultáneamente con la disminución de las reservas energéticas, reflejando un estado de estrés fisiológico. La opacidad muscular mostró correlaciones positivas con amoníaco (NH_3 ; $r = 0.66$) y amonio (NH_4^+ ; $r = 0.64$), confirmando el impacto negativo de estos compuestos, los cuales son reconocidos como altamente tóxicos para *P. vannamei*, incluso a concentraciones subletales. De manera complementaria, las vacuolas lipídicas presentaron una correlación positiva fuerte con nitritos (NO_2^- ; $r = 0.84$), lo que sugiere una respuesta metabólica frente a condiciones adversas del medio, mientras que los nitritos se correlacionaron negativamente con amoníaco ($r = -0.61$) y amonio ($r = -0.60$). La correlación muy alta entre amoníaco y amonio ($r = 0.94$) responde al equilibrio químico dependiente del pH, y la alcalinidad (CaCO_3) mostró correlación positiva con nitritos ($r = 0.54$) y negativa con amoníaco y amonio ($r = -0.45$ y -0.46 , respectivamente). Adicionalmente, el pH se correlacionó negativamente con la opacidad muscular ($r = -0.72$) y con amoníaco ($r = -0.59$) y amonio ($r = -0.54$), confirmando su rol clave en la regulación de la toxicidad y del estrés fisiológico. En conjunto, estos resultados indican que las alteraciones fisiológicas observadas estuvieron condicionadas principalmente por la calidad del agua y la acumulación de amonio y nitritos.

Figura 47. Correlación entre múltiples variables evaluada en transporte.



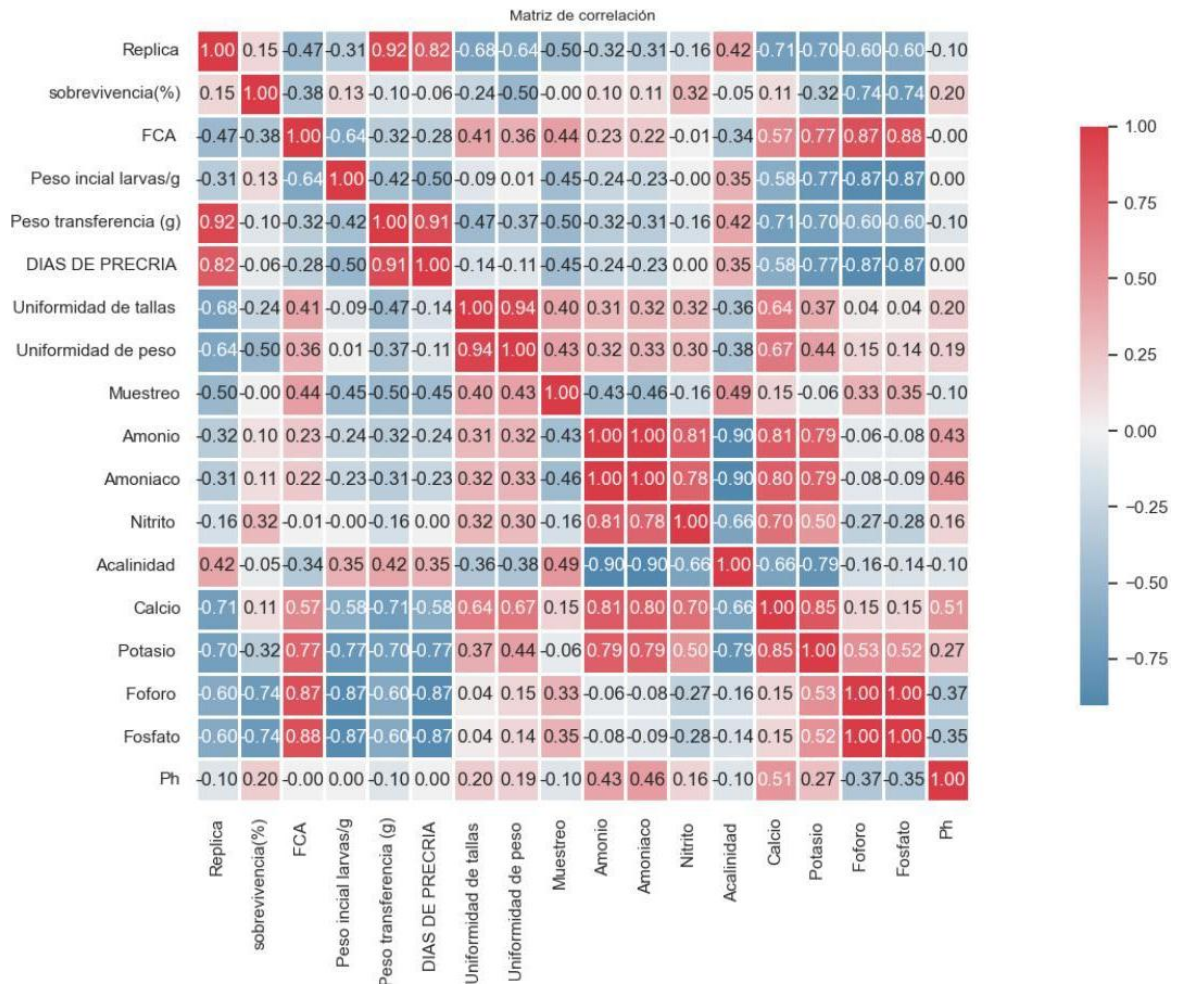
Nota: En la figura se muestran la correlación en transporte, entre réplicas y los parámetros de amonio, amoniaco, alcalinidad, cantidad lipídica y opacidad muscular.

8.5 Correlaciones entre precría, parámetros de salud y parámetros fisico-químicos

La matriz de correlación evidencia que el desempeño productivo durante la precría estuvo fuertemente condicionado por el crecimiento, la uniformidad y la dinámica de los compuestos nitrogenados. Los resultados mostraron una alta correlación positiva con el peso de transferencia ($r = 0.92$) y los días de precría ($r = 0.82$), indicando consistencia experimental y un patrón claro de incremento de biomasa en el tiempo. La supervivencia presentó correlaciones negativas moderadas con el FCA ($r = -0.38$) y con variables asociadas a crecimiento acelerado, lo que sugiere que mayores exigencias metabólicas pueden comprometer la eficiencia y la supervivencia cuando la calidad del agua no es

óptima. El FCA se correlacionó negativamente con el peso inicial de larvas ($r = -0.64$) y positivamente con fósforo y fosfato ($r = 0.87$ y $r = 0.88$, respectivamente), reflejando una mayor carga nutricional y orgánica en el sistema. La uniformidad de tallas y peso mostró una correlación positiva muy alta entre sí ($r = 0.94$). En cuanto a la calidad del agua, se observó una correlación extremadamente alta entre amonio y amoníaco ($r = 1.00$), y correlaciones positivas fuertes de ambos con nitritos (amonio–nitrito $r = 0.81$; amoníaco–nitrito $r = 0.78$), confirmando la presencia de compuestos nitrogenados tóxicos para el camarón, los cuales afectan directamente el metabolismo, la osmorregulación y la eficiencia productiva. La alcalinidad mostró correlaciones negativas con amonio y amoníaco ($r = -0.90$), mientras que calcio y potasio se correlacionaron positivamente con los compuestos nitrogenados (calcio–amonio $r = 0.81$; potasio–amoníaco $r = 0.79$), lo que refleja una mayor mineralización asociada a sistemas con alta carga orgánica. Finalmente, el pH presentó correlaciones positivas moderadas con amonio y amoníaco ($r = 0.43$ y 0.46), confirmando su influencia directa sobre la forma tóxica del nitrógeno. En conjunto, estos resultados indican que el crecimiento, la uniformidad y la eficiencia productiva en precría están estrechamente ligados al control del amonio y los nitritos.

Figura 48. Correlación entre múltiples variables evaluada en transporte.



Nota: En la figura se muestran la correlación en precría, entre réplicas y los parámetros de amonio, amoniaco, alcalinidad, cantidad lipídica y opacidad muscular.

10 DISCUSIÓN

G. Lucidum, conserva múltiples propiedades de interés acuícola entre ellas tenemos beneficios antiinflamatorios, antioxidantes, antiparasitarios y principalmente inmunomoduladores, sin embargo, la investigación en acuicultura es limitada y, por ende, la relevancia de desarrollar nuevos aditivos que modulen el sistema inmunitario de la especie de mayor interés económico para Ecuador y otros países (*L. vannamei*). Según los parámetros productivos analizados no se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en contraste con el control y el tratamiento (*G. Lucidum*), lo que nos indica que no hubo efectos negativos que pongan en riesgo la salud y supervivencia de las postlarvas durante transporte y cultivo en precría, monitoreados en la época fría del año.

En cuanto al crecimiento de *L. vannamei* hubo mayor uniformidad de peso y talla con respecto a los tratamientos sin *G. Lucidum*, mejorando ligeramente la ganancia de peso final y factor de conversión alimenticio. En los hallazgos de K. Mohan et al. (2019), usando *G. lucidum* en la dieta y como desafío una infección *Aeromonas hydrophila* durante el cultivo de *Macrobrachium rosenbergii*, determinaron que ciertos polisacáridos ayudaron a reducir la mortalidad post infección significativamente ($P < 0,05$) de este crustáceo, siendo camino alentador y rentable como sustancias prebióticas que se añadan a la dieta balanceada; En otro estudio, Meshram et al. (2014) reportaron un incremento en la actividad fagocítica, así como mejoras en el rendimiento de crecimiento y en la longitud de *Macrobrachium rosenbergii*, *Penaeus vannamei* y *P. monodon*. Asimismo, Cheng et al. (2007) documentaron un aumento en la ingesta de alimento y una mejora en el factor de conversión alimenticia en organismos suplementados.

En el estudio evaluado no se encontraron diferencias significativas en la supervivencia ($P > 0,05$), debido a que no existió un desafío de infección como lo ha realizado otros autores, ya que este bioensayo se hizo en condiciones reales y adaptado a la época del año donde las densidades son bajas, no obstante la dosis usada en condiciones de campo en el presente trabajo fue de 5 g/kg de balanceado en contraste con un estudio de Lu, Yu-Lung en el 2025, tuvo como objetivo comparar el efecto de *G. lucidum* sobre la respuesta inmunitaria y crecimiento a diferentes dosis en estado sólido (0 g / kg, 7,5 g / kg, 12,5 g / kg, 25 g / kg, 50 g / kg), donde la dosis con mayor concentración de *G. lucidum* presento la menor supervivencia que los otros grupos (50 g/Kg) , pero en la prueba de inmunidad, donde examinaron la profeniloxidasas (sistema proPO), indicaron que la mejor dosis fue de 12,5

g/kg y 50 g/Kg, indicando a que mayores dosis se estimula la respuesta inmunitaria, dicha dosis depende de la pureza del *G. lucidum*, esto difiere con nuestro estudio ya que no tuvimos como objetivo monitorear la fagocitosis durante el consumo de *G. lucidum* en la dieta, sin embargo indica que la dosis pudo ser uno de los factores por los cuales no vimos diferencias significativas en la supervivencia.

En el estudio de Mendoza et al. (2021), realizado en fase de larvicultura, se suministró *Ganoderma lucidum* tanto al agua como al balanceado, a razón de 5g/TM y 4g/Kg de alimento, respectivamente. Como resultado, los tanques tratados con *Ganoderma lucidum* registraron un 17% más de supervivencia y una uniformidad de tallas del 95%, en contraste con el 83% obtenido en el control. Estos resultados fueron monitoreados en los bioensayos realizados en precria en base a la uniformidad que mostró una respuesta favorable en relación a la salud de la especie en estudio, ya que presentó menor cantidad de túbulos atrofiados en el hepatopáncreas; otro hallazgo interesante que en una de las réplicas se observó un porcentaje representativo de parásito en el intestino siendo más severo en el tratamiento control (40%) que en las postlarvas alimentadas con *Ganoderma*. La paridad de tallas constituye una ventaja económica relevante para el sector, ya que en la precria es donde suele manifestarse esta condición, a diferencia del estudio de Mendoza et al. (2021), no hubo un resultado marcado en supervivencia, pero sí en la uniformidad de peso y talla, que representa una ganancia económica para el productor, evidenciando que la inclusión del *Ganoderma lucidum* es una alternativa rentable y funcional en el ciclo de precria.

Los resultados de las matrices de correlación indican que las respuestas fisiológicas y productivas observadas en las postlarvas de *P. vannamei* estuvieron principalmente asociadas a la dinámica de la calidad del agua, en especial a la presencia de compuestos nitrogenados tóxicos como amonio y nitritos, más que al efecto directo del tratamiento. La correlación positiva entre indicadores de estrés y amonio/nitritos, así como la relación negativa con las reservas energéticas, concuerda con lo reportado por Chen y Kou (1992) y Lin y Chen (2001), quienes describen que concentraciones subletales de estos compuestos generan estrés metabólico, alteraciones tisulares y reducción del crecimiento en camarón. Asimismo, la fuerte asociación entre amonio y amoníaco responde al equilibrio químico dependiente del pH y la alcalinidad, parámetros reconocidos como moduladores clave de la toxicidad del nitrógeno en sistemas acuícolas (Boyd, 2015; Ebeling et al., 2006). En la segunda matriz en precria, la alta correlación entre crecimiento, uniformidad de peso y talla y eficiencia productiva coincide con lo señalado por Wyban et al. (1995) y Molina-Poveda

et al. (2013), quienes destacan que poblaciones más homogéneas reflejan una mejor estabilidad fisiológica y manejo del sistema. En conjunto, estos resultados respaldan que el control del amonio y los nitritos es determinante para la salud y el desempeño productivo en precría.

11 CONCLUSIONES

El protocolo evaluado fue 5 g por tonelada al inicio del transporte y 5 g por tonelada en la segunda parada, seguido de 5 g por kilo de alimento, las evaluaciones de patología en fresco confirmaron la ausencia de efectos adversos del suplemento en las tres réplicas. En la réplica 1, donde los parámetros se mantuvieron dentro de rangos óptimos, las PL tratadas mostraron mejor condición del hepatopáncreas y cromatóforos menos extendidos, coherente con un efecto inmunomodulador bajo estrés moderado. En la réplica 2, a pesar de que los nitritos registraron niveles elevados desde antes del transporte, las diferencias entre tratamientos no fueron significativas en la primera parada ($p = 0.107$) ni en la segunda parada ($p = 0.409$), lo que indica que la disminución de supervivencia en el tratamiento se debió a la mala calidad del agua de origen y correcta aclimatación en los bioensayos con *Ganoderma*. En la réplica 3, nuevamente bajo parámetros estables, el protocolo mostró su máxima eficacia, reflejada en mejores indicadores de salud larval y uniformidad. En conjunto, el protocolo de *G. lucidum* es aplicable en condiciones de cultivo y su desempeño depende del nivel de estrés osmótico y nitrogenados previo al transporte.

El análisis estadístico confirmó que *G. lucidum* ayuda a mitigar el estrés osmótico a causa de la mala calidad del agua, por lo que las variaciones de nitrito durante el transporte correspondieron exclusivamente a las condiciones operativas. En la réplica 1 y 3, los valores de nitrito no mostraron diferencias significativas entre control y tratamiento ($p = 0.107$ – 0.409 ; $p > 0.05$), mientras que en la réplica 2 sí se registraron alteraciones operativas que afectaron la fisiología larval. Las correlaciones entre nitrito y supervivencia fueron no significativas en las réplicas 1 y 3 ($r = -0.042$; $p = 0.897$), lo que indica ausencia de relación. Sin embargo, la réplica 2 mostró correlaciones fuertes entre nitrito y supervivencia ($r = 0.906$ – 0.992 ; $p = 0.000$), evidenciando que, bajo un estrés nitrogenado severo, la supervivencia depende directamente de la calidad del agua. En las precrias, no se

evidenciaron diferencias significativas durante el cultivo entre el control y los tratamientos con *G. lucidum* ($p = 0.990$) Esto refuerza que *G. lucidum* actúa modulando la respuesta inmune y que a pesar de las condiciones no optimas de calidad de agua ayuda a reducir las perdidas en la supervivencia.

Los análisis no mostraron diferencias significativas en supervivencia entre control y *G. lucidum* ($p = 0.743$), ni en FCR ($p = 0.147$), uniformidad de talla ($p = 0.374$) o de peso ($p = 0.524$), No obstante, en condiciones de agua estable (réplicas 1 y 3), el tratamiento mostró mayor uniformidad y mejor condición de salud, las diferencias de supervivencia entre réplicas fueron atribuibles exclusivamente a la calidad del agua durante el transporte: réplica 1 = 90 %; réplica 2 ≤ 82 %; réplica 3 = 96 % para *Ganoderma*. En la réplica 2, el tratamiento mantuvo supervivencias comparables al control pese a los nitritos elevados, lo cual sugiere que *G. lucidum* contribuyó a mitigar parcialmente el estrés osmótico. Finalmente se concluye que las variaciones observadas entre réplicas estuvieron determinadas por la calidad del agua durante el transporte, lo que refuerza que *Ganoderma* expresa su mayor eficiencia cuando los parámetros físico-químicos se mantienen en rangos adecuados y cuando no, ayuda a reducir los efectos por la calidad de agua que no está en condiciones óptimas para *P. vannamei*

12 RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda mantener la aplicación de *G. lucidum* como estrategia inmunomoduladora durante transporte y precría, dado que el suplemento bajo condiciones óptimas mejora los parámetros productivos y en condiciones adversas mitiga las pérdidas de juveniles, mostrando tendencias favorables en uniformidad, condición de salud y supervivencia, especialmente en las réplicas donde los parámetros físico-químicos se mantuvieron dentro de rangos adecuados; sin embargo, debido a que los análisis estadísticos evidenciaron que la eficacia del tratamiento estuvo condicionada por la calidad del agua particularmente frente a picos de nitrito y amonio registrados en la réplica 2 se recomienda reforzar los protocolos de manejo previo al transporte mediante una aclimatación osmótica más controlada y una verificación estricta de los compuestos nitrogenados antes del embarque, de modo que el suplemento actúe sobre organismos no comprometidos por estrés previo. Adicionalmente, se sugiere evaluar ajustes de dosificación bajo escenarios de riesgo químico, implementar monitoreos más frecuentes de nitritos, NH_4^+ , NH_3^+ y alcalinidad, y continuar con pruebas a mayor escala que integren indicadores inmunológicos (fenoloxidasa, SOD, catalasa, lisozima) para optimizar el protocolo y validar su desempeño productivo y sanitario bajo diferentes condiciones operativas del cultivo temprano de *P. vannamei*.

13 BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, E., & López, P. (2020). Elaboración de una guía de transporte para postlarvas de *Penaeus vannamei*.
- Ahmad, M. F., Ahmad, F. A., Khan, M. I., Alsayegh, A. A., Wahab, S., Alam, M. I., & Ahmed, F. (2021). *G. lucidum*: A potential source to surmount viral infections through β -glucans immunomodulatory and triterpenoids antiviral properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 187, 769–779.
<https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2021.06.122>
- Alday-Sanz, V., Brock, J., Flegel, T. W., McIntosh, R., Bondad-Reantaso, M. G., Salazar, M., & Subasinghe, R. (2020). Facts, truths and myths about SPF shrimp in aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 12(1), 76–84. <https://doi.org/10.1111/raq.12305>
- Annual farmed shrimp production survey: A slight decrease in production reduction in 2023 with hopes for renewed growth in 2024 - Responsible Seafood Advocate. (2023, octubre 9). Global Seafood Alliance. <https://www.globalseafood.org/advocate/annual-farmed-shrimp-production-survey-a-slight-decrease-in-production-reduction-in-2023-with-hopes-for-renewed-growth-in-2024/>
- Ariza Miraval, W. C. (2023). Residuos lignocelulósicos como sustratos en el cultivo de *G. lucidum* y *G. lucidum* applanatum.
- Ayimbila, F., Chaiyama, V., Siriwong, S., Srihanant, N., & Keawsompong, S. (2025). Simulated gut microbiota fermentation of polysaccharide extracts from *G. lucidum* and *G. lucidum* neo-japonicum. *International Journal of Biological Macromolecules*, 310(Pt 3).
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.143315>
- Barrios, Y. C., ... Y. L. Z.-R. de P., & 2023, undefined. (2023). Los fructooligosacáridos (FOS) como aditivos inmunoestimulante en el cultivo del camarón *Penaeus vannamei*: una revisión. *Revista de Producción Animal*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-79202023000300073&script=sci_arttext
- Bedoya Morera, D. G. (2023). Estudio bioquímico del potencial funcional de dos cepas de *G. lucidum* (Reishi) cultivadas en Colombia para su aplicación en la industria de alimentos.
- Bouallegui, Y. (2021). A comprehensive review on crustaceans' immune system with a focus on freshwater crayfish in relation to crayfish plague disease. *Frontiers in Immunology*, 12.
<https://doi.org/10.3389/FIMMU.2021.667787/FULL>

- Bürgel, P. H. M., de Castro, R. J. A., Basso, A. M., Coelho, L. C., Marina, C. L. F., Siqueira, I. M., Gonzales, A. V., Kucheryavy, P., Pomin, V. H., Carbonero, E. R., Tavares, A. H., & Bocca, A. L. (2025). Exopolysaccharides of *G. lucidum* activate the NLRP3 inflammasome, modulating phagocytes and the response of mice to infection with *Cryptococcus neoformans*. *Mycopathologia*, 190(3). <https://doi.org/10.1007/S11046-025-00950-W>
- Cadar, E., Negreanu-Pirjol, T., Pascale, C., Sirbu, R., Prasacu, I., Negreanu-Pirjol, B. S., Tomescu, C. L., & Ionescu, A. M. (2023). Natural bio-compounds from *G. lucidum* and their beneficial biological actions for anticancer application: A review. *Antioxidants*, 12(11), 1907. <https://doi.org/10.3390/ANTIOX12111907>
- Camara Nacional de Acuicultura. (2025). Estadísticas - Cámara Nacional de Acuicultura. <https://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>
- Camberos Solano, M. (2021). Perfil de expresión de serin proteínas y sus inhibidores en los hemocitos del camarón blanco *Penaeus vannamei* en respuesta al lipopolisacárido o a *Vibrio parahaemolyticus*. <https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/1471/1/Melissa%20Camberos%20Solano.pdf>
- Carranza Lozano, M. L. (2024). Evaluación de la producción de *G. lucidum* en pulpa de café expuesta a diferentes espectros de luz visible, Moyobamba 2022. <https://orcid.org/0000-0002-1142-5851>
- Castro Perez, G. M. (2024). Composición nutricional y funcional de granos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) sometidos a fermentación con dos inóculos de micelio (*G. lucidum* y *Pleurotus ostreatus*), Abancay - 2023. <https://www.proquest.com/openview/793701e7215a078b2e38e92c1e77f804/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&dis=y>
- Chowdhury, A., Chandan, C. S. S., Pandit, D., Ahammad, B., Rahman, Md. H., Chowdhury, Md. I., Mia, R., Akter, S., Rahman, M. Z., & Majumdar, B. C. (2024). Assessing White Spot Syndrome Virus (WSSV) and Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND) concurrent with *Vibrio* spp. in various *Penaeus monodon* aquaculture farms at southwestern region of Bangladesh. *Comparative Immunology Reports*, 7, 200178. <https://doi.org/10.1016/j.cirep.2024.200178>

- Claro-De-los-Santos, R., ... E. A.-M.-A., & 2025, undefined. (s/f). Impacto de la densidad poblacional en el sistema inmune, crecimiento y supervivencia de *Penaeus vannamei*. Abanico Veterinario. <https://doi.org/10.21929/abavet2025.4>
- De Souza Valente, C., & Wan, A. H. L. (2021). Vibrio and major commercially important vibriosis diseases in decapod crustaceans. *Journal of Invertebrate Pathology*, 181, 107527. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.107527>
- Dinday, S., & Ghosh, S. (2023). Recent advances in triterpenoid pathway elucidation and engineering. *Biotechnology Advances*, 68, 108214. <https://doi.org/10.1016/J.BIOTECHADV.2023.108214>
- Emerenciano, M. G. C., Rombenso, A. N., Vieira, F. d. N., Martins, M. A., Coman, G. J., Truong, H. H., Noble, T. H., & Simon, C. J. (2022). Intensification of penaeid shrimp culture: An applied review of advances in production systems, nutrition and breeding. *Animals*, 12(3), 236. <https://doi.org/10.3390/ani12030236>
- Espinoza, J., ... J. A.-...-R. C. y, & 2025, undefined. (2025). Mejoras en supervivencia y control de Vibrio spp. en precría de *Penaeus vannamei* mediante estrategias nutricionales con mezclas sinérgicas. *Revista IberoCiencias*. <https://revistaiberociencias.org/index.php/multidisciplinar/article/view/110>
- FAO. (2024). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024. <https://doi.org/10.4060/CD0683ES>
- Furtado da Silva, D. (n.d.). Perspectivas do potencial imunomodulador e antineoplásico de polissacarídeos e outras biomoléculas de *G. lucidum* sp. *Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana*. Retrieved October 25, 2025, from <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/4327/2897>
- Galappaththi, M. C., Patabendige, N. M., Premarathne, B. M., Hapuarachchi, K. K., Tibpromma, S., Dai, D. Q., ... & Karunarathna, S. C. (2022). Revisión de los triterpenoides de *G. lucidum* y sus bioactividades. *Biomolecules*, 13(1), 24.
- Gamberoni, P., Wuertz, S., Bierbach, D., Bögner, M., & Slater, M. J. (2025). European perspectives on *Penaeus vannamei* aquaculture: An expert's survey. *Aquaculture Reports*, 42, 102732. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2025.102732>
- Garibay-Valdez, E., Martínez-Porchas, M., Calderón, K., Gollas-Galván, T., Martínez-Córdova, L. R., Vargas-Albores, F., Arvayo, M. A., ... (2020). La microbiota del tracto digestivo de

- Camarones peneidos: una perspectiva histórica y estado del arte. *Biotecnia*, 22(1), 5–16.
<https://doi.org/10.18633/BIOTECNIA.V22I1.1119>
- Gavilanes, B., & Katherine, D. (2023). Evaluación del efecto inmunoestimulante de *G. lucidum* en el desarrollo general de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) en etapa de pre-engorde.
- Gómez, S. F. (2024). Respuestas fisiológicas e inmunológicas de postlarvas del langostino nativo *Macrobrachium acanthurus* alimentados con diferentes niveles de proteína y lípidos.
<https://ru.dgb.unam.mx/bitstreams/a8714def-eb89-4ba2-a16a-b4c5b97070a6/download>
- Gonzalez Vega, A. S., & Gonzalez Vega, A. T. (2023). Evaluación del ciclo vegetativo del hongo Reishi (*G. lucidum*) con diferentes sustratos en el cantón La Maná.
- Gracia Alicia Gómez Anduro, D., Javier Magallón Barajas, F., & Tania Zenteno Savín Co-Tutora Claudio Humberto Mejía Ruíz Co-Tutor, D. (2022). De inmunoestimulantes sobre parámetros inmunológicos, expresión de genes y resistencia a *Vibrio parahaemolyticus* en camarón blanco *Penaeus vannamei*.
<https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/2602>
- Guerra, S. (2025). *La estructura del comercio exterior del país cambia; el camarón se consolida como principal producto y supera al petróleo*.
<https://www.primicias.ec/revistagestion/analisis/comercio-exterior-ecuador-camaron-petroleo-exportaciones>
- Hu, Y., Lin, Z., Fu, H., Xia, J., Xiong, W., & Li, G. (2022). Immunomodulatory effect of *G. lucidum* polysaccharide extract on peritoneal macrophage function of BALB/c mice. *Cellular and Molecular Biology*, 68(4), 31–34. <https://doi.org/10.14715/CMB/2022.68.4.4>
- Ibarra, M. C. (2025). Evaluación del efecto de algas café sobre la respuesta inmune en camarón blanco *Penaeus vannamei* (BOONE, 1931).
<http://eprints.uanl.mx/29331/1/1080313266.pdf>
- Jia, T., Xu, T., Xia, J., Liu, S., Li, W., Xu, R., Kong, J., & Zhang, Q. (2023). Clinical protective effects of polyhexamethylene biguanide hydrochloride (PHMB) against *Vibrio parahaemolyticus* causing translucent post-larvae disease (VpTPD) in *Penaeus vannamei*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 201, 108002. <https://doi.org/10.1016/J.JIP.2023.108002>
- Jordy, R., & Melena, J. (2021). Principales agentes infecciosos asociados al cultivo del camarón blanco *Penaeus vannamei* reportados en Ecuador durante el periodo 2010–2021.

- Lecaro Mendoza, Alejandra, H., & Ana Gabriela Balseca Vaca. (2025). La calidad de agua y la concentración de *Vibrio* sp en el desarrollo del cultivo de larvas de *Penaeus vannamei*.
- Li, G. L., Tang, J. F., Tan, W. L., Zhang, T., Zeng, D., Zhao, S., Ran, J. H., Li, J., Wang, Y. P., & Chen, D. L. (2023). The anti-hepatocellular carcinoma effects of polysaccharides from *G. lucidum* by regulating macrophage polarization via the MAPK/NF- κ B signaling pathway. *Food & Function*, 14(7). <https://doi.org/10.1039/D2FO02191A>
- Li, H., Gao, J., Zhao, F., Liu, X., & Ma, B. (2023). Bioactive peptides from edible mushrooms—The preparation, mechanisms, structure–activity relationships and prospects. *Foods*, 12(15), 2935. <https://doi.org/10.3390/FOODS12152935>
- Liu, W., Wang, Z., Zhang, L., & Xu, X. (2019). Evaluation of immunological response in shrimp *Penaeus vannamei* to low temperature and air exposure during the mimic waterless transportation. *Fish & Shellfish Immunology*, 93, 774–781. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.08.014>
- Lopez Loera, J. D. (2025). Metagenómica de microbiota digestiva en *Penaeus vannamei*: Reservorio potencial de patógenos relevantes en salud pública.
- Luo, G., Pan, Z., Liu, Z., Cheng, W., & Yu, T. (2024). Influence of cultivation substrate on antioxidant activities and triterpenoid profiles of the fruiting body of *G. lucidum*. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1329579. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2024.1329579/BIBTEX>
- Maihuire, C., & Rodríguez, A. J. A. (s. f.). *Biología celular y organismos modelos*. 2022.
- Martín Ríos, L. D., & Espinosa López, G. (2022). Sistema inmune de Camarones peneidos de cultivo: Una revisión. *Scielo*, 34(1). <https://doi.org/10.1016/J.BBAGEN.2005.04.014>
- Miró Nczuk-Chodakowska, I., Kujawowicz, K., & Witkowska, A. M. (2021). Beta-glucans from fungi: Biological and health-promoting potential in the COVID-19 pandemic era. <https://doi.org/10.3390/nu13113960>
- Mohammed, E. A. H., Kovács, B., & Pál, K. (2025b). Recent knowledge in the application of *Saccharomyces cerevisiae* in aquaculture: A bibliometric and narrative review. *Antibiotics*, 14(8), 736. <https://doi.org/10.3390/ANTIBIOTICS14080736>
- Mohan, K., & Chithra, E. (2016). Potential use of *G. lucidum* polysaccharides as a feed supplement in diets on survival and growth performance of the grass carp,

Ctenopharyngodon idella. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, 4(5), 328–333. www.fisheriesjournal.com

- Mohan, K., Karthick Rajan, D., Muralisankar, T., Ramu Ganesan, A., Marimuthu, K., & Sathishkumar, P. (2022). The potential role of medicinal mushrooms as prebiotics in aquaculture: A review. *Reviews in Aquaculture*, 14(3), 1300–1332. <https://doi.org/10.1111/raq.12651>
- Mohan, K., Muralisankar, T., Uthayakumar, V., Chandirasekar, R., & Karthick Rajan, D. (2019). Dietary *G. lucidum* polysaccharides to enhance the growth, immune response and disease resistance of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture Reports*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100203>
- Moniruzzaman, M., Tuong, D. T. C., Chin, S., Anjana, S., Karthikeyan, A., Min, T., & Kim, I. J. (2025). A review on pharmacological insights of edible and medicinal mushroom based β -glucans. *Applied Biological Chemistry*, 68(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/S13765-025-01006-9/FIGURES/10>
- Monsalve, E. R., & Quiroga, E. (2022). Farmed shrimp aquaculture in coastal wetlands of Latin America—A review of environmental issues. *Marine Pollution Bulletin*, 183, 113956. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113956>
- Mueses Mafla, R. B. (2022). Evaluación sensorial y análisis químico de café de origen Nariñense, enriquecido con biomasa micelial de *G. lucidum* producido por fermentación líquida.
- OECD & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/08801ab7-en>
- Onomu, A. J., & Okuthe, G. E. (2024). The application of fungi and their secondary metabolites in aquaculture. *Journal of Fungi*, 10(10), 711. <https://doi.org/10.3390/jof10100711>
- Pan, Z., Lin, J., Luo, G., Cheng, W., Li, Y., & Wu, C. (2025). Unveiling triterpenoid superiority in a newly developed *G. lucidum* variety through untargeted metabolomics approach. *Frontiers in Nutrition*, 12. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2025.1541162/BIBTEX>
- Piedrahíta-Díaz¹, V., Ibarra-Vallejo, M., Leal-Mora, J. P., Cuartas-Pinillos, L. M., & Quintero Quiroz¹, J. (2024). Desarrollo de un nutraceutico con capacidad antioxidante y prebiótica a partir de hongos comestibles. *CYTA-Journal of Food*. <https://repository.ces.edu.co/server/api/core/bitstreams/0a5a2cf1-dbe8-4feb-b75f-d0c8a5e00dc2/content>

- Plosca, M. P., Chiş, M. S., Fărcaş, A. C., & Păucean, A. (2025). *G. lucidum*—From ancient remedies to modern applications: Chemistry, benefits, and safety. *Antioxidants*, 14(5), 513. <https://doi.org/10.3390/ANTIOX14050513>
- Pulgarín Sánchez, R. J., & Mora Coello, R. A. (2022). Comportamiento de las exportaciones de camarón y su incidencia en el crecimiento económico del Ecuador en el periodo 2011–2021. *Polo del Conocimiento*, 7(2), 59. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i1.3620>
- Ren, S., Liu, H., Sang, Q., Lu, M., Gao, Q., & Chen, W. (2025). A review of bioactive components and pharmacological effects of *G. lucidum*. *Food Science & Nutrition*, 13(7). <https://doi.org/10.1002/FSN3.70623>
- Ríos Sánchez, D. L. (2025, May 26). Evaluación del efecto del hongo *G. lucidum* en la elaboración de un pan de caja libre de gluten. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/jspui/bitstream/231104/6714/1/ATD987.pdf>
- Ríos, L. M., ... G. E. L.-R. de P., & 2022, undefined. (2022). Sistema inmune de Camarones peneidos de cultivo: Una revisión. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-79202022000100127&script=sci_arttext
- Rivera, J., Rodríguez, A., & Gonzalez, R. (2022). Cambios en la tasa de recambio metabólica, actividad digestiva y biota bacteriana en el camarón *Penaeus vannamei* por efecto del. <https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/2647>
- Rodríguez, J. (2025). Análisis comparativo de la supervivencia de *Penaeus vannamei* aplicando agua de pozo y de osmosis inversa durante el proceso de aclimatación. <https://repositorio.upse.edu.ec/items/4e865003-10fe-424c-9c50-34782ad994a5>
- Rodríguez-Farinango, C., Pineda-Insuasti, J., Alejandro Barrigas Revelo, D., Ariel Muñoz Puetate, F., & Alejandro Pineda Soto, C. (2022). Producción de *G. lucidum* y su potencial medicinal: una revisión. *Revista Biorrefinería*, 4, 3.
- Silva, J., Jiménez, I., Vivas, J., Mayer, L., Acuicultor, A. F.-El, & 2021, undefined. (2021). Algunas experiencias usando ácidos orgánicos para optimizar el desempeño de una larvicultura comercial de camarón blanco, *Penaeus vannamei*. https://www.researchgate.net/profile/Arnaldo-Figueredo-2/publication/349194917_Algunas_experiencias_usando_acidos_organicos_para_optimizar_el_desempeno_de_una_larvicultura_comercial_de_Camarón_blanco_Penaeus_vannamei/links/60248b4d92851c4ed5631890/Algunas-experiencias-usando-acidos-organicos-para-

optimizar-el-desempeno-de-una-larvicultura-comercial-de-Camarón-blanco-*Penaeus-vannamei*.pdf

- Soltani, M., Ghosh, K., Dutta, D., & Ringø, E. (2023). Prebiotics and probiotics as effective immunomodulators in aquaculture. In *Immunomodulators in Aquaculture and Fish Health*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003361183-13/PREBIOTICS-PROBIOTICS-EFFECTIVE-IMMUNOMODULATORS-AQUACULTURE-MEHDI-SOLTANI-KOUSHIK-GHOSH-DIPANJAN-DUTTA-EINAR-RING>
- Stevens, M. J. C. (2018). Efecto de alimentos funcionales para camarón blanco (*Penaeus vannamei*) sobre la expresión de genes asociados a la resistencia al virus de la mancha blanca (WSSV) y a una cepa toxigénica de *Vibrio parahaemolyticus* (AHPND). <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/2832>
- Sutthi, N., Wangkahart, E., Panase, P., & Pothakam, N. (2025). *Saccharomyces cerevisiae* supplementation enhances growth and immune response in Nile Tilapia during winter stress. *Aquaculture Nutrition*, 2025(1). <https://doi.org/10.1155/ANU/9955148>
- Tran, N. T., Liang, H., Li, J., Deng, T., Bakky, M. A. H., Zhang, M., & Li, S. (2023). Cellular responses in crustaceans under white spot syndrome virus infection. *Fish and Shellfish Immunology*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2023.108984>
- Urbano Najarro, A. M. (2025). Contenido de fenoles, flavonoides y proteínas solubles en *Elodea potamogeton* (Bert.) Ayacucho - 2024.
- Valdez Mireles, D. A. (2024). Desempeño biológico del camarón blanco (*Penaeus vannamei*) alimentado con fermento de harina de soya con *Saccharomyces boulardii*. https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/4146/1/tesis_David%20Alejandro%20Valdez%20Mireles_%2006%20ago%202024_BIB.pdf
- Valdez, R. (2025). Impacto de la calidad del agua en la tasa de mortalidad de larvas de *Penaeus vannamei* en el laboratorio SANLAB-2024. <https://repositorio.upse.edu.ec/items/b41d3c2a-3cd2-443f-878f-484d315152f6>
- Wang, T., Li, Q., Zhang, C., & Zhou, J. (2025). Multi-omics insights into antioxidant and immune responses in *Penaeus vannamei* subjected to low salinity, ammonia nitrogen stress, and combined conditions. *Aquaculture*, 589, 739741. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2025.739741>

- Wan-Mohtar, W. A. A. Q. I., Taufek, N. M., Thiran, J. P., Rahman, J. F. P., Yerima, G., Subramaniam, K., & Rowan, N. (2021). Investigations on the use of exopolysaccharide derived from mycelial extract of *G. lucidum* as functional feed ingredient for aquaculture-farmed red hybrid tilapia (*Oreochromis* sp.). *Future Foods*, 3, 100018.
<https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100018>
- Wu, S., Zhang, S., Peng, B., Tan, D., Wu, M., Wei, J. C., Wang, Y. T., & Luo, H. (2024). *G. lucidum*: A comprehensive review of phytochemistry, efficacy, safety and clinical study. *Food Science and Human Wellness*, 13(2), 568–596.
<https://doi.org/10.26599/FSHW.2022.9250051>
- Ye, Y. C., Zhu, B., Yun, J., Chen, J., & Zhang, D. D. (2023). Comparison of antioxidant and immunomodulatory effects of polysaccharides from different parts of *G. lucidum*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 252, 46–58.
<https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2023.02.029>
- Zhang, D., Luo, Y., Yang, J., Yang, L., & Xie, Z. (2025). Immunomodulatory effects of *G. lucidum* polysaccharides on growth performance, antioxidant and intestinal microbiota of juvenile *Penaeus vannamei*. *Aquaculture Reports*, 32, 102869.
<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2025.102869>

14. Anexos

Cosecha de postlarvas en laboratorio Mar Bravo



Toma de muestras para análisis de agua, salud postlarval y recepción del producto.



