



UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD CIENCIAS DEL MAR.  
CARRERA DE BIOLOGÍA

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA EN CULTIVO DE  
LARVAS DE CAMARON EN EL LABORATORIO PRICMARSA  
UBICADO EN LA COMUNA PALMAR**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN  
CURRICULAR.

Previo a la obtención del título de

BIÓLOGA

**AUTORA**

TOMALA REYES JOSELYN GIANARA

**TUTORA**

ING: GREGORIA ARTEGA FIGUEROA MS.c.

**LA LIBERTAD - ECUADOR.**

**2026**

UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD CIENCIAS DEL MAR.  
CARRERA DE BIOLOGÍA

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA EN CULTIVO DE  
LARVAS DE CAMARON EN EL LABORATORIO PRICMARSA**

**UBICADO EN LA COMUNA PALMAR**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN  
CURRICULAR.

Previo a la obtención del título de  
BIÓLOGA

**AUTORA**

TOMALA REYES JOSELYN GIANARA

**TUTORA**

ING: GREGORIA ARTEGA FIGUEROA MS.c.

**LA LIBERTAD - ECUADOR.**

**2026**

# DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, “**Análisis de la Calidad De Agua en cultivo de larvas De Camarón en el laboratorio PRICMARSA Ubicado en la Comuna Palmar**”, elaborado por Tomala Reyes Joselyn Gianara, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo/a, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



Ing: Gregoria Arteaga Figueroa MS.c.

**DOCENTE TUTOR**  
**C.I. 0905937686**

# DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular **“ANÁLISIS DE LA CALIDAD EN EL CULTIVO DE LARVAS DE CAMARÓN EN EL LABORATORIO PRICMARSA UBICADO EN LA COMUNA PALMAR”**, elaborado por **Tomalá Reyes Joselyn Gianara**, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



---

**Ing. John Jairo Pinargote Alava, Mgtr.**  
**DOCENTE DE ÁREA**  
**C.I. 1204916884**

## **DEDICATORIA**

Primeramente a Dios, fuente inagotable de sabiduría, amor y fortaleza, quien me ha guiado y acompañado en cada paso de este arduo camino, iluminando mi sendero y dándome la perseverancia necesaria para superar los obstáculos y alcanzar este logro.

A mi madre, Delsy Tomalá, mi ángel en la tierra, por ser mi ejemplo de vida, por asumir con valentía y dedicación el rol de padre y madre para mí, por su amor incondicional, por su sacrificio y esfuerzo, por creer en mí y apoyarme en cada una de mis decisiones, por ser mi roca y mi refugio en momentos de debilidad.

A mi esposo, Manuel Del Pezo, mi compañero de vida, mi amigo y mi confidente, por ser mi apoyo constante, por su amor y paciencia, por motivarme a seguir adelante y no rendirme nunca, por ser mi compañero de sueños y aventuras, y por hacer que cada día sea especial. A mi hijo Iker Del Pezo, mi pequeño gran amor, mi razón de ser y mi fuente de inspiración, por quien cada esfuerzo y sacrificio vale la pena, por su sonrisa que ilumina mi vida y su abrazo que me da la fuerza para seguir adelante.

A mis hermanos Shirley y Elián, por su amor y apoyo incondicional, por estar siempre presentes en mi vida, por ser mis amigos y confidentes y por compartir conmigo los momentos más importantes. Con todo mi amor, gratitud y admiración les dedico este trabajo, fruto de mi esfuerzo y dedicación, esperando que sea un reflejo de mi compromiso y pasión por alcanzar mis metas y sueños.

## **AGRADECIMIENTO**

Reconozco y expreso mi gratitud a los representantes del laboratorio PRICMARSA por brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo de titulación previo a la obtención del título de Bióloga. Agradezco enormemente al personal por su desinteresada colaboración. Sus conocimientos han sido clave para mi desarrollo profesional, proporcionándome una experiencia laboral invaluable y fortaleciendo mis habilidades.

A mi tutora de tesis, la Ing. Gregoria Arteaga Figueroa, por su guía y apoyo constante durante todo el proceso de investigación. Finalmente, expreso mi agradecimiento a los docentes que conforman la Facultad de Ciencias del Mar, y al alma mater peninsular que me acogió durante todos estos años como un segundo hogar.

# TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Tomalá Reyes Joselyn Gianara** como requisito parcial para la obtención del grado de Bióloga de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 10 de Diciembre del 2025



---

Ing. Jimmy Villón Moreno, M.sc.

**DIRECTOR DE CARRERA  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



---

Ing. John Jairo Pinargote Alava, Mgtr.

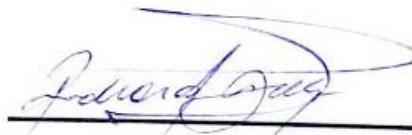
**PROFESOR DE ÁREA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Ing. Gregoria Arteaga Figuera, M.Sc.

**DOCENTE TUTOR  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Blgo. Richard Duque Marín, Mgt.

**DOCENTE GUÍA DE LA UIC II  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

Lcd. Pascual Roca Silvestre, Mgtr.

**SECRETARIO DEL TRIBUNAL**

## DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, Joselyn Gianara Tomalá Reyes, declaro bajo mi palabra de honor en el presente trabajo de Integración Curricular es una obra original de mi autoría. Afirmo que el contenido desarrollado así como los análisis, conclusiones y resultados expuestos, han sido elaborados exclusivamente por mí, sin haber incurrido en plagio ni haber utilizado información sin la debida citación y referencia correspondiente y el patrimonio intelectual de la misma corresponde a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Atentamente

  
\_\_\_\_\_  
Joselyn Gianara Tomalá Reyes

C.I. 2450746488

## INDICE

1. RESUMEN .....	17
2. INTRODUCCION.....	19
3. PROBLEMÁTICA.....	21
4. JUSTIFICACIÓN.....	23
5. OBJETIVOS.....	25
5.1. OBJETIVO GENERAL.....	25
5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	25
6. HIPÓTESIS.....	26
7. MARCO TEORICO .....	27
7.1.1. Cultivo de larvas de camarón .....	27
7.1.2. Generalidades del Camarón blanco ( <i>Penaeus Vannamei</i> ) .....	29
7.2.1. Desarrollo larvario.....	29
7.2.2. Nauplio.....	29
7.2.3. Zoea.....	30
7.2.4. Mysis.....	31
7.2.5. Post-larva.....	31
7.3. Calidad del agua en la Acuicultura .....	32
7.3.1. Índice de calidad de agua.....	33
7.4. Parámetros utilizados en ICA .....	34
7.4.1. Temperatura .....	34
7.4.2. pH.....	36
7.4.3. Coliformes Fecales .....	38
7.4.4. Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) .....	39
7.4.5. Fosfatos (PO <sub>4</sub> P).....	39
7.4.6. Oxígeno Disuelto (OD) .....	40

7.4.7. Turbidez .....	41
7.4.8. Demanda Biológica de Oxígeno .....	42
8. METODOLOGIA .....	43
8.1. AREA DE ESTUDIO .....	43
8.2. Diseño experimental .....	43
8.3. FASE DE LABORATORIO.....	45
8.3.1. Identificación de Bacterias.....	45
Preparación de la muestra.....	45
8.3.2. Nitratos.....	46
8.3.3. Fosfato .....	47
8.4. Evaluación de la Supervivencia Larvaria .....	48
8.5. Relación de los niveles óptimo con la supervivencia .....	48
8.6. Análisis de datos .....	49
8.7. Análisis estadístico: .....	51
9. RESULTADOS.....	52
9.1. Parámetros físico-químicos documentados durante las tres cosechas de <i>Penaeus vannamei</i> .....	52
9.1.1. Concentración promedio de temperatura por ciclos de producción. ....	56
9.2. Concentración de pH por tanques en los ciclos de producción.....	56
9.2.1. Concentración promedio de pH por ciclos de producción. ....	61
9.3. Concentración de Oxígeno disuelto por tanques de producción.....	62
9.3.1. Concentración promedio de oxígeno disuelto por ciclos de producción.....	66
9.4. Concentración de STD por tanques de producción.....	67
9.4.1. Concentración promedio de STD por ciclos de producción. ....	71
9.5. Concentración de Turbidez por tanques de producción.....	72
9.5.1. Concentración promedio de la Turbidez por ciclos de producción .....	76

9.6. Concentración promedio de nitrato por ciclos de producción.....	77
9.7. Concentración promedio de fosfato por ciclos de producción .....	77
9.8. Análisis de coliformes fecales durante los tres ciclos de producción.....	87
9.8.1. Análisis de coliformes fecales por tanques durante el primer ciclo de producción.....	87
9.8.2. Análisis de coliformes fecales por tanques durante el segundo ciclo de producción.....	89
9.8.3. Análisis de coliformes fecales por tanques durante el tercer ciclo de producción.....	91
9.9. Calidad del Agua durante las tres producciones. ....	93
10. DISCUSION .....	98
11. CONCLUSIONES .....	100
12. RECOMENDACIONES .....	103
13. ANEXOS .....	104
14. BIBLIOGRAFIAS .....	106

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros y rangos óptimos. Muñoz (2022).....	49
Tabla 2: Rangos para el análisis de calidad del agua (ICA). Muñoz (2022).....	50
Tabla 3: Temperatura de la primera producción.....	51
Tabla 4: Temperatura de la segunda producción.....	52
Tabla 5: Temperatura de la tercera producción.....	53
Tabla 6: Valores de pH durante la primera producción.....	55
Tabla 7: Valores de pH durante la segunda producción.....	56
Tabla 8: Valores de pH durante la tercera producción.....	57
Tabla 9: Concentraciones de oxígeno disuelto – primera producción.....	59

Tabla 10: Concentraciones de oxígeno disuelto – segunda producción .....	60
Tabla 11: Concentraciones de oxígeno disuelto – tercera producción.....	62
Tabla 12: Concentraciones de sólidos totales disueltos (STD) – primera producción.....	65
Tabla 13: Concentraciones de STD – segunda producción.....	66
Tabla 14: Concentraciones de STD – tercera producción.....	67
Tabla 15: Valores de turbidez – primera producción.....	70
Tabla 16: Valores de turbidez – segunda producción.....	72
Tabla 17: Valores de turbidez – tercera producción.....	73
Tabla 18: Concentración promedio de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) por ciclos de producción.....	76
Tabla 19: Concentración promedio de fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) por ciclos de producción.....	77
Tabla 20: Análisis de coliformes fecales – primer ciclo de producción.....	85
Tabla 21: Análisis de coliformes fecales – segundo ciclo de producción.....	87
Tabla 22: Análisis de coliformes fecales – tercer ciclo de producción.....	89
Tabla 23: Clasificación del Índice de Calidad del Agua (ICA) durante las tres producciones.....	85

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema del ciclo de desarrollo larvario de <i>Penaeus vannamei</i> .....	15
Figura 2: Fases de desarrollo de <i>Penaeus vannamei</i> : Nauplio, Zoea, Mysis y Postlarva.....	17
Figura 3: Mapa de ubicación del laboratorio PRICMARSA, Comuna Palmar, Santa Elena.....	22
Figura 4: Equipos utilizados para la medición de parámetros físico- químicos.....	24
Figura 5: Proceso de toma de muestras para análisis microbiológico (Coliformes fecales).....	25
Figura 6: Gráfico de temperatura promedio por ciclos de producción.....	28
Figura 7: Gráfico de pH promedio por ciclos de producción.....	29
Figura 8: Gráfico de oxígeno disuelto promedio por ciclos de producción.....	30
Figura 9: Gráfico de sólidos totales disueltos (STD) promedio por ciclos de producción.....	32
Figura 10: Gráfico de turbidez promedio por ciclos de producción.....	33
Figura 11: Gráfico de concentración promedio de nitrato por ciclos de producción.....	34
Figura 12: Gráfico de concentración promedio de fosfato por ciclos de producción.....	35

Figura 13: Resultados de coliformes fecales por tanques durante el primer ciclo.....	35
Figura 14:Resultados de coliformes fecales por tanques durante el segundo ciclo.....	36
Figura 15: Resultados de coliformes fecales por tanques durante el tercer ciclo.....	36
Figura 16: Clasificación del Índice de Calidad del Agua (ICA) por ciclos de producción.....	37

## GLOSARIO

**Acuicultura:** Actividad que consiste en el cultivo controlado de organismos acuáticos, como peces, crustáceos, moluscos o algas, con fines comerciales o de investigación.

**Bioseguridad:** Conjunto de medidas preventivas que buscan evitar la introducción o propagación de agentes patógenos en sistemas acuícolas.

**Camarón blanco (*Penaeus vannamei*):** Especie de crustáceo marino de gran importancia económica, ampliamente cultivada en regiones tropicales y subtropicales.

**Coliformes fecales:** Grupo de bacterias indicadoras de contaminación biológica en cuerpos de agua, comúnmente asociadas a materia orgánica o desechos fecales.

**Larvicultura:** Etapa del cultivo de camarón que comprende la cría y desarrollo de las larvas desde la eclosión hasta la fase de postlarva.

**Nauplio, Zoea, Mysis, Postlarva:** Fases de desarrollo larvario del camarón blanco, cada una con requerimientos ambientales y nutricionales específicos.

**Oxígeno disuelto (OD):** Cantidad de oxígeno presente en el agua disponible para la respiración de los organismos acuáticos.

**Parámetros físico-químicos:** Variables que describen las condiciones del agua, como temperatura, pH, salinidad, turbidez y concentración de nutrientes.

## **ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA**

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

**EPA:** Environmental Protection Agency

**OD:** Oxígeno Disuelto

**DBO:** Demanda Biológica de Oxígeno

**STD:** Sólidos Totales Disueltos

**ICA:** Índice de Calidad del Agua

**NTU:** Unidades Nefelométricas de Turbidez

**P/A:** Método de Presencia/Ausencia

**BFT:** Biofloc Technology

**RAS:** Recirculating Aquaculture System

**°C:** Temperatura Grados Celsius

**mg/L:** Miligramos por litro

## 1. RESUMEN

La presente investigación evaluó la calidad del agua en el cultivo de larvas de camarón blanco (*Penaeus vannamei*) mediante la aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA) en el laboratorio PRICMARSA, ubicado en la comuna Palmar, provincia de Santa Elena. Se analizaron parámetros físico-químicos (temperatura, pH, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, sólidos disueltos totales y turbidez) y microbiológicos (coliformes fecales) durante tres ciclos de producción, entre agosto y octubre de 2025. Los resultados mostraron que la temperatura promedio (32,4 °C), pH (8,0) y oxígeno disuelto (5,9 mg/L) se mantuvieron dentro de los rangos óptimos recomendados para la especie, garantizando la supervivencia larvaria entre 75 % y 85 %. La concentración de nitratos y fosfatos aumentó hacia las capas profundas de los tanques, evidenciando acumulación de materia orgánica, aunque sin afectar significativamente la calidad general del agua. El análisis microbiológico reveló baja presencia de coliformes fecales, limitados a la capa inferior (90 cm). El valor del ICA clasificó la calidad del agua como “Buena” en la mayoría de los estanques, lo que demuestra un manejo adecuado del sistema.

**Palabras Claves:** Acuicultura, *Penaeus vannamei*, calidad del agua, índice de calidad del agua (ICA), parámetros físico-químicos, coliformes fecales, supervivencia larvaria.

## ABSTRACT

This research evaluated the water quality in the larval culture of white shrimp (*Penaeus vannamei*) through the application of the Water Quality Index (WQI) at the PRICMARSA laboratory, located in the Palmar community, Santa Elena Province, Ecuador. Physical-chemical parameters (temperature, pH, dissolved oxygen, nitrates, phosphates, total dissolved solids, and turbidity) and microbiological parameters (fecal coliforms) were analyzed during three production cycles between August and October 2025. Results showed that average temperature (32.4 °C), pH (8.0), and dissolved oxygen (5.9 mg/L) remained within optimal ranges for the species, ensuring larval survival rates between 75% and 85%. Nitrate and phosphate concentrations increased in deeper water layers, indicating organic matter accumulation without significantly affecting overall water quality. Microbiological analysis revealed a low presence of fecal coliforms, limited to the 90 cm depth layer. The WQI classified the water quality as “Good” in most tanks, demonstrating effective management of the culture system.

**Keywords:** Aquaculture, *Penaeus vannamei*, water quality, Water Quality Index (WQI), physicochemical parameters, fecal coliforms, larval survival.

## 2. INTRODUCCIÓN.

La acuicultura se ha consolidado como una actividad estratégica para la economía mundial, especialmente en países con tradición pesquera (FAO, 2022). En Ecuador, el cultivo de camarón blanco (*Penaeus vannamei*) se ha convertido en un pilar desde la década de 1980, impulsando la instalación de laboratorios especializados en la producción de nauplios y postlarvas (Roca, 2015). Este sector ha experimentado un crecimiento sostenido gracias a la demanda internacional y a la implementación de tecnologías que permiten optimizar la producción (Boyd & Tucker, 2012). Sin embargo, la historia de la industria camaronera ecuatoriana también ha estado marcada por crisis sanitarias, como la ocasionada por el virus de la mancha blanca entre 1999 y 2000, que evidenció la vulnerabilidad del sistema y la necesidad de adoptar medidas de bioseguridad más estrictas (Martínez-Córdova et al., 2020).

La importancia del cultivo de camarón no se limita al ámbito económico; también tiene implicaciones sociales y ambientales. Genera empleo en comunidades costeras, contribuye al desarrollo rural y posiciona al país como uno de los principales exportadores a nivel mundial (CONAPESCA, 2021). No obstante, este crecimiento trae consigo retos relacionados con la sostenibilidad, la gestión de recursos hídricos y el control de la calidad del agua, factor determinante para la supervivencia y el desarrollo de las larvas (Boyd, 2018).

La calidad del agua en sistemas larvarios depende de parámetros físico-químicos como temperatura, pH, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos y turbidez, así como de factores microbiológicos que pueden afectar la salud de los organismos (Lin & Chen, 2019). Alteraciones en estos parámetros pueden generar estrés fisiológico, reducir la eficiencia alimenticia y aumentar la mortalidad, afectando la rentabilidad del sistema (Sánchez et al., 2019). Por ello, el monitoreo constante y la evaluación integral son esenciales para optimizar la producción y prevenir brotes de enfermedades (Fernández & Solano, 2005).

En este contexto, el Índice de Calidad del Agua (ICA) se presenta como una herramienta útil para sintetizar múltiples parámetros en una sola medida cuantitativa (Aguirre Cordón et al., 2016). Aunque el ICA ha sido aplicado en cuerpos naturales y sistemas acuícolas, existe un vacío en la literatura respecto a su uso específico en ciclos larvarios en laboratorios ecuatorianos, lo que limita la adopción de estrategias basadas en evidencia científica (Muñoz, 2022). Por ello, este estudio se propone evaluar la calidad del agua en el cultivo de larvas de *Penaeus vannamei* mediante la aplicación del ICA en el laboratorio PRICMARSA, contribuyendo a mejorar la sostenibilidad y eficiencia del sistema.

### 3. PROBLEMÁTICA

El cultivo de larvas de camarón blanco (*Penaeus vannamei*) representa una actividad estratégica para la economía acuícola, pero su éxito depende de mantener parámetros de calidad del agua dentro de rangos óptimos. Las condiciones ambientales adversas pueden comprometer la salud, el crecimiento y la supervivencia de las larvas, generando pérdidas económicas significativas.

En los sistemas de producción intensiva, la acumulación de materia orgánica, el incremento de nutrientes y la proliferación de microorganismos patógenos son factores que pueden alterar la calidad del agua. Estos problemas se agravan cuando no se cuenta con herramientas de monitoreo integrales que permitan evaluar el estado del recurso hídrico de manera precisa y oportuna.

El Índice de Calidad del Agua (ICA) ha demostrado ser eficaz en la evaluación de cuerpos de agua naturales y sistemas acuícolas, pero su aplicación en la fase larvaria de camarón en laboratorios ecuatorianos es limitada. Esta falta de estudios comparativos genera incertidumbre sobre la utilidad del ICA como herramienta de gestión en condiciones reales de producción.

La ausencia de protocolos estandarizados para el uso del ICA en larvicultura dificulta la toma de decisiones basadas en datos científicos, lo que puede derivar en prácticas empíricas que no garantizan la sostenibilidad del sistema. Por ello, se plantea la necesidad de investigar la aplicabilidad del ICA en el monitoreo de la calidad del agua durante el ciclo larvario, identificando los parámetros críticos que inciden en la productividad y proponiendo estrategias para su control.

#### 4. JUSTIFICACIÓN.

La calidad del agua es un factor crítico para la supervivencia y desarrollo de larvas de *Penaes vannamei* (Boyd & Tucker, 2012). Mantener parámetros dentro de rangos óptimos no solo garantiza la salud de los organismos, sino que también influye en la eficiencia alimenticia, la tasa de crecimiento y la rentabilidad del sistema (FAO, 2022).

El Índice de Calidad del Agua (ICA) permite integrar múltiples parámetros físico-químicos y microbiológicos en una sola medida, facilitando la interpretación de datos y la toma de decisiones (Fernández & Solano, 2005). Sin embargo, la literatura carece de estudios que validen su aplicación en sistemas larvarios ecuatorianos, lo que representa una oportunidad para generar conocimiento científico y aportar herramientas prácticas al sector acuícola (Muñoz, 2022).

Este trabajo contribuirá a mejorar la eficiencia productiva y la bioseguridad en laboratorios, fortalecerá la base técnica para cumplir normativas ambientales. Además, permitirá establecer recomendaciones para la implementación del ICA como parte de los protocolos de monitoreo en larvicultura, promoviendo prácticas sostenibles y responsables.

Desde una perspectiva académica, la investigación aportará información valiosa para futuras publicaciones y estudios relacionados con la gestión de la calidad del agua en sistemas acuícolas (Boyd, 2018). Desde el punto de vista práctico, beneficiará a productores y técnicos al proporcionar una herramienta confiable para la toma de decisiones, reduciendo riesgos y mejorando la competitividad del sector (FAO, 2022).

## **5. OBJETIVOS.**

### **5.1. OBJETIVO GENERAL.**

- Evaluar la calidad del agua en el cultivo de larvas de *Penaeus vannamei* a través del Índice de Calidad de Agua (ICA), determinando los factores críticos que inciden en la productividad.

### **5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- Analizar los parámetros físicos y químicos del agua en los tanques de cultivo de *Penaeus vannamei*.
- Identificar la presencia de bacterias mediante análisis cualitativo en diferentes profundidades durante tres producciones.
- Relacionar los niveles óptimos de la calidad del H<sub>2</sub>O y la tasa de supervivencia de larvas de *Penaeus vannamei*.

## **6. HIPÓTESIS.**

### **Hipótesis alternativa.**

**H1:** El desarrollo y la supervivencia de las larvas (*Penaeus vannamei*) se ven afectados considerablemente por la calidad del agua, que está determinada por factores biológicos, físicos y químicos.

### **Hipótesis nula.**

**H0:** El desarrollo y la supervivencia de las larvas (*Penaeus vannamei*) no se ve afectados considerablemente por la calidad del agua, que está determinada por factores biológicos, físicos y químicos.

## 7. MARCO TEÓRICO

### 7.1.1. Cultivo de larvas de camarón

El camarón blanco (*Penaeus vannamei*) es actualmente la especie más cultivada a nivel nacional y mundial debido a su rápido crecimiento, tolerancia a variaciones ambientales y alta aceptación en el mercado internacional (FAO, 2020). Ecuador es uno de los principales exportadores de este crustáceo, debido a la expansión de laboratorios dedicados a la cría y al mejoramiento en las practicas acuícolas (Lagos, 2021).

El ciclo larval de *P. vannamei* incluye las fases relevantes de nauplio, zoea, mysis y postlarva; cada una de estas etapas afecta la calidad del huevo que se mandará a los tanques apropiados. Para asegurar que cada etapa sobreviva y se desarrolle de manera apropiada, son necesarias condiciones particulares en términos nutricionales y ambientales; en este marco, la calidad del agua es un factor crucial (Páez, 2019).

Las hembras eclosionan sus huevos aproximadamente en 15 horas y posterior a esto se produce la fecundación de los huevos y su eclosión en los estadios larvarios, que se pueden distinguir en las etapas de Nauplio, Protozoa y de Mysis; antes de su metamorfosis a camarón Post Larva (Garnica, 2016).

## **Clasificación taxonómica del Camarón blanco (*Penaeus Vannamei*)**

*Figura 1.*

Camarón Blanco *Penaeus vannamei*



*Nota: Camarón Blanco Penaeus vannamei. Boone (2021)*

**Reino:** Animalia

**Filo:** Arthropoda

**Subfilo:** Crustacea

**Clase:** Malacostraca

**Orden:** Decapoda

**Familia:** Penaeidae

**Género:** *Penaeus*

**Especie:** *vannamei*

### **7.1.2. Generalidades del Camarón blanco (*Penaeus Vannamei*)**

El camarón blanco es una especie nativa de la costa oriental del Océano Pacífico, con una amplia distribución que abarca desde México hasta Centro y Sudamérica, llegando a Tumbes en Perú. Generalmente vive en entornos marinos tropicales, donde la temperatura es mayor a 20 °C (FAO, 2020). Morfológicamente se distingue por presentar un rostrum alargado con 7 y 10 dientes en la región dorsal y 2 a 4 en la región ventral. Se observa en los machos adultos un pestana simétrico y semiabierto (Gucic, 2008).

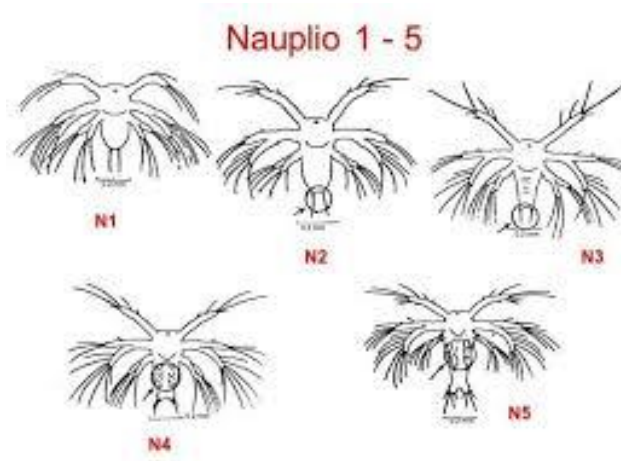
#### **7.2.1. Desarrollo larvario**

Las etapas las Larvas de *Penaeus vannamei* (Camarón blanco) son las siguientes:

#### **7.2.2. Nauplio**

Después de la eclosión de los huevos pasa al estadio de Nauplios siendo esta la primera fase del desarrollo larvario. Durante este periodo las larvas dependen únicamente de las reservas vitelinas como fuente de energía ya que estas carecen de un sistema digestivo funcional. Su morfología es simple y se caracteriza por la presencia de apéndices natatorios primitivos que les permite un desplazamiento limitado. Esta etapa se divide en cinco subestadios (1, 2, 3, 4 y 5) con una duración aproximada de 40 a 50 horas, dependiendo de las condiciones ambientales, principalmente la temperatura del agua (Wyban & Sweeney, 1991; FAO, 2020).

Figura 2.

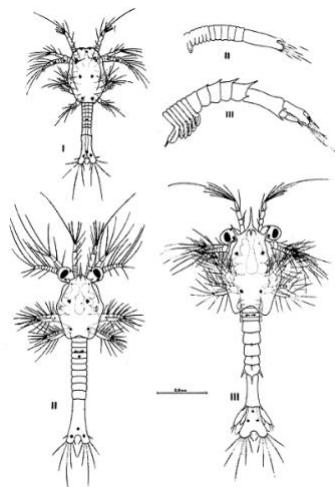


Nota: Subestadios de Nauplio. Marcillo (2014).

### 7.2.3. Zoea

Los organismos pasan a la fase de zoea tras el estadio del nauplio 5 en esta etapa se observa el desarrollo de espinas cefalotorácicas como rasgo distinto y una mayor complejidad en su morfología. Este estadio comprende en tres subestadios que tiene una durabilidad de 3 a 4 días 12 su alimento principal es microalgas que se encuentran presente en el agua ( FAO, 2020).

Figura 3.

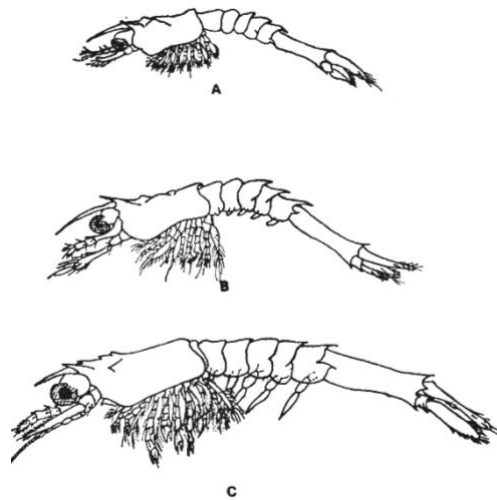


Nota: Subestadios de Zoea. HC4-BIOTEC (2020)

#### 7.2.4. Mysis

Posteriormente, las larvas alcanzan el estadio de mysis, caracterizado por un aspecto más similar al estadio de adulto debido a la aparición y funcionalidad de los pleopodos que mejoran su capacidad de natación. Tienen tres subestadios y su dieta se basa en Nauplios de Artemia lo que permite satisfacer las crecientes demandas energéticas requeridas para el desarrollo de órganos y tejidos (Valencia & Vargas, 2013).

*Figura 4.*



*Nota:* Subestadios de Mysis. Fenucci (1988).

#### 7.2.5. Post-larva

Luego del tercer subestadio de mysis, finalmente alcanza la etapa de postlarva en la cual ya exhiben una morfología semejante a la del camarón adulto poseen periopodos que les permite agarrarse y desplazarse, esta etapa tiene duración entre 20 días, su alimentación se basa en alimento sólidos y Artemia (Boyd, 2018).

*Figura 5.*



*Nota:* Postlarvas de camarón. Limsuwan & ching (2013).

### **7.3. Calidad del agua en la Acuicultura**

El agua es el medio en el cual se desarrollan el organismo acuático, particularmente los camarones esto constituye un factor determinante de su filosofía, crecimiento y supervivencia (Boyd, 2021). En los laboratorios de larvas, el agua no solo cumple la función de sustento vital, sino que también actúa como vía de transmisión de oxígeno, nutrientes y microorganismo beneficiosos o patógenos.

La calidad de agua en la acuicultura comprende un conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos que deben mantenerse dentro de rangos óptimos para evitar estrés, enfermedades o mortalidad en los organismos (Boyd, 2003). La calidad del agua es un factor determinante en los sistemas acuícolas, especialmente en la fase larval del camarón *Penaeus vannamei* debido a la sensibilidad en los primeros estadios de vida.

Según Chavez-Crooker y Obreque-Contreras (2021), los parámetros tanto físicos, químicos y biológicos pueden variar por factores naturales o por actividades antrópicas relacionadas al manejo del cultivo. La calidad del agua es importante no solo para que las larvas sobrevivan, sino también para que la productividad sea eficiente. Según la FAO (2020), el agua de baja calidad causa que aumenten los costos de producción, ya que se requiere de tratamientos correctivos, y que se retrase el crecimiento y la mortalidad aumente.

### **7.3.1. Índice de calidad de agua**

La evaluación de la calidad del agua constituye un eje fundamental dentro de la gestión ambiental, debido a que este recurso es esencial para la vida y para el funcionamiento de diversos sistemas ecológicos y productivos. En este marco, Horton (1965) y Liedman (1969) desarrollaron una metodología unificada para el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA), adoptada por las agencias de monitoreo desde la década de 1970. Aunque en sus inicios este índice no alcanzó una amplia relevancia, su utilidad se consolidó progresivamente conforme se incrementó la necesidad de contar con herramientas integrales de diagnóstico. Fernández y Solano (2005) señalan que actualmente existen alrededor de 30 índices de calidad del agua, los cuales pueden incluir entre 3 y 72 parámetros físico-químicos y biológicos, destacándose variables como nitratos, sólidos totales, pH, DQO, DBO, ortofosfatos, nitrógeno amoniacal y oxígeno disuelto.

La importancia de estos parámetros radica en su capacidad para evidenciar alteraciones en las propiedades naturales del recurso hídrico, permitiendo así determinar su aptitud para distintos usos. Conforme indica Castro et al. (2014), esta evaluación es esencial para comprender el grado de intervención o deterioro presente en un cuerpo de agua. Dentro de este proceso, el ICA se ha convertido en un indicador estratégico debido a que sintetiza el nivel de contaminación en un único valor porcentual respecto al agua pura: valores cercanos a 0% reflejan condiciones severamente contaminadas, alrededor del 50% representan un estado aceptable y cifras próximas al 100% indican calidad óptima (Guillén et al., 2016).

#### **7.4. Parámetros utilizados en ICA**

El índice de calidad de agua incorpora nueve parámetros que permiten efectuar una evaluación integral de este recurso en distintos niveles, con el propósito de identificar vulnerabilidad de los sistemas de cultivo frente a eventuales riesgos (Romero, 2002).

##### **7.4.1. Temperatura**

La temperatura constituye uno de los parámetros físicos más relevantes en la determinación de la calidad del agua, ya que influye de manera directa en la aceleración o ralentización de la actividad biológica, en la absorción de oxígeno en la precipitación de compuestos en la formación de sedimentos, así

como en los procesos de desinfección, mezcla, floculación, sedimentos y filtración (Ulloa, 2015). El camarón blanco tiene una gran capacidad para tolerar diversos intervalos de temperatura a lo largo de su cultivo; sin embargo, su crecimiento óptimo se alcanza entre los 28°C y 31°C. Para mantener estas condiciones, actualmente se emplean sistemas de calefacción que permiten conservar el agua dentro del rango adecuado (García, 2018). No obstante, las variaciones térmicas pueden influir de manera significativa en otros parámetros que determinan la calidad del agua. Las temperaturas elevadas aumenta la concentración de amonio tóxico mientras que la temperatura desciende alrededor de los 25°C, los camarones entran en un estado de latencia, reducen la asimilación del alimento y en consecuencia, su crecimiento se ve afectado (Salazar, 2017). Según et al García. (2018), la temperatura del agua índice directamente en propiedades como la viscosidad, densidad y solubilidad de los gases, aspectos que resultan determinantes para la disponibilidad de oxígeno; esto influye en la dinámica de las reacciones químicas y bioquímicas que ocurren en los tanques de cultivo.

La temperatura constituye uno de los parámetros físicos más relevantes en la determinación de la calidad del agua, ya que influye de manera directa en la aceleración o ralentización de la actividad biológica, en la absorción de oxígeno en la precipitación de compuestos en la formación de sedimentos, así como en los procesos de desinfección, mezcla, floculación, sedimentos y

filtración (Ulloa, 2015). Su incidencia en las reacciones químicas y 16 biológicas resulta especialmente significativa. Se ha evidenciado que a 30°C el camarón no solo duplica su ritmo de crecimiento sino también su consumo de oxígeno en comparación con los 20°C, lo que implica que la demanda de oxígeno disuelto se vuelve más crítica en aguas cálidas que en agua fría (Boyd, 2018).

#### **7.4.2. pH**

El pH del agua es un parámetro esencial en la acuicultura de camarones, ya que influye directamente en los procesos fisiológicos, el crecimiento y la supervivencia de los organismos. En términos generales, el rango óptimo de pH para el cultivo de *Penaeus vannamei* se sitúa entre 7.5 y 8.5. Dentro de este intervalo el crecimiento y la supervivencia de los organismos. Valores de pH fuera del rango adecuado pueden generar condiciones de estrés, afectar la disponibilidad de nutrientes y alterar el equilibrio iónico en los camarones, lo que repercute negativamente en su metabolismo y en la eficiencia del cultivo (Boyd, 2018).

El intervalo ideal de pH para cultivar *Penaeus vannamei* se encuentra entre 7.5 y 8.5. Los camarones, en este lapso de tiempo, muestran un crecimiento más eficaz y una resistencia superior a las enfermedades. En cambio, niveles inferiores a 6.5 o superiores a 9 pueden ser mortales por la modificación del balance entre ácidos y bases y el impacto en los procesos de tipo respiratorio y enzimático (FAO, 2020).

La toxicidad de los compuestos que se encuentran en el agua también está muy relacionada con el pH. Por ejemplo, cuando el pH es alto, se incrementa la porción de amoníaco no ionizado ( $\text{NH}_3$ ), que es muy tóxico para los camarones y tiene el potencial de causar muertes importantes en la cosecha. Además, un pH bajo puede aumentar la solubilidad de metales pesados, lo que hace que los seres vivos tengan más posibilidades de ser tóxicos (Lin & Chen, 2001).

Algunos de los factores que determinan el control del pH en estanques camaroneros son la fotosíntesis del fitoplancton, la respiración de los seres vivos que ocupan el ecosistema y la alcalinidad. En el día, la fotosíntesis tiende a elevar el pH debido a que absorbe dióxido de carbono; por otro lado, durante la noche predomina la respiración, lo que provoca una disminución del pH. Por esta razón, es esencial el monitoreo constante para prevenir cambios repentinos que pongan en riesgo la estabilidad del cultivo (Martínez-Córdova & Porchas, 2006).

### **7.4.3. Coliformes Fecales**

Los coliformes fecales corresponden a un grupo de bacterias si bien su presencia suele asociarse con contaminación de origen fecal, es importante señalar que un resultado positivo en estas pruebas no siempre implica este origen, ya que dichos microorganismos también pueden encontrarse en aguas enriquecidas con materia orgánica, descargas industriales, suelos o vegetación en descomposición (Marín et al., 2005).

En este sentido, el uso del término “coliformes fecales” puede resultar impreciso, dado que estos organismos se detectan igualmente en aguas negras, residuos en descomposición u otros ambientes deteriorados (Fernández, 2017). De manera habitual, estas bacterias se concentran en la superficie del agua y en los sedimentos del fondo (Munn, 2004). Su presencia constituye un factor de riesgo sanitario, ya que la incorporación de coliformes fecales en cuerpos de agua favorece la introducción de patógenos capaces de ocasionar enfermedades en los organismos que habitan o consumen dicho recurso (Garay et al., 2002).

#### **7.4.4. Nitratos ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )**

Los nitratos es el producto final de la nitrificación, estos son menos tóxicos que otras formas de nitrógeno, pero su acumulación en estanques larvales puede generar estrés crónico, inhibir el crecimiento y disminuir la robustez inmunológica en los camarones (Zhao et al., 2025). Para cultivos juveniles, se han establecidos rangos seguros de nitrato entre 0.2 y 10 mg/L, los cuales permiten un crecimiento y supervivencia adecuados sin comprometer la salud del camarón (Boyd & Fast, 1992; Martínez-Durazo et al., 2019).

Las concentraciones de nitrato en torno a 0.029 mg/L, según investigaciones llevadas a cabo en Ecuador, fueron significativamente menores y evidencian condiciones controladas y favorables para la siembra de *P.vannamei*.

#### **7.4.5. Fosfatos ( $\text{PO}_4\text{P}$ )**

Los fosfatos constituyen una de las principales fuentes de fósforo en los sistemas de cultivo acuícola y son fundamentales para el desarrollo del fitoplancton, que a su vez sirve como alimento natural para las larvas de camarón. Sin embargo, una concentración excesiva de fosfatos puede provocar eutrofización, favoreciendo la proliferación de algas nocivas y la reducción del oxígeno disuelto en el agua (Martínez-Durazo et al., 2019).

Las concentraciones en sistemas de cultivo de *Penaeus vannamei* fluctúan entre 0.01 y 1.5 mg/L, según el tipo de fertilización y la calidad del agua con que se abastecen (AmézquitaRincón et al., 2020). Con el fin de asegurar la estabilidad ecológica del estanque y mejorar el crecimiento larvario, es fundamental mantener los niveles de fosfato dentro de rangos apropiados. Esto se debe a que este nutriente controla la productividad primaria, lo cual a su vez afecta la cantidad de oxígeno y alimento natural disponible (Boyd, 2018).

#### **7.4.6. Oxígeno Disuelto (OD)**

El oxígeno disuelto es uno de los parámetros más críticos en la calidad del agua para el cultivo de camarón, ya que regula procesos fisiológicos fundamentales como el metabolismo, la respiración y el crecimiento, además de influir en la conversión alimenticia y la resistencia a enfermedades (Garnica, 2016). Su concentración puede verse afectada por la fotosíntesis, la respiración de organismos presentes en el estanque y la descomposición de materia orgánica, lo que genera variaciones diurnas significativas (Boyd, 2018).

Para cultivos de *Penaeus vannamei*, se aconseja que los niveles estén entre 3 y 6 mg/L, pues valores más bajos causan estrés, disminuyen la tasa alimenticia y pueden llevar a que los organismos mueran. Por otro lado, concentraciones próximas a la saturación mejoran el rendimiento productivo (Muñoz, 2022).

#### **7.4.7. Turbidez**

La turbidez es un parámetro físico que mide la cantidad de partículas en suspensión presentes en el agua, como sedimentos, fitoplancton, materia orgánica y residuos no disueltos. En acuicultura, este indicador es relevante porque influye directamente en la penetración de la luz y, por ende, en la fotosíntesis de las algas que producen oxígeno, afectando así el equilibrio del ecosistema del estanque (Boyd, 2018).

Es indispensable que los niveles de turbidez sean apropiados para preservar la productividad primaria; sin embargo, si son muy altos disminuyen la disponibilidad de oxígeno disuelto, modifican la calidad del agua y tienen el potencial de generar estrés en las especies cultivadas (Martínez-Durazo et al., 2019). La turbidez aconsejada en el cultivo de *Penaeus vannamei* está entre 30 y 80 unidades de NTU, dado que valores menores a este rango reducen la producción de fitoplancton y los valores mayores propician que se acumulen compuestos tóxicos y aparezcan enfermedades (Amézquita-Rincón et al., 2020).

#### **7.4.8. Demanda Biológica de Oxígeno**

La demanda Biológica de Oxígeno (DBO) es un indicador clave de la calidad del agua que mide la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para descomponer la materia orgánica presente en el medio acuático. En sistemas acuícolas, valores elevados de DBO reflejan una sobrecarga de materia orgánica derivada de restos de alimento no consumido, excreciones de los organismos y descomposición de fitoplancton, lo cual puede disminuir drásticamente los niveles de oxígeno disuelto y generar condiciones críticas para el cultivo (Boyd, 2018). Una DBO alta está asociada a riesgos de hipoxia, mayor incidencia de enfermedades y menor tasa de supervivencia de las larvas y postlarvas de *Penaeus vannamei* (Martínez-Córdova & Campaña Torres, 2020).

Para mantener un equilibrio adecuado en los sistemas de cultivo, se recomienda que la DBO no exceda los 3 mg/L, ya que concentraciones superiores comprometen la capacidad del agua para sostener procesos fisiológicos normales en los camarones y deterioran la calidad del ambiente de cría (Rincón et al., 2020).

## 8. METODOLOGÍA.

### 8.1. ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en el laboratorio PRICMARSA ubicado en el barrio las Conchas de la Comuna Palmar, zona Norte de la provincia de Santa Elena.



*Figura 6. Ubicación gráfica del laboratorio PRICMARSA ubicado en la comuna Palmar y mapa de la Provincia de Santa Elena*

### 8.2. Diseño experimental.

Con el fin de evaluar la calidad del agua utilizando el Índice de Calidad de Agua (ICA), se escogieron cinco tanques (2, 6, 8, 11 y 17) al azar; cada uno tiene una capacidad de 32 toneladas.

Se sembraron 40 millones de camarones blancos (*Penaeus vannamei*), provenientes de un laboratorio de maduración ubicado en San Pablo. Los parámetros físicos se midieron dos veces al día durante las tres producciones, en la mañana 8 AM y en la noche 8 PM, utilizando el equipo portátil YSI 550<sup>a</sup>, el cual registró la temperatura y el oxígeno disuelto.

Se llevó a cabo la medición del pH para evaluar la acidez o alcalinidad de las soluciones con el peachímetro. Se recogió agua superficial de cada uno de los tanques escogidos para analizar fosfatos y nitratos, empleando envases plásticos de 10 ml para guardar las muestras.

Asimismo, se determinaron los coliformes fecales mediante la toma de muestras de 100 ml de agua a distintas profundidades: la primera a 30 cm, una semana después del inicio del ciclo de producción; la segunda a 60 cm, durante la transición al estadio Mysis 3, momento en que se realizan recambios de agua; y la última a 90 cm de profundidad, al momento de la cosecha.

La turbidez del agua fue medida con ayuda del multiparámetro.

### **8.3. FASE DE LABORATORIO.**

#### **8.3.1. Identificación de Bacterias.**

Se utilizó el método de presencia/ausencia (P/A) para detectar *Escherichia coli* y coliformes totales en muestras de agua, con el kit Colitag™, conforme a lo que indica la EPA (Environmental Protection Agency) y siguiendo las instrucciones del fabricante, NEOGEN® (2023).

#### **Preparación de la muestra**

Se mezcló el contenido del sobre Colitag™ en un frasco estéril de 100 mL con una muestra de agua, y se agitó hasta que el reactivo se disolvió completamente. La presencia de partículas no disueltas no incide en la efectividad de la prueba.

#### **Incubación**

Las muestras fueron incubadas por un periodo de 24 horas a una temperatura de  $35 \pm 0,5$  °C.

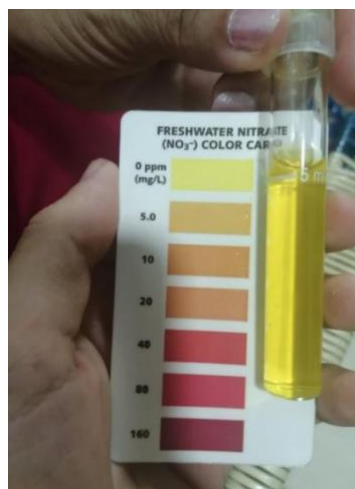
#### **Interpretación de resultados**

Cambio a un color amarillo fosforescente: indica la presencia de coliformes totales.

### 8.3.2. Nitratos.

La metodología utilizada para establecer los nitratos fue la de Muñoz (2022). Un kit de colorimetría se empleó, siguiendo las indicaciones del manual de la compañía HANNA Instruments.

Para realizar la muestra, se colectaron 625 mL de agua de 5 tanques seleccionados al azar. Se agregaron 10 mL de agua en cada tubo de ensayo y se adicionaron 20 gotas del frasco n°1 de Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) Test Solutions.



**Figura 7: Tabla colores del kit de colimetría del nitrato**

Luego, se continuó con el sellado de los tubos de ensayo durante 30 segundos y se agregaron 20 gotas más del frasco n°2 de Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) Test Solutions. Se agitaron los tubos de ensayo con fuerza durante 1 minuto. Por último, se aguardaron 5 minutos para ver la reacción o el resultado establecido y se verificó con la tabla de colorimetría, que incluía 5 colores desde amarillo claro hasta rojo, cada uno con un valor determinado.

### **8.3.3. Fosfato.**

Para determinar el fosfato, se utilizó un kit de colorimetría que incluía un tubo de ensayo de vidrio y una tarjeta para la identificación de colores, siguiendo el método descrito por Muñoz (2022). Se obtuvo la muestra al sacar 10 ml de agua de cada uno de los cinco tanques seleccionados al azar. Antes de agregar las gotas, las muestras se desplazaron durante 10 segundos. Después, se agregaron en cada tubo de ensayo 12 gotas de la solución inicial de fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

Se colocó el tapón durante 30 segundos para asegurar una mezcla adecuada de la solución. El frasco n°2 de Fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) Test Solutions fue agitado durante 30 segundos y se agregaron 12 gotas de este frasco en cada tubo de ensayo. Finalmente, se taparon los tubos y se agitaron 25 vigorosamente durante 1 minuto. Se esperaron 5 minutos para observar la reacción o resultado establecido y se comparó con la tabla de colorimetría, que constaba de 7 colores desde amarillo hasta azul, cada uno con un valor asignado.



*Figura 8: tabla colores del kit de colimetría del fosfato.*

#### **8.4. Evaluación de la Supervivencia Larvaria.**

**Supervivencia:** Para determinar el porcentaje de supervivencia en cada ciclo productivo, se realizó un recuento de larvas vivas al inicio y al final de cada fase larvaria.

#### **8.5. Relación de los niveles óptimo con la supervivencia**

Se contrastaron los rangos óptimos determinados por Muñoz (2022). Los resultados se analizaron mediante gráficos de barras y desviaciones porcentuales. Se utilizó un análisis de regresión para correlacionar los parámetros de calidad del agua con las tasas de crecimiento y supervivencia larvaria. Se consideraron óptimos aquellos rangos asociados a tasas de supervivencia superiores al 80%.

## 8.6. Análisis de datos

Los datos adquiridos fueron anotados en una hoja de cálculo de Excel con el fin de examinar los parámetros químicos (nitrato, fosfato) y físicos (pH, temperatura, OD, TDS) que se conservaron durante todo el ciclo productivo. La fórmula de Rubio-Arias et al. (2010) fue utilizada como base para calcular el Índice de Calidad del Agua ICA.

$$ICA = \sum \frac{W_i P_i}{P_i} (K)$$

### Datos

**ICA** = Índice de calidad del agua.

**Wi** = Peso específico que se le asigna a cada variable (1-4).

**Pi** = Valor asignado a cada variable basándose en los resultados previos; esto es, si el resultado se encuentra dentro del intervalo deseado (1-2) o fuera de este.

**K** = Es constante.

Se llevó a cabo la determinación del constante considerando los valores de turbidez del agua de 0.5, 0.75 y 1.0, siguiendo el criterio de Rubio-Arias et al. (2012). En este estudio, estos valores se establecieron de acuerdo a las condiciones que se encontraron en el agua al momento de tomar la muestra. Por lo tanto, se asignó un valor de 1.0 al agua clara con presencia mínima de sólidos suspendidos; se utilizó como un valor intermedio el 0.75; y el 0.5 fue

para los niveles altos de sólidos suspendidos. Para cuantificar el Índice de Calidad del Agua (ICA), se utilizaron los valores establecidos para  $W_i$  y  $P_i$ .

*Tabla 1.*

Nº	Parámetros	W	Pi	K
1	Oxígeno disuelto	4	1	0,75
2	Temperatura	4	1	0,75
3	pH	4	1	0,75
4	Coliformes fecales	4	1	0,75
5	Nitrato	3	1	0,75
6	Fosfato	3	1	0,75
7	Sólidos totales disueltos	3	2	0,75
8	Turbidez	2	1	0,75

*Nota: Parámetros y rangos óptimos. Muñoz (2022)*

El primer parámetro fue asignado con un peso específico ( $W_i$ ) según la calidad del agua, estableciendo un intervalo de 1 a 4. Al parámetro más relevante se le otorgó una calificación de 4. Como el oxígeno disuelto es la variable con mayor impacto en el ecosistema, se le otorgó el valor más alto de este rango. Respecto al segundo parámetro, se estableció un valor  $P_i$ : 1 para los rangos de calidad deseables y 2 para aquellos parámetros que estaban fuera de los límites o rangos aceptables.

Los valores de  $W_i$  y  $P_i$  se interpretaron, después de ser obtenidos, siguiendo la tabla de valores que fue publicada por Rubio-Arias et al. (2012). La calidad del agua se clasificó en las categorías de Excelente, Bueno, Regular y Malo gracias a esta tabla, lo que permitió evaluar más fácilmente la condición del recurso hídrico.

*Tabla 2.*

Rangos para el análisis	Calidad de ICA
1.3 a 1.8	Malo
1.9 a 2.4	Regular
2.5 a 2.8	Bueno
2.9 a 3.3	Excelente

*Nota: Rangos óptimos. Muñoz (2022)*

### **8.7. Análisis estadístico:**

Se utilizó el software MINITAB versión 19 en el proceso de análisis estadístico para comparar y mostrar gráficamente los resultados del índice de calidad del agua con las mediciones tomadas directamente en los tanques de producción que se eligieron para la investigación.

Para analizar los parámetros físico-químicos recolectados durante el período de investigación, se utilizó el programa Excel, mediante el cual se organizaron los datos en tablas correspondientes a cada ciclo de producción.

## 9. RESULTADOS

### 9.1. Parámetros físico-químicos documentados durante las tres cosechas de *Penaeus vannamei*.

Concentración de temperatura por tanques en los ciclos producción A lo largo de las tres producciones, se documentaron temperaturas medias de 32,5 °C y 32,4 °C, con ligeras fluctuaciones de  $\pm 0,7$  °C y  $\pm 0,8$  °C respectivamente. Estos valores muestran que la temperatura del agua, entre 27 °C y 33 °C, se mantuvo estable a lo largo de los 21 días de cultivo. Esta información brinda una explicación al buen rendimiento productivo observado en este trabajo. Los datos no mostraron diferencias importantes ( $p > 0,05$ ) al comparar los resultados, lo que indica que se gestionó el sistema de manera eficiente y se mantuvieron las condiciones térmicas estables en los tanques.

*Tabla 3*

<b>Temperatura Producción 1</b>						
<b>Día</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 6</b>	<b>Tanque 8</b>	<b>Tanque 11</b>	<b>Tanque 17</b>	<b>Promedio</b>
<b>1</b>	32	32	33	32	33	32,5
<b>2</b>	33	32	33	32	32	32,4
<b>3</b>	32	33	32	33	33	32,6
<b>4</b>	33	32	33	32	32	32,4
<b>5</b>	32	32	33	32	33	32,4
<b>6</b>	33	32	33	32	32	32,4
<b>7</b>	32	33	32	33	33	32,6
<b>8</b>	33	32	33	32	33	32,6
<b>9</b>	33	33	32	32	32	32,4
<b>10</b>	32	32	33	33	32	32,4
<b>11</b>	33	32	33	32	33	32,6
<b>12</b>	32	33	32	32	32	32,2
<b>13</b>	32	33	32	33	32	32,4
<b>14</b>	33	32	33	32	33	32,6
<b>15</b>	33	33	32	33	32	32,6
<b>16</b>	33	33	32	33	32	32,6
<b>17</b>	33	32	33	32	33	32,6
<b>18</b>	32	33	32	33	33	32,6
<b>19</b>	32	32	33	32	32	32,2
<b>20</b>	33	33	32	33	33	32,8
<b>21</b>	33	32	33	32	31	32,2
<b>Promedio Producción 1</b>						<b>32,4</b>

*Nota: Datos de temperatura de la primera Producción.*

*Tabla 4*

<b>Temperatura Producción 2</b>						
<b>Día</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 6</b>	<b>Tanque 8</b>	<b>Tanque 11</b>	<b>Tanque 17</b>	<b>Promedio</b>
1	33	32	33	32	32	32,3
2	33	33	33	32	33	32,8
3	32	33	32	33	33	32,6
4	33	32	33	33	32	32,6
5	32	32	33	32	33	32,4
6	33	33	33	32	32	32,6
7	32	33	32	33	33	32,6
8	33	32	33	33	33	32,8
9	33	33	32	32	33	32,6
10	32	32	33	33	32	32,4
11	33	32	33	32	33	32,6
12	32	33	32	33	32	32,4
13	32	33	32	33	32	32,4
14	33	32	33	32	33	32,6
15	33	33	32	33	32	32,6
16	33	33	32	33	32	32,6
17	33	32	33	32	33	32,6
18	32	33	32	33	33	32,6
19	32	32	33	33	32	32,4
20	33	33	32	33	33	32,8
21	33	32	33	32	31	32,2
<b>Promedio Producción 2</b>						<b>32,5</b>

*Nota: Datos de temperatura de la segunda Producción.*

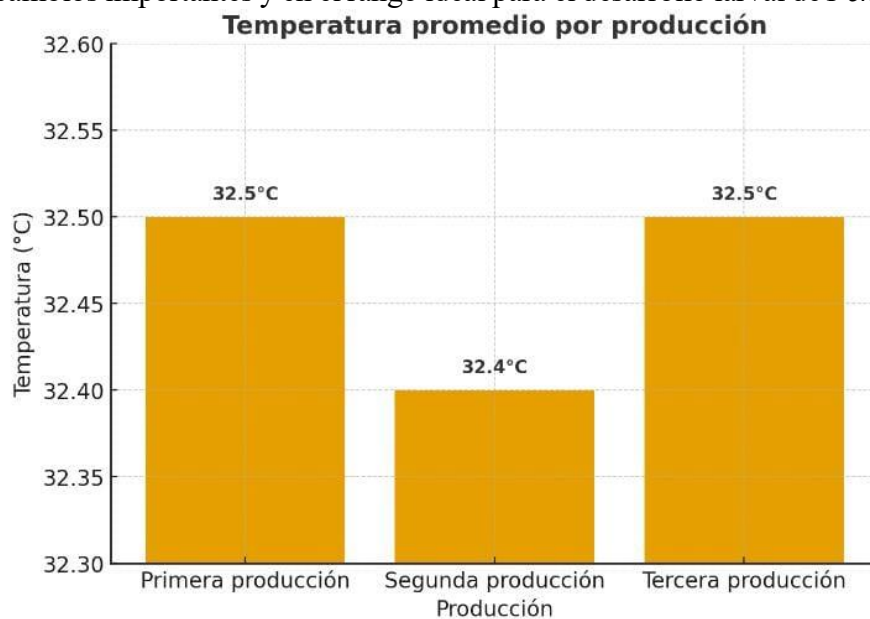
*Tabla 5*

<b>Temperatura Producción 3</b>						
<b>Día</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 6</b>	<b>Tanque 8</b>	<b>Tanque 11</b>	<b>Tanque 17</b>	<b>Promedio</b>
<b>1</b>	33	32	33	32	32	32,3
<b>2</b>	33	32	33	32	33	32,6
<b>3</b>	32	33	32	33	32	32,4
<b>4</b>	33	32	33	32	32	32,4
<b>5</b>	32	32	33	32	33	32,4
<b>6</b>	33	32	32	32	32	32,2
<b>7</b>	32	33	32	32	33	32,4
<b>8</b>	33	32	33	33	33	32,8
<b>9</b>	32	33	32	32	33	32,4
<b>10</b>	32	32	33	33	32	32,4
<b>11</b>	33	32	33	32	33	32,6
<b>12</b>	32	33	32	33	32	32,4
<b>13</b>	32	33	32	33	32	32,4
<b>14</b>	33	32	33	32	33	32,6
<b>15</b>	32	33	32	33	33	32,6
<b>16</b>	33	32	32	33	32	32,4
<b>17</b>	33	32	32	33	33	32,6
<b>18</b>	32	33	32	33	33	32,6
<b>19</b>	32	33	33	33	32	32,6
<b>20</b>	33	33	32	33	32	32,6
<b>21</b>	33	33	33	32	31	32,4
<b>Promedio Producción 3</b>						<b>32,4</b>

*Nota: Datos de temperatura de la tercera Producción.*

### 9.1.1. Concentración promedio de temperatura por ciclos de producción.

En el *Grafico 1* correspondiente muestra la temperatura promedio registrada en los tanques de cultivo durante tres ciclos de producción. Se registró una temperatura promedio de 32,4 °C en el primer y tercer ciclo, mientras que un valor algo más alto de 32,5 °C se observó en el segundo ciclo. En términos generales, los valores se mantuvieron estables de un ciclo a otro, sin cambios importantes y en el rango ideal para el desarrollo larval de *Penaeus*



*vannamei* en condiciones de laboratorio.

*Grafica 1: Promedios de Temperatura por producciones*

### 9.2. Concentración de pH por tanques en los ciclos de producción.

Durante los tres ciclos de producción que se llevaron a cabo entre agosto y octubre, se observó que el pH del agua osciló entre 7,9 y 8,1, siempre dentro del rango que los expertos consideran óptimo para la cría de *Penaeus vannamei*. Esa constancia señala que el ambiente acuático es lo

suficientemente estable, lo cual resulta fundamental para que el camarón mantenga un metabolismo equilibrado, una osmorregulación eficaz y una eficiencia alimentaria máxima. En el cultivo de estanques, es vital mantener un equilibrio biológico saludable; para ello, el pH debe estar entre 7.5 y 8.3 Muñoz (2022). Dentro de ese intervalo, se disminuyen las señales de estrés fisiológico y la disponibilidad de nutrientes aumenta. Zhou et al. (2023) y García et al. (2020), simultáneamente, hallaron resultados coherentes, que señalan que un pH ligeramente alcalino propicia una tasa de crecimiento más elevada y una supervivencia más sólida.

*Tabla 6*

<b>pH Producción 1</b>						
<b>Día</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 6</b>	<b>Tanque 8</b>	<b>Tanque 11</b>	<b>Tanque 17</b>	
1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
2	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
3	7.9	8.1	7.9	7.9	7.9	8.1
4	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
5	8.1	7.9	8.1	8.1	8.1	7.9
6	8.1	7.9	8.1	8.1	8.1	7.9
7	7.9	8.1	7.9	8.1	8.1	8.1
8	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
9	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
10	8.1	7.9	8.1	8.1	8.1	7.9
11	8.1	7.9	8.1	7.9	7.9	7.9
12	8.1	8.1	8.1	7.9	7.9	8.1
13	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
14	7.9	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
15	7.9	7.9	8.1	8.1	8.1	7.9
16	7.9	8.1	7.9	7.9	7.9	8.1
17	8.1	8.1	7.9	7.9	7.9	8.1
18	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
19	7.9	7.9	8.1	7.9	7.9	7.9
20	7.9	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
21	8.1	8.1	7.9	8.1	8.1	8.1

*Nota: Datos de pH durante la primera producción*

*Tabla 7*

<b>pH Producción 2</b>						
<b>Día</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 6</b>	<b>Tanque 8</b>	<b>Tanque 11</b>	<b>Tanque 17</b>	
<b>1</b>	8.1	8.1	8.1	7.9	8.1	
<b>2</b>	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	
<b>3</b>	7.9	8.1	8.1	8.1	8.1	
<b>4</b>	7.9	7.9	8.1	8.1	7.9	
<b>5</b>	7.9	8.1	7.9	7.9	8.1	
<b>6</b>	8.1	8.1	7.9	7.9	8.1	
<b>7</b>	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	
<b>8</b>	7.9	7.9	8.1	7.9	7.9	
<b>9</b>	7.9	8.1	8.1	8.1	8.1	
<b>10</b>	8.1	8.1	7.9	8.1	8.1	
<b>11</b>	8.1	7.9	8.1	7.9	7.9	
<b>12</b>	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	
<b>13</b>	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	
<b>14</b>	7.9	8.1	7.9	7.9	8.1	
<b>15</b>	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	
<b>16</b>	8.1	7.9	8.1	8.1	7.9	
<b>17</b>	8.1	7.9	8.1	8.1	7.9	
<b>18</b>	7.9	8.1	7.9	8.1	8.1	
<b>19</b>	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	
<b>20</b>	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	
<b>21</b>	8.1	7.9	8.1	8.1	7.9	

*Nota: Datos de pH durante la segunda producción*

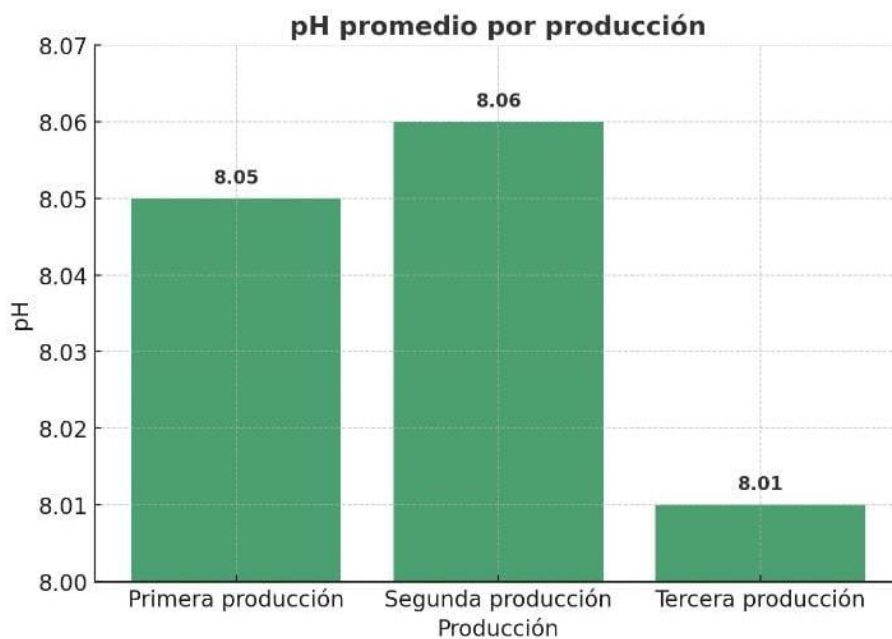
*Tabla 8*

<b>pH Producción 3</b>					
<b>Día</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 6</b>	<b>Tanque 8</b>	<b>Tanque 11</b>	<b>Tanque 17</b>
<b>1</b>	7.9	8.1	8.1	7.9	8.1
<b>2</b>	8.1	7.9	7.9	8.1	7.9
<b>3</b>	8.1	8.1	8.1	7.9	8.1
<b>4</b>	7.9	7.9	8.1	8.1	7.9
<b>5</b>	7.9	8.1	7.9	7.9	8.1
<b>6</b>	8.1	7.9	7.9	7.9	7.9
<b>7</b>	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
<b>8</b>	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9
<b>9</b>	7.9	7.9	8.1	8.1	8.1
<b>10</b>	8.1	8.1	7.9	8.1	8.1
<b>11</b>	7.9	7.9	8.1	7.9	7.9
<b>12</b>	8.1	8.1	7.9	8.1	8.1
<b>13</b>	7.9	8.1	8.1	7.9	7.9
<b>14</b>	7.9	8.1	7.9	7.9	8.1
<b>15</b>	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
<b>16</b>	7.9	7.9	8.1	8.1	7.9
<b>17</b>	8.1	7.9	8.1	8.1	7.9
<b>18</b>	7.9	8.1	7.9	8.1	8.1
<b>19</b>	7.9	8.1	8.1	8.1	8.1
<b>20</b>	8.1	7.9	8.1	8.1	8.1
<b>21</b>	7.9	7.9	8.1	8.1	7.9

*Nota: Datos de pH durante la tercera producción*

### 9.2.1. Concentración promedio de pH por ciclos de producción.

En los tres ciclos de producción, las concentraciones medias de pH permanecieron constantes, lo que indica que las condiciones eran adecuadas para cultivar *Penaeus vannamei* como se muestra en la *Grafica 2*. El pH en la primera producción fue de 8.05; el de la segunda, 8.06; y el de la tercera, 8.01. Estos cambios menores entre ciclos señalan que la calidad del agua es estable y que permanece dentro de los niveles ideales recomendados para el desarrollo larval de esa especie.



*Grafica 2: Promedios de pH por producciones*

### **9.3. Concentración de Oxígeno disuelto por tanques de producción.**

En el transcurso de los tres ciclos de producción, el oxígeno disuelto (OD) se mantuvo entre 5.6 y 6.6 mg/L, valores que encajan perfectamente con el rango óptimo recomendado para el cultivo de *Penaeus vannamei*. Esa estabilidad sugiere un manejo adecuado de la aireación y de la calidad del agua, garantizando condiciones que favorecen tanto el metabolismo como la supervivencia de las larvas.

Zhou et al. (2021) comprobaron que mantener el oxígeno entre 5.0 y 6.5 mg/L mejora la conversión alimentaria y favorece que se gane peso, pero cuando las concentraciones están por debajo de los 4 mg/L provocan estrés y obstaculizan el crecimiento. Así, la concentración apropiada de oxígeno disuelto es un elemento clave que tiene un impacto directo en el bienestar y la productividad de las larvas del camarón blanco en los sistemas acuícolas.

*Tabla 9*

---

**Oxígeno Disuelto Producción 1**

---

<b>Día</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 6</b>	<b>Tanque 8</b>	<b>Tanque 11</b>	<b>Tanque 17</b>
<b>1</b>	5.6	6.3	5.6	5.6	6.3
<b>2</b>	5.8	6.1	5.8	5.8	6.1
<b>3</b>	5.6	5.8	5.8	5.8	5.8
<b>4</b>	6.6	6.6	6.3	6.3	6.6
<b>5</b>	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
<b>6</b>	6.6	5.8	6.1	6.1	6.2
<b>7</b>	5.8	6.6	6.1	6.1	6.3
<b>8</b>	5.8	5.6	5.6	5.6	6.6
<b>9</b>	6.6	5.8	5.8	5.8	5.8
<b>10</b>	6.6	6.6	6.2	6.2	6.6
<b>11</b>	5.8	5.8	5.6	6.6	5.8
<b>12</b>	6.6	5.6	6.3	5.6	6.1
<b>13</b>	6.6	5.8	6.1	5.8	5.8
<b>14</b>	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
<b>15</b>	6.6	6.3	6.6	6.3	6.3
<b>16</b>	5.6	5.6	5.6	5.6	5.7
<b>17</b>	6.6	6.6	6.2	6.1	6.1
<b>18</b>	6.3	5.6	6.3	5.6	6.1
<b>19</b>	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
<b>20</b>	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
<b>21</b>	6.6	6.6	6.6	6.2	6.2

---

*Nota: Datos de oxígeno disuelto primera producción*

*Tabla 10*

---

**Oxígeno Disuelto Producción 2**

---

<b>Día</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 6</b>	<b>Tanque 8</b>	<b>Tanque 11</b>	<b>Tanque 17</b>
<b>1</b>	6.3	6.6	6.6	6.3	6.2
<b>2</b>	6.1	5.6	5.8	6.1	6.6
<b>3</b>	5.8	6.6	5.8	5.8	6.3
<b>4</b>	6.6	5.8	6.3	6.6	6.1
<b>5</b>	6.6	5.8	5.3	5.6	5.8
<b>6</b>	6.2	6.3	6.1	6.2	6.6
<b>7</b>	6.3	5.3	6.6	6.3	5.6
<b>8</b>	5.6	6.1	5.6	4.19	6.2
<b>9</b>	5.8	5.6	5.8	5.8	6.3
<b>10</b>	6.6	5.6	6.2	6.6	5.6
<b>11</b>	6.3	5.8	4.19	5.8	5.8
<b>12</b>	6.3	6.6	6.3	6.6	6.3
<b>13</b>	6.1	5.8	6.1	5.8	6.1
<b>14</b>	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
<b>15</b>	6.6	6.3	6.6	6.3	6.6
<b>16</b>	4.19	5.3	4.19	5.3	4.19
<b>17</b>	6.2	6.1	6.2	6.1	6.2
<b>18</b>	6.3	4.1	6.3	4.1	6.3
<b>19</b>	4.19	5.6	4.19	5.6	4.19
<b>20</b>	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
<b>21</b>	6.6	6.2	6.6	6.2	6.6

---

*Nota: Datos de oxígeno disuelto segunda producción*

*Tabla 11*

---

**Oxígeno Disuelto Producción 3**

---

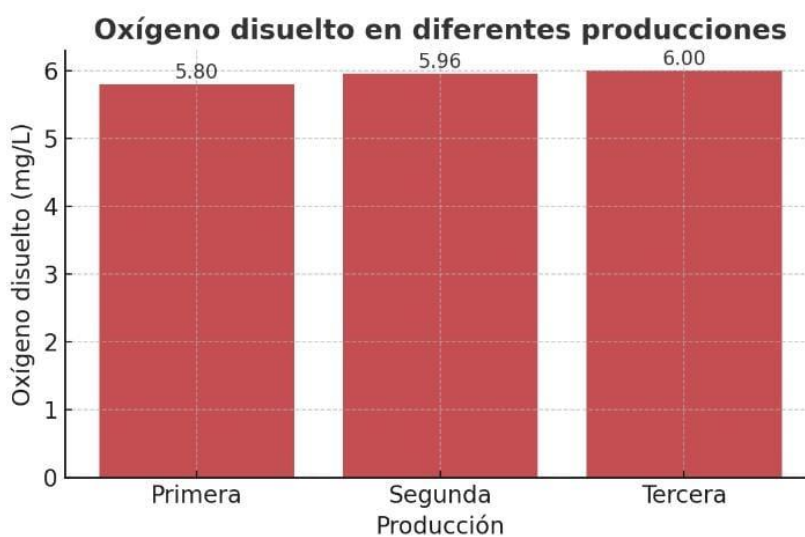
<b>Día</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 6</b>	<b>Tanque 8</b>	<b>Tanque 11</b>	<b>Tanque 17</b>
<b>1</b>	5.6	6.6	6.6	5.6	6.3
<b>2</b>	5.8	6.1	5.8	6.6	6.1
<b>3</b>	5.6	5.8	5.8	5.8	5.8
<b>4</b>	6.6	6.6	6.3	6.3	6.6
<b>5</b>	5.6	5.6	5.6	6.6	5.6
<b>6</b>	6.6	5.8	6.1	6.1	6.2
<b>7</b>	5.8	6.6	6.1	6.1	6.3
<b>8</b>	5.8	5.6	5.6	5.6	6.6
<b>9</b>	6.6	5.8	5.8	5.8	5.8
<b>10</b>	6.6	6.6	6.6	6.2	6.6
<b>11</b>	5.8	5.8	5.6	6.6	5.8
<b>12</b>	6.6	5.6	6.3	5.6	6.1
<b>13</b>	6.6	5.8	6.1	5.8	5.8
<b>14</b>	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
<b>15</b>	6.6	6.3	6.6	6.3	6.3
<b>16</b>	5.6	5.6	5.6	5.6	5.7
<b>17</b>	6.6	6.6	6.2	6.1	6.1
<b>18</b>	6.3	5.6	6.3	5.6	6.1
<b>19</b>	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
<b>20</b>	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
<b>21</b>	6.6	6.6	6.6	6.2	6.2

---

*Nota: Datos de oxígeno disuelto tercera producción*

### 9.3.1. Concentración promedio de oxígeno disuelto por ciclos de producción.

En los tres ciclos de producción, el promedio de oxígeno disuelto se mantuvo con valores más o menos constantes de 5,80 mg/L, 5,96 mg/L y 6,00 mg/L. Estos Los resultados se muestran en la *Grafica 3* donde señalan que el agua de los sistemas de cultivo está bien oxigenada. con niveles óptimos para la multiplicación de *Penaeus vannamei*. Aunque se registraron ligeras variaciones, los valores se mantuvieron en el rango recomendado (5-7 mg/L), lo que indica que la calidad del agua y la aireación a lo largo de los procesos productivos fueron controladas de manera apropiada.



*Grafica 3: Promedios de oxígeno disuelto por producciones*

#### **9.4. Concentración de STD por tanques de producción.**

A lo largo de los tres ciclos productivos, las cifras de sólidos totales disueltos (STD) se conservaban en un rango más o menos estable, entre 0.43 y 0.48 g/L. Este lapso de tiempo es adecuado para criar larvas de *Penaeus vannamei*, ya que no se encontraron efectos negativos en el crecimiento o la supervivencia de los organismos. La mayor parte de los valores en la primera etapa de producción estuvo entre 0.43 y 0.46 g/L, lo cual se dio al mismo tiempo que una supervivencia del 80 %. En el segundo ciclo, aunque el rango general de STD no cambió, se observaron aumentos ligeros hasta un máximo de 0.48 g/L, sin exceder el límite tolerable; asimismo, la tasa de supervivencia fue del 75%.

Por último, en el tercer ciclo, los valores fueron de entre 0.44 y 0.47 g/L, lo cual se correspondió con la tasa de supervivencia más alta (85%) que se observó; esto sugiere que este rango puede ser un nivel ideal de sólidos disueltos para el sistema de cultivo estudiado. Estos hallazgos apoyan la noción de que conservar los STD en un rango moderado (aproximadamente 0.47-0.48 g/L) ayuda a estabilizar la osmolaridad del medio, lo cual evita el estrés físico en las postlarvas. Si los valores se sitúan por debajo de 0.43 g/L o por encima de 0.50 g/L, es posible que el equilibrio iónico del agua se vea modificado, lo que podría afectar procesos metabólicos fundamentales.

*Tabla 12*

---

**STD Producción 1**

---

<b>Día</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 6</b>	<b>Tanque 8</b>	<b>Tanque 11</b>	<b>Tanque 17</b>
<b>1</b>	0.43	0.46	0.48	0.45	0.48
<b>2</b>	0.45	0.45	0.48	0.47	0.45
<b>3</b>	0.47	0.47	0.47	0.48	0.47
<b>4</b>	0.48	0.48	0.48	0.43	0.48
<b>5</b>	0.43	0.43	0.43	0.45	0.43
<b>6</b>	0.45	0.45	0.45	0.47	0.45
<b>7</b>	0.47	0.47	0.47	0.48	0.47
<b>8</b>	0.48	0.48	0.48	0.43	0.48
<b>9</b>	0.43	0.43	0.43	0.45	0.43
<b>10</b>	0.45	0.45	0.45	0.47	0.45
<b>11</b>	0.47	0.48	0.47	0.48	0.47
<b>12</b>	0.48	0.43	0.48	0.46	0.48
<b>13</b>	0.43	0.45	0.43	0.43	0.43
<b>14</b>	0.45	0.47	0.45	0.45	0.45
<b>15</b>	0.47	0.48	0.47	0.47	0.47
<b>16</b>	0.48	0.43	0.48	0.48	0.48
<b>17</b>	0.43	0.45	0.43	0.43	0.43
<b>18</b>	0.45	0.47	0.45	0.45	0.45
<b>19</b>	0.47	0.48	0.47	0.47	0.47
<b>20</b>	0.48	0.43	0.48	0.48	0.48
<b>21</b>	0.43	0.45	0.43	0.43	0.43

---

*Nota: Datos de STD primera producción*

**Tablas 13**

---

**STD Producción 2**

---

<b>Día</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 6</b>	<b>Tanque 8</b>	<b>Tanque 11</b>	<b>Tanque 17</b>
<b>1</b>	0.43	0.43	0.48	0.45	0.46
<b>2</b>	0.45	0.45	0.48	0.47	0.45
<b>3</b>	0.47	0.47	0.47	0.48	0.47
<b>4</b>	0.48	0.48	0.48	0.43	0.48
<b>5</b>	0.43	0.43	0.43	0.45	0.43
<b>6</b>	0.45	0.45	0.45	0.47	0.45
<b>7</b>	0.47	0.47	0.47	0.56	0.47
<b>8</b>	0.56	0.48	0.48	0.43	0.48
<b>9</b>	0.43	0.43	0.43	0.45	0.43
<b>10</b>	0.45	0.45	0.45	0.47	0.45
<b>11</b>	0.47	0.48	0.47	0.48	0.47
<b>12</b>	0.48	0.43	0.48	0.46	0.48
<b>13</b>	0.43	0.45	0.43	0.43	0.43
<b>14</b>	0.45	0.47	0.47	0.45	0.45
<b>15</b>	0.47	0.48	0.47	0.47	0.47
<b>16</b>	0.48	0.43	0.48	0.48	0.48
<b>17</b>	0.43	0.45	0.43	0.43	0.43
<b>18</b>	0.45	0.47	0.45	0.45	0.45
<b>19</b>	0.47	0.48	0.47	0.47	0.47
<b>20</b>	0.48	0.43	0.48	0.48	0.48
<b>21</b>	0.43	0.45	0.43	0.47	0.43

---

*Nota: Datos de STD segunda producción*

**Tabla 14**

---

**STD Producción 3**

---

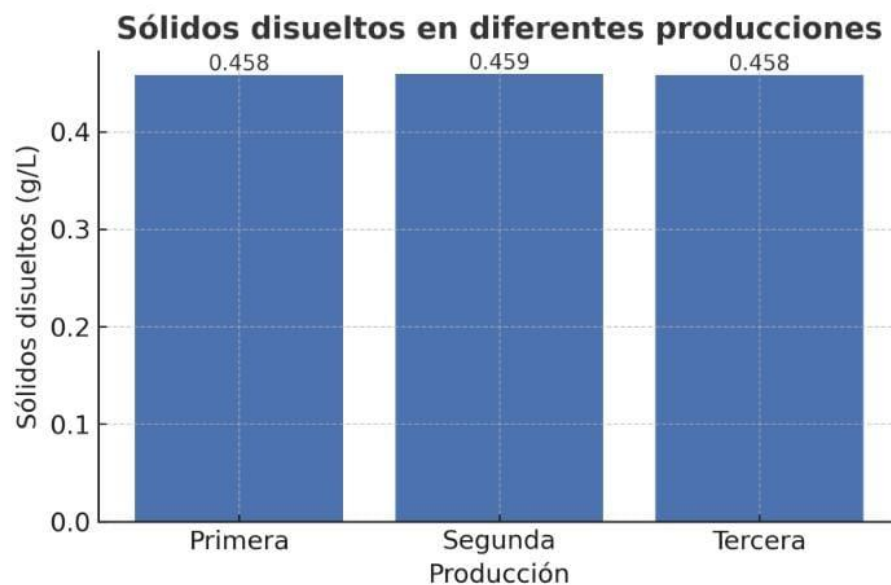
<b>Día</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 6</b>	<b>Tanque 8</b>	<b>Tanque 11</b>	<b>Tanque 17</b>
<b>1</b>	0.43	0.46	0.48	0.45	0.48
<b>2</b>	0.45	0.45	0.48	0.47	0.45
<b>3</b>	0.47	0.47	0.47	0.48	0.47
<b>4</b>	0.48	0.48	0.48	0.43	0.48
<b>5</b>	0.43	0.43	0.43	0.45	0.43
<b>6</b>	0.45	0.45	0.45	0.47	0.45
<b>7</b>	0.47	0.47	0.47	0.48	0.47
<b>8</b>	0.48	0.48	0.48	0.43	0.48
<b>9</b>	0.43	0.43	0.43	0.45	0.43
<b>10</b>	0.45	0.45	0.45	0.47	0.45
<b>11</b>	0.47	0.48	0.47	0.48	0.47
<b>12</b>	0.48	0.43	0.48	0.46	0.48
<b>13</b>	0.43	0.45	0.43	0.43	0.43
<b>14</b>	0.45	0.47	0.45	0.45	0.45
<b>15</b>	0.47	0.48	0.47	0.47	0.47
<b>16</b>	0.48	0.43	0.48	0.48	0.48
<b>17</b>	0.43	0.45	0.43	0.43	0.43
<b>18</b>	0.45	0.47	0.45	0.45	0.45
<b>19</b>	0.47	0.48	0.47	0.47	0.47
<b>20</b>	0.48	0.43	0.48	0.48	0.48
<b>21</b>	0.43	0.45	0.43	0.43	0.43

---

*Nota: Datos de STD tercera producción*

#### 9.4.1. Concentración promedio de STD por ciclos de producción.

En cuanto a los sólidos totales disueltos (STD), se observaron valores promedio consistentes durante las tres producciones. Como se muestra en la *Grafica 4* que la primera producción, el promedio fue de 0.458 g/L, mientras que en la segunda se registró un ligero incremento a 0.459 g/L, y en la tercera producción se mantuvo nuevamente en 0.458 g/L. Estos valores reflejan una estabilidad en la calidad del agua, sin fluctuaciones significativas que pudieran afectar el metabolismo de las postlarvas. La proximidad entre los promedios señala un control apropiado de los parámetros físico-químicos, lo que tiene una relación directa con las tasas de supervivencia registradas en cada ciclo (80%, 75% y 85%, respectivamente). Esto demuestra que el rango de STD utilizado fue beneficioso para el desarrollo sano de *Penaeus vannamei*.



Gráfica 4: Promedios de solidos disueltos por producciones

### **9.5. Concentración de Turbidez por tanques de producción.**

Las cifras de turbidez que se obtuvieron en los estanques donde se producen larvas de camarón oscilaron entre 5.25 y 6.25 unidades nefelométricas (NTU). Estos valores posibilitan que micropartículas y alimento vivo se dispersen de manera apropiada sin obstaculizar el intercambio gaseoso ni la entrada de luz al medio, lo cual produce una turbidez moderada y estable, perfecta para el desarrollo larvario.

Los datos obtenidos están dentro del rango sugerido para sistemas de cultivo larvario en condiciones controladas, con una turbidez ideal que se mantiene por debajo de 10 NTU (FAO, 2021; Ariza et al., 2022). Las pequeñas diferencias entre los estanques podrían ser consecuencia de la densidad larval, la frecuencia con que se alimenta y la acumulación de materia orgánica en suspensión, elementos que tienen un impacto directo en el aumento temporal de partículas sólidas en el agua (Pérez & Rodríguez, 2023).

**Tabla 15**

<b>Turbidez Producción 1</b>					
<b>Día</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 6</b>	<b>Tanque 8</b>	<b>Tanque 11</b>	<b>Tanque 17</b>
1	5.67	6.25	5.67	5.67	5.67
2	5.31	5.67	5.31	5.67	5.31
3	5.67	5.31	5.31	5.31	5.31
4	5.31	6.25	6.25	5.67	6.25
5	5.31	5.67	5.67	5.31	5.67
6	5.25	5.31	5.31	5.67	5.31
7	5.67	5.67	5.67	5.31	5.67
8	5.67	5.31	5.31	5.67	5.31
9	5.31	5.67	5.67	5.31	5.31
10	5.67	5.31	5.31	5.31	6.25
11	5.31	6.25	6.25	6.25	5.67
12	5.67	5.67	5.67	5.67	5.31
13	5.31	5.31	5.31	5.31	5.31
14	6.25	6.25	6.25	6.25	5.67
15	5.67	5.67	5.31	5.67	5.31
16	5.31	5.31	5.31	5.31	5.31
17	5.67	5.31	5.31	6.25	5.31
18	5.31	6.25	6.25	5.67	6.25
19	6.25	5.67	5.67	5.31	5.67
20	5.67	5.31	5.31	6.25	5.31
21	5.31	6.25	6.25	5.67	6.25

*Nota: Datos de Turbidez primera producción*

**Tabla 16**

<b>Turbidez Producción 2</b>					
<b>Día</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 6</b>	<b>Tanque 8</b>	<b>Tanque 11</b>	<b>Tanque 17</b>
<b>1</b>	5.67	6.25	5.67	5.67	5.67
<b>2</b>	5.31	5.67	5.31	5.67	5.31
<b>3</b>	5.67	5.31	5.31	5.31	5.31
<b>4</b>	5.31	6.25	6.25	5.67	6.25
<b>5</b>	5.31	5.67	5.67	5.31	5.67
<b>6</b>	5.25	5.31	5.31	5.67	5.31
<b>7</b>	5.67	5.67	5.67	5.31	5.67
<b>8</b>	5.67	5.31	5.31	5.67	5.31
<b>9</b>	5.31	5.67	5.67	5.31	5.31
<b>10</b>	5.67	5.31	5.31	5.31	6.25
<b>11</b>	5.31	6.25	6.25	6.25	5.67
<b>12</b>	5.67	5.67	5.67	5.67	5.31
<b>13</b>	5.31	5.31	5.31	5.31	5.31
<b>14</b>	6.25	6.25	6.25	6.25	5.67
<b>15</b>	5.67	5.67	5.31	5.67	5.31
<b>16</b>	5.31	5.67	5.31	5.31	3.40
<b>17</b>	5.67	5.31	5.31	6.25	5.31
<b>18</b>	5.31	6.25	6.25	5.67	6.25
<b>19</b>	6.25	5.67	5.67	5.31	5.67
<b>20</b>	5.67	5.31	5.31	6.25	5.31
<b>21</b>	5.31	6.25	6.25	5.67	6.25

*Nota: Datos de Turbidez segunda producción*

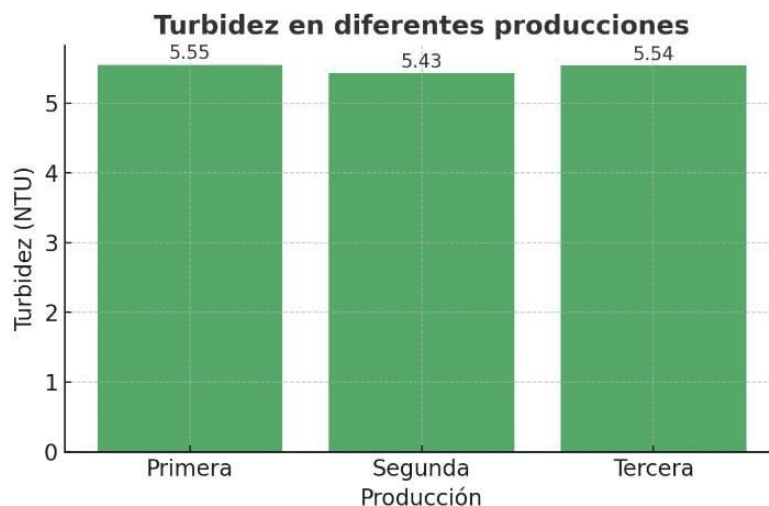
**Tabla 17**

<b>Turbidez Producción 3</b>					
<b>Día</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 6</b>	<b>Tanque 8</b>	<b>Tanque 11</b>	<b>Tanque 17</b>
1	5.67	6.25	5.67	5.67	5.67
2	5.31	5.67	5.31	5.67	5.31
3	5.67	5.31	5.31	5.31	5.31
4	5.31	6.25	6.25	5.67	6.25
5	5.31	5.67	5.67	5.31	5.67
6	5.25	5.31	5.31	5.67	5.31
7	5.67	5.67	5.67	5.31	5.67
8	5.67	5.31	5.31	5.67	5.31
9	5.67	6.25	5.67	5.67	5.67
10	5.31	5.67	5.31	5.67	5.31
11	5.67	5.31	5.31	5.31	5.31
12	5.31	6.25	6.25	5.67	6.25
13	5.31	5.67	5.67	5.31	5.67
14	5.25	5.31	5.31	5.67	5.31
15	5.67	5.67	5.67	5.31	5.67
16	5.31	3.40	5.31	5.31	3.40
17	5.67	5.31	5.31	6.25	5.31
18	5.31	6.25	6.25	5.67	6.25
19	6.25	5.67	5.67	5.31	5.67
20	5.67	5.31	5.31	5.67	5.31
21	5.31	6.25	6.25	5.67	6.25

*Nota: Datos de Turbidez tercera producción*

### 9.5.1. Concentración promedio de la Turbidez por ciclos de producción

A lo largo de las tres producciones, las cifras promedio de turbidez se mantuvieron en un estrecho margen entre 5,43 y 5,55 NTU, con una pequeña fluctuación de 0,12 unidades entre el valor mínimo y el máximo. La turbidez más alta (5,55 NTU) se observó en la primera producción, lo cual podría estar vinculado con una concentración superior de partículas suspendidas o de materia orgánica que proviene de las etapas iniciales del proceso alimenticio. En la segunda producción, se notó una ligera reducción (5,43 NTU), probablemente debido a que el sistema estaba más estable y a la sedimentación natural de sólidos finos. Por último, en la tercera producción, el valor de 5,54 NTU evidenció que las condiciones de manejo y recambio del agua permanecieron estables, al recuperarse a niveles parecidos a los iniciales. En términos generales, los valores observados indican una turbidez estable y apropiada para la crianza larvaria ya que se mantuvieron dentro de los niveles sugeridos.



Gráfica 5: Promedios de turbidez por producciones

## **9.6. Concentración promedio de nitrato por ciclos de producción**

Este parámetro se tomó antes de la siembra, en el transcurso del ciclo productivo y luego de la cosecha, en las zonas superficial, media y profunda de cada tanque de cultivo. El gráfico muestra los resultados de la concentración de nitrato a lo largo de los ciclos productivos, específicamente en el primer, segundo y tercer ciclo. Este parámetro se analizó antes de sembrar, durante el ciclo productivo y tras la cosecha, teniendo en cuenta los niveles superficiales, medios y de fondo en cada tanque de cultivo.

Este parámetro se tomó antes de la siembra, en el transcurso del ciclo productivo y luego de la cosecha, en las zonas superficial, media y profunda de cada tanque de cultivo. El gráfico muestra los resultados de la concentración de nitrato a lo largo de los ciclos productivos, específicamente en el primer, segundo y tercer ciclo. Este parámetro se analizó antes de sembrar, durante el ciclo productivo y tras la cosecha, teniendo en cuenta los niveles superficiales, medios y de fondo en cada tanque de cultivo.

## **9.7. Concentración promedio de fosfato por ciclos de producción**

Promedio de concentración de fosfato por ciclos de producción. La concentración de fosfato en los tanques de cultivo fue medida a diferentes profundidades (superficial, media y profunda). Los resultados muestran que la concentración de fosfato fluctúa entre los ciclos productivos y las concentraciones del tanque. Se notó una concentración de 0,5 mg/l en la

superficie durante ambos ciclos. La concentración en el ciclo 1 fue de 0,5 mg/l y en el ciclo 2 y 3 llegó a ser de 1 mg/l. Se registró una concentración de fosfato de 2 mg/l en la zona inferior del tanque.

**Tabla 18**

<b>Concentración de Nitrato y Fosfato</b>				
<b>Ciclo 1</b>	<b>Sup/med/fon</b>	<b>Tanques</b>	<b>Nitrato</b>	<b>Fosfato</b>
<b>A N T E S</b>	<b>30cm</b>	2	10	1
	<b>60cm</b>	2	9	0.45
	<b>90cm</b>	2	8	0.58
	<b>30cm</b>	6	10	1
	<b>60cm</b>	6	8	0.25
	<b>90cm</b>	6	7	0.56
	<b>30cm</b>	8	10	1
	<b>60cm</b>	8	8	0.37
	<b>90cm</b>	8	7	0.56
	<b>30cm</b>	11	10	1
	<b>60cm</b>	11	9	0.36
	<b>90cm</b>	11	8	0.6
	<b>30cm</b>	17	10	1
	<b>60cm</b>	17	7	0.36
	<b>90cm</b>	17	6	0.54

*Nota: Concentración de nitrato y fosfato primera producción.*

*Tabla 19*

<b>Concentración de Nitrato y Fosfato</b>				
<b>Ciclo 1</b>	<b>Sup/med/fon</b>	<b>Tanques</b>	<b>Nitrato</b>	<b>Fosfato</b>
<b>D U R A N T E</b>	<b>30cm</b>	2	5	0.5
	<b>60cm</b>	2	4	0.4
	<b>90cm</b>	2	4	0.43
	<b>30cm</b>	6	5	0.5
	<b>60cm</b>	6	4	0.43
	<b>90cm</b>	6	3	0.46
	<b>30cm</b>	8	5	0.5
	<b>60cm</b>	8	5	0.36
	<b>90cm</b>	8	4	0.42
	<b>30cm</b>	11	5	0.5
	<b>60cm</b>	11	4	0.43
	<b>90cm</b>	11	3	0.5
	<b>30cm</b>	17	5	0.5
	<b>60cm</b>	17	5	0.47
	<b>90cm</b>	17	4	0.57

*Nota: Concentración de nitrato y fosfato primera producción.*

*Tabla 20*

<b>Concentración de Nitrato y Fosfato</b>				
<b>Ciclo 1</b>	<b>Sup/med/fon</b>	<b>Tanques</b>	<b>Nitrato</b>	<b>Fosfato</b>
<b>D E S P U E S</b>	<b>30cm</b>	2	5	0.47
	<b>60cm</b>	2	3	0.49
	<b>90cm</b>	2	4	0.5
	<b>30cm</b>	6	5	0.47
	<b>60cm</b>	6	5	0.6
	<b>90cm</b>	6	4	0.62
	<b>30cm</b>	8	5	0.59
	<b>60cm</b>	8	3	0.45
	<b>90cm</b>	8	2	0.58
	<b>30cm</b>	11	5	0.47
	<b>60cm</b>	11	5	0.49
	<b>90cm</b>	11	3	0.58
	<b>30cm</b>	17	5	0.47
	<b>60cm</b>	17	4	0.56
	<b>90cm</b>	17	2	0.59

*Nota: Concentración de nitrato y fosfato primera producción.*

*Tabla 21*

<b>Concentración de Nitrato y Fosfato</b>				
<b>Ciclo 2</b>	<b>Sup/med/fon</b>	<b>Tanques</b>	<b>Nitrato</b>	<b>Fosfato</b>
<b>A N T E S</b>	<b>30cm</b>	2	10	1
	<b>60cm</b>	2	8	0.45
	<b>90cm</b>	2	7	0.58
	<b>30cm</b>	6	10	1
	<b>60cm</b>	6	9	0.25
	<b>90cm</b>	6	8	0.55
	<b>30cm</b>	8	10	1
	<b>60cm</b>	8	9	0.35
	<b>90cm</b>	8	8	0.55
	<b>30cm</b>	11	10	1
	<b>60cm</b>	11	7	0.36
	<b>90cm</b>	11	6	0.5
	<b>30cm</b>	17	10	1
	<b>60cm</b>	17	8	0.35
	<b>90cm</b>	17	7	0.53

*Nota: Concentración de nitrato y fosfato segunda producción.*

**Tabla 22**

<b>Concentración de Nitrato y Fosfato</b>				
<b>Ciclo 2</b>	<b>Sup/med/fon</b>	<b>Tanques</b>	<b>Nitrato</b>	<b>Fosfato</b>
<b>D U R A N T E</b>	<b>30cm</b>	2	5	0.5
	<b>60cm</b>	2	4	0.41
	<b>90cm</b>	2	4	0.42
	<b>30cm</b>	6	5	0.5
	<b>60cm</b>	6	5	0.42
	<b>90cm</b>	6	4	0.45
	<b>30cm</b>	8	3	0.5
	<b>60cm</b>	8	5	0.36
	<b>90cm</b>	8	4	0.42
	<b>30cm</b>	11	2	0.5
	<b>60cm</b>	11	4	0.43
	<b>90cm</b>	11	3	0.5
	<b>30cm</b>	17	5	0.5
	<b>60cm</b>	17	5	0.45
	<b>90cm</b>	17	4	0.56

*Nota: Concentración de nitrato y fosfato segunda producción.*

*Tabla 23*

<b>Concentración de Nitrato y Fosfato</b>				
<b>Ciclo 2</b>	<b>Sup/med/fon</b>	<b>Tanques</b>	<b>Nitrato</b>	<b>Fosfato</b>
<b>D E S P U E S</b>	<b>30cm</b>	2	5	0.46
	<b>60cm</b>	2	3	0.43
	<b>90cm</b>	2	2	0.5
	<b>30cm</b>	6	5	0.45
	<b>60cm</b>	6	3	0.5
	<b>90cm</b>	6	2	0.63
	<b>30cm</b>	8	5	0.54
	<b>60cm</b>	8	5	0.45
	<b>90cm</b>	8	4	0.56
	<b>30cm</b>	11	5	0.45
	<b>60cm</b>	11	4	0.46
	<b>90cm</b>	11	3	0.57
	<b>30cm</b>	17	5	0.47
	<b>60cm</b>	17	3	0.5
	<b>90cm</b>	17	2	0.48

*Nota: Concentración de nitrato y fosfato segunda producción.*

**Tabla 24**

<b>Concentración de Nitrato y Fosfato</b>				
<b>Ciclo 3</b>	<b>Sup/med/fon</b>	<b>Tanques</b>	<b>Nitrato</b>	<b>Fosfato</b>
<b>A N T E S</b>	<b>30cm</b>	2	10	1
	<b>60cm</b>	2	9	0.45
	<b>90cm</b>	2	8	0.58
	<b>30cm</b>	6	10	1
	<b>60cm</b>	6	8	0.25
	<b>90cm</b>	6	7	0.56
	<b>30cm</b>	8	10	1
	<b>60cm</b>	8	8	0.37
	<b>90cm</b>	8	7	0.56
	<b>30cm</b>	11	10	1
	<b>60cm</b>	11	9	0.36
	<b>90cm</b>	11	8	0.6
	<b>30cm</b>	17	10	1
	<b>60cm</b>	17	7	0.36
	<b>90cm</b>	17	6	0.54

*Nota: Concentración de nitrato y fosfato tercera producción.*

**Tabla 25**

<b>Concentración de Nitrato y Fosfato</b>				
<b>Ciclo 3</b>	<b>Sup/med/fon</b>	<b>Tanques</b>	<b>Nitrato</b>	<b>Fosfato</b>
<b>D U R A N T E</b>	<b>30cm</b>	2	5	0.5
	<b>60cm</b>	2	4	0.4
	<b>90cm</b>	2	4	0.43
	<b>30cm</b>	6	5	0.5
	<b>60cm</b>	6	4	0.43
	<b>90cm</b>	6	3	0.46
	<b>30cm</b>	8	5	0.5
	<b>60cm</b>	8	5	0.36
	<b>90cm</b>	8	4	0.42
	<b>30cm</b>	11	5	0.5
	<b>60cm</b>	11	4	0.43
	<b>90cm</b>	11	3	0.5
	<b>30cm</b>	17	5	0.5
	<b>60cm</b>	17	5	0.47
	<b>90cm</b>	17	4	0.57

*Nota: Concentración de nitrato y fosfato tercera producción.*

*Tabla 26*

<b>Concentración de Nitrato y Fosfato</b>				
<b>Ciclo 3</b>	<b>Sup/med/fon</b>	<b>Tanques</b>	<b>Nitrato</b>	<b>Fosfato</b>
	<b>30cm</b>	2	5	0.47
	<b>60cm</b>	2	3	0.49
	<b>90cm</b>	2	4	0.5
	<b>30cm</b>	6	5	0.47
<b>D E S P U E S</b>	<b>60cm</b>	6	5	0.6
	<b>90cm</b>	6	4	0.62
	<b>30cm</b>	8	5	0.59
	<b>60cm</b>	8	3	0.45
	<b>90cm</b>	8	2	0.58
	<b>30cm</b>	11	5	0.47
	<b>60cm</b>	11	5	0.49
	<b>90cm</b>	11	3	0.58
	<b>30cm</b>	17	5	0.47
	<b>60cm</b>	17	4	0.56
	<b>90cm</b>	17	2	0.59

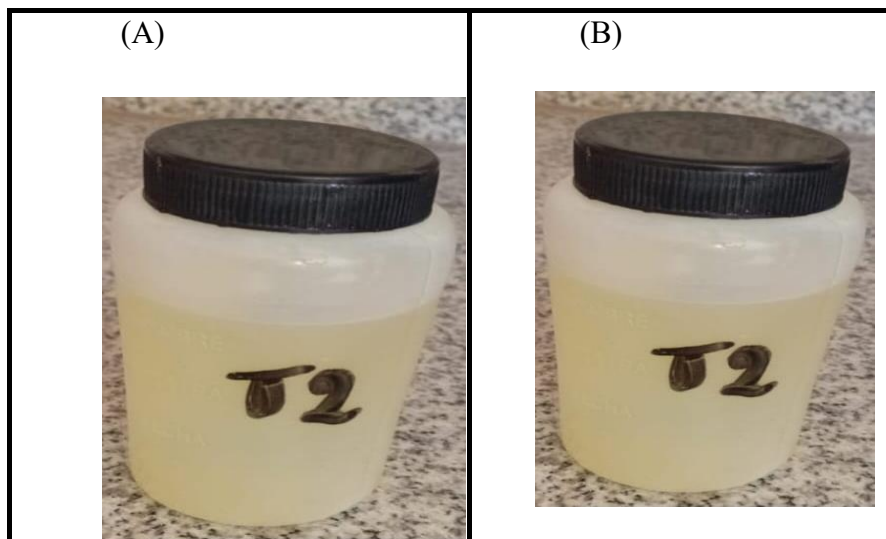
*Nota: Concentración de nitrato y fosfato tercera producción.*

## 9.8. Análisis de coliformes fecales durante los tres ciclos de producción.

### 9.8.1. Análisis de coliformes fecales por tanques durante el primer ciclo de producción.

Los datos de coliformes fecales en la primera producción indicaron que las muestras extraídas de la superficie a 30 cm y a 60 cm de profundidad del medio de cultivo, tras 24 horas, dieron un resultado negativo. No obstante, el color amarillo de baja intensidad que se observó en la muestra recogida a 90 cm de profundidad demuestra una cantidad mínima de coliformes fecales. Esto podría estar conectado con la acumulación de sólidos suspendidos, excrementos y residuos alimenticios en el fondo del tanque, que es donde están las larvas de cultivo.

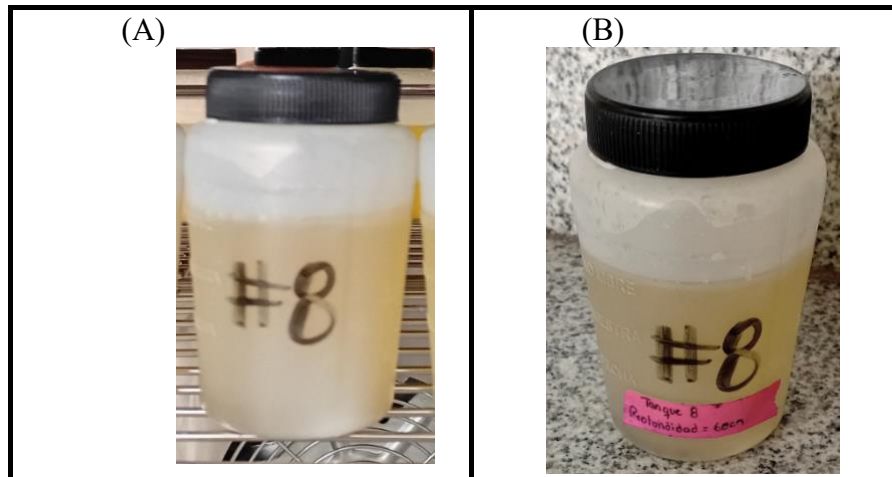
*Figura 9*



*Nota: Muestra, parte superficial a 30 cm del tanque #2 (semana después del ciclo de producción) - (A) antes, (B) después de 24 horas.*

*Elaborado: Tomala, 2025*

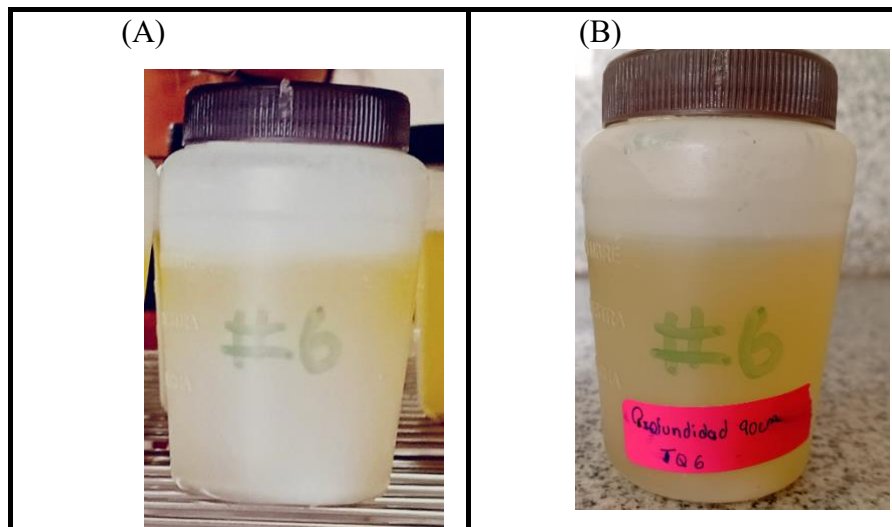
*Figura 10*



*Nota: Muestra, parte media 60 cm del tanque #8(mysis )-(A) antes, (B) después de 24 horas.*

*Elaborado: Tomala, 2025*

*Figura 11*



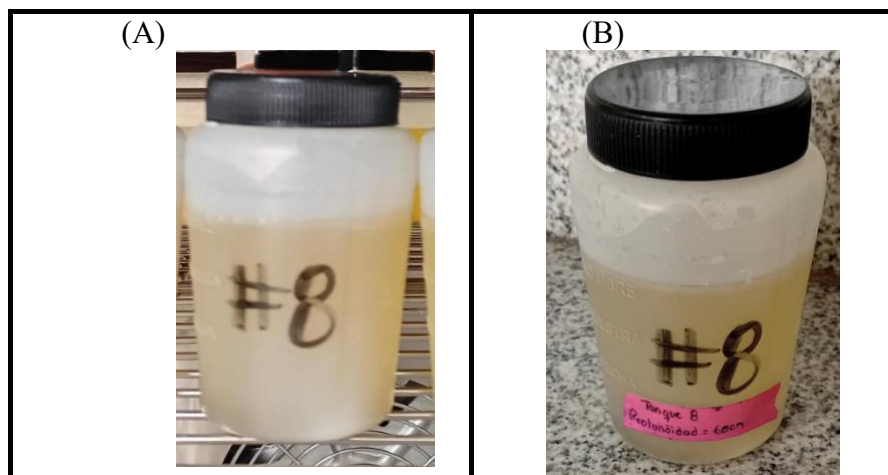
*Nota: Muestra, parte fondo 90 cm del tanque #6(durante la cosecha)-(A) antes, (B) después de 24 horas.*

*Elaborado: Tomala, 2025*

### 9.8.2. Análisis de coliformes fecales por tanques durante el segundo ciclo de producción

En el segundo ciclo se registró una presencia mínima de coliformes fecales en la muestra tomada a 90 cm de profundidad, evidenciada por una coloración amarilla intenso durante el análisis. En contraste, las muestras recolectadas a 30 cm y 60 cm de profundidad no presentaron cambios de coloración, lo que indica resultados negativos para coliformes fecales en esos niveles.

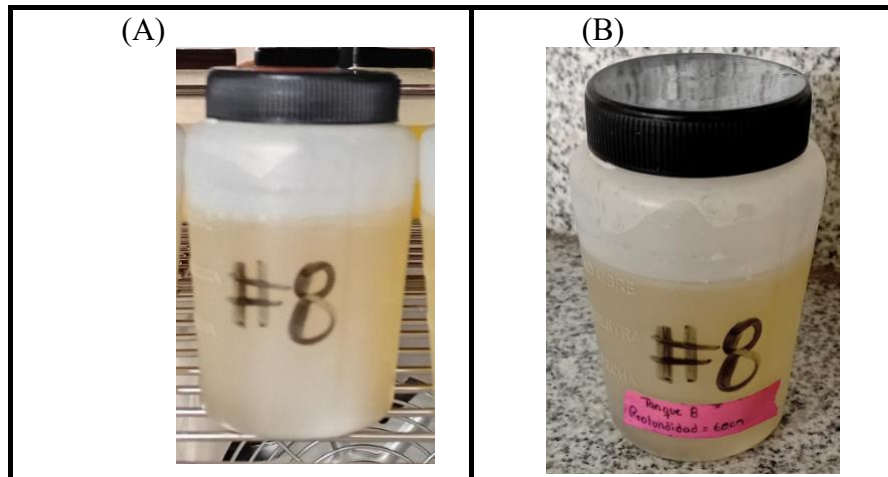
*Figura 12*



*Nota: Muestra, parte superficial 30cm del tanque #8(semana después de la siembra)-(A) antes, (B) después de 24 horas.*

*Elaborado: Tomala, 2025*

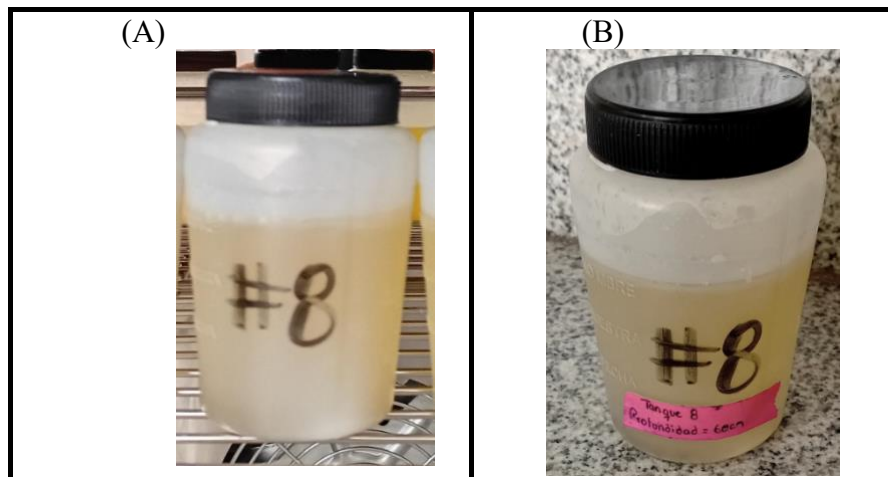
*Figura 13*



*Nota: Muestra, parte media 60 cm del tanque #8(mysis )-(A) antes, (B) después de 24 horas.*

*Elaborado: Tomala, 2025*

*Figura 14*



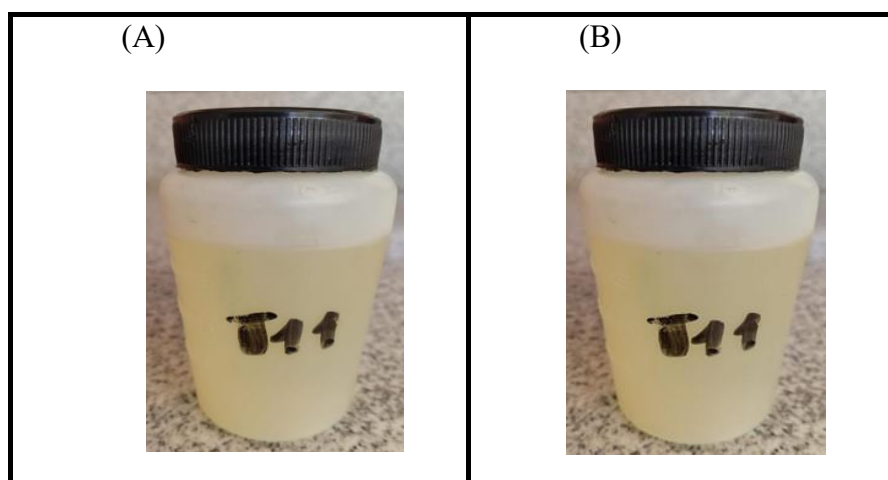
*Nota: Muestra, parte final 90 cm del tanque #8(después de la cosecha)-(A) antes, (B) después de 24 horas.*

*Elaborado: Tomala, 2025*

### 9.8.3. Análisis de coliformes fecales por tanques durante el tercer ciclo de producción

En la tercera producción, se demostró otra vez que las muestras de 30 cm y 60 cm de profundidad no mostraron alteraciones en el color, así que se clasificaron como negativas para coliformes fecales. En contraste, la muestra recolectada a una profundidad de 90 centímetros exhibió un color amarillo pálido, lo que indica una baja concentración de coliformes fecales; esto podría estar relacionado con la descomposición de la materia orgánica en la parte inferior del tanque. Este modelo corrobora que las capas más internas, donde se depositan los residuos de la producción, son las que cuentan con una mayor carga de bacterias.

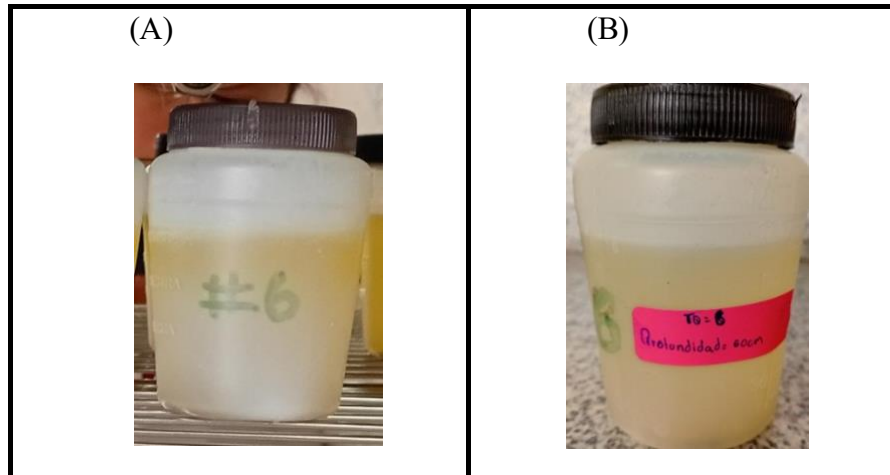
*Figura 15*



*Nota: Muestra, parte superficial 30 cm del tanque 11(semana después de siembra)-(A) antes, (B) después de 24 horas.*

*Elaborado: Tomala, 2025*

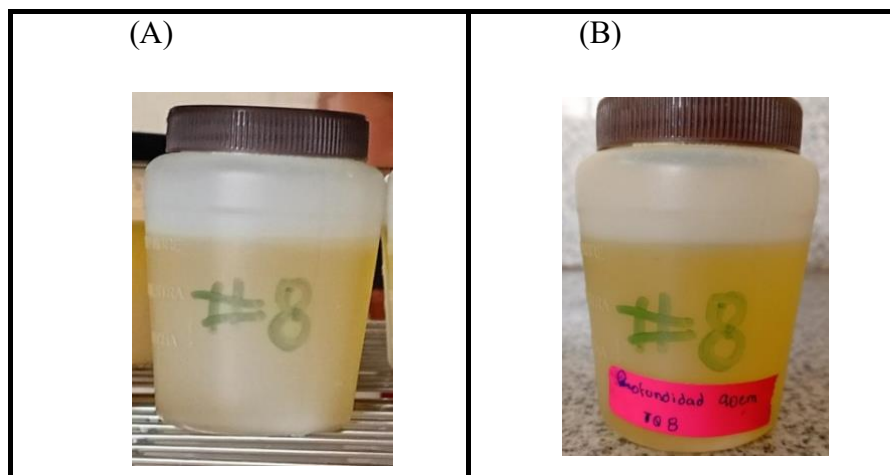
**Figura 16**



*Nota: Muestra, parte media 60 cm del tanque #6(mysis )-(A) antes, (B) después de 24 horas.*

*Elaborado: Tomala, 2025*

**Figura 17**



*Nota: Muestra, parte final 90 cm del tanque #8(después de cosecha )-(A) antes, (B) después de 24 horas.*

*Elaborado: Tomala, 2025*

### **9.9. Calidad del Agua durante las tres producciones.**

Se tabularon los datos y se compararon con los rangos establecidos por el Índice de Calidad del Agua (ICA) utilizando los resultados conseguidos. Los valores del ICA durante el primer ciclo de producción, que llegó a un 80% de cosecha, mostraron una calidad de agua buena en los tanques 2, 6, 8 y 11; estos presentaron cifras entre 2.5 y 2.8. El tanque 17 tuvo un ligero cambio, con un valor de 2.3, y fue clasificado como calidad Regular. Este ciclo, en términos generales, mantuvo un ambiente apropiado para el crecimiento de las larvas.

En el segundo ciclo, con un rendimiento del 75%, sucedió algo parecido: los tanques 2, 6, 8 y 11 mantuvieron una calidad de agua buena; por su parte, el tanque 17 volvió a tener calidad regular debido a la falta de recambio de agua y a las dificultades en el sistema de aireación. El tercer ciclo de producción, con una cosecha del 85%, mostró una mejora general en la calidad del agua. Todos los tanques evaluados se mantuvieron dentro del rango de calidad Buena, lo que evidencia una optimización en el manejo de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos. Muñoz (2022) ha señalado está en línea con estos resultados. Según él, la calidad del agua es un elemento fundamental para el cultivo de larvas de camarón porque afecta directamente a la capacidad de supervivencia, conversión alimentaria y rendimiento del sistema.



*Gráfica 6: Comparación de calidad de Agua por producciones*

**Tabla 27**

Parámetros	W	Pi	K	ICA
OD	4	1	1	3
pH	3	1	1	3
Nitratos	2	1	1	2
Coliformes fecales	4	1	1	4
Temperatura	3	1	1	3
Turbidez	2	1	1	2
SDT	3	2	1	3
Fosfatos	1	1	1	1
<b>Total</b>				<b>2.58</b>

*Nota: Valores sobre la aplicación del ICA en la primera producción.*

**Tabla 28**

Parámetros	W	Pi	K	ICA
OD	4	1	1	3
pH	3	1	1	3
Nitratos	2	1	1	2
Coliformes fecales	4	1	1	3
Temperatura	3	1	1	3
Turbidez	2	1	1	2
SDT	3	2	1	3
Fosfatos	1	1	1	1
Total				2.54

*Nota: Valores sobre la aplicación del ICA en la segunda producción.*

**Tabla 29**

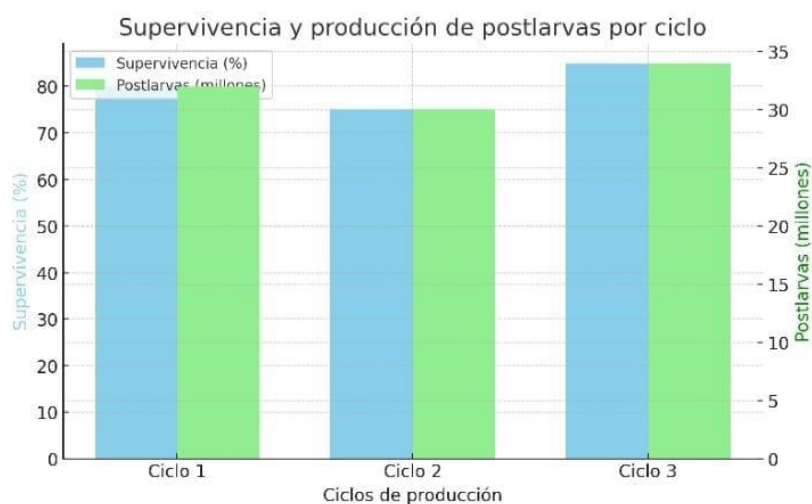
Parámetros	W	Pi	K	ICA
OD	4	1	1	4
pH	3	1	1	3
Nitratos	2	1	1	2
Coliformes fecales	4	1	1	4
Temperatura	3	1	1	3
Turbidez	2	1	1	2
SDT	3	2	1	4
Fosfatos	1	1	1	1
Total				2.82

**Nota:** Valores sobre la aplicación del ICA en la tercera producción.

## 9.10. Supervivencia Larvaria.

En los tres ciclos de producción, se obtuvieron resultados positivos en términos de la supervivencia de las postlarvas del camarón *Penaeus vannamei*. En el primer ciclo, la tasa de supervivencia fue del 80%, lo que representó la recolección de alrededor de 32 millones de postlarvas. Durante el segundo ciclo, la tasa de supervivencia alcanzó el 75 % y se generaron 30 millones de postlarvas en total. Finalmente, en el tercer ciclo se logró 37 una supervivencia del 85% y una recolección de 34 millones de postlarvas.

Estos porcentajes indican un alto rendimiento en términos de productividad, mostrando que los parámetros del cultivo y las condiciones ambientales son gestionados apropiadamente. Que la supervivencia esté mejorando de forma paulatina, especialmente en el tercer ciclo, muestra que las prácticas de manejo se están perfeccionando, por ejemplo, la calidad del agua, la alimentación, el cambio oportuno y la eficiencia de los sistemas de aireación.



Gráfica 7: Supervivencia por producciones

## 10. DISCUSIÓN

Los resultados de los tres ciclos productivos demuestran que los índices de calidad del agua son estables, lo cual es esencial para el desarrollo larval del *P.vannamei*. Los niveles de oxígeno disuelto medidos (entre 5,8 y 6,0 mg/L) permanecieron dentro del rango ideal propuesto para sistemas intensivos de cultivo, en los que concentraciones por encima de 5 mg/L garantizan una respiración adecuada y disminuyen el peligro de mortalidad y estrés fisiológico (Carbajal-Hernández et al., 2023; Martínez-Córdova et al., 2022). La tasa metabólica y la supervivencia pueden verse comprometidas por las fluctuaciones diarias o los episodios de hipoxia, de acuerdo con investigaciones recientes. Por ello, conservar un nivel constante de oxígeno disuelto es crucial para el crecimiento larvario y la eficiencia alimenticia (Li et al., 2024)

Respecto a la turbidez, los valores medios (entre 5,43 y 5,55 NTU) fueron bajos moderados. Esta información concuerda con lo que afirman Gunalan (2024) y Choudhury et al. (2021), quienes sostienen que niveles de turbidez por debajo de 10 NTU facilitan el equilibrio de microorganismos en sistemas larvarios y la penetración lumínica. La turbidez controlada es provechosa porque fomenta la presencia de alimento natural y previene que se acumulen cantidades excesivas de materia orgánica, lo cual puede modificar la calidad del agua y los niveles de oxígeno.

Los resultados microbiológicos, se detectó una presencia mínima de coliformes fecales únicamente en la capa profunda (90 cm), mientras que las muestras de 30 y 60 cm resultaron negativas. Este patrón sugiere que la acumulación de materia orgánica en el fondo del tanque podría favorecer la proliferación bacteriana, fenómeno que coincide con lo descrito por Tanyag et al. (2023) y Cruz-López et al. (2022), quienes relacionan la presencia de coliformes con la sedimentación de sólidos y residuos en las capas inferiores de los sistemas de cultivo. Estudios semejantes resaltan que una gestión inapropiada de los sedimentos puede llevar a un aumento de la carga bacteriana; por eso, para disminuir la contaminación, son estrategias eficaces la limpieza regular o el recambio parcial del agua (Liu et al., 2021).

Asimismo, estudios recientes advierten que la persistencia de coliformes y otras bacterias, como *Vibrio* spp., puede favorecer la difusión de genes de resistencia antimicrobiana en entornos acuícolas. Esto subraya lo importante que es implementar las buenas prácticas de gestión y mantener controles microbiológicos de forma continua (Abreo et al., 2024). En este sentido, se ha encontrado en la investigación que un nivel bajo de coliformes señala una buena condición de salud; sin embargo, es fundamental seguir con un monitoreo continuo, especialmente en las capas más profundas donde los residuos suelen concentrarse.

## 11. CONCLUSIONES

Durante los ciclos de producción realizados en los meses de agosto, septiembre y octubre, se evaluaron diversos parámetros físico-químicos del agua, tales como oxígeno disuelto, temperatura, pH, nitrato, fosfato, sólidos disueltos totales y turbidez, los cuales se mantuvieron dentro de los rangos considerados normales para el cultivo de larvas de camarón. Los organismos se desarrollan más rápidamente (incluso hasta el doble) cuando la temperatura es la correcta, según lo evidencian los datos de oxígeno disuelto y de temperatura. Esto genera que el consumo de oxígeno aumente. Por lo tanto, en condiciones calurosas, la demanda de oxígeno disuelto se convierte en un asunto más importante que en climas fríos.

Para asegurar que la calidad del agua sea buena y evitar alteraciones en el metabolismo y otros procesos fisiológicos de las postlarvas, es imprescindible que el pH se mantenga en niveles apropiados. Se detectó una concentración más alta de nitratos y fosfatos en la parte inferior de los estanques, lo cual se debió a la acumulación de desechos derivados de sustancias que se aplicaron o generaron durante el cultivo.

Los hallazgos de turbidez mostraron que había fitoplancton de manera natural, lo cual es usual en estos sistemas de producción. A pesar de que, en

términos generales, la calidad del agua fue buena, se encontró la presencia de coliformes fecales en los estanques; sin embargo, estos estaban presentes a niveles bajos que no suponen un peligro significativo para los organismos. El reemplazo de agua ayudó a que las larvas pudieran desarrollarse en condiciones apropiadas. Aplicando el método ICA se determinó que la calidad del agua fue buena durante tres ciclos de producción en los cinco estanques evaluados. Aunque algunos tanques mostraron diferencias de calidad a corto plazo, de buena a regular: esto se debe a cambios en profundidad causados por reemplazos de agua en diferentes etapas del cultivo. Se observó una correlación directa entre la calidad del agua y el porcentaje de cosecha: el primer ciclo, con ICA promedio de 2.6, alcanzó un rendimiento del 80%; el segundo ciclo, con ICA promedio de 2.5, obtuvo 75%; y el tercero, con ICA promedio de 2.8, logró 85%. Esto demuestra que mantener parámetros óptimos de calidad del agua contribuye significativamente al éxito productivo.

En conclusión, los hallazgos obtenidos son congruentes con estudios hechos en sistemas de biofloc (BFT) y de recirculación (RAS), donde se ha comprobado que un control apropiado del oxígeno disuelto, la eliminación de sólidos y la gestión de bioflocs ayudan a conservar la estabilidad microbiana y fisicoquímica del agua, lo que a su vez mejora el desempeño y la supervivencia de las larvas de *P. vannamei* (Gunalan et al., 2024; López-Serrano et al., 2023).

En general, estos resultados señalan que el sistema analizado mantuvo condiciones ambientales propicias; no obstante, se aconseja mejorar la aireación y la limpieza del fondo para prevenir aumentos potenciales de la carga bacteriana y de turbidez en producciones futuras.

## **12. RECOMENDACIONES**

Se recomienda implementar un sistema de monitoreo diario de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua en los sistemas de producción de larvas de camarón. Esto permitirá detectar oportunamente cualquier desviación y aplicar medidas correctivas eficaces en el manejo de los estanques.

Registro sistemático de datos. Es importante registrar cuidadosa y continuamente los valores obtenidos en cada monitoreo. La implementación del Índice de Calidad del Agua (ICA) requiere de estos datos para analizar objetivamente el estado del sistema y tomar decisiones adecuadas para la producción.

Se recomienda mejorar el control microbiológico añadiendo análisis microbiológicos más extensos que incluyan la detección de bacterias patógenas significativas para la cría de larvas de camarón. Esto posibilitará la implementación de medidas preventivas más efectivas y el mejoramiento de la bioseguridad en los sistemas productivos.

### 13. ANEXOS



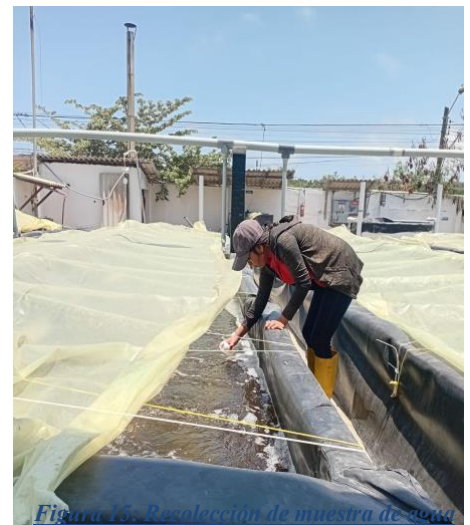
***Figura 18: Tanques de producción***



***Figura 19: Área de estudios***



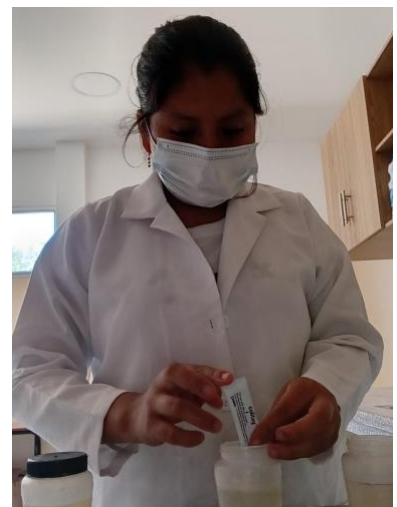
***Figura 20: Observación microscópica***



***Figura 21: Toma de muestras de agua***



***Figura 22: Toma de parámetros***



***Figura 23: Preparación de muestras de agua***



*Figura 24: Observación muestras de agua*



*Figura 25: Visita técnica de docente tutor*



*Figura 26: Incubación de muestras de agua*

## 14. BIBLIOGRAFÍAS

1. Abisha, J., Dhayanath, M., & Tapas, P. (2019). Prevalence and characterization of antibiotic resistance associated with *Escherichia coli* isolated from cultured *Penaeus vannamei* from Maharashtra, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(7), 1790–1797. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2019.807.213>

2. Aguirre Córdón, M. R., Vanegas Chacón, E. A., & García Álvarez, N. (2016). Aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA): Caso de estudio Lago de Izabal, Guatemala. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(2), 39–43. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542016000200006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542016000200006)

3. Alejo, S., & Unión, L. A. (s.f.). Estudio de la calidad del agua e implementación de un protocolo de buenas prácticas acuícolas en la producción de camarón marino. <https://www.itca.edu.sv/wp-content/uploads/2022/12/07-Informe-Final-La-Uni%C3%B3n-Acuicultura-2021-Ebook.pdf>

4. Alvarado, J. L. (2014). Desarrollo de la maricultura en el Ecuador: situación actual y perspectivas. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/276206554>

5. Anderson, J., Valderrama, D., & Jory, D. (2016). Revisión GOAL de producción de camarones en 2016. Global Aquaculture Alliance. <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/revision-goal-de-produccion-decamarones-en-2016/>

6. Barahona, D. (2017, junio 9). Instituto Nacional de Pesca. <https://www.institutopesca.gob.ec/wp-content/uploads/2014/05/Laboratorios-de-Larvas.pdf>

7. Briggs, M. (2009). Manual de larvicultura. FAO.

8. Brunton, L., Desbois, A., Garza, M., et al. (2019). Identifying hotspots for antibiotic resistance emergence and selection, and elucidating pathways to human exposure: Application of a systems-thinking approach to aquaculture systems. *Science of The Total Environment*, 687, 1344–1356. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.134>

9. Cardoso-Mohedano, J., Bernardello, R., Sanchez-Cabeza, J., Páez-Osuna, F., et al. (2016). Reducing nutrient impacts from shrimp effluents in a subtropical coastal lagoon. *Science of The Total Environment*, 571, 747–756. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.140>

10. Fernández, R., & Solano, A. (2005). Indicadores de la calidad del

agua y su aplicación en cuerpos de agua naturales. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

Morales, V. (1995). Temas de Acuicultura. Obtenido de Levantamiento larvario de camarones peneidos: <https://es.slideshare.net/FAOoftheUN/temas-12-y-14-acuicultura-y-pesca> Prieto M. (2006). Alimento vivo y su importancia en acuicultura.

11. Gov.co. (s.f.). Resolución ICA 064 de 2016 - Registro ICA Pecuario de Establecimiento de Acuicultura. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Normatividad/Resoluci%C3%B3n%20ICA%20064%20de%202016>

12. Herrera, J. (2009). Manual de calidad de agua en la acuicultura. Fundación Chile.

13. ICA - Certificación establecimientos bioseguros-PEDT. (s.f.). Scribd. <https://es.scribd.com/document/464391021>

14. Morales, V. (1995). Temas de acuicultura: Levantamiento larvario de camarones peneidos. <https://es.slideshare.net/FAOoftheUN/temas-12-y-14-acuicultura-y-pesca>

15. Muñoz, A. (2022). Análisis de la calidad de agua en cultivo de larvas de camarón aplicando índice de calidad de agua ICA. Universidad Estatal Península de Santa Elena.

16. Prieto, M. (2006). Alimento vivo y su importancia en acuicultura. Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola, 2(2). <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/view/1597>

17. Roca, G. (2015). Situación actual del cultivo de camarón en el Ecuador. Instituto Nacional de Pesca.

18. Rosenberry, B. (2004). World Shrimp Farming. <https://www.shrimpnews.com/Library/Old%20Pages/WSF2004.html>

19. Sarcos, M., & Botero, L. (2005). Calidad microbiológica del camarón blanco *Litopenaeus schmitti* adquiridos en Puerto Escondido, municipio Santa Rita, Estado Zulia. Ciencias, 13(3), 309–317. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/ciencia/article/view/9268>

20. Skretting. (2018). Manual de larvicultura. <https://www.skretting.com/siteassets/local-folders/ecuador/libreria-skretting/manual-larvicultura-skretting.pdf>

21. Sun, S., Ge, Z., Zhao, Y., et al. (2016). Performance of CO<sub>2</sub> concentrations on nutrient removal and biogas upgrading by integrating microalgal strains cultivation with activated sludge. *Energy*, 97, 229–237. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.12.126>

22. Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA). (2017). Decreto Ejecutivo 3516. Quito, Ecuador. <http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/01NOR2003-TULSMA.pdf>

23. Toral, C. (2019). Las microalgas en los cultivos acuícolas. Balnova. <https://www.balnova.com/las-microalgas-en-los-cultivos-acuicolas/>

24. Torres-Ochoa, E. (2020). Evaluación zootécnica de larvas de *Penaeus vannamei* alimentadas con microalgas endémicas y un probiótico del Golfo de California. *Revista Bio Ciencias*.

25. Villón, M., & Mero, C. (2022). Análisis de la calidad de agua en cultivo de larvas de camarón aplicando índice de calidad de agua ICA. Universidad Estatal Península de Santa Elena

26. Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (2012). Pond aquaculture water quality management. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-5176-4>

27. Chen, J. C., Lin, Y. H., & Chen, S. N. (2018). Effects of ammonia and nitrite on the survival and growth of *Litopenaeus vannamei* larvae. *Aquaculture Research*, 49(3), 1025–1033. <https://doi.org/10.1111/are.13512>

28. [13:13, 5/9/2025] Joselyn Tomala: Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA). (2021). Informe anual de producción acuícola en México. <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/informe-anual-de-produccion-acuicola-2021>

29. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2022). The state of world fisheries and aquaculture 2022. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

30. Lin, Y. H., & Chen, J. C. (2019). Water quality management for larval culture of *Litopenaeus vannamei* in recirculating aquaculture systems.

Aquaculture, 512, 734282. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734282>

31. Martínez-Córdova, L. R., Martínez-Porchas, M., & Gollas-Galván, T. (2020). Advances in biofiltration for sustainable shrimp aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 12(1), 1–15. <https://doi.org/10.1111/raq.12345>

32. Sánchez, A., Ramírez, J., & Torres, M. (2019). Impacto de la calidad del agua en la producción de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en sistemas de cultivo intensivo. *Revista Mexicana de Ciencias Acuáticas*, 10(2), 45–58. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.10.2.1234>

33. Manual técnico de larvicultura (muy recomendado para tu capítulo de métodos):

Wyban, J., & Sweeney, J. N. (2020). *Shrimp Hatchery Manual* (3rd ed.). Kona Bay Marine Resources.

(Manual clásico, actualizado y usado en laboratorios de larvicultura de *vannamei*.)

34. Sobre requerimientos iónicos y tolerancia a salinidad:

Chen, Y., Xu, Z., & Lin, J. (2021). Effect of salinity and total dissolved solids on growth performance and osmotic regulation of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Reports*, 21, 100837. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100837>

35. Sobre adaptación en baja salinidad (muy útil si en tu trabajo se cultiva en agua salobre o continental):

Li, M., Zhang, D., & Hu, X. (2022). Influence of water salinity and ionic balance on the physiology and survival of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Research*, 53(5), 2345–2354. <https://doi.org/10.1111/are.15783>

36. Sobre calidad de agua y sólidos suspendidos/turbidez:

Zhou, Q., Li, Y., & Wang, J. (2022). Influence of suspended solids and water quality parameters on growth performance of *Litopenaeus vannamei* in semi-intensive systems. *Aquaculture Research*, 53(8), 3456–3468. <https://doi.org/10.1111/are.16024>

37. Buen artículo de manejo en hatcheries:

Jiménez González, D., & Araneda, M. (2020). Advances in larval and postlarval culture techniques of *Litopenaeus vannamei* under controlled conditions. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 48(4), 623–635. <https://doi.org/10.3856/vol48-issue4-fulltext-2451>

38. Guía de calidad de agua para camarón (útil para discusión de TDS y salinidad):

39. FAO. (2021). Manual de buenas prácticas acuícolas para el cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Organización de las

Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

40. Martínez-Córdova, L. R., Martínez-Porchas, M., & Gollas-Galván, T. (2020). Advances in biofiltration for sustainable shrimp aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 12(1), 1-15.
41. Sánchez, A., Ramírez, J., & Torres, M. (2019). Impacto de la calidad del agua en la producción de camarón blanco en sistemas intensivos. *Revista Mexicana de Ciencias Acuáticas*, 10(2), 45-58.
42. Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (2012). *Pond aquaculture water quality management*. Springer Science & Business Media.

# Analisis de calidad del Agua en cultivo de larvas de camaron en el laboratorio PRICMARSA ubicado en la comuna Palmar




Nombre del documento: Joselyn Gianara Tomala Reyes.pdf  
 ID del documento: e00182f275cda1fa1d9155112e316ddba085d2a3  
 Tamaño del documento original: 484,55 kB  
 Autor: JOSELYN GIANARA TOMALA REYES

Depositante: JOSELYN GIANARA TOMALA REYES  
 Fecha de depósito: 6/11/2025  
 Tipo de carga: url\_submission  
 fecha de fin de análisis: 6/11/2025

Número de palabras: 8864  
 Número de caracteres: 57.311

Ubicación de las similitudes en el documento:

## Fuente con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 <a href="https://repositorio.upse.edu.ec">repositorio.upse.edu.ec</a> <a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8857/1/JPSE-TBI-2022-0046.pdf">https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8857/1/JPSE-TBI-2022-0046.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)