



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD CIENCIAS DEL MAR**

**CARRERA DE BIOLOGÍA**

**“BACTERIAS NITRIFICANTES PARA LA BIORREMEDIACIÓN DE  
EFLUENTES DE UN SISTEMA SEMI-INTENSIVO DE LARVICULTURA  
EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**Previo a la obtención del Título de:**

**BIÓLOGO**

**AUTOR:**

**CEDEÑO RUGEL LUIS ENRIQUE**

**DOCENTE TUTOR:**

**Ph.D. ERIKA A. SALAVARRÍA PALMA.**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**2026**

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

**“BACTERIAS NITRIFICANTES PARA LA BIORREMEDIACIÓN DE  
EFLUENTES DE UN SISTEMA SEMI-INTENSIVO DE LARVICULTURA EN  
LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN

CURRICULAR

Previo a la obtención del Título de:

**BIÓLOGO**

**AUTOR:**

CEDEÑO RUGEL LUIS ENRIQUE

**TUTOR:**

Ph.D. ERIKA A. SALAVARRÍA PALMA.

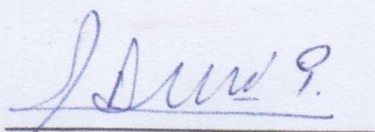
LA LIBERTAD – ECUADOR

2026

## DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, "**Bacterias Nitrificantes para la biorremediación de efluentes de un sistema semi-intensivo de larvicultura en la Provincia de Santa Elena**", elaborado por Luis Enrique Cedeño Rugel, con cédula de ciudadanía 0927088658 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 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



Blga. Erika Salavarría Palma, Ph.D.

**DOCENTE TUTOR**

**C.I. 0912260387**

## DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular “: Bacterias nitrificantes para la biorremediación de efluentes de un sistema semi-intensivo de larvicultura en la provincia de Santa Elena”, elaborado por CEDEÑO RUGEL LUIS ENRIQUE, 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. Raúl Moreno Farfán, M.Sc.

**DOCENTE DE ÁREA**

## **DEDICATORIA**

Le dedico este trabajo primero a Dios por las oportunidades de la vida que el me brinda, el poder levantarme día a día y seguir cumpliendo mis metas, objetivos y el propósito que él tenga para mí en este mundo.

A mi madre Mercy Rugel Chavez, por su amor y apoyo incondicional, los consejos del día a día para corregir mis errores y poder convertirme en una gran persona, sin dejar de creer en mí; a mi hermano Luis Fernando Cedeño por sus palabras y compañía por ello este logro es tanto suyo como mío.

A mi padre, Luis Enrique Cedeño Proaño, por su ejemplo de lucha y sacrificio, enseñándome a no rendirme y a enfrentar las adversidades, permitiéndome culminar un objetivo más. Le agradezco su guía silenciosa, sus consejos oportunos y confianza en mi capacidad. Por todo ello, este logro también es suyo.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer primero a Dios, por la fortaleza y salud brindado a lo largo de este camino hacia mi meta académica. En segundo lugar, agradezco profundamente el apoyo incondicional de mi familia durante toda mi carrera universitaria, sin el cual no habría sido posible culminar mis estudios profesionales.

También quiero agradecer al Director del INOCAR, Sr Comandante CPNV-EMT Andrés Pazmiño Manrique, por autorizar la realización de mis diversas actividades en mi investigación, permitiéndome el ingreso a la institución, a los Q.F. Richard Narea Ortega, Q.F. Sergio Mendoza Caicedo y al Ing. Quim. Alfredo Lynch, por sus predisposiciones, orientaciones y guía fundamentales para el desarrollo de este trabajo de investigación, permitiéndome utilizar los materiales y herramientas del laboratorio químico del Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada del Ecuador (INOCAR).

A mi tutora, la PhD. Erika Salavarría Palma, quien además de ser mi tutora, por su orientación, dedicación, paciencia y compromiso a lo largo de esta investigación.

También quiero reconocer y agradecer al Laboratorio de Larvas de Camarón LARVA LECP, por brindarme la oportunidad de trabajar en sus instalaciones en el desarrollo de mis actividades.

Finalmente, quiero expresar mi gratitud a todos los profesores de universidad, cuyos conocimientos y enseñanzas han sido fundamental en mi formación académica. A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad Ciencias del Mar, mi sincero agradecimiento por proporcionarme una educación de calidad.

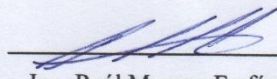
**TRIBUNAL DE GRADO**

Trabajo de Integración Curricular presentado por **CEDENO RUGEL LUIS ENRIQUE** como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

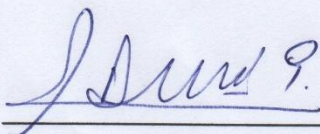
Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 10/12/2025



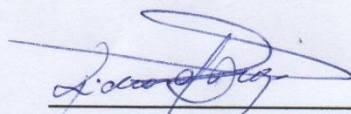
Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.  
**DIRECTOR DE CARRERA**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



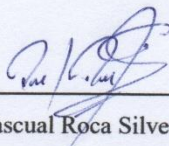
Ing. Raúl Moreno Farfán, M.Sc.  
**PROFESOR DE ÁREA**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Blga. Erika Salavarría Palma, Ph.D.  
**DOCENTE TUTOR**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Blgo. Richard Duque Marín, Mgt.  
**DOCENTE GUÍA DE LA UIC II**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Lcdo. Pascual Roca Silvestre, Mgt.  
**SECRETARIO DEL TRIBUNAL**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

Yo, **LUIS ENRIQUE CEDEÑO RUGEL**, ESTUDIANTE DE LA Carrera de Biología, declaro que el Trabajo de Investigación Curricular, cuyo título es: **“Bacterias nitrificantes para la biorremediación de efluentes de un sistema semi-intensivo de larvicultura en la Provincia de Santa Elena”**, corresponde exclusiva responsabilidad del autor por la ideas, datos, investigaciones y resultados que se presentan y pertenece al patrimonio intelectual de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Atentamente,



---

**Cedeño Rugel Luis Enrique**  
**C.I. 0927088658**

## ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. PROBLEMÁTICA.....	7
3. JUSTIFICACIÓN .....	8
4. OBJETIVO GENERAL.....	10
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
5. HIPÓTESIS: .....	11
6. MARCO TEÓRICO .....	12
6.1 La acuicultura y la producción larvaria de <i>Penaeus vannamei</i> . .....	12
6.2 Producción larvaria en la provincia de Santa Elena.....	12
6.3 Efluentes acuícolas y contaminación por compuestos nitrogenados .....	13
6.4 Ciclo del nitrógeno en ambientes acuáticos.....	14
6.5 Bacterias nitrificantes: tipos y mecanismos de acción. ....	15
6.6 Aplicaciones de la biorremediación microbiana en acuicultura.....	16
6.7 Biorremediación de efluentes.....	17
6.8 Parámetros de calidad del agua en sistemas larvarios.....	17
6.8.1 Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	17
6.8.2 Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) y Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	18
6.8.3 Potencial Hidrogeno. ....	18
6.8.4 Oxígeno Disuelto.....	18
6.8.5 Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	19
6.8.6 Salinidad. ....	20

<b>6.8.7 Sólidos Totales Suspendedos.</b> .....	<b>20</b>
<b>6.8.9 Sólidos Totales Disueltos.</b> .....	<b>20</b>
<b>6.8.10 Turbidez.....</b>	<b>21</b>
<b>6.8.11 Temperatura.....</b>	<b>21</b>
<b>7. METODOLOGÍA .....</b>	<b>22</b>
<b>7.1 Área de estudio.....</b>	<b>22</b>
<b>7.2 Sitio de análisis físicos químicos. ....</b>	<b>23</b>
<b>7.3 Diseño experimental.....</b>	<b>23</b>
<b>7.4 Almacenamiento y tratamiento de efluentes residuales.....</b>	<b>25</b>
<b>7.5 Determinación de parámetros físicos-químicos. ....</b>	<b>25</b>
<b>7.6 Activación de bacterias nitrificantes. ....</b>	<b>26</b>
<b>7.6.1 Activación de bacteria con sulfato de amonio. ....</b>	<b>27</b>
<b>7.6.2 Activación de bacteria con melaza.....</b>	<b>30</b>
<b>7.6.2.1 Procedimiento para la activación de bacterias con melaza.....</b>	<b>30</b>
<b>7.6.3 Procedimiento para la activación de bacterias con oxígeno. ....</b>	<b>31</b>
<b>7.7 Procedimientos analíticos.....</b>	<b>31</b>
<b>7.7.1 Determinación de amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). ....</b>	<b>31</b>
<b>7.7.1.1 Recolección de muestra. ....</b>	<b>32</b>
<b>7.7.1.2 Preservación y almacenamiento de muestras.....</b>	<b>32</b>
<b>7.7.1.3 Soluciones para análisis de amonio en muestras. ....</b>	<b>32</b>
<b>7.7.1.3.1 Solución de Fenol.....</b>	<b>32</b>
<b>7.7.1.3.2 Solución de Nitroprusiato de Sodio.....</b>	<b>33</b>
<b>7.7.1.3.3 Reactivo Alcalino. ....</b>	<b>33</b>
<b>7.7.1.3.4 Solución Oxidante.....</b>	<b>33</b>

<b>7.7.1.4 Procedimiento de análisis.....</b>	<b>34</b>
<b>7.7.2 Determinación de la concentración de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>).....</b>	<b>35</b>
<b>7.7.2.1 Fundamento.....</b>	<b>35</b>
<b>7.7.2.2 Recolección de muestra.....</b>	<b>35</b>
<b>7.7.2.3 Reactivos para análisis de nitrito (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).....</b>	<b>36</b>
<b>7.7.2.3.1 Solución de Sulfanilamida.....</b>	<b>36</b>
<b>7.7.2.3.2 Solución de Naftiletilendiamina Di hidrocloreuro.....</b>	<b>36</b>
<b>7.7.2.4 Procedimiento de Análisis.....</b>	<b>37</b>
<b>7.7.3 Determinar concentraciones de Nitrato (NO<sub>3</sub>).....</b>	<b>37</b>
<b>7.7.3.1 Fundamento.....</b>	<b>37</b>
<b>7.7.3.2 Recolección de la muestra.....</b>	<b>38</b>
<b>7.7.3.3 Reactivos para análisis de nitrato.....</b>	<b>38</b>
<b>7.7.3.3.1 Solución concentrada de cloruro de amonio.....</b>	<b>38</b>
<b>7.7.3.3.2 Solución diluida de cloruro de amonio.....</b>	<b>38</b>
<b>7.7.3.3.3 Solución de Sulfanilamida.....</b>	<b>39</b>
<b>7.7.3.3.4 Solución de Naftiletilendamina Di hidrocloreuro.....</b>	<b>39</b>
<b>7.7.3.4 Procedimiento de análisis.....</b>	<b>39</b>
<b>7.7.4 Determinación del potencial hidrogeno (pH).....</b>	<b>40</b>
<b>7.7.5 Determinación de oxígeno disuelto (OD).....</b>	<b>40</b>
<b>7.7.5.1 Recolección de muestra.....</b>	<b>40</b>
<b>7.7.5.2 Reactivos para la determinación del Oxígeno Disuelto.....</b>	<b>41</b>
<b>7.7.5.2.1 Sulfato Manganoso.....</b>	<b>41</b>
<b>7.7.5.2.2 Ioduro Alcalino.....</b>	<b>41</b>
<b>7.7.5.2.3 Solución tiosulfato de sodio.....</b>	<b>41</b>

7.7.5.2.4 Ácido sulfúrico.....	42
7.7.5.3 Procedimiento de análisis.....	42
7.7.6 Determinar la demanda bioquímica de oxígeno a 5 días (DBO 5). .....	43
7.7.6.1 Recolección de la muestra. ....	43
7.7.6.2 Procedimiento de análisis.....	44
7.7.7 Determinación para Sólidos Totales Suspendidos.....	45
7.7.7.1 Fundamentación.....	45
7.7.7.2 Procedimiento para Determinar los Sólidos Totales Suspendidos. ....	45
7.7.7.3 Recolección de la muestra en el área de descargas de efluentes residuales.....	45
7.7.7.4 Recolección de muestra en los bioensayos. ....	46
7.7.7.5 Filtrado de muestras.....	46
7.7.8 Determinación de Sólidos Totales Disueltos. ....	48
7.7.9 Determinación de turbidez del agua.....	49
7.7.10 Determinación de la temperatura en el agua.....	49
7.7.11 Análisis estadísticos. ....	49
<b>8. RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>
8.1 Análisis físicos-químicos de agua para la activación de bacteria .....	51
8.2 Análisis físicos-químicos de efluente residual testigo.....	52
8.3 Análisis físicos-químico del Bioensayo 1.....	54
8.4 Análisis físicos-químicos del Bioensayo 2.....	56
8.5 Análisis físicos-químico del Bioensayo 3.....	58
8.6 Análisis estadístico ANOVA .....	60
<b>9. DISCUSIÓN .....</b>	<b>61</b>

<b>9.1 Análisis físicos-químicos de agua para la activación de bacteria. ....</b>	<b>61</b>
<b>9.2 Análisis físicos-químicos de efluente residual Testigo.....</b>	<b>63</b>
<b>9.3 Análisis físicos-químicos del Bioensayo 1.....</b>	<b>65</b>
<b>9.4 Análisis físicos-químicos del Bioensayo 2.....</b>	<b>68</b>
<b>9.5 Análisis físicos-químicos del Bioensayo 3.....</b>	<b>70</b>
<b>9.6 Validación de Hipótesis alternativa (<math>H_1</math>).....</b>	<b>71</b>
<b>10. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>73</b>
<b>11. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>75</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>89</b>

## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1.</b> Métodos de activación de bacterias nitrificantes.....	27
<b>Tabla 2.</b> Porcentaje de la composición de sulfato de amonio.....	27
<b>Tabla 3.</b> Rangos del potencial hidrogeno en el agua. ....	28
<b>Tabla 4.</b> Parámetros físicos-químicos de agua para la activación de bacteria.....	51
<b>Tabla 5.</b> Análisis físicos-químicos de efluente residual almacenada Testigo. ....	52
<b>Tabla 6.</b> Análisis físicos-químicos de efluente residual almacenada en el Bioensayo 1 .....	54
<b>Tabla 7.</b> Análisis físicos-químicos de efluente residual almacenada en el Bioensayo 2 .....	56
<b>Tabla 8.</b> Análisis físicos-químicos de efluente residual almacenada en el Bioensayo 3.....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS.

<b>Figura 1.</b> Ubicación del área de estudio. Laboratorio de producción de larvas LARVA LECP, situado en la provincia de Santa Elena, comuna San Pablo. ....	22
<b>Figura 2.</b> Ubicación del Instituto Oceanográfico Antártico de la Armada (INOCAR), sitio donde se realizaron los análisis físicos-químicos, en el laboratorio de química. ....	23
<b>Figura 3.</b> Diagrama del área para biorremediación de efluentes residuales utilizadas en un ciclo de producción, mediante la incorporación de consorcios de bacterias nitrificantes ( <i>Nitrosomonas spp</i> y <i>Nitrobacter spp</i> ).....	24
<b>Figura 4.</b> Análisis químicos de Amonio, Nitrito y Nitrato del testigo.....	53
<b>Figura 5.</b> Análisis químicos de Amonio, Nitrito y Nitrato de efluentes residuales del Bioensayo 1. ....	55
<b>Figura 6.</b> Análisis químicos de Amonio, Nitrito y Nitrato de efluentes residuales del Bioensayo 2. ....	57
.....	59
<b>Figura 7.</b> Análisis químicos de Amonio, Nitrito y Nitrato de efluentes residuales del Bioensayo 3. ....	59
<b>Figura 8.</b> Análisis de varianza (ANOVA) de los parámetros físico-químicos.....	60

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Ficha técnica de mantenimiento de los equipos utilizados.....	89
<b>Anexo 2.</b> Registro de análisis físicos-químicos del Bioensayo 1 durante los 54 días.....	92
<b>Anexo 3.</b> Registro de análisis físicos-químicos del Bioensayo 2 durante los 54 días.....	92
<b>Anexo 4.</b> Registro de análisis físicos-químicos del Bioensayo 3 durante los 54 días.....	93
<b>Anexo 5.</b> Recipientes para recolección de muestras. ....	93
<b>Anexo 6.</b> Materiales y equipos para realizar análisis físicos-químicos.....	95
<b>Anexo 7.</b> Área de descargas de efluentes residuales del laboratorio LARVA LECP. ....	96
<b>Anexo 8.</b> Almacenamiento de Erlenmeyer con muestra de amonio y DBO 5. ....	96
<b>Anexo 9.</b> Almacenamiento de efluente testigo. ....	96
<b>Anexo 10.</b> Filtro de membrana con sólidos suspendidos del Bioensayo 2.....	96
<b>Anexo 11.</b> Almacenamiento de efluentes en Bioensayos.....	96
<b>Anexo 12.</b> Filtración de muestra para STS.....	96
<b>Anexo 13.</b> Análisis para turbidez.....	96
<b>Anexo 14.</b> Recolección de muestras. ....	96
<b>Anexo 17.</b> Análisis de turbidez de una muestra del Bioensayo 3. ....	96
<b>Anexo 16.</b> Análisis de turbidez de una muestra del Bioensayo 2. ....	96
<b>Anexo 15.</b> Reacción química a las concentraciones de Nitrito.....	96
<b>Anexo 18.</b> Tabla de Matriz Biológica .....	96
<b>Anexo 19.</b> Resultado del Análisis ANOVA .....	96
<b>Anexo 20.</b> Análisis Compilatio.....	96

## GLOSARIO

**Biopelículas:** Una gran variedad de microorganismos, entre los que se encuentran principalmente bacterias, algas y hongos, están presentes en todos los ambientes acuáticos, tanto en sistemas naturales como industriales. Estos microorganismos muestran gran tendencia a fijarse y crecer sobre diversas superficies bióticas o abióticas inmersas en agua formando películas biológicas o “biopelículas”.

En las biopelículas, las bacterias viven agrupadas en acúmulos celulares tridimensionales, constituidos por microcolonias de diferentes células bacterianas aeróbicas y anaeróbicas.

**Camaronicultura:** actividad acuícola dedicada a la cría de camarones en ambientes controlados o semi-controlados, en los cuales se gestionan condiciones de calidad del agua, alimentación, densidad de población y otros factores para optimizar el crecimiento y sobrevivencia del organismo.

**Efluentes hídricos:** corrientes líquidas resultantes de procesos productivos, industriales o domésticos, que contienen contaminantes físicos, químicos o biológicos, y que al ser descargados en cuerpos de agua naturales o artificiales pueden alterar la calidad del recurso hídrico si no son tratados adecuadamente, as aguas descargadas por las camaroneras hacia esteros y ríos, que pueden contener restos de alimento, metabolitos de camarones y productos químicos usados en la actividad.

**Industria acuícola:** Es el desarrollo económico que, en conjunto de actividades orientadas a la producción de organismos acuáticos, determinan técnicas como un control alimenticio o comercialización, siendo una alternativa a la generación de empleo y desarrollo económico.

**Sedimentos:** Se define como el material producido durante la meteorización de las rocas, ya sea en forma de partículas individuales o en forma disuelta; generalmente son erosionados y transportados hasta encontrar zonas deposicionales dentro de una cuenca.

## **ABREVIATURAS**

<b>ODS</b>	Objetivos de Desarrollo Sostenible.
<b>UPS</b>	Unidades Prácticas de Salinidad.
<b>NTU</b>	Unidades Nefelométricas de Turbidez.
<b>pH</b>	Potencial Hidrogeno.
<b>NH<sub>4</sub></b>	Amonio.
<b>NO<sub>2</sub></b>	Nitrito.
<b>NO<sub>3</sub></b>	Nitrato.
<b>OD</b>	Oxígeno Disuelto.
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno para 5 días.
<b>STD</b>	Sólidos Totales Disueltos.
<b>STS</b>	Sólidos Totales Suspendidos.
<b>nm</b>	Nanómetros.
<b>µg</b>	Microgramos.

## RESUMEN

Los efluentes generados por las actividades acuícolas contienen concentraciones de Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), que al acumularse en un cuerpo de agua pueden producir procesos de eutrofización. La presente investigación evaluó la eficiencia de consorcios bacterianos nitrificantes para la reducción de amonio en aguas residuales utilizadas en un sistema semi-intensivo del laboratorio de producción de camarón LARVA LECP ubicado en la comuna San Pablo, provincia de Santa Elena. Se realizaron análisis físicos-químicos en muestras obtenidas del área de descarga de efluentes residuales del laboratorio, las cuales fueron sometidas a un proceso de biorremediación efectuada en 3 diferentes Bioensayos con bacterias nitrificantes del género *Nitrosomonas spp* y *Nitrobacter spp*, obtenidas de un biofertilizante comercial y un bioensayo Control sin adición bacteriana. La activación del consorcio bacteriano se la realizó en tanques de 100 litros donde se almacenó 50 litros de agua de mar filtrada y 1 L del biofertilizante, alcanzando una concentración de  $8 \times 10^9$  UFC/L. Se construyó el sistema de tratamiento con recipientes denominados Bioensayos almacenando 500 litros de agua residual filtrada y se monitoreó durante 54 días diversos parámetros. Las concentraciones iniciales de amonio en los bioensayos tratados fueron: Bioensayo 1 presentó 115 mg/L, Bioensayo 2 reportó 117 mg/L, el Bioensayo 3 con 118 mg/L y 100 mg/L en el Control. La degradación de los compuestos inició al día 9 evidenciando una actividad metabólica por parte del consorcio bacteriano. Finalmente, el Bioensayo 1 presentó una concentración de 1 mg/L de  $\text{NH}_4^+$  (eficiencia de remoción del 99,13%), Bioensayo 2 una concentración final de 2 mg/L (98,29 %) y el Bioensayo 3 un valor de 10 mg/L (91,52 %), mientras que el Control mostró un incremento en la concentración de amonio hasta 120 mg/L, (eficiencia negativa de -20%). La aplicación de consorcios bacterianos nitrificantes representa una alternativa biotecnológica eficaz para el tratamiento de efluentes acuícolas y mitigación de la eutrofización en ecosistemas marinos.

**Palabras claves:** Eutrofización, Efluentes residuales, Cultivo Semi-intensivo, Bioensayos, Biofertilizante.

## ABSTRACT

Effluents generated by aquaculture activities are characterized by concentrations of Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), which, when accumulated in a water body, can result in eutrophication processes. In this research, the efficiency of nitrifying bacterial consortia for the reduction of ammonium in wastewater used in a semi-intensive system of the shrimp production laboratory LARVA LECP, located in the commune of San Pablo, province of Santa Elena, was evaluated. Physicochemical analyses were carried out on samples obtained from the residual effluent discharge area of the laboratory, which were subjected to a bioremediation process performed in three different bioassays with nitrifying bacteria of the genera *Nitrosomonas spp.* and *Nitrobacter spp.*, obtained from a commercial biofertilizer, and a control bioassay without bacterial addition. The activation of the bacterial consortium was conducted in 100 liter tanks in which 50 liters of filtered seawater and 1 liter of the biofertilizer were stored, reaching a concentration of  $8 \times 10^9$  CFU/L. The treatment system was constructed using containers referred to as bioassays, in which 500 liters of filtered wastewater were stored and monitored for 54 days for various parameters. The initial ammonium concentrations in the treated bioassays were recorded as follows: Bioassay 1, 115 mg/L; Bioassay 2, 117 mg/L; Bioassay 3, 118 mg/L; and the Control, 100 mg/L. The degradation of the compounds was observed on day 9, indicating metabolic activity by the bacterial consortium. Finally, a concentration of 1 mg/L  $\text{NH}_4^+$  (99.13% removal efficiency) was recorded in Bioassay 1, 2 mg/L (98.29%) in Bioassay 2, and 10 mg/L (91.52%) in Bioassay 3, while the Control showed an increase in ammonium concentration to 120 mg/L (negative efficiency of -20%). The use of nitrifying bacterial consortia is considered an effective biotechnological alternative for the treatment of aquaculture effluents and the mitigation of eutrophication in marine ecosystems.

**Keywords:** Eutrophication, Wastewater Effluents, Semi-intensive Culture, Bioassays, Biofertilizer.

## 1. INTRODUCCIÓN

La industria camaronera en Ecuador inicio a finales de la década de 1970 en la provincia de El Oro. Los registros más antiguos de esta actividad datan de 1968, con la construcción de la primera finca comercial. Inicialmente el crecimiento fue lento, y los pioneros experimentaron con cultivos extensivos o de bajo rendimiento. A partir de 1979, tras la autorización gubernamental para construir más estanques, se cosecharon 5.000 toneladas de camarón en 440 hectáreas de producción. El desarrollo se aceleró en la década de 1980, impulsada por la abundancia de larvas silvestres, especialmente tras el impacto del fenómeno El Niño (Acosta, 2016).

El auge de la producción impulsó las exportaciones, siendo Estados Unidos el principal comprador. Esta expansión generó una creciente demanda de larvas que no podía ser cubierta únicamente mediante la recolección natural, un método altamente vulnerable a los cambios climáticos.

Como respuesta, surgieron los laboratorios de larvicultura. Esta nueva fase de la industria se expandió rápidamente a partir de 1985; una empresa francesa fue pionera al construir en "La Diablica" un laboratorio con una capacidad de 20 millones de postlarvas (Acosta, 2016).

El tipo de cultivo predominante en la zona (maduración y larvicultura de camarón) requiere el uso exclusivo de agua de mar. Los escasos sistemas fluviales locales no

son aptos para la acuicultura debido a la alta carga de sedimentos y la significativa variación estacional (Serrano et al., 2008).

En este contexto, se implementaron diversos sistemas de cultivo: el sistema intensivo (basado en la siembra de hasta 200 nauplios/litro, a menudo con un protocolo semi-abierto) y el método Galveston o sistema cerrado/recirculante que utiliza tanques cónicos de concreto recubiertos con *liners*), que contrastan con los sistemas extensivos tradicionales.

Las ventajas principales de la creación de sistemas y métodos para crianza de *Penaeus vannamei*, está en la implementación de protocolos como desinfección del agua de mar que se va a utilizar en los tanques de cultivo larvario, obteniendo un manejo de enfermedades, bioseguridad y calidad de agua.

Esta actividad de larvicultura implica la utilización de agua de mar, que es un recurso natural, renovable a nivel general, pero cuando cumplen su función en la crianza de larvas *Penaeus vannamei*, se vuelven efluentes descartables, ahí ya no vuelven a ser renovables, por la alta contaminación que pueden llegar a tener sin un tratamiento específico, producto de la descomposición de la materia orgánica, denominado como materia orgánica nitrogenada, si bien es cierto que el nutriente nitrógeno (N) es un elemento esencial para las funciones metabólicas de los seres vivos, no obstante a altas concentraciones en sus diferentes estados de oxidación

como el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) que en menor presencia en el agua pueden llegar a ser nutrientes para plantas ya que tienen la capacidad de poder absorberlos, mientras que el nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) es el estado más tóxico para un ser vivo en incluso en concentraciones bajas (Calvachi & Ortiz, 2013).

Las descargas descontroladas de efluentes hídricos de diversas actividades generan impactos ecológicos negativos. Figueroa (2017) señaló que los principales contaminantes incluyen derivados del petróleo, sedimentos y, crucialmente, el exceso de materia orgánica. La descomposición de esta última libera gases (como amoníaco o sulfuro de hidrógeno), lo que produce olores desagradables y un impacto directo en la calidad del agua y el ambiente circundante.

La implementación de sistemas de biorremediación en el tratamiento de efluentes de la industria acuícola encuentra su principal sustento legal en el Artículo 15 de la Constitución de la República del Ecuador. Esta norma establece que el *“Estado promoverá, tanto en el sector público como en el privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias. En este contexto, la biorremediación se erige como una solución técnica alineada con el precepto constitucional, ya que permite la degradación de contaminantes mediante procesos biológicos, minimizando el impacto ambiental de las descargas residuales y garantizando que la actividad económica de las empresas privadas no vulnere los derechos de la naturaleza ni la calidad de los recursos hídricos”* (Asamblea Constituyente, 2008).

Dada la problemática ambiental generada por los efluentes, la Organización de las Naciones Unidas ONU determinó en 2015 los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como parte de la Agenda 2030. El presente trabajo se alinea con el ODS 6: "Agua limpia y saneamiento", específicamente con la meta 6.3: "Mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando vertidos y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos" (Naciones Unidas, 2023).

En Ecuador el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, ha dispuesto acuerdos de responsabilidad con el medio ambiente, que está contenida en el Código Orgánico del Ambiente (COA) en el artículo 18: establece el Principio de Responsabilidad Ambiental; *“El Estado, a través de sus instituciones, y todas las personas naturales o jurídicas tienen el deber de prevenir, evitar y reducir la contaminación, así como mitigar, controlar y remediar o compensar los daños ambientales. La responsabilidad es objetiva e integral”*. Incluyendo recuperaciones hídricas, planificaciones sobre las descargas que se efectúen, provengan de instituciones públicas o de empresas privadas (Hernández, 2023).

Según información pública del Servicio de Acreditación Ecuatoriano, existen 1.620 establecimientos dedicados al cultivo de *Penaeus vannamei* entre 2024 y 2025. Dado el impacto negativo que generan las descargas de sus efluentes, se exploran soluciones *in situ* como el uso de organismos biológicos (plantas, animales

acuáticos) y el empleo de microorganismos, ya sea por dosificación o mediante el desarrollo de biopelículas (Ateia et al., 2016).

En la guía sobre Métodos para Mejorar la Camaronicultura en Centroamérica de Moreno (2001) establece que los parámetros tanto físicos como químicos en el agua, tales como la Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), Salinidad (UPS), Potencial Hidrogeno (pH), Oxígeno Disuelto (OD), Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), deben ser determinadas sus concentraciones al momento de ser utilizadas en criaderos *Penaeus vannamei* y posteriormente al ser desechadas, de esta manera se tendrá un seguimiento para su relación a una posible contaminación, partiendo de esta idea, Córdova (2015) demuestra en su caso de estudio que el consorcio de bacterias nitrificantes pueden reducir las concentraciones químicas mencionadas, teniendo un control y seguimiento en los parámetros físicos.

Las bacterias nitrificantes constituyen un consorcio de microorganismos quimiolitotóxicos presentes de forma natural en la columna de agua (bacterioplancton). Estos organismos son cruciales en el ciclo del nitrógeno porque realizan la nitrificación; es decir, la oxidación secuencial del amonio a nitrito y posteriormente del nitrito a nitrato como parte de su metabolismo. Este proceso regula los efectos tóxicos y reduce el riesgo de eutrofización en los cuerpos de agua (Mendoza et al., 2019).

Este trabajo de titulación se realizó en la comuna de San Pablo, perteneciente a la provincia de Santa Elena, Ecuador, en el Laboratorio de Larvas de Camarón LARVA LECP teniendo un sistema semi – intensivo de cultivo, con la metodología semi – abierto, con una capacidad de producción de 30'000.000 de postlarvas/ciclo mes, para ejecutar dicha actividad utilizan 500 toneladas de agua de mar, que se distribuyen en 24 tanques de concretos, cubierto con *linners*.

De esta manera el enfoque del presente trabajo consistió en la identificación de la calidad en las que se encuentren los efluentes residuales que fueron utilizados en un sistema de larvicultura, con la finalidad de poder incorporar consorcios de bacterias nitrificantes para minimizar concentraciones de amonio y nitritos a nitratos, reduciendo los efectos tóxicos que puedan generar las descargas hídricas.

## **2. PROBLEMÁTICA**

La intensificación en la actividad de acuicultura en la parte larval ha generado una creciente preocupación por la calidad del agua dentro de un cultivo, teniendo un impacto ambiental que se asocia a las descargas de efluentes con elevados compuestos nitrogenados. Menciona Oswaldo (2022), la optimización de los procesos de nitrificación en estos sistemas requiere una comprensión profunda de los factores que influyen en la calidad del agua al transcurrir procesos de nitrificación, varios parámetros como la disponibilidad de oxigenación, consorcios bacterianos en constante competencia para su reproducción.

Gómez (2023) indicó que la Secretaría de Calidad e Inocuidad del Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca compartió un registro de 176 laboratorios con actividad en producción de larvas de camarón en el año 2013, que constan de un sistema semi-abierto, con una cantidad determinada de renovación de agua dentro de un cultivo, como consecuencia se generan efluentes residuales con materia orgánica, que al no estar en procesos de remediación, causaran un impacto ambiental en el área donde se almacenen.

### 3. JUSTIFICACIÓN

A medida que la demanda de camarón aumenta, se expande el sector de larvicultura y maduración, esto implica en la creación de nuevos laboratorios o el aumento de sus producciones mediante la construcción de más tanques y así poder suplir la demanda de larvas *Penaeus vannamei* en las piscinas camaroneras, lo que provocaría el uso mayor de agua de mar y que al final de un ciclo cuando sean descartadas estos efluentes se conviertan en contaminantes en la comuna de San Pablo. Una encuesta realizada por Estevez (2015) reflejó que el 89% de personas consultadas señalaron a los laboratorios con actividad de larvicultura como responsables de una contaminación en el ambiente, un problema que pueden llevar los laboratorios acentuados en la comuna de San Pablo también sostiene que deben tener algún protocolo para reducir la contaminación ambiental.

Lo que genera una descomposición toxica de aguas utilizadas en la actividad de larvicultura es la materia orgánica, que se genera en el transcurso de un ciclo, el alimento no consumido por las larvas *Penaeus vannamei* se descompone al transcurrir el tiempo, lo que da lugar al aumento de concentraciones de amonio y posteriormente nitritos. Salgado et al., (2012) mencionaron que el balanceado no consumido tiene proteínas, y estas están compuestas por aminoácidos, que contienen nitrógeno orgánico, al existir en las masas de aguas residuales bacterias heterótrofas, van a descomponer la materia orgánica, posteriormente romper

proteínas y así liberar compuestos nitrogenados. Lo que generara la amonificación que es el proceso del nitrógeno orgánico transformándose en amonio.

El presente trabajo de titulación aporta bienestar en los ámbitos social y ambiental; porque se pretende definir el mejor método para optimizar la calidad de efluentes residuales mediante el control y seguimientos de parámetros físicos químicos, aprovechando el uso de consorcios de bacterias nitrificantes, previamente activadas, que potencialmente reducirán las concentraciones de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) a nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ).

Desde el punto de vista social, el trabajo de titulación contribuye porque al poder controlar los nutrientes existentes en los efluentes hídricos, se podría evitar la emanación de gases u olores desagradables que se generarían mediante la evaporación de estas masas de aguas, la exposición humana a estos malos olores puede generar incomodidad y problemas de salud.

#### **4. OBJETIVO GENERAL:**

- Cuantificar la reducción de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), mediante la aplicación de bacterias nitrificantes comerciales, mejorando la calidad de agua en efluentes residuales de un sistema semi-abierto de larvicultura.

#### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Analizar factores fisicoquímicos, caracterizando la calidad del agua residual previo a la biorremediación.
- Registrar el nivel de reducción de los compuestos químicos en los efluentes residuales de un sistema de larvicultura por acción de probióticos comerciales.
- Determinar la eficiencia del sistema de biorremediación de efluentes en base a los resultados obtenidos para mejorar la calidad de agua.

## **5. HIPÓTESIS:**

**H<sub>1</sub>:** La aplicación de consorcios de bacterias nitrificantes tiene un efecto significativo en la reducción de los niveles de amonio, y en la mejora de parámetros de calidad de los efluentes provenientes de un sistema de larvicultura.

## **6. MARCO TEÓRICO**

### **6.1 La acuicultura y la producción larvaria de *Penaeus vannamei*.**

La industria acuícola durante las últimas décadas ha evolucionado notoriamente, destacándose así en los mercados internacionales, lo cual ha generado un valor agregado a razón de las exportaciones, así mismo provee de fuentes de trabajo hecho que beneficia a la población, aun cuando hay competitividad por los precios que los demás países imponen (Cruz, 2021).

La larvicultura consiste en la crianza de larvas planctotróficas que pasan por varios estadios, los cuales poseen distintas estrategias de alimentación, la actividad del cultivo de larvas se realiza a nivel mundial destacando su mayor desarrollo en el continente asiático y americano. En Ecuador esta actividad comenzó en la década 60 como un productor de menor escala, actualmente se encuentra muy desarrollada al punto de ser el principal exportador en el hemisferio Occidental. La gran demanda nacional e internacional de camarón conlleva a mejorar aspectos en la producción de larvas para mantener una mejor uniformidad de tallas y libre de agentes patógenos (Muñoz, 2022).

### **6.2 Producción larvaria en la provincia de Santa Elena.**

La provincia de Santa Elena en Ecuador es un importante centro de larvicultura para la producción de camarón. La mayor parte de los laboratorios de larvicultura del

país se encuentran en esta provincia, con Salinas como un área clave para la producción (Solórzano & Magallán, 2023).

### **6.3 Efluentes acuícolas y contaminación por compuestos nitrogenados.**

Desde los inicios de la actividad acuícola, uno de los mayores problemas que se ha presentado es el exceso de materia orgánica generada por las excretas de los organismos, a causa de una alimentación excesiva y por uso de otros insumos suministrados al medio de cultivo. Las grandes cantidades de nitrógeno que se generan en relación con la capacidad de asimilación de los estanques, ha provocado que la calidad del agua se vea afectada a causa de la acumulación de las diferentes formas del nitrógeno inorgánico (amoníaco, amonio, nitrito y nitratos), resultandos tóxicos para los organismos, lo cual influye a su vez en la cantidad de oxígeno disuelto disponible, pH, y, fomentado el desarrollo de comunidades de microorganismos no deseados (Velazquez, 2025)

Los compuestos nitrogenados y la materia orgánica procedentes de la interacción agua-suelo, y aquellos compuestos degradados originados por el alimento suministrados al sistema de producción, producen impactos ambientales negativos en el interior de los estanques de cultivo, afectando las condiciones del suelo, la calidad química del agua, la biodiversidad, y el bienestar de los organismos, produciendo problemas de contaminación, lo que consecuentemente al ser tratados químicamente genera un desbalance entre los diferentes parámetros fisicoquímicos,

tal es la razón por la cual se busca la aplicación de otras alternativas no contaminantes. Se considera que las estrategias no contaminantes destinadas a desplazar o disminuir los metabolitos tóxicos y la concentración de materia orgánica son parte de las buenas prácticas de manejo, siendo la biorremediación una de las técnicas mayormente empleadas en el campo de la acuicultura, la cual se define como una tecnología que emplea microorganismos tales como hongos, levaduras y bacterias, que, mediante su potencial metabólico pueden transformar compuestos tóxicos a compuestos menos tóxico (Alava et al., 2022).

Por ello, es indispensable aumentar los índices de productividad, sobre todo en aquellos sistemas de provisión de alimentos. Esto no quiere decir que solo se deba producir de una manera exuberante, sino que deber ir acompañado de buenas prácticas de manejo, obteniendo así un menor impacto en el medio y un mayor rendimiento, realizándolo de una competitiva y sostenible (Andrade, 2024).

#### **6.4 Ciclo del nitrógeno en ambientes acuáticos.**

En las zonas costeras sobre todos marinos existen procesos biogeoquímicos, consiste en la intervención de grupos biológicos que están en la capacidad de procesar concentraciones químicas, minerales suspendidos, sales, con la finalidad de obtener energía para su replicación pero también causando una regulación en la calidad del agua, el nitrógeno está presente en varios ámbitos marinos se lo

encuentra normalmente en compuestos nitrogenados, en otros términos es la materia orgánica que se descompones (Ramachandran et al ., 2008).

El presente trabajo de titulación se enfocó en el nitrógeno orgánico, que ingresa en las corrientes marinas como proteínas o aminoácidos, en efluentes residuales de un sistema de larvicultura, existe una gran cantidad de estos minerales, la situación se vuelve crítica cuando no hay consorcios de microorganismos quimiolitotróficos, al mineralizarse estas proteínas liberan concentraciones de amonio, deteriorando la calidad de agua. Especialmente en alimento no consumidos, como balanceados, ocurriendo la eutrofización, descontrolando el crecimiento de algas, disminuyendo el oxígeno disuelto del agua.

### **6.5 Bacterias nitrificantes: tipos y mecanismos de acción.**

Las Bacterias nitrificantes son un grupo que utilizan amoníaco o nitrito como fuente de energía primaria y dióxido de carbono como fuente principal de carbono, la nitrificación es un proceso biológico que se produce en dos etapas. En la primera etapa, las bacterias oxidan el amoníaco a nitrito utilizando la enzima amoníaco mono oxigenasa (AMO). En la segunda etapa, otras bacterias oxidan el nitrito a nitrato utilizando la enzima nitrito oxidasa (NO) (García et al., 2021).

Estas bacterias son importantes para los cultivos acuícolas porque los peces y otros organismos acuáticos producen amoníaco como subproducto de su metabolismo. Si

el amoníaco no se convierte en nitratos, puede acumularse en el agua y ser tóxico para los organismos acuáticos. Además, los nitratos son una fuente importante de nutrientes para las plantas acuáticas. Sin bacterias nitrificantes, los cultivos acuícolas no pueden obtener los nutrientes necesarios para crecer y prosperar. Existen varios tipos de bacterias nitrificantes que se encuentran en los cultivos acuícolas, pero las más comunes son *Nitrosomonas spp* y *Nitrobacter spp*. Estas bacterias son capaces de colonizar las superficies sólidas en los sistemas acuícolas, como los filtros y las paredes de los tanques. Además, se ha descubierto que ciertas especies de bacterias nitrificantes son capaces de mejorar la calidad del agua al reducir los niveles de nitrógeno en el agua. Esto puede ser especialmente importante en los sistemas acuícolas cerrados, donde el agua se recircula y los niveles de nitrógeno pueden acumularse con el tiempo (Neyra, 2010).

#### **6.6 Aplicaciones de la biorremediación microbiana en acuicultura.**

Cuando nos referimos a la implementación microbiana en acuicultura, se relaciona con estrategias para mejorar la calidad de agua, con la finalidad de reducir patógenos, proporcionando el rendimiento del medio y especies cultivadas.

En cultivos semi-intensivos se mantiene un control, priorizando la calidad de agua, va de la mano con un sistema cerrado, en la acuicultura se implementa *Bacillus s*, para inhibir vibrios, consorcios microbianos, como *Nitrosomonas spp*, para disminuir concentraciones de amonio, recordando que el alimento no consumido se

descompone y libera minerales, como estos sistemas cerrados están a temperaturas altas, hace que la conductividad de los iones de los minerales se liberen, aumentando el amonio, ionizando más el agua (Fernández et al., 2023).

### **6.7 Biorremediación de efluentes.**

La biorremediación es una técnica de tratamiento de las aguas residuales que es conocida por ser amigable con el medio ambiente, eficiente y rentable para mejorar la calidad de los residuos que se generan. Existen diferentes agentes biorremediadores que se han evaluado en los últimos años en las aguas residuales acuícolas (Rojas, 2025).

### **6.8 Parámetros de calidad del agua en sistemas larvarios.**

A continuación, se describen los parámetros de la calidad del agua en sistemas larvarios:

#### **6.8.1 Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).**

Es el principal producto del metabolismo de las proteínas, que aportan entre 60 y 80% del total del nitrógeno excretado en el agua el amonio no ionizado o amoniaco, es uno de los principales compuestos tóxicos en sistemas acuícolas, capaz de estresar a los organismos cultivados hasta ocasionar mortalidades (Muñoz et al., 2023).

### **6.8.2 Nitrito ( $\text{NO}_3^-$ ) y Nitrato ( $\text{NO}_2^-$ ).**

Son fuentes importantes del ciclo del nitrógeno empezando por el amoníaco, se pueden unir a compuestos orgánicos e inorgánicos formando sales u otros componentes, en ambientes aeróbicos las bacterias rápidamente oxidan el amoníaco ( $\text{NH}_4^+$ ) a nitrito ( $\text{NO}_3^-$ ) y nitrito ( $\text{NO}_3^-$ ) a nitrato ( $\text{NO}_2^-$ ) este proceso se conoce como nitrificación y el proceso que lleva de nitrato a nitrito y de nitrito a nitrógeno se le conoce como desnitrificación (Torres, 2022).

El nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) es la forma más común del nitrógeno en columnas de agua, las altas concentraciones de este compuesto pueden derivar en problemas de salud debido a la eutrofización que se produce (Mendez & Bonilla, 2022).

### **6.8.3 Potencial Hidrogeno.**

El pH es un parámetro crucial en la calidad del agua porque indica si esta es ácida o básica. Un pH de 7 se considera neutro, lo que significa que no es ni ácido ni básico. El agua se vuelve ácida cuando su pH es inferior a 7 y básica cuando los niveles de pH superiores a 7 (Saraguro, 2024).

### **6.8.4 Oxígeno Disuelto.**

La cantidad de oxígeno que se encuentra disuelto en las aguas es importante para mantener la vida; por lo tanto, si el oxígeno ( $\text{O}_2$ ) que se halla está en niveles bajos

significa mala calidad del agua producto de reacciones llevadas a cabo por microorganismos, el consumo total del oxígeno disuelto podría llevar a una inactivación de las bacterias nitrificantes lo que tendría serias consecuencias en el tratamiento de los residuos. La solución para que esto no se transforme en un problema se basa en mantener una cantidad de oxígeno disuelto estándar (Paredes & Jara, 2019).

#### **6.8.5 Demanda Bioquímica de Oxígeno.**

La DBO es la demanda bioquímica de oxígeno que tiene un agua. Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra.

El DBO es un parámetro importante en la caracterización de la calidad del agua, ya que indica la cantidad de oxígeno necesaria para degradar la materia orgánica presente en la muestra. Un alto valor de DBO indica una mayor cantidad de materia orgánica biodegradable en el agua, lo que puede ser un indicador de contaminación orgánica (Intriago, 2024).

### **6.8.6 Salinidad.**

En la última década, el estudio sobre la salinidad en las aguas residuales ha sido foco de gran interés por parte de los especialistas en este tema que han demostrado, basados en resultados experimentales, que la salinidad si afecta a los procesos microbiológicos con la condición de que todo dependerá de la concentración de este factor (Paredes & Jara, 2019).

### **6.8.7 Sólidos Totales Suspendidos.**

Los sólidos suspendidos están presentes en cualquier cuerpo de agua, estas partículas suspendidas tienden a tener diámetros mayores a un micrómetro, que pueden ser retenidas al momento de realizar una filtración, la cantidad de sólidos totales suspendidos es un indicador contaminante como mencionó Quispe (2021). Son factores principales para el deterioro del agua, Chen et al., (2023) especifica que en los estanques de acuicultura existen niveles de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrito ( $\text{NO}_3$ ) y nitrato ( $\text{NO}_2^-$ ) que tienen relación a elevados porcentajes de sólidos suspendidos totales provenientes de la materia orgánica, que al descomponerse daña la calidad de agua.

### **6.8.9 Sólidos Totales Disueltos.**

En la larvicultura, los sólidos disueltos son coloides derivados de la descomposición de alimentos y polvo. En el caso de los camarones, estos pueden ocasionar daños

en las branquias y también reducir la visibilidad, lo cual afecta el comportamiento alimentario de la especie (Saraguro, 2024).

Los sólidos totales en el agua son los residuos secos de los materiales disueltos que el agua contiene al momento de tomar la muestra para análisis, como partículas de arcilla, limo y otros elementos transportados por el agua, ya sea en suspensión estable o arrastrados por el movimiento del agua (Saraguro, 2024).

#### **6.8.10 Turbidez.**

Refleja la existencia de sólidos derivados de la erosión del suelo, así también de la materia en suspensión, tales como residuos de animales y plantas en proceso de descomposición, estas partículas pueden contener microorganismos provocando su proliferación y causando dicha condición (Cochea, 2022).

#### **6.8.11 Temperatura.**

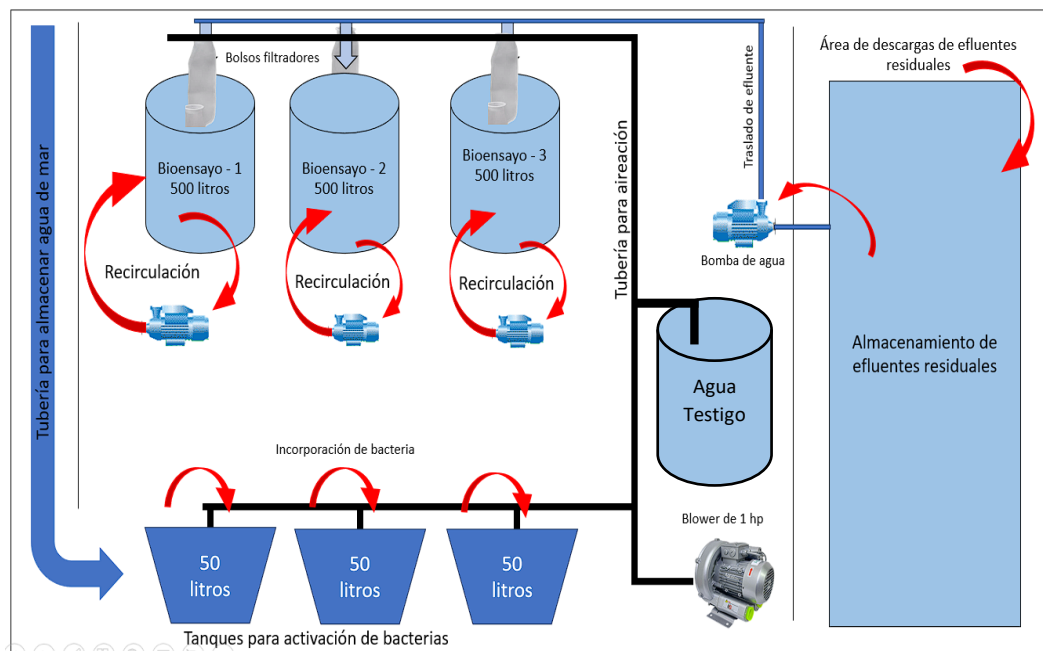
Es un indicador de la calidad del agua, que repercute en la actividad biológica, las características bioquímicas y químicas del agua, así como en la absorción de oxígeno y va incrementando conforme progresa en profundidad del acuífero (Cochea, 2022).





muestra, para determinar las condiciones en las que se encontraba la masa de agua y posteriormente se extrajo 1.500 litros de agua empozada, siendo repartida en 3 tanques de fibra en forma de cono invertido, teniendo 500 litros de agua por tanque, denominados Bioensayo 1 (tanque 1), Bioensayo 2 (tanque 2) y Bioensayo 3 (tanque 3) y adicionalmente se contó con el Control o Testigo.

El diseño experimental fue tomado del caso de estudio de Córdova (2015), donde se empleó el uso y seguimiento de parámetros físicos químicos en efluentes residuales que fueron utilizadas en un ciclo de producción de *Penaeus vannamei*.



**Figura 3.** Diagrama del área para biorremediación de efluentes residuales utilizadas en un ciclo de producción, mediante la incorporación de consorcios de bacterias nitrificantes (*Nitrosomonas spp* y *Nitrobacter spp*).

#### **7.4 Almacenamiento y tratamiento de efluentes residuales.**

Para el almacenamiento en los diferentes tanques de Bioensayo se utilizó una bomba de agua de 1 hp y un bolso filtrante de 10 micras para minimizar los sólidos totales suspendidos.

En esta experimentación cada Bioensayo contuvo 500 litros de agua, aireación constante que fue proporcionado por un blower de 1 hp, se utilizó piedras difusoras de oxígeno por Bioensayo con la finalidad de disminuir malos olores por parte de la descomposición de la materia orgánica; el Control se mantuvo en iguales condiciones sin tratamiento.

#### **7.5 Determinación de parámetros físicos-químicos.**

Para la realización de los análisis de efluentes residuales previo a la biorremediación, fue necesario determinar que tipos de nutrientes se van a monitorear y posteriormente a controlar, debe existir una relación en conjunto a diversos parámetros físicos que aporten o interfieran al mejoramiento de las masas de aguas (Cordova, 2023).

En el presente trabajo se tomó en cuenta las concentraciones químicas de Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), Potencial Hidrogeno (pH), Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Salinidad (%), en cuanto a los

parámetros físicos fueron: Sólidos Totales Suspendidos (STS), Sólidos Totales Disueltos (STD), Turbidez (NTU) y Temperatura (°C), actualmente la metodología que se emplea para evaluar la calidad de agua varía según como se calcula y que parámetros se consideran al desarrollar el índice correspondiente (Villón, 2022).

Para conocer los niveles de concentraciones químicas en los diferentes Bioensayos, se utilizó el manual del laboratorio de química perteneciente al Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada (INOCAR), que emplea el uso del espectrofotómetro de la marca Shimadzu UV-1900 y el software UVPROBE – photometric, para analizar las concentraciones, el equipo a utilizar esta previamente calibrado por la institución para el respectivo uso en las diferentes lecturas de concentración.

#### **7.6 Activación de bacterias nitrificantes.**

Se utilizó consorcios de bacterias nitrificantes comerciales de los géneros

*Nitrosomonas spp* y *Nitrobacter spp*.

En 1.000 ml del producto comercial tenía una concentración de  $8 \times 10^9$  UFC/L.

Para la activación de bacterias se implementó 3 tipos de métodos.

**Tabla 1.** Métodos de activación de bacterias nitrificantes.

Método	Concentración de bacterias	Observación
Activación con sulfato de amonio	$8 \times 10^9$ UFC/L.	Se activó en 50 litros de agua de mar previamente filtrada
Activación con melaza	$8 \times 10^9$ UFC/L.	Se activó en 50 litros de agua de mar previamente filtrada
Activación con oxígeno	$8 \times 10^9$ UFC/L.	Se activó en 50 litros de agua de mar previamente filtrada

### 7.6.1 Activación de bacteria con Sulfato de amonio.

El Sulfato de amonio utilizado en este trabajo contuvo:

**Tabla 2.** Porcentaje de la composición de sulfato de amonio.

Composición	Porcentaje (%)
Nitrógeno total (N)	20.5%
Azufre (S)	24%

En el Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), se encuentra el caso de estudio de Hossain et al., (2022), determinaron que los niveles de pH en el agua realizan un efecto significativo a las BOA y BON, tal como se especifica en la Tabla.

**Tabla 3.** Rangos del potencial hidrogeno en el agua.

<b>Parámetro</b>	<b>Rango</b>	<b>Observación</b>
pH	< 6	Reducen su población y pueden suspenderse.
	7 - 8	Óptimo para realizar actividades de nitrificación.
	> 9	La actividad disminuye, más tiempo en reducir niveles de amonio y nitrito.

En el caso de estudio de Córdova (2015), graficó que el oxígeno debe mantenerse entre 5 mg/L a 7 mg/L, para tener un medio adecuado para las BOA y BON, relacionado a esta parte del trabajo. Cheronos (2022) empleo oxígeno para reducir niveles de nitrito ( $\text{NO}_3^-$ ) a nitrato ( $\text{NO}_2^-$ ), su rango fue de 4 mg/L a 6 mg/L, indicó

que valores menores de oxígeno en el agua, retrasa el trabajo de oxidación del nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en efluentes.

Varios casos de estudio determinan el crecimiento de bacterias oxidantes en un medio con sulfato de amonio, Rodríguez (2004) implementó una técnica para poder determinar consorcio de BOA y BON, también actividades nitrificantes mediante método *in situ*, con la aplicación de Sulfato de amonio.

Una vez especificado los parámetros principales para la activación de bacterias, se realizó el siguiente procedimiento:

- En un tanque de 100 litros, se llenó con agua de mar filtrada 50 litros, es importante no clorinar o desinfectar el agua, es nocivo para las bacterias nitrificantes.
- Se dejó airear hasta tener 4 mg/L de oxígeno disuelto, se realizó un test de amonio, con el kit de colorimetría de la marca API, de esta manera se conoce el estado con el que comenzamos la activación de bacteria.
- Posteriormente se agregó 5 gramos de sulfato de amonio granulado y se esperó a que se disuelva los gránulos.
- En el transcurso de 12 horas se volvió a realizar un nuevo test para conocer la concentración de amonio existente.

- Pasado los días el consorcio de bacterias nitrificantes, será incorporado en el Bioensayo 1.

### **7.6.2 Activación de bacteria con melaza.**

En el transcurso del tiempo la acuicultura ha estado en constante innovación en sus diferentes métodos para el respaldo de su producción, la implementación de bacterias, levaduras, consorcios de micro organismos para restaurar, complementar una dieta e incluso desinfección de áreas, para esto se incorporó la melaza que se la emplea como fuente de hidratos de carbono al desarrollo de bacterias heterotróficas, Encalada & Nuñez (2022) mencionaron que las cargas microbianas de varias muestras utilizando melaza comercial, sirvió como fuente de carbono, Muter et al., (2014) en su caso de estudio evaluaron que la melaza al ser rica en azúcares como sacarosa, glucosa y fructosa, aportaría en la eliminación de amonio en efluentes.

#### **7.6.2.1 Procedimiento para la activación de bacterias con melaza.**

Se utilizó como guía el trabajo de Aviles (2023) para la implementación de melaza, aplicándolo en este trabajo con bacterias nitrificantes:

- Se utilizó un tanque de 100 ml, se llenó con 50 ml con agua de mar previamente filtrado.
- Se procedió a darle aireación por 12 horas.

- Se añadió 5 litros de malaza, es importante tener controlado.
- Cuando el oxígeno disuelto estuvo en 5 mg/L, se aplicó bacterias nitrificantes, para que se activen y posteriormente emplearlas en la biorremediación.

### **7.6.3 Procedimiento para la activación de bacterias con oxígeno.**

- Se procedió a almacenar 50 litros de agua en un tanque, previamente filtrada.
- Se incorporó una manguera con una piedra difusora para airear el agua.
- Cuando el oxígeno disuelto fue de 5 mg/L, se incorporó el consorcio de bacterias nitrificantes, siendo este el Bioensayo 3.

## **7.7 Procedimientos analíticos.**

A continuación, se describen los procedimientos analíticos empleados:

### **7.7.1 Determinación de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).**

A continuación, se da a conocer los diferentes procesos que se utilizaron para poder determinar los niveles de concentración de amonio en esta experimentación:

#### **7.7.1.1 Recolección de muestra.**

Para determinar la concentración se utilizó el método Azul de Indofenol, se recolectó 250 ml de agua empozada en el área de descargas de efluentes residuales utilizadas en el ciclo de producción del Laboratorio LARVA LECP, posteriormente almacenada en botella plástica oscura para evitar foto degradación en las muestras, el tiempo de recolección de muestras en los diferentes Bioensayo se lo realizo entre 48 a 72 horas.

#### **7.7.1.2 Preservación y almacenamiento de muestras.**

Es conveniente efectuar el análisis inmediatamente después realizada la colección, pero si no es posible, se deben almacenar en un sitio oscuro y congelar las muestras obtenidas.

#### **7.7.1.3 Soluciones para análisis de amonio en muestras.**

A continuación, se presentan los reactivos empleados para la elaboración de soluciones químicas empleados en este estudio:

##### **7.7.1.3.1 Solución de Fenol.**

Se disolvió 50 gramos de fenol en 50 ml de etanol al 96%, y posteriormente se guardó la solución en un frasco ámbar, se puede mantener en ambiente.

#### **7.7.1.3.2 Solución de Nitroprusiato de Sodio.**

Se disolvió 1 gramos de Nitroprusiato de sodio en 200 ml de agua desionizada, se mantiene el recipiente en ambiente.

#### **7.7.1.3.3 Reactivo Alcalino.**

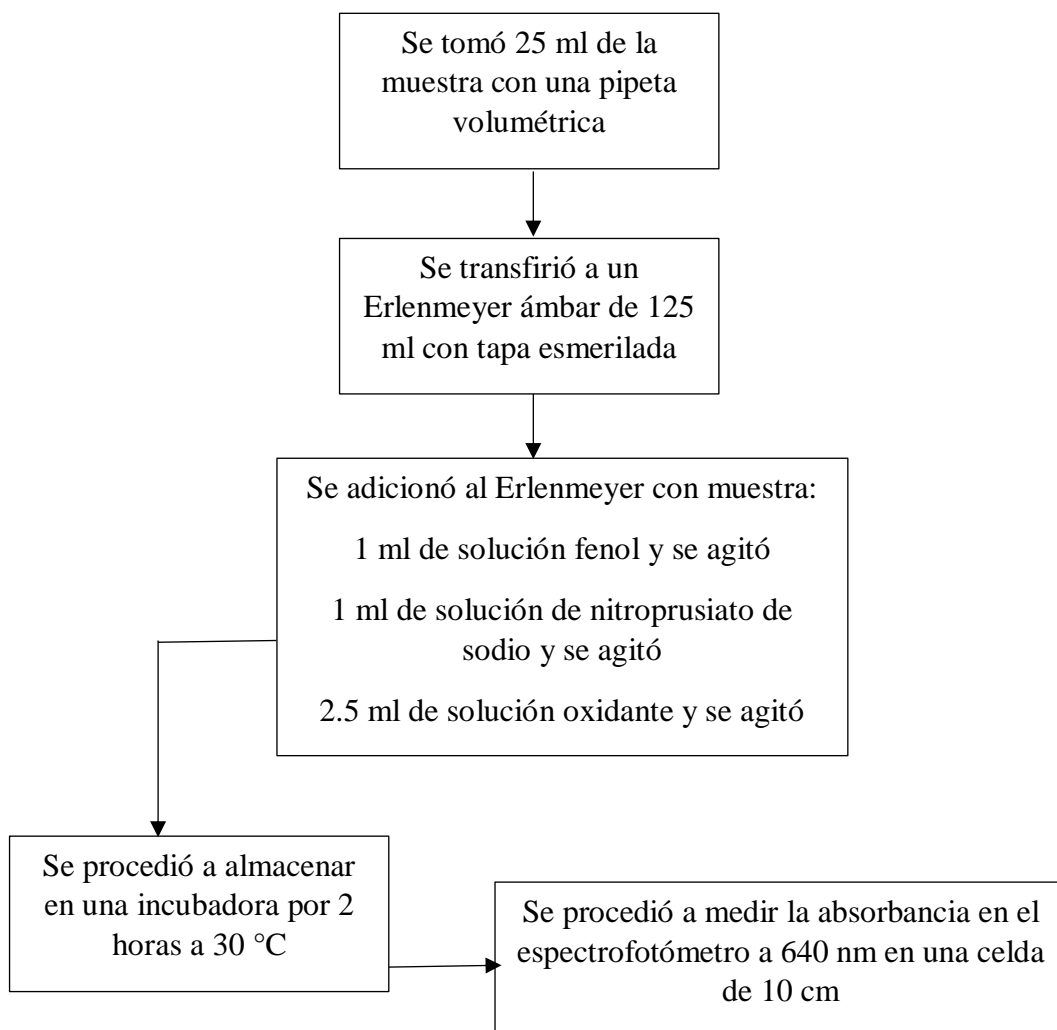
Se disolvió 100 gramos de Citrato de Sodio y 5 gramos de Hidróxido de Sodio en 500 ml de agua desionizada.

#### **7.7.1.3.4 Solución Oxidante.**

Debe prepararse únicamente el día que se va a utilizar, lo sobrante se descarta.

Se pesó 0.02 gramos de dicloroisocianurato de sodio dihidratado y se mezcló con 20 ml de reactivo alcalino.

#### 7.7.1.4 Procedimiento de análisis.



### **7.7.2 Determinación de la concentración de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>).**

Los Nitritos representan una forma intermedia del ciclo del nitrógeno. Pueden estar presentes en las aguas como resultado de la degradación biológica de las proteínas o provenir de otras fuentes. Cuando se correlacionan las concentraciones de nitrito con la correspondiente a otra forma de nitrógeno, cantidades trazas de nitrito pueden indicar contaminación orgánica (Maiti et al., 2025).

#### **7.7.2.1 Fundamento.**

El ion nitrito del agua se hace reaccionar con sulfanilamida para dar un compuesto diazo, el cual en presencia de di clorhidrato de N-(naftil) etilendiamina forma un compuesto azoico altamente coloreado, cuya absorbancia se mide espectrofotométricamente a 543 nm (Bastida & Perdomo, 2020).

#### **7.7.2.2 Recolección de muestra.**

Para determinar la concentración se utilizó el método Griess o diazotización mediante el uso de Sulfanilamida y Naftiletildiamina, se recolecta del área de descarga de efluentes residuales utilizadas en un ciclo de producción de larva *Penaeus vannamei*, en botellas plásticas, estas pueden ser transparentes, en caso de no realizar el análisis el mismo día, mantener las muestras en refrigeración.

### **7.7.2.3 Reactivos para análisis de Nitrito (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).**

A continuación, se presentan los reactivos empleados para la elaboración de soluciones químicas empleados en este estudio:

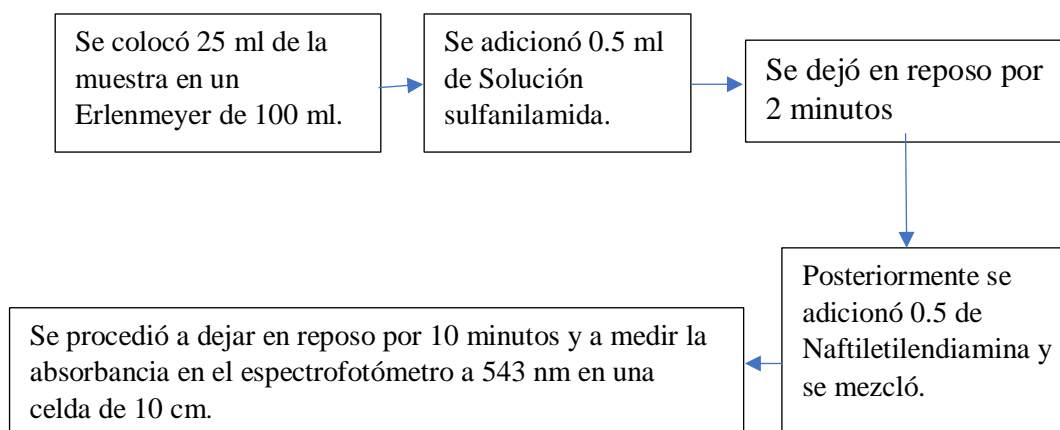
#### **7.7.2.3.1 Solución de Sulfanilamida.**

Se disolvió 10 gramos de sulfanilamida en una mezcla de 100 ml de ácido clorhídrico concentrado con 600 ml de agua destilada, se llevó a 1.000 ml con agua destilada, esta solución es estable por mucho tiempo y se almacena en refrigeración en un recipiente ámbar.

#### **7.7.2.3.2 Solución de Naftiletildiamina Di hidrocioruro.**

Se disolvió 0.5 gramos de N-1 Naftil etilendiamina di hidrocioruro en 500 ml de agua destilada, se almacena en un recipiente ámbar, esta solución debe ser renovada una vez por mes.

#### 7.7.2.4 Procedimiento de Análisis.



#### 7.7.3 Determinar concentraciones de Nitrato (NO<sub>3</sub>).

La mayor parte del nitrógeno del agua se encuentra en forma de iones nitrato, su concentración varía entre 24-500 µg de N-NO<sub>3</sub>/l (Douna & Yousefi, 2023).

##### 7.7.3.1 Fundamento.

El nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) en agua se reduce casi cuantitativamente a nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) cuando una muestra se pasa por una columna que contiene limaduras de cadmio cubierta con cobre metálico. El nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) producido se determina por diazotación con sulfanilamida y por combinación con naftiletildiamina para formar un tinterazo fuertemente coloreado (Jiwarungrueangkul et al., 2023).

### **7.7.3.2 Recolección de la muestra.**

Se procedió a recoger en recipientes plásticos transparentes del área de descargas de efluentes residuales del laboratorio LARVA LECP, si el análisis no se lo efectúa en el mismo día, se puede dejar en refrigeración.

### **7.7.3.3 Reactivos para análisis de nitrato.**

A continuación, se presentan los reactivos empleados para la elaboración de soluciones químicas empleados en este estudio:

#### **7.7.3.3.1 Solución concentrada de cloruro de amonio.**

Se disolvió 250 gramos de cloruro de amonio en 1.000 ml de agua destilada, se guardó en botella plástica y en refrigeración.

#### **7.7.3.3.2 Solución diluida de cloruro de amonio.**

Se diluyó 50 ml de la solución concentrada de cloruro de amonio en 2 litros de agua destilada, se guardó en botella plástica y almacenada en refrigeración.

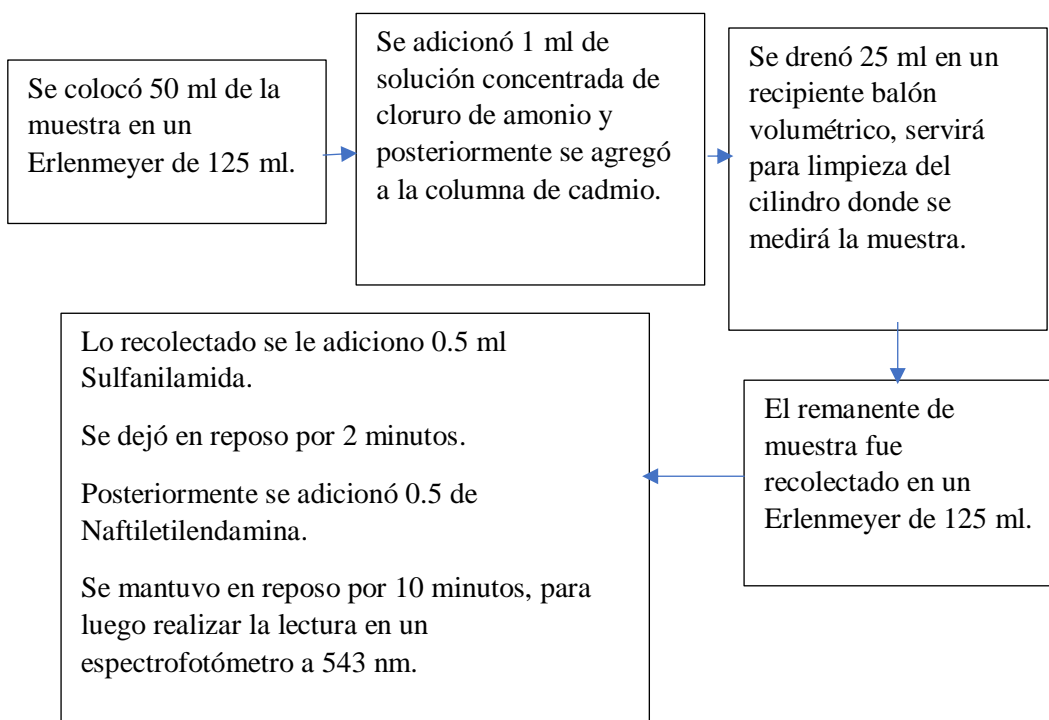
#### 7.7.3.3 Solución de Sulfanilamida.

Se disolvió 10 gramos de sulfanilamida en una mezcla de 100 ml de ácido clorhídrico concentrado con 600 ml de agua destilada, se lleva a 1000 ml con agua destilada, esta solución es estable por mucho tiempo y se almacena en refrigeración en un recipiente ámbar.

#### 7.7.3.4 Solución de Naftiletilendamina Di hidrocioruro.

Se disolvió 0.5 gramos de N-1 Naftil etilendiamina di hidrocioruro en 500 ml de agua destilada, se almacenó en un recipiente ámbar, esta solución debe ser renovada una vez por mes o cuando la coloración se torne marrón fuerte.

#### 7.7.3.4 Procedimiento de análisis.



#### **7.7.4 Determinación del potencial hidrogeno (pH).**

Para la obtención del pH se utilizó un equipo digital de la marca ®HANNA, se lo utilizó en el agua almacenada en el área de descargas de efluentes residuales, sumergiéndolo unos 30 cm aproximadamente durante 3 minutos, hasta que el valor registrado se estabilice y se pudo observar en la pantalla del equipo, posteriormente se registró el valor en la bitácora.

#### **7.7.5 Determinación de oxígeno disuelto (OD).**

Para evaluar el Oxígeno Disuelto en las que se encuentran la masa de agua almacenada en el área de descarga de efluentes residuales en el laboratorio LARVA LECP y en los posteriores bioensayos para medir la efectividad del tratamiento implementado, se utilizara el Método de titulación o Winkler, mediante la reacción química de tiosulfato de sodio y almidón, los resultados registrados se reportan en miligramos de oxígeno por litro de agua (mg/L), en términos generales, el análisis de OD se llevó a cabo de la siguiente manera:

##### **7.7.5.1 Recolección de muestra.**

Para este procedimiento se utilizó botellas de cristal Wheaton de 300 ml transparente, en el área de descargas de efluente residuales, se las sumergió un máximo de 1 metro, para posteriormente agregarle 1 ml de Sulfato de Manganeso y 1 ml de Ioduro Alcalino, para la fijación de oxígeno, posteriormente se cerró con

una tapa esmerilada evitando dejar burbujas en la boca de la botella, se las agitó vigorosamente por unos segundos para mezclar los reactivos.

#### **7.7.5.2 Reactivos para la determinación del Oxígeno Disuelto.**

A continuación, se presentan los reactivos empleados y elaboración de soluciones químicas empleados en este estudio:

##### **7.7.5.2.1 Sulfato Manganoso.**

Se disolvió 480 gramos de sulfato de manganeso tetrahidratado o 400 gramos de sulfato de manganeso dihidratado, en agua destilada en un volumen de 1 litro.

##### **7.7.5.2.2 Ioduro Alcalino.**

Se disolvió 250 gramos de hidróxido de sodio en 250 ml de aguas destilada y 150 gramos de yoduro de potasio en 200 ml de agua destilada, las dos soluciones se mezclan y se completó con 500 ml de aguas destilada.

##### **7.7.5.2.3 Solución tiosulfato de sodio.**

El tiosulfato de sodio nos va a permitir titular e indicar que será el almidón soluble, se disolvió 29 gramos de tiosulfato de sodio pentahidratado y 0.1 gramos de

carbonato de sodio en 1 litro de agua destilada, adicionalmente se agregó 1 dota de bisulfato de carbono a la solución preparada.

#### **7.7.5.2.4 Ácido sulfúrico.**

El ácido sulfúrico utilizado en este estudio fue proporcionado por el laboratorio de química del INOCAR.

#### **7.7.5.3 Procedimiento de análisis.**

- Después que se almacenó la muestra de agua y se incorporó las soluciones mencionadas para fijar el oxígeno, se esperó 1 hora, pero no más de 6 horas para realizar el análisis de oxígeno.
- Se introdujo 1 ml de ácido sulfúrico concentrado a la botella Winkler, se tapó y se mezcló para que todo el precipitado se disuelve y el yodo se libere, se agitó vigorosamente hasta que los grumos desaparezcan.
- Se extrajo 200 ml de la muestra y se incorporó en un Erlenmeyer de 500 ml.
- Se procedió con la primera titulación, con ayuda de un dispensador digital se incorpora tiosulfato de sodio hasta que la solución obtenga un color amarillo pálido.

- Se incorporó 1 ml de almidón soluble (indicador), obteniendo una coloración grisease, mientras se va agitando.
- Se comenzó la segunda titulación, que determinó cuanto de oxígeno disuelto contiene la muestra, se siguió incorporando tiosulfato de sodio hasta que la muestra de agua dejó de tener una tonalidad azul, el dispensador digital mostró cuanto de volumen de tiosulfato de sodio se gastó en la titulación y ese valor fue la concentración de oxígeno disuelto.

#### **7.7.6 Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno a 5 días (DBO 5).**

Se describe el procedimiento a continuación:

##### **7.7.6.1 Recolección de la muestra.**

Para este análisis se procedió a utilizar botellas Winkler, se sumergió a un máximo de 1 metro y se procedió a cerrar la botella, procurando que no existan burbujas en la boca de botella, se almacenó en un lugar oscuro, a temperatura ambiente.

Para este trabajo se determinó analizar pasando 5 días, con la finalidad de saber si los microorganismos aeróbicos consumen el oxígeno disuelto para poder degradar la materia orgánica.

#### **7.7.6.2 Procedimiento de análisis.**

- Después de que transcurrió 5 días se procedió a incorporar 1 ml de sulfato manganoso y 1 ml de ioduro alcalino, sea agitó vigorosamente para fijar las moléculas de oxígeno y dejó reposar por 1 hora, no más de 6 horas.
- Al transcurrir el tiempo se procedió a incorporar 1 ml de ácido sulfúrico concentrado a la botella Winkler, se tapó y se mezcló para que todo el precipitado se disuelva y el yodo se libere, se agito vigorosamente hasta que los grumos desaparezcan.
- Se extrajo 200 ml de la muestra y se incorporó en un Erlenmeyer de 500 ml.
- Se procedió con la primera titulación, con ayuda de un dispensador digital se incorporó tiosulfato de sodio hasta que la solución obtenga un color amarillo pálido.
- Se incorporó 1 ml de almidón soluble (indicador), obteniendo una coloración grisácea, mientras se va agitando.
- Se comenzó la segunda titulación, que determinó cuanto de Oxígeno Disuelto contiene la muestra, se siguió incorporando tiosulfato de sodio hasta que la muestra de agua dejó de tener una tonalidad azul, el dispensador digital muestra cuanto de volumen de tiosulfato de sodio se gastó en la titulación y ese valor fue la concentración de Oxígeno Disuelto.

### **7.7.7 Determinación para Sólidos Totales Suspendidos.**

Para determinar los Sólidos Totales Suspendidos en este trabajo, se utilizó el método por filtración.

#### **7.7.7.1 Fundamentación.**

El filtrado de una muestra determina la cantidad de sólidos totales que contuvo los bioensayos, el residuo que se almacena en el filtro es el material no filtrable y es la que se utiliza en la determinación (Vega, 2023), los sólidos totales suspendidos abarcan todo lo que tenga que ver con materia orgánica, y están presente en la turbidez del agua.

#### **7.7.7.2 Procedimiento para Determinar los sólidos totales suspendidos.**

A continuación, se presentan los pasos metodológicos para obtener el valor de los sólidos totales existentes en el agua:

#### **7.7.7.3 Recolección de la muestra en el área de descargas de efluentes residuales.**

Previo a la biorremediación realizada en este trabajo, se recogió una muestra de agua en el área de descargas de efluentes residuales del laboratorio LARVA LECP,

en recipientes plásticos de 300 ml, a una profundidad de no más de 1 metro, de esta manera se empezó el tratamiento de restauración del agua.

#### **7.7.7.4 Recolección de muestra en los bioensayos.**

En este proceso el agua que se almacenó en los 3 bioensayos ya establecidos pasó por un primer filtrado en bolsos 10 micras, a pesar de aquel procedimiento, hay partículas que son más pequeñas y traspasan el filtrado, por lo cual se procedió a realizar nuevas determinaciones, esta vez la muestra se lo tomó a los bordes de los tanques donde se acumulan todos los sólidos.

#### **7.7.7.5 Filtrado de muestras.**

- Se utilizó una bomba de vacío de la marca ®Heidolph, con una manguera de vacío se acopló de un lado a la bomba y del otro a un matraz de vacío de 500 ml.
- Se usó embudo de filtración, con unión magnética, donde se almacenó la muestra y se ajustó el papel filtro de 0.40 micras.
- Se utilizó crisol de porcelana para sostener el papel filtro, previamente se procedió a secar en un horno mufla a 110°C por 2 horas los crisoles en conjuntos a los filtros, para evitar que algún otro factor interfiera en el análisis.

- Al transcurrir el tiempo se retiró los crisoles con una pinza de crisol, evitando el contacto directo ya que las grasas de nuestras manos no se impregnen en los crisoles y así no dar un peso extra.
- Se dejó enfriar los crisoles con los filtros unos 15 minutos y se procedió a pesar en una balanza de precisión, utilizando la pinza de crisol, se registró en la bitácora el peso y se denominó peso inicial.
- Los filtros pasan a usarse en el embudo magnético, para este paso se utilizó una pinza pequeña para remover el filtro.
- Se utilizó 100 ml de la muestra para el filtrado, el residuo que se observó almacenado en los filtros, son los sólidos totales existente en nuestras aguas, posteriormente los filtros vuelven a sus respectivos crisoles y pasan a ser secados en un horno mufla a 110 °C por 2 horas.
- Transcurridos el tiempo se retiró los crisoles y se dejó enfriar, con una pinza de crisol se procedió a pesar en una balanza de precisión, el valor que se obtuvo fue el peso final.

La ecuación para obtener los sólidos totales suspendidos es la siguiente:

$$STS = \frac{(A - B)1000}{ml \text{ de muestra}} \times 1000$$

Siendo:

A: Peso final

B: Peso Inicial

El valor que nos da esta en medidas de: mg/L

### **7.7.8 Determinación de Sólidos Totales Disueltos.**

Para este procedimiento se utilizó un equipo digital de la marca Milwaukee, que nos permite conocer en mg/L sales, minerales, compuestos orgánicos y otras sustancias que están disueltas en el agua, no son visibles y no son retenidas por media de filtración, pero de forma general.

Valores altos que arroje el medidor indicaría que existen muchos compuestos disueltos en el agua, dependiendo del origen de los efluentes se tendría una idea en que son minerales contaminantes o sales nutritivas, minerales, etc.

Entre los sólidos totales suspendidos y sólidos totales disueltos existe una complementación cada uno mide y son fundamentales para determinar en qué condición se encuentra el agua.

#### **7.7.9 Determinación de turbidez del agua.**

Para determinar la turbidez de esta experimentación se utilizó un turbidímetro digital de la marca ®HACH 2100 Q proporcionado por el INOCAR.

Este parámetro lleva una relación con los sólidos totales suspendidos, el valor alto en turbidez demuestra que existen una abundancia de partículas totales suspendidos en el agua, en este caso la materia orgánica está en descomposición.

#### **7.7.10 Determinación de la temperatura en el agua.**

Se midió la temperatura en esta experimentación con un termómetro de mercurio para larvicultura de la marca ®BIOMED INSTRUMENTS.

#### **7.7.11 Análisis estadísticos.**

Los datos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , OD, pH,  $\text{DBO}_5$ , temperatura, salinidad, STS, STD y turbidez) fueron procesados mediante estadística descriptiva y análisis inferencial. Se calculó la media aritmética ( $\pm$

desviación estándar) para cada parámetro y bioensayo, a fin de describir la tendencia central y la variabilidad de los datos.

Para determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos (Bioensayos 1, 2, 3 y Control), se aplicó un análisis de varianza de una vía (ANOVA), previa comprobación de los supuestos de Normalidad (Prueba de Shapiro–Wilk) y Homogeneidad de varianzas (Prueba de Levene). En los casos en que los datos no cumplieron estos supuestos, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis.

Asimismo, se evaluó la correlación de Spearman entre las variables de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y oxígeno disuelto (OD), así como entre nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), para identificar relaciones entre el proceso de nitrificación y los parámetros de calidad del agua.

El nivel de significancia estadística se estableció en  $p < 0.05$ . Todos los análisis se realizaron con el software PAST v4.03 como utilizó Hammer et al., (2001) y los gráficos comparativos se elaboraron en Microsoft Excel 2021.

## 8. RESULTADOS

### 8.1 Análisis físicos-químicos de agua para la activación de bacteria

En la tabla 4 se muestra los análisis físicos-químicos del agua de mar filtrada para activar el consorcio de bacterias.

**Tabla 4.** Parámetros físicos-químicos de agua para la activación de bacteria.

Parámetro	Unidades	Resultado
Amonio	mg/L	0
Nitrito	mg/L	0
Nitrato	mg/L	0
pH		7.5
Oxígeno Disuelto	mg/L	6
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/L	3.5
Salinidad	UPS	30
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	250
Sólidos Totales Suspendidos	mg/L	5
Turbidez	NTU	0
Temperatura	°C	25

Los valores presentados en la Tabla 4 se obtuvieron del reservorio de agua salina del laboratorio Larva LECP, que es utilizada para la actividad de larvicultura. El Amonio, Nitrito ( $\text{NO}_3^-$ ) y Nitrato ( $\text{NO}_2^-$ ) reportaron un valor de cero, el pH reflejó un valor de 7.5. Por otro lado, el Oxígeno Disuelto fue de 6 mg/L y el DBO5 fue de 0 mg/L. Con respecto a la salinidad, se obtuvo un valor de 30 UPS, los Sólidos Totales Suspendidos STS tuvieron un valor de 5 mg/L, los Sólidos Totales

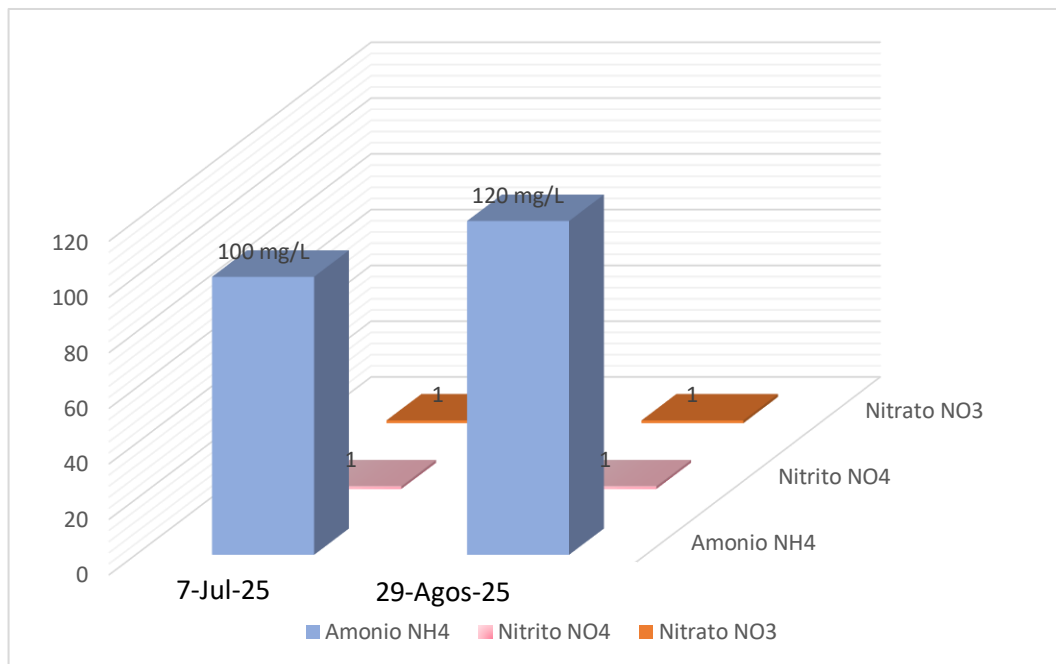
Disueltos STD reportaron un valor de 250 mg/L, pH del agua reportó 7,5. La turbidez del agua de mar, dio un valor de 0 NTU. Con respecto a la temperatura se obtuvo 25 °C.

## 8.2 Análisis físicos-químicos de efluente residual testigo

En la Tabla 5 se muestra los análisis físicos-químicos del efluente residual almacenada para uso de Control o Testigo.

**Tabla 5.** Análisis físicos-químicos de efluente residual almacenada Testigo.

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado Inicial</b>	<b>Resultado Final</b>
Amonio	100 mg/L	120 mg/L
Nitrito	0 mg/L	0 mg/L
Nitrato	0 mg/L	0 mg/L
pH	9.5 pH	9.4 pH
Oxígeno Disuelto	0	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	0	18
Salinidad	30	30
Sólidos Totales Disueltos	926 mg/L	1000 mg/L
Sólidos Totales Suspendidos	196 mg/L	216 mg/L
Turbidez	103 NTU	150 NTU
Temperatura	29 °C	26 °C



**Figura 4.** Análisis químicos de Amonio, Nitrito y Nitrato del Testigo.

Los valores presentados en la Tabla 5 se obtuvieron del agua almacenada proveniente del área de descargas de efluentes residuales utilizada en un ciclo de producción del laboratorio LARVA LECP, efluente que fue utilizada como Testigo de los Bioensayos. El Amonio reportó un valor inicial de 100 mg/L transcurrido el tiempo reflejó un valor final de 120 mg/L, los valores de Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) reportaron un valor inicial y final de 0 mg/L. El pH reflejó un valor inicial de 9.5 y 4 y un valor final de 9.4. Por otro lado, el Oxígeno Disuelto inicial fue de 0 mg/L y el valor final fue de 20 mg/L. La Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 (DBO5) inicial fue de 0 mg/L y un valor final de 18 mg/L. Con respecto a la salinidad, se obtuvo un valor de 30 UPS, los Sólidos Totales Disueltos (STD) tuvieron un valor inicial de 926 mg/L y un valor final de 1.000 mg/L, los Sólidos Totales Suspendidos (STS) reportaron un valor inicial de 196 mg/L y un valor final de 216 mg/L. La turbidez del agua de mar reportó un valor inicial de 103 NTU y un

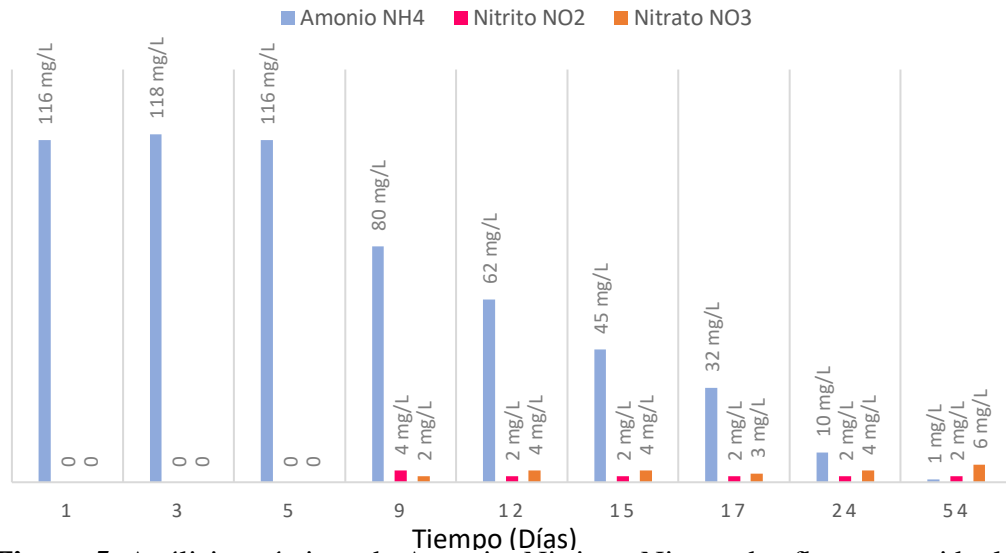
valor final de 150 NTU. Con respecto a la temperatura se obtuvo un valor inicial de 29 °C y un valor final de 26 °C.

### 8.3 Análisis físicos-químico del Bioensayo 1

En la tabla 6 se muestra los análisis físicos-químicos del Bioensayo 1 para la biorremediación de efluentes residuales con consorcios de bacterias nitrificantes.

**Tabla 6.** Análisis físicos-químicos de efluente residual almacenada en el  
Bioensayo 1

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado Inicial</b>	<b>Resultado Final</b>
Amonio	116 mg/L	1 mg/L
Nitrito	0 mg/L	2 mg/L
Nitrato	0 mg/L	6 mg/L
pH	9 pH	7.4 pH
Oxígeno Disuelto	0 mg/L	12 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	0 mg/L	4 mg/L
Salinidad	30	30
Sólidos Totales Disueltos	926 mg/L	955 mg/L
Sólidos Totales Suspendidos	196 mg/L	15 mg/L
Turbidez	18 NTU	4 NTU
Temperatura	29 °C	26 °C



**Figura 5.** Análisis químicos de Amonio, Nitrito y Nitrato de efluentes residuales del Bioensayo 1.

Los valores presentados en la Tabla 6 se obtuvieron del agua almacenada en el Bioensayo 1 que fue utilizada para biorremediación. El Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) reportó un valor inicial de 116 mg/L transcurrido el tiempo reflejó un valor final de 2 mg/L, el Nitrito ( $\text{NO}_3^-$ ) reportó un valor inicial de 0 mg/L y un valor final de 2 mg/L y el Nitrato ( $\text{NO}_2^-$ ) reportó un valor inicial de 0 y un valor final de 6 mg/L. El pH reflejó un valor inicial de 9, reportando un valor final de 7.4. Por otro lado, el Oxígeno Disuelto inicial fue de 0 mg/L y el valor final fue de 12 mg/L. La Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 (DBO5) inicial fue de 0 mg/L y un valor final de 4 mg/L. Con respecto a la salinidad, se obtuvo un valor de 30 UPS, los Sólidos Totales Disueltos (STD) tuvieron un valor inicial de 926 mg/L y un valor final de 955 mg/L, los Sólidos Totales Suspendidos STS reportaron un valor inicial de 137 mg/L y un valor final de 15 mg/L. La turbidez del agua de mar reportó un valor inicial de 18

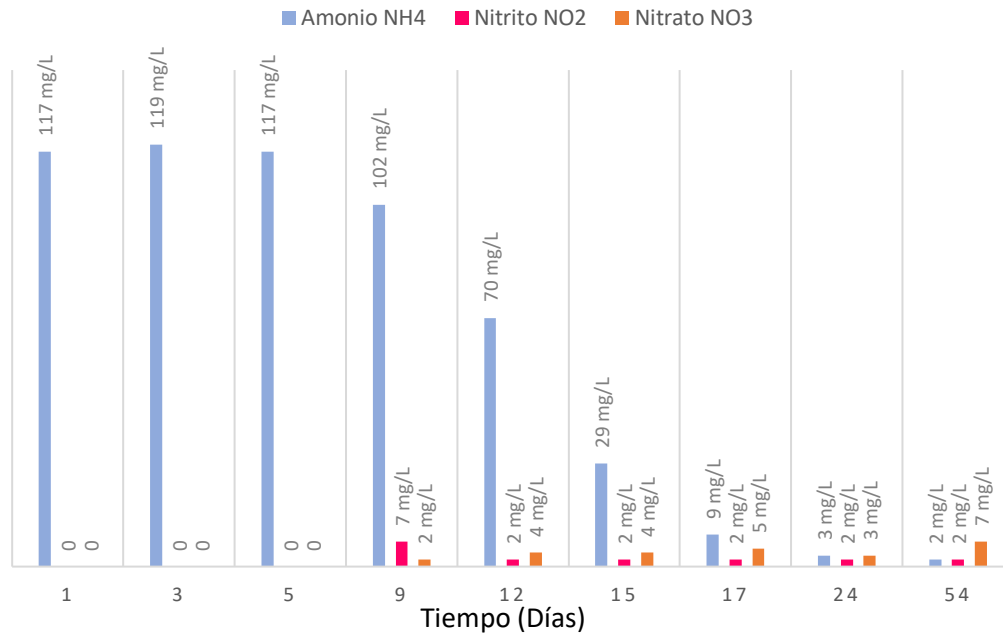
NTU y un valor final de 4 NTU. Con respecto a la temperatura se obtuvo un valor inicial de 29 °C y un valor final de 26 °C.

#### 8.4 Análisis físicos-químicos del Bioensayo 2

En la Tabla 7 se muestra los análisis físicos-químicos del Bioensayo 2 para la biorremediación de efluentes residuales con consorcios de bacterias nitrificantes.

**Tabla 7.** Análisis físicos-químicos de efluente residual almacenado en el Bioensayo 2.

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado Inicial</b>	<b>Resultado Final</b>
Amonio	117 mg/L	2 mg/L
Nitrito	0 mg/L	2 mg/L
Nitrato	0 mg/L	7 mg/L
pH	9 pH	7.5 pH
Oxígeno Disuelto	0 mg/L	14 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	0 mg/L	4 mg/L
Salinidad	30	30
Sólidos Totales Disueltos	926 mg/L	960 mg/L
Sólidos Totales Suspendidos	120 mg/L	109 mg/L
Turbidez	18 NTU	16 NTU
Temperatura	29 °C	26 °C



**Figura 6.** Análisis químicos de Amonio, Nitrito y Nitrato de efluentes residuales del Bioensayo 2.

Los valores presentados en la Tabla 7 se obtuvieron del agua almacenada en el Bioensayo 2 que fue utilizada para biorremediación. El Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) reportó un valor inicial de 117 mg/L transcurrido el tiempo reflejó un valor final de 2 mg/L, el Nitrito ( $\text{NO}_3^-$ ) reportó un valor inicial de 0 mg/L y un valor final de 2 mg/L y el Nitrato ( $\text{NO}_2^-$ ) reportó un valor inicial de 0 y un valor final de 7 mg/L. El pH reflejó un valor inicial de 9, reportando un valor final de 7.5. Por otro lado, el Oxígeno Disuelto inicial fue de 0 mg/L y el valor final fue de 14 mg/L. La Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 (DBO5) inicial fue de 0 mg/L y un valor final de 4 mg/L. Con respecto a la salinidad, se obtuvo un valor de 30 UPS, los Sólidos Totales Disueltos (STD) tuvieron un valor inicial de 926 mg/L y un valor final de 960 mg/L, los Sólidos Totales Suspendedos (STS) reportaron un valor inicial de 120 mg/L y

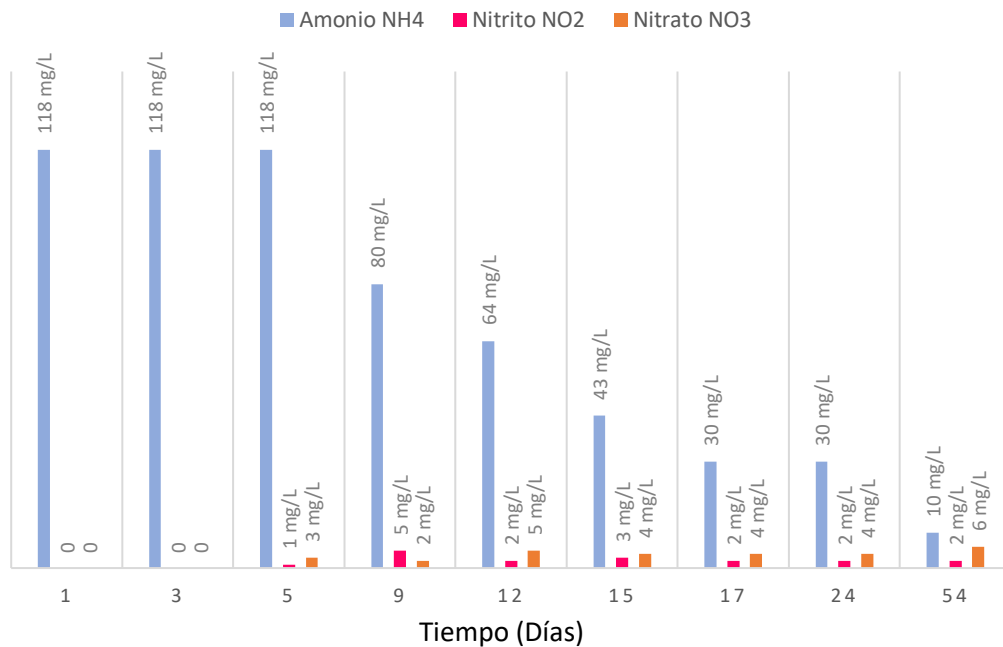
un valor final de 109 mg/L. La turbidez del agua de mar reportó un valor inicial de 18 NTU y un valor final de 16 NTU. Con respecto a la temperatura se obtuvo un valor inicial de 29 °C y un valor final de 26 °C.

### 8.5 Análisis físicos-químico del Bioensayo 3

En la Tabla 8 se muestra los análisis físicos-químicos del Bioensayo 3 para la biorremediación de efluentes residuales con consorcios de bacterias nitrificantes.

**Tabla 8.** Análisis físicos-químicos de efluente residual almacenada en el Bioensayo 3.

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado Inicial</b>	<b>Resultado Final</b>
Amonio	118 mg/L	10 mg/L
Nitrito	0 mg/L	2 mg/L
Nitrato	0 mg/L	6 mg/L
pH	9 pH	7.3 pH
Oxígeno Disuelto	0 mg/L	12 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	0 mg/L	4 mg/L
Salinidad	30	30
Sólidos Totales Disueltos	926 mg/L	962 mg/L
Sólidos Totales Suspendidos	135 mg/L	9 mg/L
Turbidez	18 NTU	4 NTU
Temperatura	29 °C	26 °C



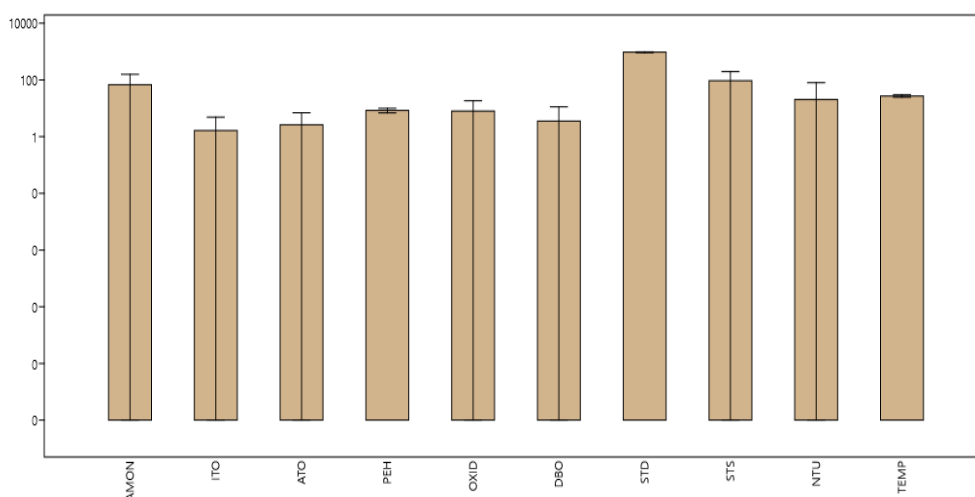
**Figura 7.** Análisis químicos de Amonio, Nitrito y Nitrato de efluentes residuales del Bioensayo 3.

Los valores presentados en la Tabla 8 se obtuvieron del agua almacenada en el Bioensayo 3 que fue utilizada para biorremediación. El Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) reportó un valor inicial de 118 mg/L transcurrido el tiempo reflejó un valor final de 10 mg/L, el Nitrito ( $\text{NO}_3^-$ ) reportó un valor inicial de 0 mg/L y un valor final de 2 mg/L y el Nitrato ( $\text{NO}_2^-$ ) reportó un valor inicial de 0 y un valor final de 6 mg/L. El pH reflejó un valor inicial de 9, reportando un valor final de 7.3. Por otro lado, el Oxígeno Disuelto inicial fue de 0 mg/L y el valor final fue de 4 mg/L. La Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 (DBO5) inicial fue de 0 mg/L y un valor final de 12 mg/L. Con respecto a la salinidad, se obtuvo un valor de 30 UPS, los Sólidos Totales Disueltos (STD) tuvieron un valor inicial de 926 mg/L y un valor final de 962 mg/L, los Sólidos Totales Suspendidos (STS) reportaron un valor inicial de 135 mg/L y

un valor final de 9 mg/L. La turbidez del agua de mar reportó un valor inicial de 18 NTU y un valor final de 4 NTU. Con respecto a la temperatura se obtuvo un valor inicial de 29 °C y un valor final de 26 °C.

### 8.6 Análisis estadístico ANOVA

Se realizó un Análisis de Varianza de una Vía (ANOVA) para evaluar el efecto de la biorremediación en las concentraciones de amonio entre los Bioensayo experimentales, se registró un valor  $p = 1,77 \cdot 10^{-293}$ , lo cual es significativamente menor que el nivel de significancia ( $p < 0.05$ ). Estos resultados evidenciaron que la disminución de Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) difiere significativamente en la experimentación.



**Figura 8.** Análisis de varianza (ANOVA) de los parámetros físico-químicos

## 9. DISCUSIÓN

### 9.1 Análisis físicos-químicos de agua para la activación de bacteria.

De acuerdo con los resultados obtenidos las concentraciones de Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), Nitrito ( $\text{NO}_3^-$ ) y Nitrato ( $\text{NO}_2^-$ ) presentaron un valor de cero, debido a los procesos de tratamiento de agua de mar que se realizó en el laboratorio LARVA LECP, para la producción de larvas de camarón *Pennaeus vannamei*. Navarro (2023) realizó un estudio sobre la calidad de agua en donde señaló que previo a un cultivo de especies para la acuicultura es necesario realizar un proceso de filtración y control químico, como Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) siendo el principal causante de deterioro en la calidad de agua, de esta manera se realizó la activación de consorcios de bacterias nitrificantes en agua de mar con bajas concentraciones de Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), Nitrito ( $\text{NO}_3^-$ ) y Nitrato ( $\text{NO}_2^-$ ), lo que relaciona directamente con el pH, el cual reflejó un valor normal, Saraguro (2024) en su trabajo investigativo compartió que el pH determina si los minerales de alguna masa de agua están controlado o existe un desbalance producido por el exceso, Según Navarro (2023), cuando el pH del agua es superior a 8.5 se vuelve efluentes alcalinas, esto se da producto de la descomposicion de materia organica, liberando descontroladamente iones de minerales, sales, que se encuentren en el agua, mientras que valores inferiores de 7 o 6.5 son aguas ácidas, que estan a falta de minerales, lo cual son aguas toxicas, donde no podrian habitar organismos. Por otro lado, la proporcion de Oxígeno Disuelto fue favorable de 6 mg/L, ideal para incorporar consorcios de bacterias nitrificantes mencionó Córdova

(2015), la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) reflejó un valor de 3.5 mg/L por la presencia de microorganismo, como microalgas.

Con respecto a la salinidad, se obtuvo un valor de 30 UPS, siendo un valor normal, la Cámara Nacional de Pesquería, 2023 indicó que la salinidad en las costas de Ecuador varía según las condiciones climáticas, corrientes entre otros factores.

No obstante, los Sólidos Totales Disueltos (STD) tuvieron un valor de 250 mg/L lo cual está relacionado con minerales existentes en el agua, en el trabajo de Pulido et al., (2011) indicaron que los valores ideales de STD para bacterias nitrificantes sea menor a 1000 mg/L de esta manera podrán realizar su actividad de nitrificación de manera normal; no obstante, los Sólidos Totales Suspendidos (STS) tuvieron un valor bajo de 5 mg/L producto de la filtración previa al almacenamiento, método que se implementó para remover sólidos. Navarro (2023) indicó en su trabajo que la filtración de agua de mar para la utilización en la acuicultura es importante para remover los sólidos que podrían deteriorar el agua o que realicen un impacto en las concentraciones de Amonio ( $NH_4^+$ ), Nitrito ( $NO_3^-$ ), Nitrato ( $NO_2^-$ ). En la turbidez del agua de mar dio un valor de 0 NTU, este parámetro físico está relacionado con los Sólidos Totales Suspendidos ya que se refiere a la cantidad de partículas suspendidas en el agua, una turbidez alta va a reducir la penetración de luz (Uniwill., 2025), en los resultados obtenidos reflejó un valor bajo.

Con respecto a la temperatura, es un parámetro para tener en cuenta, no solo por los microorganismos si no al efecto de la solubilidad de minerales, pudiendo afectar de manera general a los procesos de nitrificación, Boyd (2021) indicó que a menor temperatura el tiempo de disolverse los STS y STD es mayor, mientras que, a temperaturas elevadas los sólidos están en condiciones de disolverse más rápido, en este trabajo el agua filtrada a utilizar se la almacenó a 25 °C, una temperatura muy neutral para muchos organismos en la acuicultura (Navarro, 2023).

## **9.2 Análisis físicos-químicos de efluente residual Testigo.**

Previamente a realizar la biorremediación de efluentes residuales utilizadas en la producción de *Pennaeus vannamei*, se almacenó en un tanque de 500 litros para comparar sus valores físicos-químicos, a manera de Control o Testigo, sin incorporar consorcios de bacterias nitrificantes, se procedió a utilizar un blower de 1 hp para generar aireación dentro del tanque y así oxigenar el agua contrarrestando malos olores por la degradación de materia orgánica como lo mencionan Alava et al., (2022), la recirculación y valores de oxígeno disuelto en aguas utilizadas en la acuicultura es importante para mantener un ambiente estable y minimizar el impacto de malos olores producto de la alta concentración de materia orgánica como mencionó Ruiz (2013), el valor de Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) inicial fue de 100 mg/L, elevándose a 120 mg/L transcurrido el tiempo de 54 días.

Respecto a Nitrito y Nitrato sus valores fueron de 0 mg/L ya que no existió nitrificación, Córdova (2015) en su trabajo menciona que la existencia de valores como Nitrito y Nitrato es por la presencia de bacterias nitrificantes en efluentes con concentraciones de Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), este valor va relacionado con el pH del agua, ya que a valores superiores de 8 es un efluente muy alcalino, en este caso el valor inicial fue de 9.5 teniendo un valor final de 9.4 lo cual es un resultado muy elevado, esto se da por la alta concentración de Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en el agua, cabe añadir que cuando existe una buena oxigenación en efluentes residuales los valores de Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) pueden mantenerse o elevarse de manera lenta (Faizal et al., 2023).

Por otro lado, el Oxígeno Disuelto inicial fue de 0 mg/L ya que no estaba en tratamiento, teniendo un valor final de 20 mg/L en los 54 días que duro la experimentación, el valor es elevado por la aireación constante que se implementó y por la falta de microorganismos en el tanque. Córdova (2015) en su trabajo concluyó que las bacterias nitrificantes consumen cierta cantidad de oxígeno, si bien es cierto en el  $\text{DBO}_5$  el valor inicial fue de 0 mg/L y su valor final que representa un consumo de 18 mg/L, debido a que de manera natural se colonizan bacterias nitrificantes, pero su actividad es más lenta, ya que no hay una concentración elevada (Córdova, 2015).

La salinidad reflejó un valor inicial de 30 UPS, manteniéndose durante los 54 días, debido a que no se incorporó agua o se realizó recambios de agua dulce, Navarro

(2023) en su caso de estudio mencionó que en la acuicultura se implementa recambios de agua e incorporación de agua dulce para mejorar el ambiente en los tanques de producción, también teniendo como resultado minimizar valores de Salinidad.

Respecto a los STD su valor inicial fue de 926 mg/L, finalizando con un valor de 1000 mg/L, esto se debe al incremento de la concentración de Amonio, como reportó en los casos de estudios de Córdova (2015), Navarro (2023) y Pulido et al., (2011) que determinaron que cuando se eleva el Amonio, se incrementa el pH en conjunto a STD, que es un parámetro para determinar la mineralización total del agua.

Respecto a los STS son partículas que están suspendidas en el agua y esto se relaciona con la Turbidez de los efluentes, entre mayor sea el valor de STS, los valores de turbidez aumentarán como mencionó Uniwill (2025), en el tanque testigo el valor inicial de STS fue de 196 mg/L y un valor final de 216 mg/L, con respecto a la turbidez reflejó un valor de 103 NTU y un valor final de 150 NTU. La temperatura inicial fue de 29 °C y su valor final fue de 26 °C.

### **9.3 Análisis físicos-químicos del Bioensayo 1.**

De acuerdo con los resultados obtenidos la concentración de Amonio inicial en el día 1 del Bioensayo 1 fue de 116 mg/L, al transcurrir 3 días el valor aumentó

levemente a 118 mg/L, esto por la falta de nitrificación, a los 5 días el valor fue de 116 mg/L, lo cual refleja que se mantiene en el rango inicial, posteriormente se incorporó una concentración de  $8 \times 10^9$  UFC/L de consorcios bacteriana nitrificantes del género *Nitrosomonas spp* y *Nitrobacter spp* a los 9 días existió una disminución en la concentración de Amonio teniendo un valor de 80 mg/L, lo cual se justificó por la actividad bacteriana en disminuir el Amonio, a su vez el valor de Nitrito aumento a 4 mg/L, lo que reflejó la actividad de *Nitrosomonas spp* y *Nitrobacter spp*, como mencionaron Fernández et al., (2023) el consorcio de *Nitrosomonas spp* contrarresta Amonio y eleva el Nitrito, a su vez existe un aumento de Nitrato de 2 mg/L, producto de la actividad de *Nitrobacter spp* que consume Nitrito y da como resultado Nitrato.

Posteriormente a los 18 días el valor de Amonio reflejo 62 mg/L, el Nitrito 2 mg/L y el Nitrato 4 mg/L, sucesivamente fue disminuyendo el Amonio hasta llegar a un valor final de Amonio 1 mg/L, Nitrito 2 mg/L y Nitrato 6 mg/L, lo que representó una buena actividad del consorcio de bacterias nitrificantes incorporadas en el Bioensayo 1.

Con respecto al pH el valor inicial fue de 9 teniendo un resultado muy elevado, pero mediante la biorremediación se obtuvo un valor final de 7.4 debido a la disminución del Amonio, por otro lado el Oxígeno Disuelto inicial fue de 0 mg/L, obteniendo un valor final de 12 mg/L, como indica Córdova (2015) en su trabajo, las bacterias

consumen oxígeno para poder realizar la oxidación del Amonio y Nitrito, en este trabajo la Demanda Bioquímica de Oxígeno reflejo un valor de 4 mg/L, lo que significó que si hubo consumo.

La Salinidad se mantuvo en 40 UPS ya que no se incorporó agua dulce, mientras que los STD inicial fue de 926 mg/L y finalizando con un valor de 955 mg/L, el aumento fue leve ya que cierta parte de la oxidación del amonio quedo en el medio, Calvachi & Ortiz (2013) en su trabajo sobre remoción de concentración de Amonio y Nitrito, indicaron que es posible la disminución de mencionadas concentraciones mediante la incorporación de consorcios de bacterias nitrificantes, pero no se podrá eliminar de manera completa lo cual afectaría a los STD. En cuanto a los STS su valor inicial fue de 196 mg/L y finalizando con un valor de 15 mg/L, esto se debe a que la implementación de filtrado pudo remover de forma progresiva las partículas suspendidas, también se reflejó con la Turbidez del agua, con un valor inicial de 18 NTU y obteniendo un valor final de 4 NTU, como ya ha sido mencionado la relación de estos dos parámetros son significativos para poder tener un indicio si el agua está contaminada.

La temperatura inicial fue de 29 °C y se finalizó con un valor de 26 °C, como se mencionó este parámetro físico es importante para evitar que materia orgánica se disuelva de forma acelerada, por esta razón se mantuvo en un valor neutral, que no afecte a los microorganismos.

#### 9.4 Análisis físicos-químicos del Bioensayo 2.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la concentración inicial fue de 117 mg/L, pasado los 3 días el valor fue de 119 mg/L, a los 5 días el valor reflejó 117 mg/L, lo cual está en un valor constante ya que no se ha incorporado bacterias oxidadoras de Amonio, por lo tanto valores como Nitrito y Nitrato se mantuvieron en 0 mg/L, posteriormente a la incorporación de bacterias nitrificantes, reflejó un cambio en las concentraciones, a los 9 días el valor de Amonio disminuyó levemente obteniendo un valor de 102 mg/L, las concentraciones de Nitrito se elevaron a 7 mg/L y el Nitrato a 2 mg/L, producto de la actividad bacteriana. En el transcurso de 12 días la concentración de Amonio disminuyó a 70 mg/L y valores como Nitrito 2 mg/L y Nitrato 4 mg/L, existió un aumento por la actividad de *Nitrobacter spp*, a los 15 días la concentración de Amonio bajó significativamente a 29 mg/L lo que refleja que la actividad por parte de *Nitrosomonas spp* aumentó, en el artículo de Nikolaev (2014) mencionaron que el aumento de colonias de consorcio bacterianos aceleraría la disminución de concentración en los procesos de nitrificación.

A los 54 días de biorremediación el valor final de Amonio reflejó 2 mg/L, Nitrito 2 mg/L y Nitrato 7 mg/L, lo que indicó que *Nitrosomonas spp* actuó de manera significativa y *Nitrobacter spp* estuvo presente en los procesos de consumo de Nitrato.

Por otro lado, el pH inicial fue de 9 concluyendo un valor final de 7.5, lo que significó que estuvo en los rangos neutrales, producto de la nitrificación del Amonio y Nitrito. El Oxígeno Disuelto empezó de 0 mg/L y se finalizó con 14 mg/L teniendo una oxigenación del agua precisa para incorporación de microorganismos, mientras que la DBO<sub>5</sub> inicial fue de 0 mg/L, finalizando con un valor de 4 mg/L lo que indicó que si existió consumo de oxígeno por parte de *Nitrosomonas spp* y *Nitrobacter spp*.

La salinidad inicial y final fue de 30 UPS, es te valor se mantuvo ya que no se realizó recambios de agua; no obstante, los STD iniciales fueron de 926 mg/L y finalizaron con un elevado valor de 960 mg/L, debido a que se incorporó melaza, como indicaron Encala & Núñez (2022) que la melaza en un medio acuático funciona como fuente de carbono lo que eleva minerales dentro del agua lo cual se reflejó en los STD, algunos minerales pueden ser potasio, sodio, calcio, etc.

Con respecto a la Turbidez el valor inicial fue de 18 NTU y su valor final fue de 16 NTU, no existió una disminución significativa, debido a que la melaza tiene una coloración amarillenta oscura, lo cual interviene en el análisis de Turbidez, lo que conlleva a relacionarlo con STS, teniendo un valor inicial de 120 mg/L y un valor final de 109 mg/L, como se mencionó la melaza en un medio acuático es como fuente de carbono lo que ocasionaría en el transcurso del tiempo la existencia de partículas suspendidas como mencionaron Khanjani et al., (2021). Con respecto a

la temperatura, su valor inicial fue de 29 °C, finalizando con un valor de 26 °C, manteniendo el parámetro neutral.

### **9.5 Análisis físicos-químicos del Bioensayo 3.**

De acuerdo a los resultados obtenidos, las concentraciones de Amonio presentaron un valor inicial de 118 mg/L manteniéndose por 5 días, debido a la falta de incorporación de *Nitrosomonas spp* mencionó Nikolaev (2014), relacionándolo directamente con el pH que tuvo un valor inicial de 9, no obstante aumento ligeramente los Nitritos a 1 mg/L y los Nitratos a 3 mg/L debido a que la formación de colonias de bacterias nitrificantes se estaba dando de manera natural mencionó Córdova (2015). De esta manera se acelera el proceso de nitrificación adicionando el consorcio de bacterias nitrificantes, obteniendo concentraciones de Amonio de 80 mg/L a los 8 días y valores de Nitrito de 5 mg/L y Nitrato 2 mg/L, parámetro que indica en la actividad por parte de *Nitrosomonas spp* y *Nitrobacter spp* mencionaron Mendez & Bonilla (2022), progresivamente el Amonio disminuyo hasta tener un valor final de 10 mg/L, Nitrito 2 mg/L y Nitrato 6 mg/L, confirmando como mencionaron Paredes & Jara (2019) sobre la remoción de compuestos mediante la nitrificación, lo que conlleva a la relación con el pH final de 7.3, lo que quiere decir que el efluente dejo de ser muy alcalino (Saraguro, 2024).

Por otro lado, el Oxígeno Disuelto inicial fue de 0 mg/L ya que no estaba en proceso de biorremediación, posteriormente se obtuvo un valor final de 12 mg/L, conservando un valor ideal para la incorporación de microorganismo mencionó Navarro (2023), en relación con la DBO<sub>5</sub>, el valor inicial fue de 0 mg/L y si valor final fue de 4 mg/L lo que implicó que el consorcio de bacterias nitrificantes consumió oxígeno (Bedoya, 2012).

Con respecto a la salinidad se mantuvo en 30 UPS y los STD, tuvieron un valor inicial de 926 mg/L y un valor final de 962 mg/L, el aumento se dio por la mineralización como mencionó Vega (2023). No obstante los STS tuvieron un valor inicial de 135 mg/L y un valor final de 9 mg/L debido a la recirculación efectuada con filtros para remover sólidos suspendidos determinó Otero (2006), lo que lleva a relacionarlo con la turbidez del agua mencionó Quispe (2021), reflejó un valor inicial de 18 NTU y un valor fina de 4 NTU, determina que el filtrado funciona para mejorar la calidad de agua concluyó Villón (2022), con respecto la temperatura, tuvo un valor inicial de 29 °C y se finalizó con un valor de 26 °C.

## **9.6 Validación de Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>).**

El objetivo de esta investigación fue evaluar si la aplicación de bacterias nitrificantes tiene un efecto significativo en la reducción de Amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y mejorará la calidad de agua proveniente de una producción de larvicultura, con el

soporte del Análisis de Varianza (ANOVA) reportó un valor  $p = 1,77 \cdot 10^{-293}$  este resultado es inferior al del nivel de significancia  $p = 0.05$ , lo que conlleva al rechazo de la Hipótesis nula ( $H_0$ ), consecuentemente se acepta la Hipótesis alternativa ( $H_1$ ) confirmando que si existe una disminución significativa de Amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y una mejora en la calidad de agua atribuible al tratamiento de biorremediación.

## 10. CONCLUSIÓN

La aplicación de consorcios bacterianos nitrificantes, *Nitrosomonas spp.* y *Nitrobacter spp.*, redujo significativamente las concentraciones de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en los efluentes larvarios, cumpliendo el objetivo de cuantificación. De acuerdo con los bioensayos tratados, el amonio disminuyó desde 115–118 mg/L hasta valores finales entre 1 y 10 mg/L, alcanzando eficiencias de remoción del 91,52 % al 99,13 %, mientras que el control incrementó de 100 mg/L a 120 mg/L (eficiencia negativa). El proceso de nitrificación se evidenció claramente, dado que la disminución del amonio estuvo acompañada por un aumento progresivo del nitrito (2 mg/L) y del nitrato (6–7 mg/L), confirmando la actividad metabólica secuencial de *Nitrosomonas spp.* y *Nitrobacter spp.* en los tres bioensayos tratados.

La calidad del agua mejoró conforme avanzó la biorremediación, cumpliendo el objetivo de registrar cambios físico–químicos. Se observó: (a) descenso del pH desde 9 hacia valores entre 7,3 y 7,5 coherente con la nitrificación, (b) incremento del oxígeno disuelto desde 0 mg/L hasta valores entre 12 y 14 mg/L, (c) reducción marcada de los sólidos suspendidos STS, (d) disminución de la turbidez (18 NTU a 4–16 NTU).

La activación bacteriana con sulfato de amonio fue el método más eficiente, al promover mayor proliferación microbiana y acelerar la remoción de amonio, lo cual está sustentado en los resultados experimentales y en la comparación entre bioensayos presentada en la discusión. El análisis estadístico ANOVA confirmó que el tratamiento tuvo un efecto altamente significativo, validando la hipótesis H1. El valor p obtenido ( $1,77 \times 10^{-293}$ ) fue muy inferior a 0,05, demostrando que la disminución del amonio está directamente asociada a la aplicación de bacterias nitrificantes, y no a variabilidad natural o a efectos del tiempo.

El sistema de biorremediación implementado demostró ser una alternativa biotecnológica eficaz para el tratamiento de efluentes larvarios, logrando transformar compuestos tóxicos en formas menos perjudiciales y evitando tendencias eutrofizantes que sí aparecieron en el control (incremento del  $\text{NH}_4^+$  a 120 mg/L).

## 11. RECOMENDACIONES

Implementar agares específicos de bacterias nitrificantes para poder contabilizar las colonias existentes en el transcurso de la oxidación de Amonio.

Optimizar los parámetros físicos como el pH, temperatura y oxigenación, para mejorar la eficiencia de la biorremediación.

Evaluar los minerales que dan como resultado el aumento de los sólidos disueltos para entender en qué condiciones proliferan las bacterias *Nitrosomonas spp* y *Nitrobacter spp*.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álava, J. N., Aguilar, P. N., Villafuerte, C. D., Guerrero, N. H., & Guerrero-Ríos, R. (2022). *Biorremediación de efluentes del cultivo de camarón por medio de consorcios microbianos autóctonos y microalgas nativas en Manabí, Ecuador*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8421381>
- Andrade, R. I. (2024). *Propuesta de optimización de los procesos de producción en una granja de tilapia unicada en la ciudad de Guayaquil* . <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27646/1/UPS-GT005087.pdf>
- Ateia, M., Yoshimura, C., & Nasr, M. (2016). *In-situ Biological Water Treatment Technologies for Environmental Remediation: A Review*. <https://www.omiconline.org/open-access/insitu-biological-water-treatment-technologies-for-environmental-remediation-a-review-2155-6199-1000348.pdf>
- Aviles, H. E. (2023). *Uso de microorganismos de montaña (MM) para el tratamiento de aguas residuales de la Planta de Lácteos de Zamorano*. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/ffc7d8fd-c514-405f-9fed-9ef8eec3e3ed/content>
- Bastida, B. C., & Perdomo, N. A. (2020). *Procedimiento para el análisis químico de la contaminación por nitritos y nitratos en aguas de consumo*. [https://www.researchgate.net/publication/354355419\\_Procedimiento\\_para](https://www.researchgate.net/publication/354355419_Procedimiento_para)

el analisis quimico de la contaminacion por nitritos y nitratos en aguas de consumo

Bedoya, J. A. (2012). *Estudio del proceso de nitrificación y desnitrificación vía nitrito para el tratamiento biológico de corrientes de agua residual con alta carga de nitrógeno amoniaca.*

Boyd., C. E. (2021). *Dissolved and suspended solids in aquaculture systems.*  
<https://www.globalseafood.org/advocate/dissolved-and-suspended-solids-in-aquaculture-systems/>

Calvachi, G. L., & Ortiz, I. A. (2013). *Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública.* <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v15n1/v15n1a07.pdf>

Chen, Z., Liu, X., Cheng, X., & Guo, Z. (2023). *Dissipation of Eutrophic Substances in Grass Carp Aquaculture Pond Water by Ozone .*  
<https://www.mdpi.com/2073-4441/15/18/3167>

Cherones, J. L. (2022). *Promoting Nitrification in Poultry Processing Wastewater Treatment Using Microalgae and Biochar.*  
<https://auetd.auburn.edu/bitstream/handle/10415/8402/Jessa%20Cherones%20Master%27s%20Thesis.pdf?isAllowed=y&sequence=2>

Cochea, M. J. (2022). *Calidad de agua de pozos en la comuna Dos Mangas de la parroquia Manglaralto para el riego de cultivos agrícolas.*

<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a638e157-5345-46fa-a170-73447802322d/content>

Cordova, D. C. (2023). *Evaluación de la calidad del agua de las fuentes de descarga en la acequia la Victoria, cantón Antonio Ante*.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14641>

Córdova, F. D. (2015). *Uso de Bacterias Nitrificantes para el Control de Amonio y Nitrito en Cultivos Intensivos de Camarón*.  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/56677/1/T-76827%20Paladines%20C%c3%b3rdova.pdf>

Cruz, M. J. (2021). *Análisis de la competitividad económica del sector acuícola en el Ecuador periodo 2010-2018*.  
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CAGUA%20CRUZ%20MARIA%20JOSE.pdf>

Douna, B. K., & Yousefi, H. (2023). *Risk of nitrate residues in food products and drinking water*.  
<https://waocp.com/journal/index.php/apjec/article/view/1036/2224>

Ecuadoriano, S. d. (2024-2025). *Listado de Certificados Emitidos*.  
[https://oec.acreditacion.gob.ec/Consulta/oe\\_cert\\_ruc\\_oec.php?flag=1&ruc=06917110726001](https://oec.acreditacion.gob.ec/Consulta/oe_cert_ruc_oec.php?flag=1&ruc=06917110726001)

Elizabeth, R. S. (2022). *Importancia del sector acuícola en el desarrollo económico en el Ecuador durante la última década*.

<https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18532/1/ECUACA-2022-EA-DE00016.pdf>

Encalada, Q. C., & Nuñez, V. M. (2022). *Factibilidad técnica y económica de dos métodos de análisis microbiano.*

<https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/55766/T-76803%20Encalada%20Quezada.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Encalada, Q. C., & Nuñez, V. M. (2022). *Factibilidad técnica y económica de dos métodos de análisis microbiano del insumo acuícola melaza de caña.*

<https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/55766/T-76803%20Encalada%20Quezada.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

Espinoza, R. E. (2016). *Análisis del sector de larvicultura del camarón blanco Litopenaeus vannamei sp. en el Ecuador; énfasis en el mercado de insumos*

*y comportamientos del sector.*

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/54170/1/T-76551%20ACOSTA%20ESPINOZA.pdf>

Estevez, A. A. (2015). *Estudio técnico para la implementación de un sistema de*

*biofiltro para el tratamiento del agua de mar utilizado en el proceso*

*productivo y minimizar el impacto ambiental en las playas cercanas a la*

*planta de larvas de camarón Promarisco S.A.*

<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/3613/1/UPSE-TII-2015-043.pdf>

- Faizal, F., Suriasni, P. A., Panatarani, C., Hermawan, W., & Joni, I. M. (2023). *A Review of Bubble Aeration in Biofilter to Reduce Total Ammonia Nitrogen of Recirculating Aquaculture System*. <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/4/808>
- Fernández, A. M., Arrieta, D. P., & Martínez, N. G. (2023). *Biorremediación en Aguas Residuales Acuícolas: Una Revisión*. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/download/7577/11482/>
- Fernando, L. U. (2021). *Estudio comparativo de distribución espacial del contenido de cobre en suelos bananeros, producto de atomizaciones aéreas y terrestres canton machala*. <file:///C:/Users/User/Documents/TTUACA-2021-IA-DE00021.pdf>
- Figuroa, B. G. (2017). *Elaboración de un estudio técnico para la reutilización de aguas residuales mediante un sistema de tratamientos de aguas residuales casero en el sector santa rosa, cantón salinas, provincia de santa elena, año 2017*. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4273/3/UPSE-TII-2018-0001.pdf>
- FlyPix. (2025). *Monitoreo de la acuicultura: tecnología, beneficios y mejores prácticas*. <https://flypix.ai/es/blog/aquaculture-monitoring/>
- Gabriela, J. P. (2023). *Análisis espacio - temporal del comportamiento de los sedimentos en la cuenca baja del Rio Guayas*.

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/JACOME%20PALACIOS%20PAOLA%20GABRIELA.pdf>

García, K. L., Rodríguez, D., González, M., & Arroyave-Rojas, J. A. (2021). *Evaluación de la remoción de nitrógeno y materia orgánica a través de humedales artificiales de flujo subsuperficial acoplados a reactores de lecho fijo con microalgas en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.*

[https://www.researchgate.net/publication/352410651\\_Evaluacion\\_de\\_la\\_remocion\\_de\\_nitrogeno\\_y\\_materiaorganica\\_a\\_traves\\_de\\_humedales\\_artificiales\\_de\\_flujo\\_subsuperficial\\_acoplados\\_a\\_reactores\\_de\\_lecho\\_fijo\\_con\\_microalgas\\_en\\_la\\_Institucion\\_Universitaria](https://www.researchgate.net/publication/352410651_Evaluacion_de_la_remocion_de_nitrogeno_y_materiaorganica_a_traves_de_humedales_artificiales_de_flujo_subsuperficial_acoplados_a_reactores_de_lecho_fijo_con_microalgas_en_la_Institucion_Universitaria)

Hernández, J. A. (2023). *Acuerdo Ministerial*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/Acuerdo-Ministerial-Nro.-MAATE-2023-080.pdf>

Hossain, S., Chow, C. W., Cook, D., Sawade, E., & Hewa, G. A. (2022). *Review of Nitrification Monitoring and Control Strategies in Drinking Water System*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8997939/pdf/ijerph-19-04003.pdf>

Intriago, S. G. (2024). *Influencia del fitoplancton en la calidad de agua en la escolleras del malecón de La Libertad*. <https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0cd7d6df-bb2e-4cc7-a1d7-f336c3f85676/content>

- Jiwarungrueangkul, T., Kongpuen, O., Yucharoen, M., Sangmanee, C., Tipmanee, D., Areerob, T., & Sompongchiyakul, P. (2023). *Modification and validation of an analytical method for the simple determination of nitrate in seawater by reduction to nitrite with zinc powder* (Vol. 251). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304420323000312>
- Khanjani, M. H., Alizadeh, M., Mohammad, M., & Sarsangi, H. (2021). *The effect of adding molasses in different times on performance of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) raised in a low-salinity biofloc*. The Effect of Adding Molasses in Different Times on Performance of Nile Tilapia ( Oreochromis niloticus ) Raised in a Low-Salinity Biofloc System
- Maiti, B., Moura, I., & Moura, J. (2025). *Nitrate–Nitrite Interplay in the Nitrogen Biocycle*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12300631/pdf/molecules-30-03023.pdf>
- Marín, W. D., Tinoco, F. A., & Mota, E. J. (2008). *Caracterización y propuesta técnica de la acuicultura en el sector comprendido entre las comunas Ayangue y Montañita de la Península de Santa Elena*. <https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/20990/T-90330%20JIJON-CARDENAS.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Mendez, A. A., & Bonilla, L. E. (2022). *Evaluación de la eficiencia de un biofiltro a base de un consorcio bacteriano para degradar fosfatos y amoníaco en*

*aguas residuales de la acuicultura.*

<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12978/2/03%20BIO%20042%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Mendoza, J. E., Forero, L. M., & Riaño, N. J. (2019). *Bacterias nitrificantes cultivables de la zona limnética del lago de Tota, Boyacá.* <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v22n2/2619-2551-rudca-22-02-e1378.pdf>

Moreno, E. O. (2001). *Métodos para Mejorar la Camaronicultura en Centroamérica*. <https://core.ac.uk/download/pdf/35143627.pdf>

Muñoz, A. D. (2022). *Validación de estrategias profilácticas en larvicultura del camarón *Penaeus vannamei* en la provincia de Santa Elena, Mar Bravo.* <https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e8ab3487-8732-4b99-a016-451bdde6dbd2/content>

Muñoz-Chumo, L. G., Cruz-Quintana, Y., Santana-Piñeros, A. M., & Chica, J. C. (2023). *Efecto de la ración alimentaria en la acumulación de amonio y supervivencia de *Dormitator latifrons*.* [https://www.researchgate.net/publication/375712086\\_Efecto\\_de\\_la\\_racion\\_alimentaria\\_en\\_la\\_acumulacion\\_amonio\\_y\\_supervivencia\\_de\\_Dormitator\\_latifronsEffect\\_of\\_food\\_ration\\_on\\_ammonium\\_accumulation\\_and\\_survival\\_of\\_Dormitator\\_latifrons](https://www.researchgate.net/publication/375712086_Efecto_de_la_racion_alimentaria_en_la_acumulacion_amonio_y_supervivencia_de_Dormitator_latifronsEffect_of_food_ration_on_ammonium_accumulation_and_survival_of_Dormitator_latifrons)

Muter, O., Mihailova, A., & Berzins, A. (2014). *Optimization of Nitrification Process by a Bacterial Consortium in the Submerged Biofiltration System with Ceramic Bead Carrier.*

[https://www.researchgate.net/publication/261614858\\_Optimization\\_of\\_Nitrification\\_Process\\_by\\_a\\_Bacterial\\_Consortium\\_in\\_the\\_Submerged\\_Biofiltration\\_System\\_with\\_Ceramic\\_Bead\\_Carrier](https://www.researchgate.net/publication/261614858_Optimization_of_Nitrification_Process_by_a_Bacterial_Consortium_in_the_Submerged_Biofiltration_System_with_Ceramic_Bead_Carrier)

Navarro, J. P. (2023). *Relación entre calidad de agua y amonio tóxico en período de producción del cultivo de camarón Litopennaeus Vannamei en Santa Elena-Santa Elena.*

<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0816e861-d252-459c-a11d-b217285126fa/content>

Neyra, O. A. (2010). *Utilizacion de bacterias nitrificantes como biorremediadoras del agua de cultivo de litopenaeus vannamei en Tumbes, Peru.*

[https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/549/0100\\_Mendoza.pdf?sequence=1](https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/549/0100_Mendoza.pdf?sequence=1)

Nikolaev, Y. (2014). *Increase of nitrification efficiency at waste water treatment by implementation of bioaugmentation process.*

[https://www.researchgate.net/publication/276243899\\_Increase\\_of\\_nitrification\\_efficiency\\_at\\_waste\\_water\\_treatment\\_by\\_implementation\\_of\\_bioaugmentation\\_process](https://www.researchgate.net/publication/276243899_Increase_of_nitrification_efficiency_at_waste_water_treatment_by_implementation_of_bioaugmentation_process)

- Otero, C. N. (2006). *Filtración de aguas residuales para reutilización*.  
<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/10239/cp273.pdf>
- Paredes, B. A., & Jara, R. O. (2019). *Eliminacion de compuestos nitrogenados en aguas residuaales mediante nitrificacion y desnitrificacion*.  
<https://repositorio.usm.cl/server/api/core/bitstreams/15d76d26-d501-4163-88ee-74573cbf7481/content>
- Pesquería, C. N. (2023). *ondiciones Oceanográficas durante octubre 2023*.  
<https://camaradepesqueria.ec/condiciones-oceanograficas-durante-octubre-2023/>
- Pulido, D. G., Alarcón, I. G., Delgado, C. D., Fall, C., & Aguilar, C. B. (2011). *Evaluación de un sistema de recirculación y acondicionamiento de agua en truticultura*.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222011000200006](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222011000200006)
- Quispe, E. Q. (2021). *Remocion de solidos suspendidos para mejorar la calidad de agua superficial en el sector Pampilla de la cuenca Azangar, Ananea 2021*.  
[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11356/1/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Quispe\\_Quispe\\_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11356/1/IV_FIN_107_TE_Quispe_Quispe_2021.pdf)
- Ramachandran, P., Ramachandran, R., & Rixen, T. (2008). *Nitrogen cycling: A review of the processes, transformations and fluxes in coastal ecosystems*.  
[https://www.researchgate.net/publication/228661510\\_Nitrogen\\_cycling\\_A](https://www.researchgate.net/publication/228661510_Nitrogen_cycling_A)

\_review\_of\_the\_processes\_transformations\_and\_fluxes\_in\_coastal\_ecosystems

Rastelli, S. E. (2020). *Efecto de biopelículas bacterianas sobre materiales de redes de distribución de agua potable e interacción con arsénico*.  
[https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/112576/Documento\\_completo.%20Feb.-2021Opt.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/112576/Documento_completo.%20Feb.-2021Opt.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rodriguez, R. R. (2004). *Estudio de la actividad bacteriana nitrificante en solución acuosa y su reconocimiento "In Situ"*.  
<https://tesiumadocumentos.dgb.unam.mx/ptd2014/anteriores/microformas/0070413/0070413.pdf>

Rojas, J. E. (2025). *Evaluación de biorremediadores sobre las aguas residuales provenientes del cultivo de especies acuícolas, Huacho – 2024*.  
[https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/11017/TE\\_SIS.pdf?isAllowed=y&sequence=1](https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/11017/TE_SIS.pdf?isAllowed=y&sequence=1)

Ruiz, R. D. (2013). *Causas y soluciones del problema de olores en plantas de tratamiento de aguas residuales*.  
<https://tesiumadocumentos.dgb.unam.mx/ptd2013/octubre/0703362/0703362.pdf>

Salgado, B. I., Dominguez, C. D., Arias, M. C., Valdés, M. E., & Sardiñas, A. M. (2012). *Bacterias rizosféricas con potencialidades fisiológicas para*

*eliminar materia orgánica de aguas residuales.*

<https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28n1/v28n1a2.pdf>

Saraguro, Z. C. (2024). *Analisis de efluentes de cultivos larvarios y su impacto ambiental en la zona de Mar Bravo, provincia de Santa Elena.*

<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/c10e966d-8b3a-41bd-ad27-a3cafcde7f0c/content>

Solórzano, R. X., & Magallán, D. J. (2023). *Analisis y mejora del sistema de produccion en un laboratorio de larvas de camaron ubicado en la provincia de Santa Elena.*

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24847/1/UPS-GT004332.pdf>

Torres, L. F. (2022). *Evaluacion de nitratos y nitritos en el agua para el consumo humano, poblacion urbana en el departamento del Tolima.*

<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/4bfe6e92-b5c1-4dbf-b049-589d63e6980b/content>

Unidas, N. (2023). *The Sustainable Development Goals Extended Report 2025.*

[https://unstats.un.org/sdgs/report/2025/extended-report/Extended-Report-2025\\_Goal-6.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/report/2025/extended-report/Extended-Report-2025_Goal-6.pdf)

Uniwill., D. (2025). *¿Cuáles son los parámetros de monitoreo de calidad del agua en los sistemas de acuicultura de recirculación?* <https://disen->

sensor.com/es/what-are-the-water-quality-monitoring-parameters-in-recirculating-aquaculture-systems/

Vega, G. C. (2023). *Determinación de sólidos suspendidos totales y evaluación de la calidad ambiental del agua en crianza de peces con geotanques, Jepelacio* – 2018.

<https://repositorio.ucss.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/459b9f87-35d4-4ab9-a702-367636079667/content>

Velazquez, G. A. (2025). *Evaluacion de dos protocolos de biorremediacion de suelo en produccion acuicola de Litopenaesus Vannamei.*

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GENOVESI%20VEL%C3%81SQUEZ%20ANTHONY%20JOSUE.pdf>

Villón, M. C. (2022). *Anlisis de la calidad de agua en el cultivo de larvas de camaron aplicando inidice de calidad de agua (ICA).*



<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/18cf7800-d542-4e86-92e3-0425e955edc0/content>

Viteri, J. C. (2022). *Calidad del agua en cultivo simbiótico de larvas de camaron .*

<https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/dea08311-7409-45f5-9ec8-90b7e8c56064/content>

## ANEXOS

### Anexo 1. Ficha técnica de mantenimiento de los equipos utilizados

	<b>FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>INFORME DE MANTENIMIENTO NR. 498</b>		
<b>DATOS DE LA EMPRESA SOLICITANTE</b>				
NOMBRE DE LA EMPRESA:	Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada			
CONTACTO:	Ing. Richard Narea			
DIRECCIÓN:	Av. 25 de Julio 2601 Vía Pto. Marítimo en la Base Naval Sur			
TELÉFONO:	04 381 3440			
FECHA DE REALIZACIÓN:	2025-09-12			
FECHA DE EMISIÓN	2025-10-25			
EQUIPO	ESPECTROFOTÓMETRO	<b>FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO</b>  		
MARCA	SHIMADZU			
MODELO	UV-1900			
SERIE	A124256			
CÓDIGO	----			
ÁREA	OCEANOGRAFÍA QUÍMICA			
<b>DESCRIPCIÓN FÍSICA ANTES DEL MANTENIMIENTO</b>  El instrumento presento suciedad y manchas en su compartimiento interno además de suciedad en su parte interna.				
<b>ACTIVIDADES REALIZADAS</b>				
01.-	ESPECTROFOTÓMETRO	CUMPLIO	NO CUMPLIO	DESCRIPCIÓN
	INSPECCIÓN VISUAL Y COMPROBACIÓN	X		Se procedió con la inspección visual externa para poder evidenciar e identificar posibles fisuras o roturas en los protectores que cubren y protegen al instrumento. No presentó ningún daño.
	REVISIÓN DE CONEXIONES	X		Se verificó el estado de las conexiones internas de voltaje y corriente, utilizando una pinza amperimétrica para realizar las mediciones correspondientes. Se determinó que el sistema eléctrico del instrumento se encuentra en buen estado y no presenta anomalías que puedan afectar su funcionamiento.
	DESMONTAJE PARCIAL Y LIMPIEZA DEL COMPARTIMIENTO ÓPTICO	X		Se procedió a desconectar el instrumento de la red eléctrica y se accedió a la zona del compartimiento óptico.  En esta zona se identificaron manchas provocadas por el derrame de sustancias que afectaron el compartimiento interno, además de observarse acumulación de polvo en todo el interior, se recomienda evitar el derrame de otros compuestos para prevenir daños futuros.  Se retiro la tapa del compartimiento óptico y se procedió a desmontar el área donde se insertan las cubetas para la medición.

Ficha técnica de mantenimiento de los equipos utilizados

	<b>FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>INFORME DE MANTENIMIENTO NR. 498</b>
---	---------------------------------------	---

		<p>Se utilizó un paño de microfibra sin pelusa ligeramente humedecido con alcohol isopropílico, se limpiaron las superficies expuestas. Para zonas de difícil acceso, se utilizó bastoncillos de algodón especiales, también impregnados con alcohol isopropílico.</p> <p>Se aplicó ligeramente líquido de limpieza para lentes a un paño de microfibra sin pelusa y se procedió a la limpieza de las lentes.</p> <p>Se garantizó que no quedaran residuos ni humedad antes de cerrar nuevamente el compartimiento.</p>
REVISIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN	X	Se retiró la tapa donde se encuentra el foco halógeno y se verificó el estado de las conexiones internas, confirmando la ausencia de sulfatación. Asimismo, se realizó la limpieza del compartimiento interno, retirando el polvo con la ayuda de un soplador de aire.
REVISIÓN Y LIMPIEZA EXTERNA	X	En la parte externa se aplicó limpiador cítrico espumante y se limpió con la ayuda de materiales adecuados toda parte externa del instrumento.
VERIFICACIÓN DE FUNCIONALIDAD	X	Después del mantenimiento preventivo se realizaron pruebas de funcionamiento utilizando materiales de referencia patrón para verificar el desempeño del equipo. Se configuró el instrumento para la generación de la onda correspondiente a dichos materiales y se efectuaron lecturas en distintos puntos empleando diferentes patrones de referencia.

**GRÁFICOS DEL MANTENIMIENTO**





## FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO

**INFORME DE  
MANTENIMIENTO  
NR. 498**



### RECOMENDACIONES:

Mantener el instrumento en un ambiente limpio, seco y libre de polvo.

Evitar derrames de químicos o sustancias en el compartimiento óptico para prevenir su degradación o deterioro.

Realizar el mantenimiento preventivo del instrumento una vez al año.

Conectar el instrumento a una fuente de alimentación estable, preferentemente con protección de picos de voltaje (Supresor de sobretensiones o UPS), para prevenir daños a la electrónica sensible del instrumento.

### REALIZADO POR:



Realizado electrónicamente por:  
**MICHAEL DANIEL  
CHILUISA GARCIA**  
Realizar Únicamente con vitrasac

.....  
**TEC. DE MANTENIMIENTO**

**Anexo 2.** Registro de análisis físicos-químicos del Bioensayo 1 durante los 54 días.

Días	Amonio NH <sub>4</sub>	Porcentaje de reducción	Nitrito NO <sub>2</sub>	Nitrato NO <sub>3</sub>	pH	Oxígeno Disuelto	DBO5	Salinidad	Sólidos Totales Suspendidos	Sólidos Totales Disuelto	Turbidez	°C
1	116 mg/L	0 %	0 mg/L	0 mg/L	9.5	0 mg/L	0 mg/L	30	137 mg/L	926 mg/L	18	29
3	118 mg/L	+ 1,72 %	0 mg/L	0 mg/L	9.5	4 mg/L	0 mg/L	30	130 mg/L	935 mg/L	18	29
5	116 mg/L	1,69 %	0 mg/L	0 mg/L	9.5	5 mg/L	0 mg/L	30	135 mg/L	955 mg/L	17	28
9	80 mg/L	31,03 %	4 mg/L	2 mg/L	8.7	6 mg/L	1 mg/L	30	69 mg/L	952 mg/L	8	27
12	62 mg/L	46,55 %	2 mg/L	4 mg/L	8.1	8 mg/L	4 mg/L	30	57 mg/L	957 mg/L	2	28
15	45 mg/L	61,20 %	2 mg/L	4 mg/L	7.8	9 mg/L	4 mg/L	30	55 mg/L	954 mg/L	2	26
17	32 mg/L	72,41 %	2 mg/L	3 mg/L	7.7	12 mg/L	6 mg/L	30	42 mg/L	955 mg/L	6	26
24	10 mg/L	91,37 %	2 mg/L	4 mg/L	7.6	10 mg/L	4 mg/L	30	27 mg/L	953 mg/L	4	26
54	1 mg/L	99,13 %	2 mg/L	6 mg/L	7.4	10 mg/L	5 mg/L	30	15 mg/L	955 mg/L	4	26



**Anexo 3.** Registro de análisis físicos-químicos del Bioensayo 2 durante los 54 días.

Días	Amonio NH <sub>4</sub>	Porcentaje de reducción	Nitrito NO <sub>2</sub>	Nitrato NO <sub>3</sub>	pH	Oxígeno Disuelto	DBO5	Salinidad	Sólidos Totales Suspendidos	Sólidos Totales Disuelto	Turbidez	°C
1	117 mg/L	0 %	0 mg/L	0 mg/L	9	0 mg/L	0 mg/L	30	120 mg/L	926 mg/L	18	29
3	119 mg/L	+ 1,68 %	0 mg/L	0 mg/L	9.5	4 mg/L	0 mg/L	30	130 mg/L	935 mg/L	14	29
5	117 mg/L	0 %	0 mg/L	0 mg/L	9.5	5 mg/L	0 mg/L	30	135 mg/L	955 mg/L	13	28
9	102 mg/L	12,82 %	7 mg/L	2 mg/L	9.2	5 mg/L	2 mg/L	30	126 mg/L	957 mg/L	18	27
12	70 mg/L	40,17 %	2 mg/L	4 mg/L	8.7	8 mg/L	4 mg/L	30	153 mg/L	954 mg/L	19	28
15	29 mg/L	75,21 %	2 mg/L	4 mg/L	8.7	8 mg/L	4 mg/L	30	143 mg/L	955 mg/L	18	26
17	9 mg/L	92,30 %	2 mg/L	5 mg/L	8.4	14 mg/L	3 mg/L	30	120 mg/L	952 mg/L	15	26
24	3 mg/L	97,43 %	2 mg/L	3 mg/L	8	12 mg/L	4 mg/L	30	114 mg/L	957 mg/L	14	26
54	2 mg/L	98,29 %	2 mg/L	7 mg/L	7.5	14 mg/L	4 mg/L	30	109 mg/L	960 mg/L	16	26

**Anexo 4.** Registro de análisis físicos-químicos del Bioensayo 3 durante los 54 días.

Días	Amonio NH <sub>4</sub>	Porcentaje de reducción	Nitrito NO <sub>2</sub>	Nitrato NO <sub>3</sub>	pH	Oxígeno Disuelto	DBO5	Salinidad	Sólidos Totales Suspendidos	Sólidos Totales Disuelto	Turbidez	°C
1	118 mg/L	0 %	0 mg/L	0 mg/L	9	0 mg/L	0 mg/L	30	135 mg/L	926 mg/L	18	29
3	118 mg/L	0 %	0 mg/L	0 mg/L	8.9	4 mg/L	0 mg/L	30	60 mg/L	935 mg/L	14	29
5	118 mg/L	0 %	1 mg/L	3 mg/L	8.1	5 mg/L	0 mg/L	30	33 mg/L	955 mg/L	13	27
9	80 mg/L	32,20 %	5 mg/L	2 mg/L	7.8	6 mg/L	4 mg/L	30	70 mg/L	955 mg/L	14	27
12	64 mg/L	45,76 %	2 mg/L	5 mg/L	7.5	14 mg/L	10 mg/L	30	51 mg/L	958 mg/L	14	27
15	43 mg/L	63,55 %	3 mg/L	4 mg/L	7.5	9 mg/L	7 mg/L	30	72 mg/L	960 mg/L	13	25
17	30 mg/L	74,57 %	2 mg/L	4 mg/L	7.6	8 mg/L	7 mg/L	30	55 mg/L	959 mg/L	13	25
24	30 mg/L	74,57 %	2 mg/L	4 mg/L	7.6	10 mg/L	8 mg/L	30	45 mg/L	960 mg/L	12	26
54	10 mg/L	91,52 %	2 mg/L	6 mg/L	7.3	12 mg/L	4 mg/L	30	9 mg/L	962 mg/L	4	26

**Anexo 5.** Recipientes para recolección de muestras.

Recipiente	Parámetro por analizar	Imagen referencia
Botella oscura de plástico tereftalato 250 ml	Amonio NH <sub>4</sub>	
Botella transparente de tereftalato 500 ml	Nitrito/Nitrato (NO <sub>2</sub> /NO <sub>3</sub> )	

Recipientes Wheaton 300 ml

Oxígeno Disuelto



Recipiente Wheaton oscura 300 ml

Demanda Bioquímica de Oxígeno 5



Frascos de polietileno 500 ml

Sólidos Totales Suspendidos (STS)  
Turbidez (NTU)



**Anexo 6.** Materiales y equipos para realizar análisis físicos-químicos.

Descripción	Parámetro por analizar	Imagen referencia
Bomba de vacío de la marca Heidolph 0.22 hp	Sólidos Totales Suspendidos	 A white and grey vacuum pump with a digital display showing '1059' and various control buttons.
Turbidímetro marca HACH modelo 2100 Q	Turbidez	 A handheld HACH turbidimeter with a blue screen and a sample cell being inserted.
Balanza de precisión de la marca Sartorius	Sólidos Totales Suspendidos	 A white precision scale with a digital display showing '53.98774'.
Incubadora de la marca Thermo Scientific	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 / Amonio	 A tall, white laboratory incubator with a door and a control panel.
Espectro fotograma de la marca Shimadzu modelo UV-1900	Lectura de concentración de Amonio, Nitrito y Nitrato	 A black and white spectrophotometer with a sample compartment and a display.

Horno de secado de laboratorio marca Memmert serie ULE

Secado de capsula de porcelana para Sólidos Totales Suspendidos



Crisol de porcelana 100 ml

Sostiene filtros para STS



Filtro de membrana de 0.45 micras, marca Microlab Scientific

Separa líquidos de sólidos suspendidos



Campana extractora de gases

DBO/Amonio



Dosificador o Bureta digital

Titulación química en OD/DBO



Columna de cadmio

Nitrito



**Anexo 7.** Área de descargas de efluentes residuales del laboratorio LARVA LECP.



**Anexo 8.** Almacenamiento de Erlenmeyer con muestra de amonio y DBO 5.



**Anexo 9.** Almacenamiento de efluente testigo.



**Anexo 10.** Filtro de membrana con sólidos suspendidos del Bioensayo 2.



**Anexo 11.** Almacenamiento de efluentes en Bioensayos.



**Anexo 14.** Recolección de muestras.



**Anexo 13.** Análisis para turbidez.



**Anexo 12.** Filtración de muestra para STS.



**Anexo 15.** Reacción química a las concentraciones de Nitrito.



**Anexo 16.** Análisis de turbidez de una muestra del Bioensayo 2.



**Anexo 17.** Análisis de turbidez de una muestra del Bioensayo 3.



**Anexo 18.** Tabla de Matriz Biológica

	AMON	ITO	ATO	PEH	OXID	DBO	STD	STS	NTU	TEMP
D54-T	120	0	0	9.4	20	18	1000	194	150	26
D1-T	100	0	0	9.5	0	0	926	196	103	29
D1-B1	116	0	0	9.5	0	0	926	137	18	29
D1-B2	117	0	0	9	0	0	926	120	18	29
D1-B3	118	0	0	9	0	0	926	135	18	29
D3-B1	118	0	0	9.5	4	0	935	130	18	29
D3-B2	119	0	0	9.5	4	0	935	130	14	29
D3-B3	118	0	0	8.9	4	0	935	60	14	29
D5-B1	116	0	0	9.5	5	0	955	135	17	28
D5-B2	117	0	0	9.5	5	0	955	135	13	28
D5-B3	118	1	3	8.1	5	0	955	33	13	27
D9-B1	80	4	2	8.7	6	1	952	69	8	27
D9-B2	102	7	2	9.2	5	2	957	126	18	27
D9-B3	80	5	2	7.8	6	4	955	70	14	27
D12-B1	62	2	4	8.1	8	4	957	57	2	28
D12-B2	70	2	4	8.7	8	4	954	153	19	28
D12-B3	64	2	5	7.5	14	10	958	51	14	27
D15-B1	45	2	4	7.8	9	4	954	55	2	26
D15-B2	29	2	4	8.7	8	4	955	143	18	26
D15-B3	43	3	4	7.5	9	7	960	72	13	25
D17-B1	32	2	3	7.7	12	6	955	42	6	26
D17-B2	9	2	5	8.4	14	3	952	120	15	26
D17-B3	30	2	4	7.6	8	7	959	55	13	25
D24-B1	10	2	4	7.6	20	4	953	27	4	26
D24-B2	3	2	3	8	12	4	957	114	14	26
D24-B3	30	2	4	7.6	10	8	960	45	12	26
D54-B1	1	2	6	7.4	10	5	955	15	4	26
D54-B2	2	2	7	7.5	14	4	960	109	16	26
D54-B3	10	2	6	7.3	12	4	962	9	4	26

## Anexo 19. Resultado del Análisis ANOVA

Several-sample tests

— □ ×

One-way ANOVA   Residuals   Tukey's pairwise   Kruskal-Wallis   Mann-Whitney pairwise   Dunn's post hoc

### Test for equal means

	Sum of sqrs	df	Mean square	<i>F</i>	<i>p</i> (same)
Between groups:	2,26006E07	9	2,51118E06	4236	1,775E-293
Within groups:	165991	280	592,826		<b>Permutation <i>p</i> (n=99999)</b>
Total:	2,27666E07	289			1E-05

### Components of variance (only for random effects):

Var(group):	86572	Var(error):	592,826	ICC:	0,993199
-------------	-------	-------------	---------	------	----------

*omega*<sup>2</sup>: 0,9924

Levene's test for homogeneity of variance, from means	<i>p</i> (same):	1,258E-51
Levene's test, from medians	<i>p</i> (same):	2,85E-43

Welch *F* test in the case of unequal variances: *F*=1,254E04, *df*=110,4, *p*=9,967E-162



Close



Copy



Print



Help

## Anexo 20. Análisis Compilatio.

 **CERTIFICADO DE ANÁLISIS**  
magister

# Tesis Cedeño Rugel Luis REV-EASP-16-71

**4%** Textos sospechosos

**2% Similitudes**  
0% similitudes entre comillas  
0% entre las fuentes mencionadas

**0% Idiomas no reconocidos**

**3% Textos potencialmente generados por la IA**

Nombre del documento: Tesis Cedeño Rugel Luis REV-EASP-16-71.pdf ID del documento: a5421bd06ed7434db288f71db57293fd35a6ac56 Tamaño del documento original: 1,05 MB	Depositante: ERIKA ALEXANDRA SALAVARRÍA PALMA Fecha de depósito: 5/11/2025 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 5/11/2025	Número de palabras: 12.775 Número de caracteres: 78.944
--	--	--

Ubicación de las similitudes en el documento:



### Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 <b>Saraguro Carmen Daniela COMP.....docx</b>   Saraguro Carmen Daniela C... #46484f Viene de de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (139 palabras)
2	 <a href="http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1792/3/3534.pdf.txt">www.dspace.espol.edu.ec   Evaluación de la factibilidad técnica de la producción...</a> 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (79 palabras)
3	 <a href="https://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/767/2/TESIS Q.F. RICARDO URETA - SEGUNADA ...">repositorio.ug.edu.ec</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)

### Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 <b>Documento de otro usuario</b> #9dd646 Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
2	 <b>Documento de otro usuario</b> #25ca9e Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)
3	 <a href="https://acuarios.icmyl.unam.mx/manuales/Manualcompleto.pdf">acuarios.icmyl.unam.mx</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)