



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

TÍTULO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Presencia de *Chattonella sp.* en el río Taura y estero Garzal y su impacto en la
producción camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un sistema
semi-intensivo

AUTOR

Blgo. Jhon Esteban Castillo Jalca

TRABAJO DE TITULACIÓN
Previo a la obtención del grado académico en
MAGÍSTER EN ACUICULTURA

TUTOR

MSc. Jorge Enrique Blacio Game

Santa Elena, Ecuador

Año 2026



**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**

**MSc. Jorge Enrique Blacio Game
TUTOR**

**PhD. Jerry Landívar Zambrano
ESPECIALISTA 1**

**PhD. Sonnya Mendoza Lombana
ESPECIALISTA 2**

**Ab. María Rivera González, Mgtr.
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, CASTILLO JALCA JHON ESTEBAN como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Acuicultura.

Atentamente,

MSc. Jorge Enrique Blacio Game
TUTOR



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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Jhon Esteban Castillo Jalca

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, **Presencia de *Chattonella* sp. en el río Taura y estero Garzal y su impacto en la producción camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un sistema semi-intensivo** previo a la obtención del título de 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 13 días del mes de febrero de año 2026

Blgo. Jhon Esteban Castillo Jalca
AUTOR



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

AUTORIZACIÓN

Yo, Jhon Esteban Castillo Jalca

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 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 13 días del mes de febrero de año 2026

Blgo. Jhon Esteban Castillo Jalca
AUTOR



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

CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado (Presencia de *Chattonella sp.* en el río Taura y estero Garzal y su impacto en la producción de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un sistema semi-intensivo), presentado por el estudiante, CASTILLO JALCA JHON ESTEBAN fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 7%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.



MSc. Jorge Enrique Blacio Game
TUTOR

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme bendiciones, fortalezas y capacidades que me ayudaron a seguir adelante y superar cada problema.

A todas las personas importantes que me dan fuerzas, motivaciones, apoyo moral e incondicional para lograr cumplir un objetivo más en mi vida.

Agradezco al equipo de laboratorio, por su confianza y valioso aporte. Gracias a ellos he podido crecer en el laboratorio, fortalecer mis capacidades y culminar mi tesis.

A mi tutor de tesis, Ingeniero Acuícola Jorge Enrique Blacio Game, M.Sc, por haberme brindado su apoyo, así como por compartirme sus conocimientos en el área, lo que me permitió culminar mi tesis.

Jhon Esteban Castillo Jalca

DEDICATORIA

*Este logro se lo dedico a Dios, porque su amor y gracia me
han dado fortaleza para seguir adelante.
A las personas más importantes para mí, quienes me han
enseñado la importancia de la vida*

Jhon Esteban Castillo Jalca

ÍNDICE GENERAL

TEMA.....	I
TRIBUNAL DE GRADO.....	II
CERTIFICACIÓN:	III
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	IV
DEDICATORIA.....	VIII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	1
MARCO TEÓRICO	3
<i>Descripción taxonómica de Chattonella sp.</i>	3
<i>Fundamentos para la determinación de parámetros físico-químicos en el agua</i>	3
OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS.....	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos.....	5
PLANTEAMIENTO HIPOTÉTICO.....	6
METODOLOGÍA	7
Monitoreo de <i>Chattonella sp.</i>	7
<i>Afluentes</i>	8
<i>Sistema semi-intensivo</i>	8
Parámetros físico-químicos del agua.....	9
<i>Determinación de pH</i>	9
<i>Determinación de salinidad, temperatura y oxígeno disuelto</i>	9
<i>Determinación de turbidez</i>	9
<i>Determinación de amonio</i>	10
<i>Determinación de nitrito</i>	10
<i>Determinación de nitrato</i>	10
<i>Determinación de fosfato</i>	11
Indicadores productivos	11
<i>Salud Animal</i>	11
<i>Branquias</i>	12
<i>Hepatopáncreas</i>	12

Análisis de datos.....	14
RESULTADOS.....	15
Afluentes	15
Parámetros físico-químicos del agua.....	15
<i>Salinidad</i>	15
<i>pH, temperatura y oxígeno disuelto (OD)</i>	17
<i>Amonio (NH₄⁺), nitrito (NO₂⁻), nitrato (NO₃⁻) y fosfato (PO₄³⁻)</i>	18
Sistema semi-intensivo.....	19
Parámetros físico-químicos del agua.....	20
<i>pH y temperatura</i>	20
<i>Amonio (NH₄⁺), nitrito (NO₂⁻), nitrato (NO₃⁻) y fosfato (PO₄³⁻)</i>	21
Indicadores productivos	22
<i>Supervivencia y crecimiento</i>	22
Salud Animal.....	23
<i>Branquias</i>	23
<i>Hepatopáncreas</i>	24
DISCUSIÓN.....	26
Parámetros físico-químicos	26
<i>Afluentes</i>	26
<i>Sistema semi-intensivo</i>	27
Indicadores productivos	28
<i>Supervivencia y crecimiento</i>	28
Salud Animal.....	28
CONCLUSIONES	29
RECOMENDACIONES	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> <i>Chattonella sp.</i>	3
<i>Figura 2</i> <i>Monitoreo de Chattonella sp.</i>	7
<i>Figura 3</i> <i>Puntos de muestreos de afluentes</i>	8
<i>Figura 4</i> <i>Histograma de frecuencias en concentración de Chattonella sp.</i>	15
<i>Figura 5</i> <i>Análisis de regresión lineal</i>	16
<i>Figura 6</i> <i>Comparación salinidad interanual.</i>	16
<i>Figura 7</i> <i>Análisis de componentes principales (ACP)</i>	17
<i>Figura 8</i> <i>Abundancia de Chattonella sp.</i>	19
<i>Figura 9</i> <i>Supervivencia (%)</i>	22
<i>Figura 10</i> <i>Crecimiento acumulado (g/sem).</i>	23

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Escala semicuantitativa para la evaluación de branquias y hepatopáncreas en L. vannamei mediante observación en montaje en fresco</i>	13
<i>Tabla 2 Comparación interanual de los valores promedio de pH, temperatura y oxígeno disuelto en los afluentes durante noviembre–diciembre (2022–2025)</i>	18
<i>Tabla 3 Concentraciones promedio de amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-) y fosfato (PO_4^{3-}) registradas durante los meses de noviembre y diciembre en los años 2022–2025</i>	18
<i>Tabla 4 Prevalencia de Chattonella sp. en diferentes etapas en el sistema semi-intensivo</i>	20
<i>Tabla 5 Comparación interanual de pH y temperatura en el sistema semi-intensivo durante noviembre–diciembre (2022–2025)</i>	21
<i>Tabla 6 Comparación interanual (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-) y fosfato (PO_4^{3-}) en el sistema semi-intensivo registradas durante los meses de noviembre y diciembre en los años 2022–2025</i>	22
<i>Tabla 7 Indicadores sanitarios en branquias en condiciones con y sin presencia de Chattonella sp.</i>	24
<i>Tabla 8 Indicadores sanitarios del hepatopáncreas en condiciones con y sin presencia de Chattonella sp.</i>	25

RESUMEN

La presencia del género *Chattonella sp.* ha sido asociada a eventos de afectación productiva y sanitaria en sistemas acuícolas; sin embargo, su impacto en condiciones de cultivo semi-intensivo en Ecuador es aún limitado. El presente estudio evaluó la presencia de *Chattonella sp.* en el río Taura y estero Garzal, y su impacto en la supervivencia y el crecimiento de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un sistema semi-intensivo durante los meses de noviembre y diciembre entre 2022 y 2025.

El monitoreo incluyó 8 puntos de muestreo en afluentes y 16 puntos distribuidos entre recirculadores y canales más 15 puntos de drenajes en el sistema de cultivo, además de 140 piscinas de engorde y 10 precrías. La presencia de *Chattonella sp.* se registró únicamente en 2024, en el sistema de cultivo semi-intensivo, la concentración máxima fue 612 cel/mL en drenajes, 340 cel/mL en recirculadores y 136 cel/mL en piscinas de engorde y no se detectó en precrías.

En afluentes, la concentración máxima registrada fue de 901 cel/mL (río Taura), la microalga se presentó en un rango amplio de salinidad de 5,1 hasta 20,3 ppt, sin evidenciar relación directa con este parámetro, ni con pH, temperatura, oxígeno disuelto o nutrientes inorgánicos dentro del mismo año de detección.

No se detectaron diferencias significativas en los parámetros de supervivencia y crecimiento entre los sistemas con y sin presencia. De igual manera, los indicadores sanitarios en branquias y hepatopáncreas evaluados mediante patología en fresco no evidenciaron alteraciones significativas asociadas a la presencia de la microalga. Se concluye que, bajo las condiciones ambientales y concentraciones registradas, la presencia de *Chattonella sp.* no alcanzó umbrales críticos capaces de generar impactos productivos ni sanitarios significativos en *Litopenaeus vannamei* en un sistema semi-intensivo durante el periodo evaluado.

Palabras claves: *Chattonella sp.*, *Litopenaeus vannamei*, río Taura, estero Garzal, Ecuador.

ABSTRACT

The presence of the genus *Chattonella* has been associated with production and health problems in aquaculture systems; however, its impact under semi-intensive farming conditions in Ecuador is still limited. This study evaluated the presence of *Chattonella sp.* in the Taura River and Garzal Estuary, and its impact on the survival and growth of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in a semi-intensive system during November and December between 2022 and 2025. Monitoring included 8 sampling points in tributaries and 16 points distributed among recirculators and canals, plus 15 drainage points in the culture system, in addition to 140 grow-out ponds and 10 nursery ponds. The presence of *Chattonella sp.* was only detected in 2024. In the semi-intensive culture system, the maximum concentration was 612 cells/mL in drainage, 340 cells/mL in recirculators, and 136 cells/mL in grow-out ponds. It was not detected in nursery ponds.

In effluents, the maximum concentration recorded was 901 cells/mL (Taura River), and the microalga was present across a wide salinity range of 5.1 to 20.3 ppt, with no direct correlation shown with this parameter, nor with pH, temperature, dissolved oxygen, or inorganic nutrients within the same year of detection.

No significant differences were detected in survival and growth parameters between systems with and without the presence of the microalga. Similarly, the health indicators in gills and hepatopancreas, evaluated using fresh pathology, did not show significant alterations associated with the presence of the microalga. It is concluded that, under the environmental conditions and concentrations recorded, the presence of *Chattonella sp.* did not reach critical thresholds capable of generating significant productive or health impacts on *Litopenaeus vannamei* in a semi-intensive system during the evaluation period.

Keywords: *Chattonella sp.*, *Litopenaeus vannamei*, Taura River, Garzal Estuary, Ecuador.

TEMA

Presencia de *Chattonella sp.* en el río Taura y estero Garzal y su impacto en la producción camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un sistema semi-intensivo.

INTRODUCCIÓN

Las floraciones algales nocivas (FAN) representan una de las principales amenazas para la acuicultura a nivel mundial. Estos eventos ocurren cuando ciertos grupos de microalgas experimentan un crecimiento exponencial bajo condiciones ambientales específicas, tales como elevadas concentraciones de nutrientes, altas salinidades y temperaturas favorables. Como consecuencia, las FAN pueden alterar significativamente la calidad del agua y generar impactos negativos en las actividades productivas asociadas a la acuicultura (Miller, M. A., & Tompkins, 2022; Hallegraeff, 2021; Tseng y Lin, 2021; Hillebrand & Albrecht, 2020; Kudela & Gobler, 2020; Montaña-Moctezuma et al., 2012; Litchman & Klausmeier, 2020; Machado & Cruz, 2020; McQuaid & Davison, 2019; Doval & Sgarlata, 2019; Rodríguez & Hernández, 2018; Hallegraeff, 2010; Hallegraeff, 2003; Alonso-Rodríguez & Páez-Osuna, 2003).

El incremento y la variabilidad de parámetros físico-químicos en cuerpos de agua, frecuentemente asociados a actividades antropogénicas, han sido señalados como factores que favorecen la ocurrencia de estos eventos. No obstante, la ausencia de monitoreos sistemáticos limita la implementación de estrategias efectivas de prevención y manejo (Anderson, Cembella & Hallegraeff, 2012; Anderson et al., 2019; Montaña, 2012; Hiroishi, Okada, Imai & Yoshida, 2005; Marshall, Nichols, Hamilton, Lewis & Hallegraeff, 2003; Nakamura & Umemori, 1991).

Dentro de los organismos asociados a las FAN, el género *Chattonella sp.*, perteneciente a la clase Raphidophyceae, ha sido ampliamente reconocido por su capacidad de generar efectos nocivos en organismos acuáticos. Estas microalgas producen compuestos como radicales libres y ácidos grasos poliinsaturados, los cuales afectan la viabilidad de crustáceos y moluscos cultivados. Asimismo, pueden ocasionar daños en peces mediante la producción de toxinas con efectos hemolíticos y hemoaglutinantes, lo que se traduce en importantes pérdidas económicas en sistemas acuícolas (Oda et al., 1994; Khan et al., 1995; Khan et al., 1996a; Khan et al.,

1996b; Tanaka et al.,1994; Kim et al., 2001; Marshall et al., 2002a; Marshall et al., 2002b; Marshall et al., 2003; Kuroda et al., 2005; Aoki et al., 2014; Ahumada, 2020; Gibbons & Waller, 2021).

En Ecuador, la acuicultura del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) constituye uno de los pilares fundamentales de la economía nacional, posicionándose como uno de los principales productos de exportación no petroleros del país. Este sector genera divisas y empleo en zonas costeras, donde los diferentes sistemas de cultivo dependen en gran medida de la calidad del agua proveniente de sistemas estuarios y fluviales (Instituto Nacional de Pesca, 2020; Suárez, Burbano & Calderón, 2009).

Bajo estas condiciones, el río Taura y el estero Garzal constituyen zonas estratégicas para la actividad acuícola, particularmente para el cultivo de camarón blanco (*L. vannamei*), debido al suministro de agua salobre que puede alcanzar salinidades de hasta 20 ppt durante la época seca (Instituto Nacional de Pesca, 2020; Bonifaz, 2024; Santa Priscila, 2024; Suárez, Burbano & Calderón, 2009).

Sin embargo, la posible proliferación de *Chattonella sp.* en estos sistemas representa un riesgo para la productividad acuícola, al afectar la calidad del agua y la salud de los organismos cultivados. A pesar de que este género ha sido ampliamente estudiado a nivel internacional, en Ecuador la información disponible es limitada, existiendo únicamente reportes aislados en el canal de Jambelí (1990) y en el río Guayas (2007), sin una evaluación clara de sus impactos en sistemas productivos (Kuroda, Nakashima, Yamaguchi & Oda, 2005; Sakamoto y Tanaka, 2021; Shumway & Parsons, 2021; Alonso-Rodríguez & Páez-Osuna, 2003; Mero & Usca, 2017; Ishimatsu et al., 2020; Anderson & Gilbert, 2020; Anderson & Keafer, 2021; Anderson & Kulis, 2018)

A nivel nacional, existe una limitada comprensión sobre la presencia, distribución y abundancia de *Chattonella sp.*, así como de su relación con los parámetros físico-químicos y su posible impacto en los indicadores productivos del camarón blanco en sistemas semi-intensivos en Ecuador.

MARCO TEÓRICO

Descripción taxonómica de Chattonella sp.

Reino Chromista

Filo Ochrophyta

Clase Raphidophyceae

Orden Chattonellales

Familia Chattonellaceae

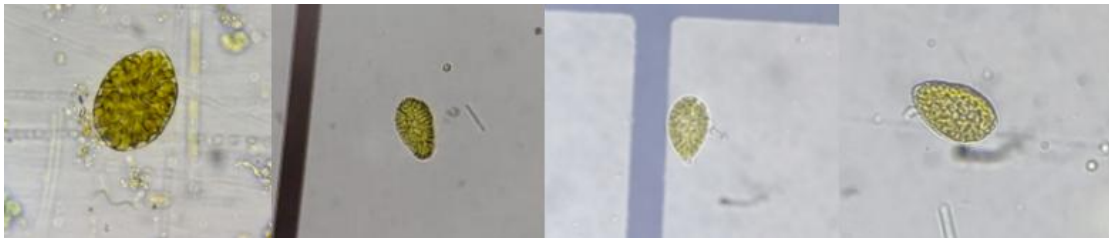
Género *Chattonella* Biecheler, 1936

Son células desnudas, sin pared celular rígida, con presencia de vacuolas y vesículas mucilaginosas, de forma ovalada a elipsoidal, con cloroplastos discoidales de color amarillo-parduzco dispuestos periféricamente y ausencia de tecas o placas celulares, con dos flagelos insertados anteriormente, uno longitudinal y otro transversal (figura 1).

El reconocimiento taxonómico del género se basó en los criterios morfológicos descritos por Biecheler (1936), en la reclasificación posterior de especies marinas realizada por Hada (1974) y en criterios taxonómicos actuales para *Chattonella sp.* (Demura et al., 2009).

Figura 1

Chattonella sp.



Nota: Representación gráfica de *Chattonella sp.* y sus diferentes formas. Fuente: Autor

Fundamentos para la determinación de parámetros físico-químicos en el agua

Amonio

Los compuestos de amonio se combinan con cloro para formar monocloramina. La monocloramina reacciona con salicilato para formar 5-aminosalicilato. El 5-aminosalicilato se

oxida en presencia de un catalizador de nitroprusiato de sodio para formar un compuesto de color azul. El color azul es enmascarado por el color amarillo del reactivo en exceso, dando como resultado una solución de color verde final (APHA, 2017; Hach método Salicylate method 8155).

Nitrito

El nitrito presente en la muestra reacciona con el ácido sulfanílico para formar una sal de diazonio intermedia. Esta se acopla con el ácido cromotrópico para producir un complejo de 7color rosado, directamente proporcional a la cantidad de nitrito presente (APHA, 2017; Hach método Diazotization Method 8507).

Nitrato

El cadmio, utilizado como agente reductor en este método, transforma el nitrato presente en la muestra en nitrito. Luego, el nitrito reacciona en medio ácido con ácido sulfanílico y forma una sal de diazonio intermedia. Esta sal se combina con el ácido gentísico, un agente de acoplamiento que al reaccionar con la sal forma un compuesto de coloración ámbar (APHA, 2017; Hach Salicylate method 8155).

Fosfato

El ortofosfato reacciona con el molibdato en un medio ácido para formar un complejo fosfato-molibdato. El ácido ascórbico reduce este complejo, generando un color azul intenso conocido como “azul de molibdeno” (APHA, 2017; Hach método Ascorbic Acid 8048).

OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

Objetivo general

Evaluar la presencia de *Chattonella sp.* en el río Taura y estero Garzal y su impacto en la producción de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un sistema semi-intensivo.

Objetivos específicos

- Relacionar la presencia de *Chattonella sp.* con los parámetros físico-químicos del sistema semi-intensivo, del río Taura y del estero Garzal.
- Comparar la supervivencia, crecimiento acumulado del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un sistema semi-intensivo entre periodos con y sin presencia de *Chattonella sp.*
- Comparar signos patológicos de las branquias, hepatopáncreas del camarón blanco en cultivo en un sistema semi-intensivo entre periodos con y sin presencia de *Chattonella sp.*

PLANTEAMIENTO HIPOTÉTICO

H₀: La presencia de *Chattonella sp.* en el río Taura y estero Garzal no se relaciona con las condiciones físico-químicas del sistema ni afecta la supervivencia, el crecimiento y los indicadores sanitarios branquiales y hepatopancreáticos de *Litopenaeus vannamei* en un sistema semi-intensivo.

H₁: La presencia de *Chattonella sp.* en el río Taura y estero Garzal se relaciona con condiciones físico-químicas del sistema y afecta la supervivencia, el crecimiento y los indicadores sanitarios branquiales y hepatopancreáticos de *Litopenaeus vannamei* en un sistema semi-intensivo.

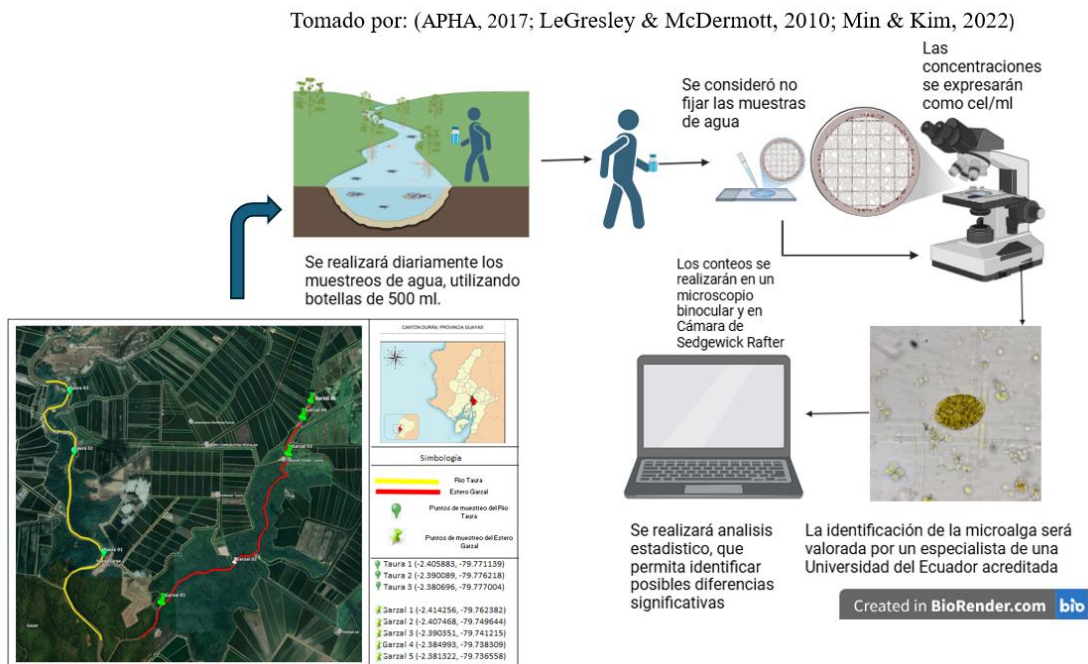
METODOLOGÍA

Monitoreo de *Chattonella sp.*

En los afluentes y en el sistema semi-intensivo se recolectaron muestras de agua en botellas de 500 mL (APHA, 2017). La identificación y cuantificación de *Chattonella sp.* se realizó de acuerdo con métodos estandarizados para el análisis de fitoplancton mediante la observación de células vivas con un microscopio Boeco BM-700 y cámara de Sedgewick Rafter (LeGresley & McDermott, 2010), utilizando muestras de agua sin fijar analizadas el mismo día de su recolección, considerando la fragilidad celular de este género (Min & Kim, 2022) (figura 2). Las concentraciones de *Chattonella sp.* se expresaron como células por mililitro (cel/mL). Las muestras en las que se registró una concentración ≥ 1 cel/mL se clasificaron como con presencia y cuando no se detectaron células, como ausencia.

Figura 2

*Monitoreo de *Chattonella sp.**



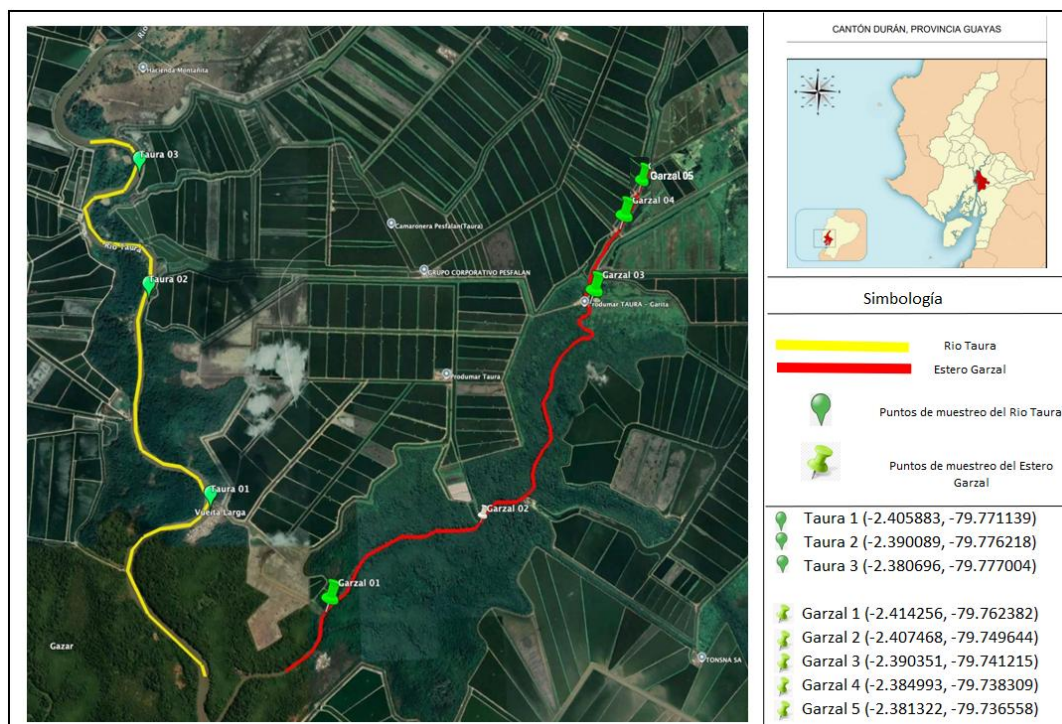
Nota: Esquematización del monitoreo de agua en los dos sistemas hidrológicos: río Taura y estero Garzal

Afluentes

Se monitorearon 8 puntos en similares condiciones climáticas entre los afluentes Río Taura y el Estero Garzal (Figura 3), en aguaje y quiebra en diferentes estados de mareas: marea alta y marea baja

Figura 3

Puntos de muestreo de afluentes



Nota: Identificación de puntos de muestreo del Río Taura y Estero Garzal Fuente: Autor

En los afluentes, el monitoreo comprendió el período 2022 hasta 2025 y se realizó en un laboratorio de un centro de cultivo privado. Los datos de 2022 y 2023 corresponden a registros históricos generados con una frecuencia de muestreo de dos veces por semana. Mientras que en 2024 y 2025, se mantuvo esta frecuencia entre enero y octubre, incrementándose a muestreos diarios durante noviembre y diciembre

Sistema semi-intensivo

En el sistema semi-intensivo se incluyó el monitoreo de 16 puntos distribuidos entre

recirculadores y canales, 15 puntos de muestreo en drenajes, además de 140 piscinas de engorde y 10 precrías en el sistema semi-intensivo.

El monitoreo también abarcó el período comprendido entre 2022 y 2025 y se realizó en el mismo laboratorio de un centro de cultivo privado. Para los años 2022 y 2023 fueron obtenidos de registros históricos, generados con una frecuencia de dos veces por semana en recirculadores y canales, y de una vez por semana en piscinas de engorde y precría. Este esquema se mantuvo entre enero y octubre de 2024 y 2025.

No obstante, durante los meses noviembre y diciembre de 2024 y 2025, el monitoreo en recirculadores y canales se realizó de forma diaria. En el mismo periodo, las piscinas de engorde y precrías fueron monitoreadas dos veces por semana; sin embargo, aquellas en las que se registró la presencia inicial de *Chattonella sp.* fueron monitoreadas diariamente hasta el final del ciclo productivo.

Parámetros físico-químicos del agua

En los mismos puntos de muestreo previamente descritos para el monitoreo de *Chattonella sp.* en los afluentes y el sistema semi-intensivo se midieron los parámetros físico-químicos en muestras de agua, tales como temperatura, pH, salinidad, oxígeno disuelto, turbidez, amonio, nitrito, nitrato y fosfato. Algunos de estos parámetros se determinaron utilizando los kits de reactivos Hach, siguiendo los procedimientos estandarizados recomendados por la Asociación Estadounidense de Salud Pública (APHA, 2017)

Determinación de pH

Con un medidor de pH de bolsillo Oakton Ecotest-BIOWEB se ingresó el sensor a 50 mL de la muestra de agua de los afluentes.

Determinación de salinidad, temperatura y oxígeno disuelto

Se midió en el oxigenómetro YSI PRO SOLO: la salinidad, temperatura u oxígeno disuelto. En cada punto de muestreo se sumergió el sensor del equipo y se esperó de 1 a 2 minutos. Los valores fueron expresados como partes por mil (ppt) para salinidad, grados Celsius (°C) para temperatura y para oxígeno disuelto se expresó en mg/L.

Determinación de turbidez

En cada punto de muestreo se sumergió un disco Secchi, en el agua de los afluentes y

dentro del sistema camaronero, para determinar la profundidad que penetra la luz en la columna de agua. Las unidades se expresaron en centímetros (cm).

Determinación de amonio

Se preparó un blanco con 10 mL de agua desionizada en un tubo de ensayo estéril. En otro tubo de ensayo estéril se colocaron 10 mL de la muestra de agua a analizar. Se adicionó el reactivo Amonio Salicylate, se agitó vigorosamente hasta su disolución y se dejó reaccionar durante 3 minutos. Posteriormente, se adicionó el reactivo Amonio Cyanurate, se agitó nuevamente y se dejó reaccionar durante 15 minutos. Transcurrido este tiempo, las muestras se colocaron en una celda para su medición en el equipo HACH. Se limpió la celda del blanco, se insertó en el equipo y se realizó la calibración a cero, obteniendo una lectura de 0.0 mg/L de $\text{NH}_3\text{-N}$. Luego, se limpió la celda de la muestra, se insertó en el equipo y se efectuó la medición. El resultado se expresó en mg/L de $\text{NH}_3\text{-N}$.

Determinación de nitrito

Previo al análisis, las alícuotas fueron filtradas tomando 10 mL de muestra con una jeringa, acoplado un filtro Chromafil y haciendo pasar el contenido a través de este. Este procedimiento se aplicó tanto para la muestra blanco como para la de análisis. Se inició el programa 371 N correspondiente a la determinación de nitrito en rango bajo. La muestra se preparó mezclando 10 mL de agua filtrada con un sobre del reactivo NitriVer 3 hasta su completa disolución. La aparición de una coloración fucsia indicó la presencia de nitrito. Se dejó reaccionar durante 20 minutos. El blanco se preparó con 10 mL de muestra filtrada en una celda limpia, se insertó en el equipo y se realizó la calibración a cero, obteniendo una lectura de 0.0 mg/L N-NO_2 . Posteriormente, la celda con la muestra de análisis se limpió y, una vez transcurrido el tiempo de reacción, se insertó en el equipo para realizar la medición. El resultado se expresó en mg/L N-NO_2 .

Determinación de nitrato

Se inició el programa 353 N correspondiente a la determinación de nitrato en rango medio. La muestra se preparó colocando 10 mL de agua en una celda, a la cual se añadió un sobre del reactivo NitraVer 5. Posteriormente, se agitó vigorosamente durante 1

minuto y se dejó reaccionar durante 5 minutos, observándose una coloración ámbar que indicó la presencia de nitratos. El blanco se preparó con 10 mL de muestra en una celda limpia, la cual se insertó en el equipo para realizar la calibración a cero, obteniendo una lectura de 0.0 mg/L N-NO₃. La celda con la muestra de análisis se limpió y se leyó dentro del tiempo de reacción establecido. Finalmente, se realizó la medición y el resultado se expresó en mg/L N-NO₃.

Determinación de fosfato

Se inició el programa 490 P correspondiente a la determinación de fosfato. La muestra se preparó añadiendo 10 mL de agua en una celda, a la cual se incorporó un sobre del reactivo PhosVer 3. Posteriormente, la celda se tapó y se agitó vigorosamente durante 20–30 segundos. A continuación, se dejó reaccionar durante 2 minutos.

De forma paralela, se preparó el blanco con 10 mL de muestra en una celda limpia, la cual se insertó en el equipo para realizar la calibración a cero, obteniendo una lectura de 0.0 mg/L PO₄³⁻. La celda con la muestra de análisis se limpió antes de su lectura y, una vez transcurrido el tiempo de reacción, se procedió a realizar la medición. El resultado se expresó en mg/L PO₄³⁻.

Indicadores productivos

De acuerdo con los criterios de Pérez-Morales et al (2017) y Zorrilla et al (2006), se comparó la supervivencia expresada en porcentaje y crecimiento acumulado expresado en gramos al final del ciclo de cultivo del camarón blanco (*L. vannamei*), en piscinas con presencia y ausencia de *Chattonella sp.* en un sistema de cultivo semi-intensivo en los meses noviembre y diciembre de 2024.

Salud Animal

Se monitorearon las piscinas en cultivo que fueron detectadas con *Chattonella sp.* Se realizó un muestreo dirigido por piscina de un total de 15 individuos de camarón por semana con signos patológicos como branquias oscuras y hepatopáncreas reducidos.

De acuerdo con los criterios establecidos por Lightner (1996) y Morales & Cuéllar-Anjel (2014), se evaluaron mediante patología en fresco utilizando un microscopio óptico Boeco BM-700 las condiciones de las branquias y la deformación de los túbulos del hepatopáncreas.

Asimismo, el contenido lipídico se determinó según el índice propuesto por Marcillo (2010), Dicho índice fue adaptado a una escala semicuantitativa, reduciendo el número de categorías de seis a cuatro grados mediante la agrupación de rangos consecutivos del índice original. Esta adaptación permitió optimizar la consistencia en la estimación visual de la vacuolización, mejorar la reproducibilidad de la evaluación y facilitar la interpretación del estado de reserva lipídica del hepatopáncreas (tabla 1).

Las branquias y el hepatopáncreas fueron extraídos y observados directamente en portaobjetos con solución salina, sin fijación ni tinción histológica, con el fin de evaluar alteraciones morfológicas evidentes y el estado general de los tejidos.

Branquias

Se evaluó el estado general de las lamelas branquiales, considerando la presencia de suciedad branquial asociada a obstrucciones por material particulado de sedimentos y exceso de mucus, así como melanizaciones.

Los hallazgos se clasificaron según sus grados de afectación (G): ausente (grado 0), leve (grado 1), moderada (grado 2), severo (grado 3) y muy severa (grado 4). Adicionalmente, se registró la frecuencia (F), expresada como el porcentaje de animales que presentaron cada grado de afectación.

Hepatopáncreas

La presencia de lípidos fue clasificada según su porcentaje de llenura de los túbulos hepatopancreáticos en: ausente (grado 0; túbulos vacíos), bajo (grado 1; 5 a 20 % de lípidos), bajo a moderado (grado 2; 20 a 50 % de lípidos), moderado (grado 3; 50 a 80 % de lípidos) y alto (grado 4; 80 a 100 % de lípidos). Adicionalmente, se registró la frecuencia (F) como el porcentaje de animales que presentaron cada grado de afectación.

Además, se evaluó la deformación de los túbulos y melanización clasificando los grados de afectación (G) ausente (grado 0), leve (grado 1), moderada (grado 2), severo (grado 3) y muy severa (grado 4) y así mismo se registró la frecuencia (F), expresada como el porcentaje de animales que presentaron cada grado de afectación

Tabla 1

*Escala semicuantitativa para la evaluación de branquias y hepatopáncreas en *L. vannamei* mediante observación en montaje en fresco*

Órganos	Signos patológicos	Grados de afectación	Estado	Descripción	
Hepatopáncreas	<i>Llenura de Lípidos</i>	0	Ausente	Túbulos vacíos	
		1	Bajo	Túbulos con un 5 a 20% de su área llena con vacuolas	
		2	Bajo a moderado	Túbulos con un 20 a 50% de su área llena con vacuolas	
		3	Moderado	Túbulos con un 50 a 80% de su área llena con vacuolas	
		4	Alto	Túbulos con un 80 a 100% de su área llena con vacuolas	
	<i>Deformidad de túbulos</i>	0	Ausente	Túbulos normales, sin deformación	
		1	Leve	Baja deformación tubular (1–5 túbulos/campo)	
		2	Moderado	Deformación tubular moderada (6–10 túbulos/campo)	
		3	Severo	Alta deformación (11–16 túbulos/campo)	
		4	Muy severo	Deformación generalizada (>16/campo)	
	<i>Melanización de túbulos</i>	0	Ausente	Túbulos normales, sin melanización	
		1	Leve	Baja melanización tubular (1–5 túbulos/campo)	
		2	Moderado	Melanización tubular moderada (6–10 túbulos/campo)	
		3	Severo	Alta melanización (11–16 túbulos/campo)	
		4	Muy severo	Melanización generalizada (>16/campo)	
	Branquias	<i>Suciedad</i>	0	Ausente	Sin presencia de material particulado
			1	Leve	25% de cobertura en branquias
			2	Moderado	50% de cobertura en branquias
			3	Severo	75% de cobertura en branquias
			4	Muy severo	100% de cobertura en branquias
<i>Melanización de lamelas</i>		0	Ausente	Lamelas normales, sin melanización	
		1	Leve	Baja melanización en lamelas (1–5 lamelas/campo)	
		2	Moderado	Melanización lamelar moderada (6–10 lamelas/campo)	
		3	Severo	Alta melanización (11–16 lamelas/campo)	
		4	Muy severo	Melanización generalizada (>16 lamelas/campo)	

Análisis de datos

Los datos fueron organizados en Microsoft Excel y analizados utilizando el software InfoStat versión 2020I.

Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) sobre las variables físico-químicas, previa estandarización de los datos, para la identificación de patrones de asociación con la presencia de *Chattonella sp.*

La normalidad de los datos se evaluó mediante la prueba de Shapiro–Wilk. Para el análisis de variables con distribución normal se empleó un análisis de varianza de una vía (ANOVA), seguido de la prueba post hoc de Tukey para la comparación múltiple de medias. En aquellos casos en los que no se cumplió el supuesto de normalidad, se utilizaron pruebas no paramétricas, específicamente la prueba de Kruskal–Wallis.

La relación entre la abundancia de *Chattonella sp.* (variable dependiente) y los parámetros físico-químicos (variables independientes) se evaluó mediante análisis de regresión lineal simple, considerando el coeficiente de determinación (R^2) como medida de ajuste del modelo.

Para los análisis comparativos, la condición del sistema (presencia o ausencia de *Chattonella sp.*) se consideró como variable independiente, mientras que los parámetros físico-químicos, los indicadores productivos (crecimiento acumulado y supervivencia) y los indicadores sanitarios se consideraron variables dependientes.

Adicionalmente, se realizó un análisis multivariado mediante componentes principales (ACP) con el fin de evaluar la asociación conjunta entre los parámetros físico-químicos y su relación con la presencia de *Chattonella sp.* en los afluentes.

En todos los análisis se consideró un nivel de significancia de $p \leq 0.05$

RESULTADOS

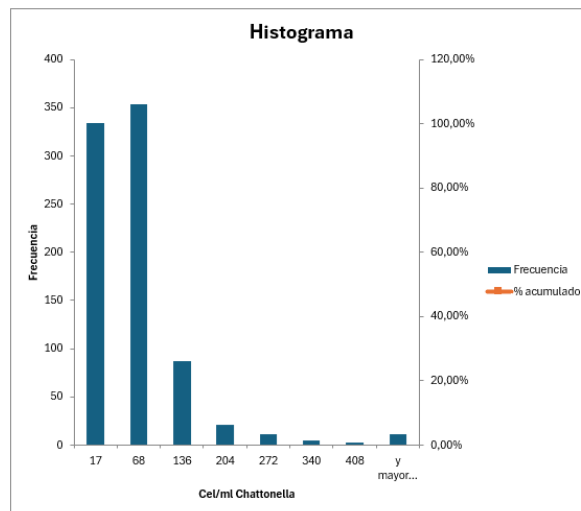
Afluentes

El primer registro de *Chattonella sp.* fue el 13 de noviembre del 2024 (semana 46) en el Río Taura. Se registró una concentración máxima de 901 cel/mL. La concentración promedio fue de 56 ± 3 cel/mL.

Los datos se agrupan principalmente en concentraciones bajas entre 17 a 68 cel/mL, con una disminución significativa de frecuencias conforme aumentan las concentraciones. El 2% de los datos corresponden a concentraciones mayores de 340 cel/mL (figura 4).

Figura 4

Histograma de frecuencias



Nota: *Histograma de frecuencias en concentración de Chattonella sp*

Parámetros físico-químicos del agua

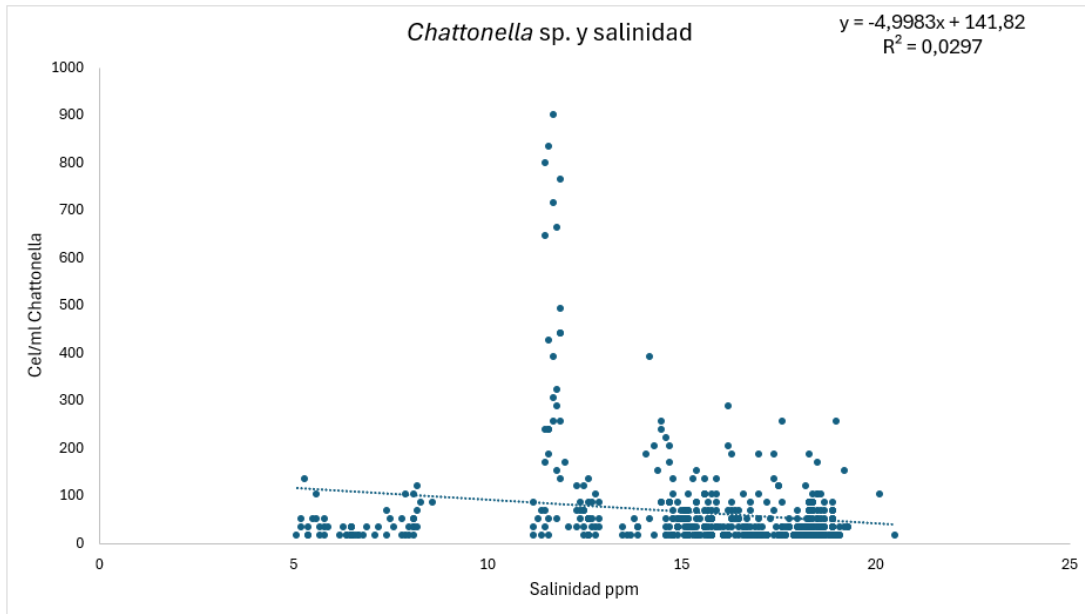
Salinidad

La presencia de *Chattonella sp.* se observó en un rango de salinidad entre 5,1 y 20,3 ppt en los afluentes. Aunque las concentraciones más altas de esta microalga se registraron en salinidades de 11,5 a 11,9 ppt, el análisis de regresión lineal no evidenció una relación lineal fuerte entre la abundancia de *Chattonella sp.* y la salinidad ($R^2 = 0,0297$; figura 5).

Los valores más altos de salinidad se registraron en 2024, año en el que se detectó la presencia de *Chattonella sp.* y la comparación entre años 2023 y 2025 evidenció diferencias significativas con la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis ($H(3) = 23,18$; $p < 0,0001$), excepto en 2022 cuyos valores estadísticamente fueron similares (figura 6).

Figura 5

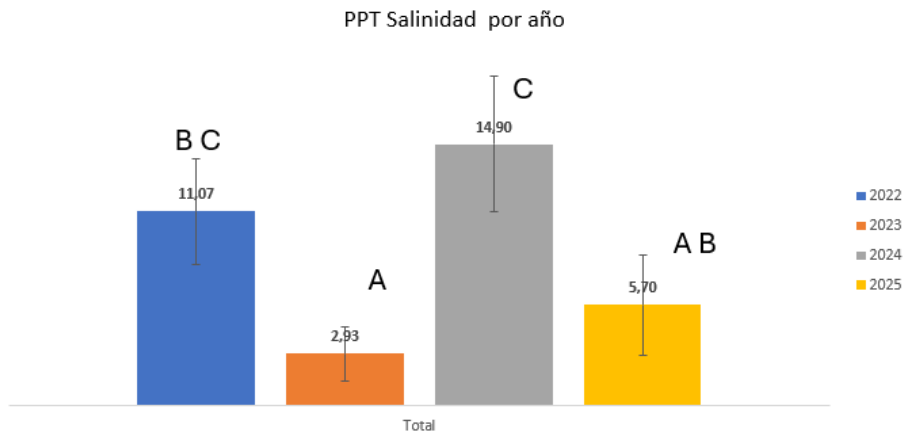
Análisis de regresión lineal



Nota: *Relación entre abundancia de Chattonella sp. y salinidad en afluentes*

Figura 6

Comparación interanual salinidad



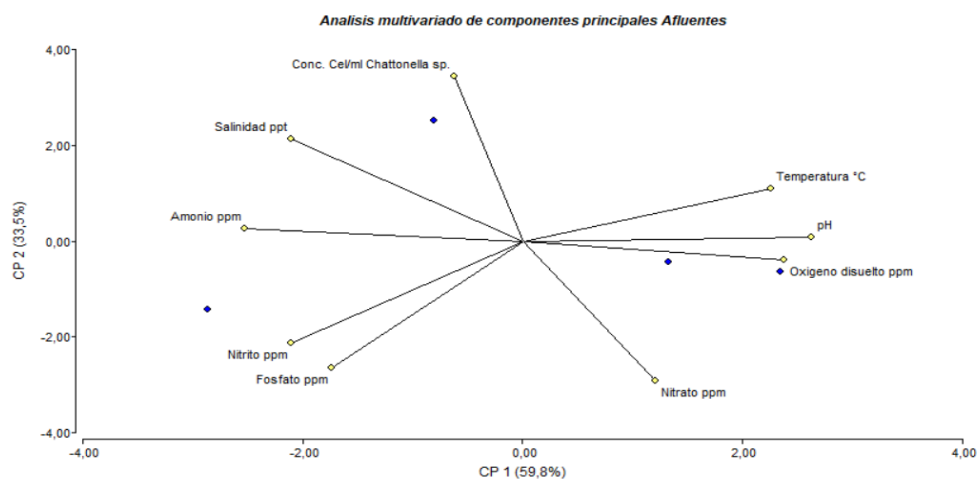
Nota: *Salinidad media (ppt) por año durante noviembre–diciembre. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).*

El análisis de componentes principales (ACP; figura 7) explicó el 93.3% de la variabilidad total, siendo el componente principal 1 (CP1 = 59.8%) y el componente principal 2 (CP2 = 33.5%)

los que concentraron la mayor proporción de la variación. En este análisis multivariado, la abundancia de *Chattonella sp.* mostró una asociación positiva con la salinidad, reflejada en la proximidad y dirección similar de sus vectores en el espacio multivariado. No obstante, esta asociación debe interpretarse como una tendencia conjunta dentro del conjunto de variables analizadas, y no como evidencia de una relación lineal fuerte entre ambas variables por sí solas. En contraste, *Chattonella sp.* presentó una relación inversa con los nutrientes disueltos, particularmente fosfatos (PO₄), nitritos (NO₂) y nitratos (NO₃), lo que sugiere que mayores concentraciones de estos compuestos no se asocian con incrementos en su abundancia. Por su parte, variables como pH, oxígeno disuelto (OD) y temperatura (T°), asociadas principalmente al CP1, evidenciaron una relación menos marcada con la distribución de *Chattonella sp.*, indicando una influencia secundaria en comparación con la salinidad.

Figura 7

Análisis de componentes principales (ACP)



Nota: Análisis de componentes principales (ACP) de variables físico-químicas y concentración de *Chattonella sp.*

pH, temperatura y oxígeno disuelto (OD)

El análisis de varianza evidenció diferencias significativas en los valores de pH ($F(3,24) = 19.16$; $p < 0.0001$), temperatura ($F(3,24) = 5.13$; $p = 0.0070$) y oxígeno disuelto ($F(3,24) = 7.57$; $p = 0.0010$), entre los años evaluados durante los meses de noviembre y diciembre. En los tres parámetros, los valores más bajos se registraron en 2022. Por otro lado, en el 2024, año en el que se registró la presencia de *Chattonella sp.* en los afluentes, los valores de pH, temperatura

y OD, no presentaron diferencias significativas respecto a los años adyacentes (tabla 2).

Tabla 2

Comparación interanual de los valores promedio de pH, temperatura y oxígeno disuelto en los afluentes durante noviembre–diciembre (2022–2025)

Años	pH	Temperatura °C	Oxígeno disuelto (OD) ppm
2022	7.74±0.18 A	25.91±1.18 A	2.77±1.21 A
2023	8.13±0.44 C	27.69±0.44 B	4.18±1.40 B C
2024*	7.89±0.24 B	26.97±0.25 A B	3.27±1.05 A B
2025	8.00±0.15 B C	26.69±0.15 A B	4.74±1.73 C

Nota: * Corresponde al año en el que se registró la presencia de *Chattonella sp.* en los afluentes. Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas entre años

Amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-) y fosfato (PO_4^{3-})

El análisis de varianza evidenció diferencias interanuales en las concentraciones de nutrientes inorgánicos durante los meses de noviembre y diciembre (Tabla 3).

El amonio registró los valores más bajos en 2023 y 2025, sin diferencias significativas entre ambos años, mientras que en 2022 y 2024 se observaron concentraciones significativamente mayores ($F(3.24) = 14.26; p < 0.0001$).

El nitrito presentó concentraciones significativamente más altas en 2022, en tanto que los valores registrados en 2023, 2024 y 2025 no mostraron diferencias significativas entre sí ($H(3) = 13.56; p = 0.0036$).

Mientras que el nitrato no mostró diferencias significativas ($F(3.24) = 0.27; p = 0.8487$), manteniéndose relativamente estable a lo largo del periodo de estudio.

En contraste, el fosfato presentó diferencias significativas entre 2023, 2024 y 2025 ($H(3) = 11.8; p = 0.0081$), registrándose concentraciones más elevadas en 2022.

Tabla 3

Concentraciones promedio de amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-) y fosfato (PO_4^{3-}) registradas durante los meses de noviembre y diciembre en los años 2022–2025.

Años	Amonio (NH_4^+) ppm	Nitrito (NO_2^-) ppm	Nitrato (NO_3^-) ppm	Fosfato (PO_4^{3-}) ppm
2022	1.50±1.11 B	1.55±0.46 B	22.28±11.59 A	3.47±0.65 B
2023	0.80±0.40 A	0.78±0.11 A	23.14±7.64 A	2.01±0.57 A
2024*	1.24±0.69 B	0.74±0.21 A	20.90±8.42 A	1.72±0.56 A
2025	0.70±0.41 A	0.80±0.21 A	22.12±5.92 A	2.34±1.04 B

Nota: * Corresponde al año en el que se registró la presencia de *Chattonella sp.* en los afluentes. Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas entre años

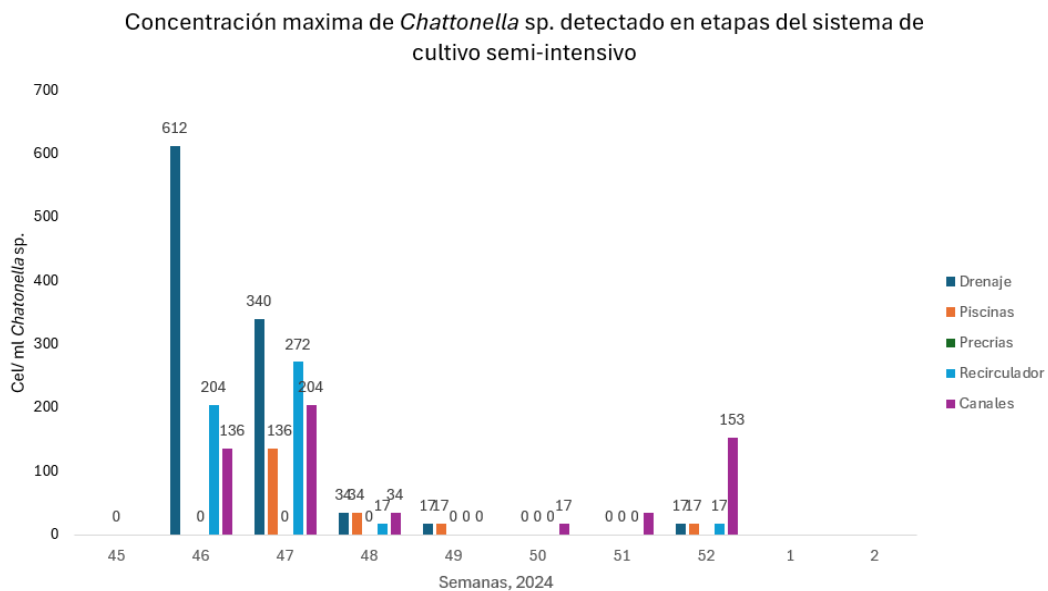
Sistema semi-intensivo

El primer registro de *Chattonella sp.* fue el 13 de noviembre del 2024 (semana 46) en el sistema semi-intensivo y el último registro fue el 30 de diciembre del 2024 (semana 52).

La prevalencia de la microalga fue del 19% en todo el sistema semi-intensivo (tabla 4), observándose la concentración más alta de *Chattonella sp.* en los drenajes con 612 cel/mL y un promedio de 39 cel/mL, en los recirculadores, la concentración máxima alcanzó 340 cel/mL, además, se detectó en 14 piscinas de engorde con concentraciones máximas de 136 cel/mL, y no se detectó en la etapa de precrías (figura 8).

Figura 8

Abundancia de Chattonella sp



Nota: Concentración máxima de *Chattonella sp.* detectada en etapas del sistema de cultivo semi-intensivo

Tabla 4*Prevalencia de Chattonella sp. en diferentes etapas en el sistema semi-intensivo*

<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Etapas</i>	<i>Puntos de muestreo</i>	<i>Punto de muestreos con Chattonella sp.</i>	<i>Prevalencia (%) Chattonella sp.</i>
Semi-intensivo	Drenaje	15	9	60%
	Engorde	140	14	10%
	Precrias	10	0	0%
	Recirculador y canales	16	12	75%
	Total	181	35	19%

Parámetros físico-químicos del agua***pH y temperatura***

El análisis estadístico del pH evidenció diferencias significativas entre algunos de los años evaluados ($F(4,40) = 2,71; p = 0,0437$). No obstante, al comparar los cuerpos de agua con y sin presencia de *Chattonella sp.* durante 2024, no se observaron diferencias significativas entre ambos. Asimismo, los valores observados en 2024 sin presencia de la microalga fueron estadísticamente similares a los registrados en 2022 y 2025, mientras que los valores correspondientes a 2023 y a 2024 con presencia de *Chattonella sp.* difirieron de este grupo (tabla 6).

En contraste, la temperatura del agua no mostró diferencias *significativas* ($F(4,40) = 1.49; p = 0.2241$) entre los años evaluados, con valores promedio que oscilaron entre 26.61 °C y 27.65 °C. El valor más bajo se registró en 2022 (26.61 °C) y el más alto en 2023 (27.65 °C), mientras que, en 2024, tanto en cuerpos de agua con presencia como sin presencia de *Chattonella sp.*, la temperatura presentó valores similares (26.69 °C y 26.79 °C, respectivamente) (tabla 5).

Tabla 5

Comparación interanual de pH y temperatura en el sistema semi-intensivo durante noviembre–diciembre (2022–2025).

Años	pH	Temperatura °C
2022	8.17±0.25 A B	26.61±2.16 A
2023	8.28±0.39 B	27.65±1.43 A
2024(-)	8.17±0.26 A B	26.79±1.41 A
2024*	8.07±0.19 A	26.69±0.91 A
2025	8.21±0.22 A B	26.65±1.29 A

Nota: (-) Corresponde al año en el que NO se registró la presencia de *Chattonella sp.* en cuerpos de agua del sistema semi-intensivo.

* Corresponde al año en el que se registró la presencia de *Chattonella sp.* en cuerpos de agua del sistema semi-intensivo.

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas entre años

Amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-) y fosfato (PO_4^{3-})

El análisis de Kruskal-Wallis evidenció diferencias significativas en las concentraciones del amonio ($H = 22.2$; $p = 0.0002$), nitrito ($H = 12.72$; $p = 0.0127$), nitrato ($H = 14.56$; $p = 0.0057$) y fosfatos ($H = 29.32$; $p < 0.0001$) entre los años evaluados (tabla 6).

El amonio presentó los valores más altos en los cuerpos de agua con presencia de *Chattonella sp.* durante 2024, sin embargo, no hubo diferencias significativas de aquellos cuerpos de agua sin presencia del organismo en el mismo año, así como de los valores registrados en 2023.

En contraste, el nitrito no mostró diferencias significativas entre los cuerpos de agua con y sin presencia de *Chattonella sp.* durante 2024, mientras que las concentraciones más elevadas se registraron en 2022 y 2025.

En el caso del nitrato, se observaron concentraciones significativamente menores en los cuerpos de agua con presencia de *Chattonella sp.* durante 2024; no obstante, dentro del mismo año no se evidenciaron diferencias significativas entre cuerpos de agua con y sin presencia del organismo.

Por su parte, el fosfato presentó diferencias significativas entre años, con valores más elevados en 2025, mientras que durante 2024 no se registraron diferencias significativas entre cuerpos de agua con y sin presencia de *Chattonella sp.*

Tabla 6

Comparación interanual (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-) y fosfato (PO_4^{3-}) en el sistema semi-intensivo registradas durante los meses de noviembre y diciembre en los años 2022–2025.

Años	Amonio (NH_4^+) ppm	Nitrito (NO_2^-) ppm	Nitrato (NO_3^-) ppm	Fosfato (PO_4^{3-}) ppm
2022	1.33±0.41 B C	2.38±1.03 B	27.49±5.61 C	4.09±0.77 A
2023	0.60±0.11 A	1.67±0.88 A B	25.20±3.91 B C	4.06±0.55 A
2024(-)	1.25±0.45 B C	1.33±0.42 A	21.98±2.65 A	4.89±0.56 B
2024*	1.48±0.35 C	1.33±0.49 A	21.46±2.39 A B	4.98±0.54 B
2025	1.01±0.48 A B	2.12±0.27 B	23.26±1.74 A B	10.34±2.10 C

Nota: (-) Corresponde al año en el que NO se registró la presencia de *Chattonella sp.* en cuerpos de agua del sistema semi-intensivo.

* Corresponde al año en el que se registró la presencia de *Chattonella sp.* en cuerpos de agua del sistema semi-intensivo.

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas entre años

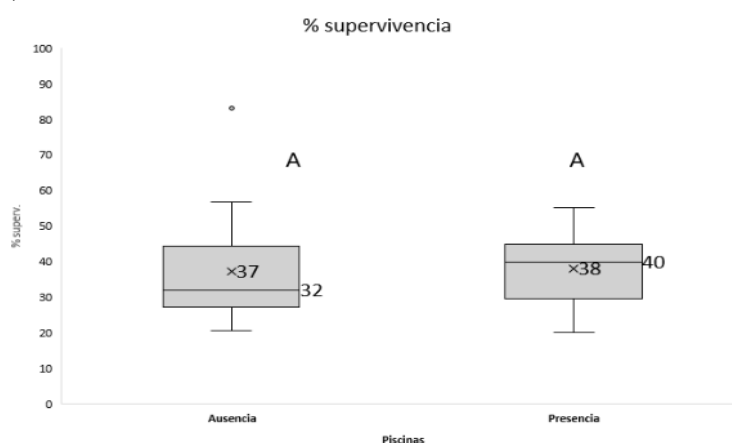
Indicadores productivos

Supervivencia y crecimiento

En la figura 9 se observó que la supervivencia no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los sistemas con presencia y ausencia de *Chattonella sp.* (prueba de Kruskal–Wallis; $H(1) = 0.54$; $p = 0.4621$). Los porcentajes de supervivencia fueron similares con 37 % en ausencia y 38 % en presencia de la microalga.

Figura 9

Supervivencia (%)

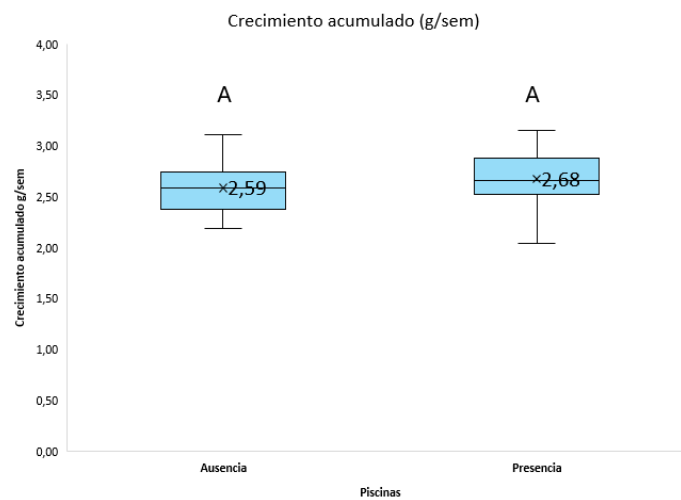


Nota: Supervivencia (%) entre piscinas con presencia y ausencia de *Chattonella sp.* Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas entre grupos.

El crecimiento acumulado (g/sem) no presentó diferencias estadísticamente significativas entre las piscinas con presencia y ausencia de *Chattonella sp.* (ANOVA de una vía; $F(1,29) = 0.87$; $p = 0.3587$). Los valores promedio de crecimiento fueron similares entre ambos grupos, registrándose 2.59 ± 0.06 g/sem en ausencia de *Chattonella sp.* y 2.68 ± 0.07 g/sem en presencia de la microalga (figura 10).

Figura 10

Crecimiento acumulado (g/sem)



Nota: *Crecimiento acumulado (g/sem) en piscinas con presencia y ausencia de Chattonella sp.* Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas entre grupos.

Salud Animal

Branquias

En la evaluación mediante patología en fresco no se observó la presencia de células o rastros de *Chattonella sp.* adheridas a las lamelas branquiales.

La severidad observada en los grupos de piscinas con y sin la microalga, se concentró principalmente en grados leves a moderados (G1–G2). En los sistemas sin presencia de *Chattonella sp.*, el 74 % de los individuos analizados presentó suciedad branquial, con un grado promedio de 1.62 ± 0.51 , mientras que, en los sistemas con presencia de la microalga, el 82 % de los individuos evidenció esta condición, con un grado promedio de 1.71 ± 0.47 . No obstante, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (prueba de Kruskal–Wallis; $H(1) = 0.19$; $p = 0.5930$). En cuanto al grado de melanización en branquias, la severidad se concentró

en grados bajos (G0–G1) en grupos de piscinas con y sin la microalga. En los sistemas sin presencia de *Chattonella sp.*, el 24 % de los individuos presentó esta alteración, con un grado promedio de 1.00 ± 0.71 , en comparación con aquellos con presencia de la microalga, donde el 19 % de los individuos evidenció melanización, con un grado promedio de 1.36 ± 0.63 ; sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (prueba de Kruskal–Wallis; $H(1) = 1.47$; $p = 0.1807$).

Tabla 7

Indicadores sanitarios en branquias en condiciones con y sin presencia de Chattonella sp.

Órgano	Branquias			
	Suciedad		Melanización	
	Frecuencia	Grados	Frecuencia	Grados
Con presencia	82% A	$1.71 \pm 0.47A$	19% A	$1.36 \pm 0.63A$
Sin presencia	74% A	$1.62 \pm 0.51A$	24% A	$1.00 \pm 0.71A$

Nota: Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas entre años

Hepatopáncreas

La llenura lipídica se encontró principalmente en grado severo (G2 y G3) en grupos de piscinas con y sin la microalga. En los sistemas sin presencia de *Chattonella sp.*, el grado promedio de llenura lipídica en el hepatopáncreas fue de 2.62 ± 0.65 , mientras que en aquellos con presencia de la microalga fue de 2.43 ± 0.51 ; no obstante, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (prueba de Kruskal–Wallis; $H(1) = 0.40$; $p = 0.4733$).

La deformación y estrangulamiento de los túbulos hepatopancreáticos se presentó en el 28 % de los individuos muestreados en piscinas en ausencia de *Chattonella sp.* y en el 36 % con presencia, con grados promedio de 1.15 ± 0.80 y 1.57 ± 0.76 , respectivamente, sin evidenciarse diferencias significativas ($H(1) = 1.41$; $p = 0.1996$).

En cuanto a la melanización de túbulos, tanto el grado de afectación como la frecuencia fueron bajos y similares entre los sistemas con y sin *Chattonella sp.*, sin registrarse diferencias estadísticamente significativas ($G: H(1) = 0.01$; $p = 0.9062$; $F: H(1) = 0.01$; $p = 0.9062$).

Tabla 8

Indicadores sanitarios del hepatopáncreas en condiciones con y sin presencia de Chattonella sp.

Órgano	Hepatopáncreas		
	Llenura lipídica	Frecuencia	Deformidad tubular
Signo detectado	Grados	Grados	Grados
Con presencia	2.43 ± 0.51 A	36% A	1.57 ± 0.76A
Sin presencia	2.62 ± 0.65 A	28% A	1.15 ± 0.80A

Nota: Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas entre años

DISCUSIÓN

Parámetros físico-químicos

Los parámetros físico-químicos evaluados en los afluentes del río Taura y estero Garzal, así como en el sistema de cultivo semi-intensivo, se mantuvieron dentro de los rangos considerados adecuados para el cultivo de *L. vannamei*, lo cual es consistente con lo reportado para sistemas fluviales y estuarinos dinámicos caracterizados por la alta variabilidad ambiental influenciada por procesos hidrológicos estacionales y por la influencia continental (Boyd, 2015; Van Wyk & Scarpa, 1999).

Afluentes

La detección de *Chattonella sp.* durante 2024 sugiere que su ocurrencia no estuvo determinada por la variación aislada de los parámetros físico-químicos, sino por la convergencia de condiciones ambientales particulares propias de ese periodo. En sistemas estuarinos, la aparición de microalgas nocivas suele estar asociada a procesos hidrodinámicos como la estabilidad de la columna de agua, la retención de masas de agua o variaciones en la descarga fluvial, los cuales favorecen su acumulación y persistencia (Hallegraeff et al., 2021; Anderson et al., 2019).

Se detectó *Chattonella sp.* en un amplio rango de salinidad (5.1–20.3 ppt) durante 2024. Esta amplia tolerancia concuerda con lo reportado para especies del género en ambientes estuarinos y fluviales (Edvardsen & Imai, 2006; Viana et al., 2019; Tenenbaum, Paranhos & Salomon, 2020).

Sin embargo, en este estudio el análisis univariado no evidenció una relación lineal fuerte entre la abundancia de la microalga y la salinidad. En conjunto con los resultados del análisis multivariado, esto sugiere que la salinidad puede estar asociada a la presencia de *Chattonella sp.*, pero que su efecto no actúa de manera aislada, sino en interacción con otros factores ambientales.

De manera similar, variables como pH, temperatura y oxígeno disuelto, aunque mostraron variaciones interanuales, no evidenciaron una asociación directa con la presencia de la microalga, lo que indica que *Chattonella sp.* puede desarrollarse bajo condiciones físico-químicas relativamente estables. Este comportamiento coincide con estudios que reportan la

ocurrencia de esta microalga en amplios rangos ambientales sin depender de condiciones extremas (Hallegraeff et al., 2021; Feng et al., 2021).

En cuanto a los nutrientes inorgánicos, si bien su disponibilidad es reconocida como un factor que puede favorecer el desarrollo de floraciones algales (Viana et al., 2019; Glibert et al., 2018; Anderson et al., 2019; Montaña, 2012; Hiroishi, Okada, Imai & Yoshida, 2005; Marshall, Nichols, Hamilton, Lewis & Hallegraeff, 2003; Nakamura & Umemori, 1991), en este estudio no se identificó un patrón consistente que vincule su concentración con la presencia de *Chattonella sp.* Esto refuerza la interpretación de que su ocurrencia responde a un contexto ambiental más complejo, donde la interacción de múltiples variables y procesos del sistema resulta más determinante que la variación individual de cada parámetro.

Estos resultados indican que la presencia de *Chattonella sp.* en los afluentes correspondió a un evento puntual, asociado a condiciones específicas registradas en 2024.

La inclusión de años sin detección permite establecer un contraste temporal que fortalece la interpretación del fenómeno. En este sentido, el hecho de que la microalga se haya presentado bajo condiciones físico-químicas similares a las de años sin presencia sugiere la influencia de factores ambientales adicionales o propios de la dinámica del sistema.

Sistema semi-intensivo

En el sistema semi-intensivo, la presencia de *Chattonella sp.* se registró bajo condiciones de pH y temperatura comparables a las observadas en años sin detección, lo que sugiere que estos parámetros actuaron como condiciones ambientales de base del sistema más que como factores determinantes de su ocurrencia. Este comportamiento es consistente con lo descrito para especies del género, las cuales presentan una amplia tolerancia a variaciones de pH y temperatura (Nakamura & Watanabe, 1983).

De manera similar, la ausencia de una asociación clara con los nutrientes inorgánicos indica que la ocurrencia de la microalga no estuvo vinculada a incrementos puntuales en la disponibilidad de estos compuestos, lo cual difiere de lo reportado en otros estudios donde el enriquecimiento nutricional favorece su proliferación (Anderson et al., 2019; Hiroishi et al., 2005; Marshall et al., 2003; Nakamura & Umemori, 1991). Esta discrepancia sugiere que, en

el sistema evaluado, la dinámica hidráulica y las condiciones operativas podrían desempeñar un papel más relevante en la regulación de la microalga que la disponibilidad de nutrientes.

Indicadores productivos

Supervivencia y crecimiento

Los efectos negativos asociados a *Chattonella sp.* han sido documentados principalmente a concentraciones elevadas entre 500 y 6000 cel/mL, donde se generan respuestas fisiológicas adversas en organismos acuáticos (Pérez-Morales et al., 2017; Nakamura & Umemori, 1991). En el presente estudio, las concentraciones registradas se mantuvieron por debajo de estos umbrales, lo que podría explicar la ausencia de efectos significativos sobre la supervivencia y el crecimiento de *L. vannamei*. Además, no fue posible evaluar dichos efectos en la etapa de precría, debido a que no se registró la presencia de *Chattonella sp.* en esta fase del sistema productivo.

Independientemente de la presencia de la microalga, la supervivencia, aunque bajos, fue similar al conjunto de piscinas en general, lo que sugiere que estuvo más relacionada con condiciones propias del sistema, como variaciones estacionales o factores operativos, que con un efecto directo de *Chattonella sp.*

Salud Animal

La ausencia de células adheridas en las branquias y la falta de diferencias significativas en los indicadores patológicos sugieren que las concentraciones registradas de *Chattonella sp.* no fueron suficientes para generar alteraciones fisiológicas en los organismos evaluados. Este resultado es consistente con lo reportado en la literatura, donde los efectos nocivos se asocian a concentraciones elevadas capaces de inducir estrés oxidativo y daño branquial (Nakamura & Umemori, 1991; Hallegraeff et al., 2021; Marshall et al., 2003).

Asimismo, las alteraciones observadas en los tejidos podrían estar relacionadas con factores propios del sistema, como la carga orgánica o la dinámica hidráulica, más que con la presencia de la microalga. En el hepatopáncreas, la ausencia de cambios estructurales refuerza la idea de que, bajo condiciones de cultivo semi-intensivo y a las concentraciones registradas, la respuesta fisiológica de los organismos difiere de la observada por Pérez-Morales et al. (2017) en condiciones experimentales o en estadios más susceptibles.

CONCLUSIONES

- Durante el periodo de noviembre y diciembre, los parámetros físico-químicos evaluados en los afluentes y en el sistema de cultivo semi-intensivo de *Litopenaeus vannamei* mostraron variaciones interanuales significativas; no obstante, estas no se asociaron con la ocurrencia de *Chattonella sp.* ni implicaron un deterioro significativo de la calidad del agua en el sistema evaluado.
- No se registraron concentraciones de *Chattonella sp.* en salinidades inferiores a 5 ppt, lo que indica la ausencia de esta microalga bajo dichas condiciones.
- La presencia de *Chattonella sp.* en los afluentes evaluados se registró dentro de un rango amplio de salinidad, entre 5,1 y 20,3 ppt, con mayores concentraciones observadas alrededor de 11,5 a 11,9 ppt. No obstante, el análisis univariado no evidenció una relación lineal fuerte entre la abundancia de la microalga y la salinidad. Por su parte, el análisis multivariado sugirió una asociación positiva entre ambas variables dentro del conjunto de factores ambientales evaluados. En consecuencia, se concluye que la salinidad podría estar asociada a la presencia de *Chattonella sp.*, pero no explica por sí sola la variabilidad observada en su abundancia.
- Asimismo, la supervivencia y el crecimiento no presentaron diferencias significativas entre cuerpos de agua con y sin presencia de *Chattonella sp.*, lo que sugiere que las concentraciones registradas no alcanzaron umbrales críticos capaces de generar afectaciones negativas significativas.
- Con respecto a los indicadores sanitarios, los resultados evidenciaron que la presencia de *Chattonella sp.* en el sistema evaluado no se asoció con alteraciones branquiales ni hepatopancreáticas significativas en *Litopenaeus vannamei*, lo que sugiere que las concentraciones registradas no alcanzaron niveles capaces de desencadenar respuestas patológicas evidentes en los tejidos analizados mediante montaje en fresco.
- En conjunto, los resultados obtenidos indican que la presencia de *Chattonella sp.* no se relacionó de manera significativa con las condiciones físico-químicas ni con los indicadores productivos y sanitarios evaluados; por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula (H0).

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios complementarios sobre la evaluación detección de *Chattonella sp.* con concentraciones superiores a 500 cel/mL y su posible relación con indicadores productivos en etapa de engorde de *Litopenaeus vannamei*, con el objetivo de establecer umbrales de riesgo productivo bajo condiciones semi-intensivo.
- Así mismo, se recomienda complementar las evaluaciones mediante análisis histológicos y biomarcadores de estrés oxidativo, lo que permitiría detectar posibles efectos subclínicos no evidenciables a través de patología en fresco.
- Se recomienda complementar futuros estudios con análisis microbiológicos del agua, sedimento y tejido de camarón, incluyendo la cuantificación de bacterias heterótrofas totales y *Vibrio spp.*, este enfoque permitiría discriminar si las variaciones observadas en la supervivencia y en algunos indicadores sanitarios responden a interacciones indirectas entre la presencia de *Chattonella sp.* o a la dinámica microbiana del sistema asociados a la carga orgánica y condiciones operativas del cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahumada, N. (2020). *Fisiología fotosintética y potencial tóxico de especies de Chattonella aisladas de Pacífico mexicano y el Golfo de California*. Baja California, México.
- Alonso-Rodríguez, R., & Páez-Osuna, F. (2003). Nutrients, phytoplankton and harmful algal blooms in shrimp ponds: A review with special reference to the situation in the Gulf of California. *Aquaculture*, 219(1–4), 317–336. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00509-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00509-4)
- Anderson, D. M., & Gilbert, P. M. (2020). Harmful algal blooms and the role of aquaculture: A global perspective. *Aquaculture Research*, 51(1), 5–22.
- Anderson, D. M., & Keafer, B. A. (2021). Impacts of harmful algal blooms on marine ecosystems and the environment. *Journal of Environmental Management*, 278, 111490. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111490>
- Anderson, D. M., & Kulis, D. M. (2018). Harmful algal blooms: Biology, monitoring, and management. En *Marine microbial communities* (pp. 118–139). Cham, Suiza: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69606-2_8
- Anderson, D. M., Cembella, A. D., & Hallegraeff, G. M. (2012). Harmful algal blooms and eutrophication: Nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries and Coasts*, 25(4), 704–726. Doi: 10.1007/s12237-011-9438-6
- Anderson, D. M., Cembella, A. D., & Hallegraeff, G. M. (2019). Progress in understanding harmful algal blooms: Paradigm shifts and new technologies for research, monitoring, and management. *Annual Review of Marine Science*, 11(1), 1–32. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-121916-063805>
- Aoki, K., Onitsuka, G., Shimizu, M., Kuroda, H., Matsuo, H., Kitadai, Y., Sakurada, K., Ando, H., Nishi, H., & Tahara, Y. (2014). Variability of factors driving spatial and temporal dispersion in river plume and *Chattonella antiqua* bloom in the Yatsushiro Sea, Japan. *Marine Pollution Bulletin*, 81, 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.02.005>
- Asociación Estadounidense de Salud Pública (APHA). (2017). *Estandarización de métodos para el análisis de agua y aguas residuales* (23.^a ed.). Washington, Estados Unidos: APHA.

- Biecheler, B. (1936). Sur une Chloromonadine nouvelle d'eau saumâtre, *Chattonella subsalsa* n. gen., n. sp. *Archives de Zoologie Expérimentale et Générale*, 78, 79–83.
- Boyd, C. E. (2015). *Water quality: An introduction*. Cham, Suiza: Springer.
- Bonifaz, C. (2023). Composición florística de las riberas de la cuenca del río Taura, Golfo de Guayaquil, Ecuador. *Ecología Aplicada*, 22(2), 123–128. <https://doi.org/10.21704/rea.v22i2.2088>
- Demura, M., Noël, M.-H., Kasai, F., Watanabe, M. M., & Kawachi, M. (2009). Taxonomic revision of *Chattonella antiqua*, *C. marina* and *C. ovata* (Raphidophyceae) based on their morphological characteristics and genetic diversity. *Phycologia*, 48(6), 518–535. <https://doi.org/10.2216/08-98.1>
- Doval, M. D., & Sgarlata, A. (2019). Nutrient enrichment and harmful algal blooms in coastal aquaculture zones: Case study in Ecuador. *Marine Pollution Bulletin*, 139, 69–79.
- Edvardsen, B., & Imai, I. (2006). The ecology of harmful flagellates within the group Raphidophyceae. *Harmful Algae*, 5, 513–528.
- Feng, C., Ishizaka, J., Saitoh, K., Mine, T., & Zhou, Z. (2021). Detection and tracking of *Chattonella* spp. and *Skeletonema* spp. blooms using Geostationary Ocean Color Imager (GOCI) in Ariake Sea, Japan. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 126, e2020JC016924. <https://doi.org/10.1029/2020JC016924>
- Gibbons, M. L., & Waller, R. (2021). Harmful algal blooms and their effects on global seafood industries. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 30(3), 105–118. <https://doi.org/10.1080/10498850.2021.1918853>
- Glibert, P. M., Burkholder, J. M., Kana, T. M., et al. (2018). The role of eutrophication in the global proliferation of harmful algal blooms. *Oceanography*, 31(3), 78–87.
- Hada, Y. (1974). *Hemientreptia antiqua* sp. nov., a fish-killing marine raphidophyte from the Seto Inland Sea, Japan.
- Hallegraeff, G. M. (2003). Harmful algal blooms: A global overview. En G. M. Hallegraeff, D. M. Anderson, & A. D. Cembella (Eds.), *Manual on harmful marine microalgae* (pp. 25–49). París, Francia: UNESCO.
- Hallegraeff, G. M. (2010). Ocean climate change, phytoplankton community responses, and harmful algal blooms: A formidable predictive challenge. *Journal of Phycology*, 46, 220–235. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2010.00815.x>

- Hallegraeff, G. M. (2021). Harmful algal blooms: A global overview. En J. Shumway & M. Parsons (Eds.), *Harmful algal blooms in a changing ocean* (pp. 1–22). Cham, Suiza: Springer.
- Hallegraeff, G. M., Anderson, D. M., Belin, C., et al. (2021). Perceived global increase in algal blooms is attributable to intensified monitoring and emerging bloom impacts. *Communications Earth & Environment*, 2, 117. <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00178-8>
- Hillebrand, H., & Albrecht, C. (2020). Ecological responses to harmful algal blooms: Implications for ecosystem management. *Biological Reviews*, 95(2), 587–600. <https://doi.org/10.1111/brv.12576>
- Hiroishi, S., Okada, H., Imai, I., & Yoshida, T. (2005). High toxicity of the novel bloom-forming species *Chattonella ovata* (Raphidophyceae) to cultured fish. *Harmful Algae*, 4, 783–787. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2004.12.008>
- Instituto Nacional de Pesca (INP). (2020). *Biodiversidad y endemismo de peces de río en el sistema hídrico de la provincia del Guayas*. Guayaquil, Ecuador: INP.
- Ishimatsu, A., Sakamoto, S., & Oda, T. (2020). Physiological impacts of harmful algal blooms on fish and shellfish. *Marine Pollution Bulletin*, 150, 110752. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110752>
- Khan, S., Ahmed, M. S., Arakawa, O., & Onoue, Y. (1995). Properties of neurotoxins separated from a harmful red tide organism *Chattonella marina*. *Israeli Journal of Aquaculture–Bamidgeh*, 47(3–4), 137–141.
- Khan, S., Arakawa, O., & Onoue, Y. (1996a). A toxicological study of the marine phytoflagellate, *Chattonella antiqua* (Raphidophyceae). *Phycologia*, 35, 239–244.
- Khan, S., Arakawa, O., & Onoue, Y. (1996b). Neurotoxin production by a chloromonad *Fibrocapsa japonica* (Raphidophyceae). *Journal of the World Aquaculture Society*, 27(3), 254–263.
- Kudela, R. M., & Gobler, C. J. (2020). Ecology of harmful algal blooms in aquatic systems. *Global Ecology and Biogeography*, 29(5), 694–712. <https://doi.org/10.1111/geb.13012>
- Kuroda, A., Nakashima, T., Yamaguchi, K., & Oda, T. (2005). Isolation and characterization of light-dependent hemolytic cytotoxin from harmful red tide phytoplankton

- Chattonella marina*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 141, 297–305.
- LeGresley, M., & McDermott, G. (2010). Counting chamber methods for quantitative phytoplankton analysis: Haemocytometer, Palmer-Maloney cell and Sedgewick-Rafter cell. En *Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis* (IOC Manuals and Guides No. 55). París, Francia: UNESCO.
- Lightner, D. V. (1996). *Patología e inmunología de camarones peneidos*. Zaragoza, España: Acribia.
- Litchman, E., & Klausmeier, C. A. (2020). Nutrient dynamics and harmful algal blooms in aquatic ecosystems. *Science*, 367(6479), 717–721. <https://doi.org/10.1126/science.abb0165>
- Machado, J. A. D., & Cruz, J. (2020). Impacts of harmful algal blooms on aquaculture and fishery industries: A global perspective. *Aquaculture Economics and Management*, 24(2), 142–162. <https://doi.org/10.1080/13657305.2020.1745581>
- Marcillo, F. (2010). *Cuantificación de vacuolas de grasa en hepatopáncreas de Penaeus vannamei y relación de las mismas con crecimiento en tanques y en piscinas de cultivo comercial semi-intensivo*. Guayaquil, Ecuador: ESPOL.
- Marshall, J. A., Hovenden, M., Oda, T., & Hallegraeff, G. M. (2002a). Photosynthesis does influence superoxide production in the ichthyotoxic alga *Chattonella marina* (Raphidophyceae). *Journal of Plankton Research*, 24(11), 1231–1236.
- Marshall, J. A., Nichols, P. D., & Hallegraeff, G. M. (2002b). Chemotaxonomic survey of sterols and fatty acids in six marine raphidophyte algae. *Journal of Applied Phycology*, 14(4), 255–265.
- Marshall, J. A., Nichols, P. D., Hamilton, B., Lewis, R. J., & Hallegraeff, G. M. (2003). Ichthyotoxicity of *Chattonella marina* (Raphidophyceae) to damselfish (*Acanthochromis polycanthus*). *Harmful Algae*, 2, 273–281.
- McQuaid, N., & Davison, J. (2019). Modeling the impact of climate change on harmful algal blooms in coastal waters. *Marine Environmental Research*, 151, 104791. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.104791>
- Mero A., J. S., & Usca P., N. I. (2017). *Realización de proyectos audiovisuales*. Guayaquil, Ecuador: ESPOL.

- Miller, M. A., & Tompkins, C. G. (2022). The role of harmful algal blooms in marine food webs and aquaculture. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 25(1), 1–13. <https://doi.org/10.1080/14634988.2022.2028889>
- Min, J., & Kim, K. Y. (2022). Quantification of the ichthyotoxic raphidophyte *Chattonella marina* complex by droplet digital PCR. *Algae*, 37(4), 281–291. <https://doi.org/10.4490/algae.2022.37.11.30>
- Montaño-Moctezuma, G., et al. (2012). Dinámica poblacional de fitoplancton tóxico en áreas de cultivo de camarón. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 47(2), 255–265.
- Morales, V., & Cuéllar-Anjel, J. (Eds.). (2014). *Patología e inmunología de camarones peneidos* (2.^a ed.). Bogotá, Colombia: OIRSA.
- Nakamura, Y., & Umemori, T. (1991). Encystment of the red tide flagellate *Chattonella antiqua* (Raphidophyceae). *Marine Ecology Progress Series*, 78.
- Nakamura, Y., & Watanabe, M. M. (1983). Growth characteristics of *Chattonella antiqua*. *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, 39, 110–114. <https://doi.org/10.1007/BF02070796>
- Pérez-Morales, A., Band-Schmidt, C. J., & Martínez-Díaz, S. F. (2017). Mortality on zoea stage of *Litopenaeus vannamei* caused by *Cochlodinium polykrikoides* with and without its presence. *Harmful Algae*, 68, 76–82. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2017.05.003>
- Sakamoto, M., & Tanaka, K. (2021). The impact of harmful algal blooms on marine ecosystems and fisheries. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 40(3), 810–821. <https://doi.org/10.1002/etc.4821>
- Santa Priscila S. A. (2024). *Estudio de impacto ambiental del proyecto Taura* (Informe técnico No. 5). Guayaquil, Ecuador: Santa Priscila S. A. <https://www.santa-priscila-admin.com/TAURA5.pdf>
- Shumway, S. E., & Parsons, M. (Eds.). (2021). *Harmful algal blooms in a changing ocean*. Cham, Suiza: Springer.
- Suárez, R., Burbano, S., & Calderón, E. (2009). *Caracterización y propuesta técnica de la acuicultura en el sector de Tierra Nueva dentro de la Reserva Ecológica Manglares Churute* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Guayaquil, Ecuador.
- Tseng, C. M., & Lin, Y. F. (2021). Dynamics of harmful algal blooms and their implications in marine aquaculture. *Aquaculture*, 539, 736579.

- Tenenbaum, D. R., Paranhos, R., & Salomon, P. S. (2020). The harmful raphidophyte *Chattonella* in the western Pacific. *Harmful Algae*, 95, 101804.
- Van Wyk, P., & Scarpa, J. (1999). *Water quality requirements and management*. Tallahassee, Estados Unidos: Florida Department of Agriculture.
- Viana, T. V., Fistarol, G. O., Amario, M., Menezes, R. B., Carneiro, B. L. R., Chaves, D. M., & Salomon, P. S. (2019). Massive blooms of *Chattonella subsalsa* in a tropical estuary. *Frontiers in Marine Science*, 6, 85.
- Zorrilla, M., et al. (2006). Harmful algal blooms and their impact on shrimp farming in Ecuador. *Aquaculture Research*, 37(9), 807–815.