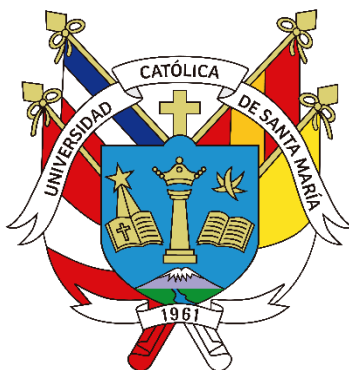


**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental**



**Evaluación Ecotoxicológica y Riesgo Ambiental de Tres Quebradas y sus  
Confluencias en el Rio Chili Empleando Bioensayos con *Chlorella Vulgaris*.**

Tesis presentada por la Bachiller:

**Rojas Tamata, Yanina Melisa**

**ORCID: 0009-0005-5289-184X**

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Ambiental

Asesor:

**Mg. Tejada Meza, Kevin**

**ORCID: 0000-0002-9716-7821**

Arequipa - Perú

2024

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**INGENIERIA AMBIENTAL**

**TITULACIÓN CON TESIS**

**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 25 de Junio del 2024

**Dictamen: 008676-C-EPIA-2024**

Visto el borrador del expediente 008676, presentado por:

**2015701952 - ROJAS TAMATA YANINA MELISA**

Titulado:

**EVALUACIÓN ECOTOXICOLÓGICA Y RIESGO AMBIENTAL DE TRES QUEBRADAS Y SUS  
CONFLUENCIAS EN EL RIO CHILI EMPLEANDO BIOENSAYOS CON CHLORELLA VULGARIS.**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**29611452 - ARENAZAS RODRIGUEZ ARMANDO JACINTO  
DICTAMINADOR**



**43297964 - CAMPOS OLAZAVAL LIZBETH MARIANELLA  
DICTAMINADOR**



**46769238 - CHANOVE MANRIQUE ANDREA MARIETA  
DICTAMINADOR**



# Evaluación Ecotoxicológica y Riesgo Ambiental de Tres Quebradas y sus Confluencias en el Rio Chili Empleando Bioensayos con *Chlorella Vulgaris*.

## INFORME DE ORIGINALIDAD

3%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[lasaguasdevalladolid.files.wordpress.com](http://lasaguasdevalladolid.files.wordpress.com)

Fuente de Internet

1%

2

[go.gale.com](http://go.gale.com)

Fuente de Internet

1%

3

[repositorio.lamolina.edu.pe](http://repositorio.lamolina.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

4

WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "PMA Modificación de los Componentes del Proyecto Central Hidroeléctrica Quitaracsa I-IGA0003079", Oficio N° 2199-2013-MEM/AEE, 2020

Publicación

1%

5

[repositorio.unap.edu.pe](http://repositorio.unap.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

## *Dedicatoria*

*El presente trabajo de investigación está dedicado a mis amados padres Juan José y Nilda por su apoyo incondicional y el amor que siempre me han dado.*

*A mi hermana Karen por enseñarme tanto a no rendirme por mis sueños y guiarme en este arduo trabajo.*

*A mi hermano Jhon por siempre recordarme que no debo perder el horizonte para cumplir mis sueños.*

*A mi hermana Tatiana, mi mejor amiga y confidente, que me dio el impulso y me enseñó a ser fuerte y confiar en mis capacidades.*

*A Dios por darme la oportunidad y la grandiosa familia que tengo.*



## *Agradecimiento*

*Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Mg. Yorel Noriega, Mg. Kevin Tejada, Dr. Armando Arenazas, Mg. Andrea Chanove y al Mg. Antonio Salas, por su guía, paciencia y disposición para brindar su tiempo y sus conocimientos, ya que fueron fundamentales para el éxito y la realización de este trabajo de investigación.*

*También deseo extender mi gratitud a mis amigos del Laboratorio E-405, quienes me apoyaron demasiado con sus conocimiento y paciencia, al inicio fueron compañeros del laboratorio, pero al día de hoy son mis más grandes amigos que los tengo en mucha estima: Miriam, Mariela, Estefani, Angie, Melany, Karina, Fernando, Kristell, Guadalupe, Fátima, Leo, Sergio, Juan Diego, Elionora y a mi querido enamorado Fernando por su apoyo incondicional y sus constantes alientos para poder culminar este trabajo de investigación.*

## RESUMEN

El recurso hídrico es un problema que acongoja a todos, debido a ello es vital mantener su calidad, sin embargo el vertimiento de efluentes de manera clandestina en el río Chili ubicado en Arequipa metropolitana, pone en riesgo tanto a la población arequipeña como a los ecosistemas acuáticos; existen diversos estudios sobre el estado de la calidad del río Chili enfocando al bienestar social, sin embargo el estado ecológico es vital para mantener el equilibrio socioambiental, debido a ello se buscó realizar una evaluación ecotoxicológica y determinar el riesgo ambiental, empleando bioensayos de inhibición de crecimiento con la microalga *Chlorella vulgaris* debido a su sensibilidad como bioindicador ya que pertenecer al primer eslabón de la cadena trófica, para ello la metodología se basó en un Diseño Completo de Bloques al Azar de 6x4, teniendo como concentraciones: 100%, 50%, 25%, 12.5%, 6.25% y un control (0%) monitoreando el número de células cada 24 horas por 96 horas, aplicando el recuento celular mediante la cámara de Neubauer. La investigación evaluó el cuerpo hídrico tanto para temporada húmeda como temporada seca, para los puntos de monitoreo de Pato, Chullo, Socabaya y sus quebradas, teniendo como resultados que es en la temporada húmeda donde existe mayor toxicidad debido a la inhibición de crecimiento de las microalgas, en comparación con la temporada seca, además de acuerdo con la evaluación de riesgo ambiental presenta un riesgo ligeramente tóxico para ambas temporadas.

**Palabras clave:** Ecotoxicológica, bioensayos, riesgo ambiental

## ABSTRACT

The water resource is a problem that afflicts everyone, because of this it is vital to maintain its quality, however the clandestine discharge of effluents into the Chili River located in metropolitan Arequipa, puts both the Arequipa population and the ecosystems at risk. aquatic; There are various studies on the state of the quality of the Chili River focusing on social well-being, however the ecological state is vital to maintain the socio-environmental balance, due to this we sought to carry out an ecotoxicological evaluation and determine the environmental risk, using bioassays of inhibition of growth with the microalgae *Chlorella vulgaris* due to its sensitivity as a bioindicator and to belonging to the first link of the food chain, for this the methodology was based on a 6x4 Complete Random Block Design, having as concentrations: 100%, 50%, 25 %, 12.5%, 6.25% and a control (0%) monitoring the number of cells every 24 hours for 96 hours, applying cell counting using the Neubauer chamber. The research evaluated the water body for both the wet season and the dry season, for the monitoring points of Pato, Chullo, Socabaya and its streams, with the results that it is in the wet season where there is greater toxicity due to the inhibition of plant growth. microalgae, compared to the dry season, also according to the environmental risk assessment presents a slightly toxic risk for both seasons.

**Keywords:** Ecotoxicology, bioassays, environmental risk.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iv
<b>RESUMEN</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>ÍNDICE</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xiv
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	xvi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	3
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	4
<b>1.1 Problemática de la investigación</b> .....	4
<b>1.2 Justificación</b> .....	6
<b>1.2.1 Ambiental</b> .....	6
<b>1.2.2 Social</b> .....	6
<b>1.2.3 Económica</b> .....	7
<b>1.2.4 Tecnológico</b> .....	7
<b>1.2.5 Política e Institucional</b> .....	7
<b>1.3 Objetivos</b> .....	8
<b>1.3.1 Objetivo General</b> .....	8
<b>1.3.2 Objetivo Específico</b> .....	8
<b>1.4 Hipótesis</b> .....	8
<b>CAPITULO II</b> .....	9
<b>2. FUNDAMENTO TEÓRICO</b> .....	10
<b>2.1 Antecedentes de la investigación</b> .....	10
<b>2.2 Marco teórico</b> .....	14

2.2.1 Vertimientos Clandestinos .....	14
2.2.2 Contaminación Hídrica por vertimientos clandestinos .....	14
2.2.3 Ecotoxicología.....	15
2.2.4 Bioensayos de Ecotoxicidad .....	15
2.2.5 Índice de Toxicidad.....	16
2.2.6 Microalgas. ....	16
2.2.6.1 Microalga <i>Chlorella vulgaris</i> . ....	17
2.2.7 Riesgo Ambiental .....	19
2.3 Marco Legal. ....	19
2.3.1 Nivel Nacional.....	19
2.3.2 Nivel Internacional.....	20
CAPITULO III .....	21
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1 Tipo y nivel de investigación.....	22
3.2 Alcance de la Investigación.....	22
3.3 Diseño de la investigación. ....	28
3.4 Variables de la investigación .....	29
3.5 Métodos de Investigación.....	29
3.5.1 Caracterización del cuerpo hídrico .....	29
3.5.1.1 Ubicación y caracterización de los puntos de monitoreo.....	29
3.5.2 Evaluación ecotoxicológica empleando la <i>Chlorella vulgaris</i> como bioindicador acuático. ....	30
3.5.2.1 Curva de Crecimiento.....	30
3.5.2.2 Método de Recuento Celular .....	30
3.5.2.3 Prueba de sensibilidad .....	33
3.5.2.4 Ensayos ecotoxicológicos por punto de monitoreo. ....	34
3.5.3 Evaluación del riesgo ambiental.....	34

<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>36</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1 Caracterización del cuerpo hídrico.....</b>	<b>37</b>
<b>4.2 Evaluación ecotoxicológica empleando la <i>Chlorella vulgaris</i> como bioindicador acuático. ....</b>	<b>52</b>
<b>4.2.1 Curva de Crecimiento.....</b>	<b>52</b>
<b>4.2.2 Pruebas de sensibilidad de la microalga <i>Chlorella vulgaris</i> .....</b>	<b>52</b>
<b>4.2.3 Resultados evaluados en la temporada húmeda .....</b>	<b>55</b>
<b>4.2.3.1 Punto de Monitoreo Pato Rio (PR).....</b>	<b>55</b>
<b>4.2.3.2 Punto de Monitoreo Pato Quebrada (PQ) .....</b>	<b>57</b>
<b>4.2.3.3 Comparación de los Puntos de Monitoreo: PR y PQ.....</b>	<b>59</b>
<b>4.2.3.4 Punto de Monitoreo Chullo Rio (CQ) .....</b>	<b>60</b>
<b>4.2.3.5 Punto de Monitoreo Chullo Quebrada (CQ) .....</b>	<b>62</b>
<b>4.2.3.6 Comparación de los Puntos de Monitoreo: CR y CQ .....</b>	<b>64</b>
<b>4.2.3.7 Punto de Monitoreo Socabaya Rio (SR).....</b>	<b>65</b>
<b>4.2.3.8 Punto de Monitoreo Socabaya Quebrada (SQ) .....</b>	<b>67</b>
<b>4.2.3.9 Comparación de los Puntos de Monitoreo: SR y SQ .....</b>	<b>69</b>
<b>4.2.4 Resultados evaluados en la temporada Seca. ....</b>	<b>70</b>
<b>4.2.4.1 Punto de Monitoreo Pato Rio (PR).....</b>	<b>70</b>
<b>4.2.4.2 Punto de Monitoreo Pato Quebrada (PQ) .....</b>	<b>72</b>
<b>4.2.4.3 Comparación de los Puntos De Monitoreo PR y PQ.....</b>	<b>74</b>
<b>4.2.4.4 Punto de Monitoreo Chullo Rio (CR).....</b>	<b>75</b>
<b>4.2.4.5 Punto de Monitoreo Chullo Quebrada (CQ) .....</b>	<b>77</b>
<b>4.2.4.6 Comparación de los Puntos de Monitoreo CR y CQ .....</b>	<b>79</b>
<b>4.2.4.7 Punto de Monitoreo Socabaya Rio (SR).....</b>	<b>80</b>
<b>4.2.4.8 Punto de Monitoreo Socabaya Quebrada (SQ) .....</b>	<b>82</b>
<b>4.2.4.9 Comparación de los Puntos De Monitoreo: SR y SQ.....</b>	<b>84</b>

4.3 Evaluación del Riesgo Ambiental.....	86
CAPÍTULO V.....	89
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
CAPÍTULO VI.....	92
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXOS.....	102



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación de Arequipa metropolitana y densidad poblacional.....	23
<b>Figura 2.</b> Plano de ubicación de los puntos de monitoreo.....	24
<b>Figura 3.</b> Ubicación del punto de monitoreo Pato Quebrada- Pato Rio y áreas pertenecientes al punto de monitoreo Pato Quebrada- Pato Rio.....	25
<b>Figura 4.</b> Ubicación del punto de monitoreo Chullo Quebrada- Chullo Rio y áreas pertenecientes al punto de monitoreo Chullo Quebrada- Chullo Rio .....	26
<b>Figura 5.</b> Ubicación del punto de monitoreo Socabaya Rio y áreas pertenecientes al punto de monitoreo Socabaya Rio .....	27
<b>Figura 6.</b> Ubicación del punto de monitoreo Socabaya Quebrada y áreas pertenecientes al punto de monitoreo Socabaya Quebrada.....	28
<b>Figura 7.</b> Cámara de Neubaur y ubicación de los cuadrantes a contar .....	31
<b>Figura 8.</b> A: Diagrama del Biorreactor, B: Imagen del Biorreactor elaborado.....	32
<b>Figura 9.</b> Preparación del Inóculo. ....	33
<b>Figura 10.</b> A: Diagrama de sistema de matraces, B: Sistema de matraces elaborado.....	34
<b>Figura 11.</b> Coliformes Totales en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda).....	39
<b>Figura 12.</b> Demanda Biológica de Oxígeno en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda). .....	40
<b>Figura 13.</b> Demanda Química de Oxígeno en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda). .....	41
<b>Figura 14.</b> Aluminio en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda). ....	42
<b>Figura 15.</b> Boro en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda).....	43
<b>Figura 16.</b> Cadmio en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda).....	44
<b>Figura 17.</b> Cobre en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda).....	45
<b>Figura 18.</b> Manganeso en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda). ....	46
<b>Figura 19.</b> Coliformes Totales en los puntos de monitoreo (Temporada Seca).....	47
<b>Figura 20.</b> Demanda Biológica de Oxígeno en los puntos de monitoreo (Temporada Seca). 48	
<b>Figura 21.</b> Demanda Química de Oxígeno en los puntos de monitoreo (Temporada Seca)...	49

<b>Figura 22.</b> Detergentes en los puntos de monitoreo (Temporada Seca). .....	50
<b>Figura 23.</b> Boro en los puntos de monitoreo (Temporada Seca).....	51
<b>Figura 24.</b> Curva de crecimiento de la microalga <i>Chlorella vulgaris</i> .....	52
<b>Figura 25.</b> A: Curvas de crecimiento microalgal durante de la prueba de sensibilidad, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal de la prueba de sensibilidad a las 96 horas. ....	53
<b>Figura 26.</b> A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Pato Rio de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Pato Río a las 96 horas (Temporada Húmeda).....	55
<b>Figura 27.</b> A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Pato Quebrada de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Pato Quebrada a las 96 horas (Temporada Húmeda). .....	58
<b>Figura 28.</b> Gráfico de Barras del crecimiento microalgal en los puntos de monitoreo Pato Rio y Pato Quebrada durante las 96 horas. ....	60
<b>Figura 29.</b> A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Chullo Rio de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Chullo Río a las 96 horas (Temporada Húmeda). .....	61
<b>Figura 30.</b> A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Chullo Quebrada de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Chullo Quebrada a las 96 horas (Temporada Húmeda). .....	63
<b>Figura 31.</b> Gráfico de Barras del crecimiento microalgal en los puntos de monitoreo Chullo Rio y Chullo Quebrada durante las 96 horas.....	65
<b>Figura 32.</b> A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Socabaya Rio, de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Socabaya Río a las 96 horas (Temporada Húmeda).....	66
<b>Figura 33.</b> A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Socabaya Quebrada de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Socabaya Quebrada a las 96 horas (Temporada Húmeda). .....	68
<b>Figura 34.</b> Gráfico de Barras del crecimiento microalgal en los puntos de monitoreo Socabaya Rio y Socabaya Quebrada durante las 96 horas .....	70

**Figura 35.** A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Pato Río, de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Pato Río a las 96 horas (Temporada Seca)..... 71

**Figura 36.** A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Pato Quebrada, de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Pato Quebrada a las 96 horas (Temporada Seca). .... 73

**Figura 37.** Gráfico de Barras del crecimiento microalgal en los puntos de monitoreo Pato Río y Pato Quebrada durante las 96 horas (Temporada Seca)..... 75

**Figura 38.** A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Chullo Río, de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Chullo Río a las 96 horas (Temporada Seca). .... 76

**Figura 39.** A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Chullo Quebrada, de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Chullo Quebrada a las 96 horas (Temporada Seca). 78

**Figura 40.** Gráfico de Barras del crecimiento microalgal en los puntos de monitoreo Chullo Río y Chullo Quebrada durante las 96 horas (Temporada Seca). .... 80

**Figura 41.** A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Socabaya Río de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Socabaya Río a las 96 horas (Temporada Seca)..... 81

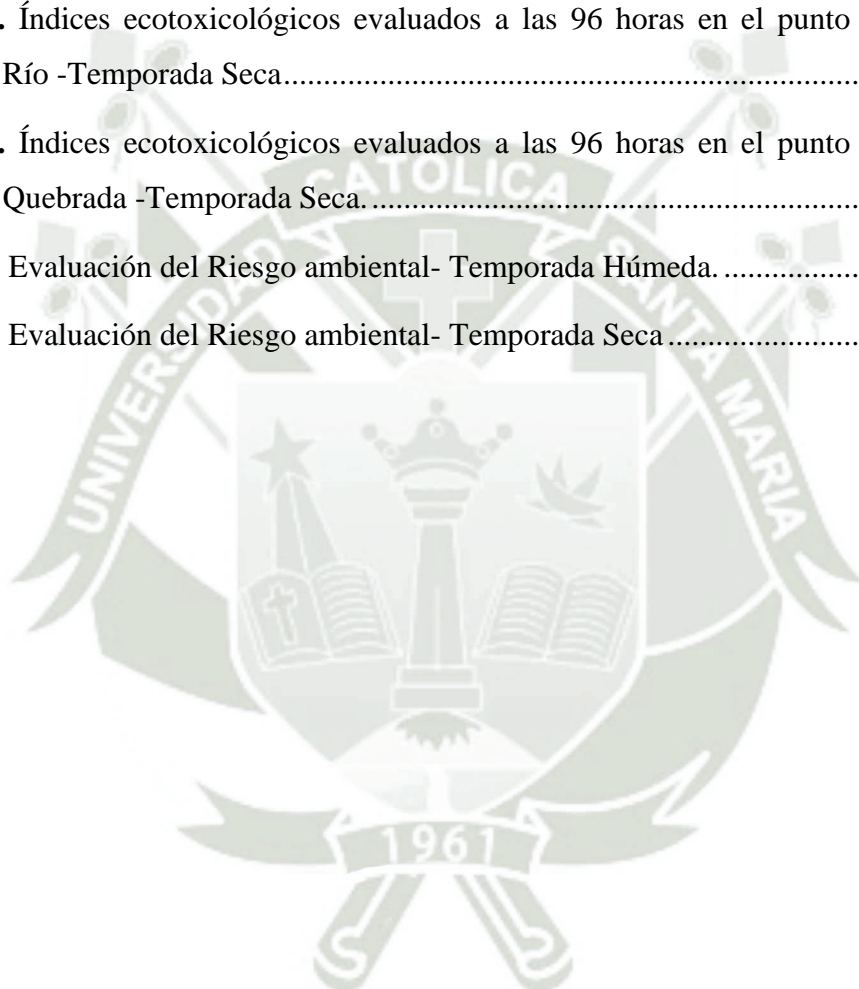
**Figura 42.** A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Socabaya Quebrada de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Socabaya Quebrada a las 96 horas (Temporada Seca).. .... 83

**Figura 43.** Gráfico de Barras del crecimiento microalgal en los puntos de monitoreo Socabaya Río y Socabaya Quebrada durante las 96 horas (Temporada Seca)..... 85

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación taxonómica- <i>Chlorella vulgaris</i> .....	18
<b>Tabla 2.</b> Condiciones de prueba para alga verde .....	18
<b>Tabla 3.</b> Localización de los puntos de monitoreo y su codificación.....	23
<b>Tabla 4.</b> Variables de investigación .....	29
<b>Tabla 5.</b> Método para la evaluación de parámetros fisicoquímicos y biológicos.....	30
<b>Tabla 6.</b> Clasificación de toxicidad basada en las Unidades de Toxicidad (UT) establecidas por Saldaña et al. (2002).....	35
<b>Tabla 7.</b> Clasificación por riesgo ecotoxicológico según Roig et al. (2015).....	35
<b>Tabla 8.</b> Resultado de la evaluación de los parámetros fisicoquímicos determinados in situ, para los puntos de monitoreo en temporada húmeda y seca en el año 2021.....	37
<b>Tabla 9.</b> Resultados laboratorio- Temporada Húmeda.....	38
<b>Tabla 10.</b> Resultados de laboratorio- Temporada Seca.....	46
<b>Tabla 11.</b> Resultados de la prueba de sensibilidad de la microalga <i>Chlorella vulgaris</i> al sulfato de cobre pentahidratado (CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O). .....	54
<b>Tabla 12.</b> Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas para el punto de monitoreo de Pato Río- Temporada Húmeda .....	57
<b>Tabla 13.</b> Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Pato Quebrada-Temporada Húmeda. ....	59
<b>Tabla 14.</b> Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Chullo Río-Temporada Húmeda. ....	62
<b>Tabla 15.</b> Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Chullo Quebrada-Temporada seca. ....	64
<b>Tabla 16.</b> Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Socabaya Río-Temporada Húmeda.....	67
<b>Tabla 17.</b> Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Socabaya Quebrada-Temporada Húmeda .....	69
<b>Tabla 18.</b> Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Pato Río -Temporada Seca .....	72

<b>Tabla 19.</b> Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Pato Quebrada -Temporada Seca .....	74
<b>Tabla 20.</b> Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Chullo Río -Temporada Seca .....	77
<b>Tabla 21.</b> Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Chullo Quebrada -Temporada Seca. ....	79
<b>Tabla 22.</b> Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Socabaya Río -Temporada Seca.....	82
<b>Tabla 23.</b> Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Socabaya Quebrada -Temporada Seca.....	84
<b>Tabla 24.</b> Evaluación del Riesgo ambiental- Temporada Húmeda.....	86
<b>Tabla 25.</b> Evaluación del Riesgo ambiental- Temporada Seca.....	87



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Resultados del laboratorio- Temporada Húmeda.....	103
<b>Anexo 2.</b> Resultados del Laboratorio-Temporada Seca.....	115
<b>Anexo 3.</b> Recolección de muestras en el monitoreo de aguas superficiales en los puntos de monitoreo de: (A)Pato Río, (B) Pato Quebrada, (C) Chullo Río, (D) Chullo Quebrada, (E) Socabaya Río, (F) Socabaya Quebrada. ....	130
<b>Anexo 4.</b> Estándar de Calidad Ambiental para Aguas - Categoría 3 y 4.....	131



## INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos del agua siempre hacemos referencia a la vida, debido a la importancia de este recurso, según Pabello & Castañeda (2014) los cuerpos acuáticos son altamente propensos a recibir aguas contaminadas, trayendo con sigo la pérdida de diversidad biótica nativa y su potencial como fuente de abastecimiento de agua para diversas actividades humanas.

La alteración de su calidad genera problemas de forma directa como la bioacumulación de contaminantes dentro de los organismos vivos y de manera indirecta mediante un proceso de biomagnificación, como es el caso de la investigación de Panduro et al. (2020) quienes investigaron la bioacumulación de mercurio en peces y el riesgo por ingesta en la comunidad nativa Santa Rosa de Tamaya y Tipishca ubicados en el distrito de Masisea, Región Ucayal, la investigación determinó la presencia de este metal en las 4 especies de peces más consumidas por esta comunidad determinando que el nivel de exposición fue extremadamente alto y la peligrosidad fue media, concluyendo que el riesgo a la salud del poblador de la comunidad nativa de la Amazonía peruana por el Hg es alto.

Frente a esta problemática se han planteado diversas propuestas de solución como la ecotoxicología, rama que determina los efectos tóxicos dentro de un ecosistema. De acuerdo con Expósito et al. (2021) la ecotoxicología acuática suele analizar los 3 niveles tróficos: microalgas (en la parte inferior de la cadena trófica), zooplancton (el eslabón intermedio) y peces (nivel trófico superior). Según Ceschin et al. (2020) las microalgas al pertenecer al primer eslabón de la cadena trófica suelen ser más sensibles razón por lo cual fueron más utilizadas como especies de referencia en los ensayos Fito toxicológicos, además Expósito et al. (2021) evaluó la idoneidad del ensayo ecotoxicológico empleando la microalga *Chlorella vulgaris* expuesta a metales pesados que se suelen encontrar en los ríos, comprobando así su sensibilidad. De igual manera Spadaro et al. (2021) empleó estos bioensayos para determinar el riesgo

probabilístico del cobre derivado de la mina en OK Tedi/Fly, Papua Nueva Guinea, demostrando que la implementación de prácticas de reducción de la carga de cobre en el río OK Tedi/Fly son exitosas, debido a la disminución del riesgo. Diversos estudios han demostrado la efectividad de las microalgas como especies para ensayos ecotoxicológicos razón por lo cual son empleadas como bioindicadores.

El río chili pertenece a la cuenca Quillca-Chili, de acuerdo con el Plan Nacional de Acción Ambiental PLANAA - Perú 2011-2021, desarrollado por el Ministerio del Medio Ambiente establece que el río Chili se encuentra identificado como uno de los ríos más críticos a nivel nacional debido al deficiente tratamiento de aguas residuales domésticas, no domésticas y al vertimiento clandestinos de efluentes domésticos e industriales (MINAM, 2011), además, de acuerdo con el estudio más actualizado realizado por Autoridad Nacional del Agua en la unidad hidrográfica Quilca-Victor-Chili se han identificado un total de 288 fuentes de contaminación, dentro de las cuales se encuentran 102 fuentes de contaminación provenientes de aguas residuales (ANA, 2020).

Bajo esta premisa el presente trabajo de investigación busca evaluar el estado ecotoxicológico del río Chili, razón por la cual emplea la microalga *Chlorella vulgaris* como un bioindicador para realizar una evaluación ecotoxicológica y determinar el riesgo ambiental.



## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Problemática de la investigación

A nivel mundial estamos enfrentando una problemática ambiental debido al crecimiento exponencial de las industrias, el mal manejo de los productos químicos, entre otros sectores industriales, debido a que se están generando efluentes tóxicos depositados en los cuerpos de agua (Ceschin et al., 2020). En particular, las aguas continentales se encuentran entre los hábitats más amenazados del mundo por esta contaminación indiscriminada (Reid et al., 2019). De acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible el océano se encuentra en un estado de emergencia debido a la eutrofización que trae consigo el agotamiento del oxígeno, en el año 2022 se estableció una notable diferencia del incremento de eutrofización en las zonas costeras a nivel mundial, comparándolas con las imágenes satelitales del año 2000-2004; la acidificación de los mares es otro factor que afecta a los ecosistemas marinos ya que en la actualidad el pH sería de 8,1 siendo aproximadamente un 30% más ácido que en la época preindustrial, esta acidificación trae consigo la reducción de la absorción de CO<sub>2</sub> por parte del océano, disminuyendo la capacidad de mitigación que tiene el océano frente al cambio climático; además las comunidades locales son quienes se ven afectados de forma indirecta ya que tienen como fuente de ingreso la pesca y el turismo (ODS, 2024).

A nivel nacional el estudio más reciente sobre el vertimiento de efluentes líquidos fue realizado por Quincho et al. (2017) quienes realizaron un diagnóstico del uso de agua y el vertimiento de los efluentes durante los años 2013 y 2015, en donde se determinó la existencia de un 38% de vertimiento de efluentes sin tratar hacia los cuerpos de agua, exponiendo así un peligro para la sociedad; si bien es cierto este porcentaje irá disminuyendo en el transcurso de los años, es de vital importancia realizar estudios que nos determinen como se encuentran los ecosistemas en dichos cuerpos de agua debido a la bioacumulación de los contaminantes en los organismos posibilitando la existencia de peligros a nivel ambiental, social y económico.

En el Departamento de Arequipa la contaminación hídrica por vertimientos de efluentes en el río Chili es un problema que acongoja a sus habitantes, debido a que generaría una alteración en la calidad del agua y por ende a su ecosistema. Recordemos que este recurso es empleado para el abastecimiento del uso poblacional y además para la agricultura, por lo que generaría un alto riesgo sobre la salud humana y la biodiversidad de la zona (Maquera, 2021). De acuerdo con ANA (2020) se han identificado un total de 288 fuentes de contaminación, dentro de las cuales se encuentran 102 fuentes de contaminación provenientes de aguas residuales, predominando las aguas residuales domésticas debido a un vertimiento sin previo tratamiento y de igual manera se han identificado 194 fuentes de contaminación generadas por los residuos sólidos, predominando los residuos sólidos municipales, si bien es cierto existen otras fuentes de contaminación en toda la cuenta, los mencionados anteriormente son los que presentaron una mayor a severidad debido a su predominancia en toda la unidad hidrográfica.

En el Año 2021 se aprobó la investigación sobre la “Determinación del índice simplificado de la calidad del agua en el río chili, Arequipa 2019”, donde se tuvo como lugar de muestreo a Arequipa metropolitana, teniendo como resultado que los parámetros físico-químicos no sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, sin embargo, los parámetros microbiológicos si, evidenciando de esta manera la presencia de coliformes termotolerantes, los cuales generalmente indican presencia en el agua de una gran cantidad de heces y otros materiales orgánicos. A pesar de que su índice simplificado de calidad de agua se categoriza como bueno, la presencia de coliformes termotolerantes nos genera una incertidumbre de las consecuencias que podría generar en el medio ambiente y en la salud de la población arequipeña (Vargas, 2021).

En este contexto, las pruebas ecotoxicológicas basadas en microalgas asumen un papel importante, para la evaluación ecotoxicológica y riesgo ambiental presente en el río chili.

## 1.2 Justificación

### 1.2.1 Ambiental

La conservación y sostenibilidad de los océanos, mares y los recursos marinos son parte de los objetivos del desarrollo sostenible, el cual vela por el cuidado de los ecosistemas costeros debido a la contaminación hídrica por el vertimiento de efluentes no tratados. La alteración de la calidad del agua afecta de manera directa a todos los ecosistemas acuáticos, basta decir que, si los organismos vegetales bioacumulan los tóxicos presentes en el agua, primero los herbívoros y luego los carnívoros serán contaminados a lo largo de la cadena alimentaria siguiendo un proceso de biomagnificación que finalmente puede llevar al hombre a la cima de este proceso de contaminación. Por lo tanto, los estudios ecotoxicológicos tienen el potencial de identificar posibles riesgos toxicológicos en el medio ambiente, ya que los fenómenos de contaminación registrados en las plantas afectan directa/indirectamente a todos los demás organismos y a la salud de todo el ecosistema, incluidos los humanos (ONU, 2024).

### 1.2.2 Social

Determinar la toxicidad de efluentes clandestinos de la ciudad de Arequipa es de vital importancia para la salud pública debido a que este recurso sirve como fuente de regadío para las zonas de cultivo ubicadas al borde del río por lo cual una alteración de su calidad generaría la bioconcentración o bioacumulación de algún contaminante en los cultivos u organismos, es decir que si consumimos estos cultivos o alguno de estos organismos, el contaminante ingresaría a nuestros cuerpos generando así problemas de salud como infecciones, enfermedades diarreicas agudas, entre otros. De acuerdo con las estadísticas planteada por la ODS (2019), más de 2 millones de personas mueren cada año por enfermedades diarreicas en todo el mundo. La falta de higiene y el agua insalubre son responsables de casi el 90% de estas muertes, y afectan principalmente a los niños. Debido a ello es importante realizar estudios

ecotoxicológico para el cuidado de la salud pública y el cumplimiento del objetivo 6 planteados en los ODS, la cual busca garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible.

### ***1.2.3 Económica***

Los estudios ecotoxicológicos basados en las microalgas son adecuadas para realizar pruebas miniaturizadas ya que tienen la ventaja económica de analizar la toxicidad de una amplia gama de productos químicos y muestras de agua a costos reducidos, además de requerir pequeños volúmenes de muestra para los análisis, lo que permite analizar una gran cantidad de muestras al mismo tiempo (Ceschin et al., 2020). De tal manera que la implementación de estos ensayos ecotoxicológicos nos permitiría el cumplimiento del objetivo 6 de los ODS el cual vela por garantizar el agua limpia para todos y se realizará de una manera eficiente y en bajos costos.

### ***1.2.4 Tecnológico***

Los estudios ecotoxicológicos basados en las microalgas son factibles ya que son la primera interfaz entre los componentes abióticos y bióticos de un ecosistema, las microalgas pueden responder a los fenómenos de contaminación del agua antes que otros organismos, asumiendo el importante papel de los sistemas de alerta temprana (SAT), que es fundamental para interceptar contaminaciones con anticipación y permitiendo una intervención oportuna antes de que los procesos de biomagnificación a lo largo de la cadena alimentaria o la difusión del contaminante se vuelvan demasiado avanzados (Ceschin et al., 2020).

### ***1.2.5 Política e Institucional***

Según la Ley 28611-Ley general del Ambiente aprobada en el año 2005 estipula que nosotros como ciudadanos tenemos el derecho de vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el desarrollo de nuestra vida, pero tenemos el deber de proteger el medio ambiente, así como sus componentes, es debido a ello que determinando la calidad del agua del río Chili estaríamos cumpliendo con nuestro deber para con el medio ambiente.

### 1.3 Objetivos

#### 1.3.1 Objetivo General

- Evaluar la ecotoxicología y riesgo ambiental de tres quebradas y sus confluencias en el río chili de la ciudad de Arequipa empleando bioensayos con *Chlorella vulgaris*.

#### 1.3.2 Objetivo Específico.

- Caracterizar el agua de las quebradas de Pato, Chullo, Socabaya y sus respectivas confluencias en el río Chili.
- Evaluar la ecotoxicidad en las tres quebradas y sus confluencias empleando la *Chlorella vulgaris* como bioindicador acuático.
- Determinar el nivel de toxicidad y el riesgo ambiental de las tres quebradas y sus confluencias según los índices ecotoxicológicos calculados.

### 1.4 Hipótesis

Actualmente en la ciudad de Arequipa existen descargas clandestinas de diferentes fuentes, como domésticas, industriales y agrícolas que se desconoce su composición y sus efectos negativos a los organismos acuáticos productores, estas aguas por curso natural llegan al río Chili, aumentando más aun sus posibles impactos, por tanto, es posible demostrar la toxicidad de estos efluentes clandestinos, a través de una evaluación ecotoxicológica de diferentes diluciones de estas aguas utilizando organismos modelo como la *Chlorella vulgaris*.



## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la investigación

En la investigación realizada por Hadjoudja et al. (2009) evaluaron la toxicidad del sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) mediante la cianobacteria *Microcystis aeruginosa* y la microalga *Chlorella vulgaris*, por medio de tres bioensayos: pruebas de inhibición del crecimiento y dos conjuntos de análisis de citometría de flujo (autofluorescencia e inhibición de la actividad esterasa). Se comprobó que independientemente del tipo de célula que se evaluó, conforme aumentaban las concentraciones de cobre, disminuía la tasa de división celular, además que el efecto del cobre sobre la inhibición del crecimiento fue similar para las 24 y 48 horas en ambas especies, siendo a las 72 horas donde se presentaron diferencias significativas.

El estudio realizado por Spadaro et al. (2021), investigaron el riesgo probabilístico del cobre derivado de la mina en OK Tedi/Fly, Papua Nueva Guinea; utilizaron diez años de datos de monitoreo de toxicidad y cobre medido para evaluar el riesgo de efectos crónicos del cobre derivado de la mina. Este análisis del riesgo se apoyó utilizando las pruebas de toxicidad con la especie local de microalga *Chlorella sp.* La cual trabajo bajo pruebas de inhibición por cuadruplicado con una densidad celular por inóculo de  $2.4 \times 10^3$  cel/ml-1 y analizado en 24,48 y 72 horas. Teniendo como resultado que la comparación de datos de monitoreo de cobre recientes (2010-2020) e históricos (1996-2004) del río Ok Tedi/Fly indica una disminución en las concentraciones de cobre lábil (30-76%) en sitios clave de las regiones afectadas y una disminución posterior en riesgo. Esto coincide con prácticas mineras mejoradas destinadas a reducir la carga de cobre en el río Ok Tedi/Fly.

Según Ceschin et al. (2020) nos menciona que la Organización Estandarizada Internacional (ISO por sus siglas en inglés) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), desarrollaron lineamientos específicos para realizar pruebas

ecotoxicológicas y estandarizaron los procedimientos metodológicos, permitiendo comparaciones válidas entre las diversas experimentaciones sobre los efectos tóxicos de los contaminantes en las microalgas utilizadas como modelos biológicos. Sin embargo, ambas metodologías difieren en las muestras de agua empleadas, dado que la ISO está enfocada para muestras de agua con mezclas como por ejemplo aguas residuales mientras que la OCDE está enfocada a muestras de agua proveniente de sustancias o productos químicos específicos.

De acuerdo con la investigación realizada por Roig et al. (2015), quienes diseñaron una metodología para estudiar el estado ecotoxicológico de los sistemas de agua dulce; para ello, recogieron sedimentos de trece sitios de muestreo de la cuenca del río Ebro (NE de España). Utilizaron como *bioindicadores* *Vibrío fischeri*, *C. riparius*, *Pseudokirs chneriella subcapitata* y *Daphnia magna* para la evaluación de ecotoxicidad del agua intersticial; obteniendo como resultado que los organismos *P. subcapitata* y *C. riparius* fueron los más sensibles en agua de poro y sedimento total, respectivamente; las evaluaciones del estado ecotoxicológico mostraron altas coincidencias con el estado ecológico, especialmente cuando se observó la alteración del ecosistema debido a numerosos factores estresantes (presencia de metales y contaminación orgánica).

El trabajo de investigación de Gosset et al. (2018), aborda la problemática de la gestión de las descargas en climas húmedos urbanos dado que a menudo representa una fuente importante de contaminación en todos los cuerpos acuáticos debido a que es complicado predecir el estado de la calidad del cuerpo receptor debido a la variabilidad de las tormentas y el contenido desconocido de las cuencas hidrográficas urbanas lixiviadas por la lluvia; debido a ello el objetivo fue demostrar la utilidad de una batería de biomarcadores (p. ej., permeabilidad de membrana, fluorescencia de clorofila, esterasa y fosfatasa alcalina) sobre la microalga *Chlorella vulgaris* y la *Daphnia magna* para comparar su sensibilidad. Se obtuvo como resultado que no se detectó ningún efecto tóxico en ninguno de los bioensayos. Sin embargo,

los biomarcadores de algas indicaron una alteración en la fisiología de las microalgas, en particular, una perturbación de la fluorescencia de la clorofila, que se observó en todas las muestras analizadas; por lo cual este estudio demuestra la sensibilidad de los biomarcadores de algas.

La investigación realizada por Huarachi, (2019) tuvo como objetivo determinar la confiabilidad de bioensayos ecotoxicológicos en los ríos de Taparza, Grande y Camaná - Majes (Arequipa, Perú), utilizando la Concentración Media Efectiva (CE50) y categorizar el rango de toxicidad e inhibición del crecimiento de *Pseudokirchneriella subcapitata*. La metodología aplicada se basó en tres pasos: (1) Exposición de *P. subcapitata* a muestras de agua de ecosistemas lóticos; (2) Bioensayos de 72 horas; y (3) Medición de la inhibición del crecimiento cada 24 horas. Cabe resaltar que también se hizo un análisis físico químico y se empleó la técnica de microscopía con focal de fluorescencia para la determinación y análisis de los metales. Se obtuvo como resultados fisicoquímicos la presencia de los coliformes tolerantes, Manganeso y sólidos suspendidos totales, superan el estándar de calidad ambiental para aguas en categoría 3 y de igual manera superan los lineamientos de la OMS, en comparación con una mayor inhibición del crecimiento de *P. subcapitata* y una CE50 categorizada como toxicidad moderada

El estudio realizado por Vergilio et al. (2020) tuvo como objetivo evaluar las concentraciones de múltiples elementos y los efectos biológicos sobre el agua y los sedimentos del río Paraopeba después de la ruptura de la presa de Brumadinho. Para ello se realizaron las características de los relaves, se analizaron los parámetros fisicoquímicos del agua y se realizaron las pruebas de toxicidad con el alga clorofícea *Raphidocelis subcapitata* indicativa del primer nivel trófico, el micro crustáceo *Daphnia similis*, indicativo del segundo nivel trófico y el pez *Danio rerio*, indicativo del tercer nivel trófico. Las pruebas toxicológicas demostraron que el agua y los sedimentos con minerales de la rotura de la presa de Brumadinho eran tóxicos

para diferentes niveles tróficos. Las algas unicelulares fueron más sensibles porque se observó inhibición del crecimiento en todos los sitios, las incidencias de inmovilización en micro crustáceos y muertes de peces también demuestran la toxicidad del agua y los sedimentos del río Paraopeba.

La investigación de Expósito et al. (2021), tuvo como objetivo evaluar la idoneidad del ensayo ecotoxicológico basado en el desempeño de *Chlorella vulgaris* expuesto a metales pesados luego de ensayos estandarizados de inhibición del crecimiento y la fotosíntesis en dos escenarios diferentes: (1) diluciones de metales pesados individuales y (2) una mezcla artificial de metales pesados a niveles similares a los de los que se encuentran en los ríos naturales. Teniendo como resultado que la prueba de inhibición del crecimiento de algas *C. vulgaris* fue más sensible para la exposición a As, Zn y Pb, mientras que la prueba de inhibición de la fotosíntesis fue más sensible para la exposición a Cu y Ni. Los efectos sobre el crecimiento y la fotosíntesis no estaban relacionados, sin embargo, la *C. vulgaris* evidenció la formación de agregados mucilaginosos a menores concentraciones de cobre.

Debió a la falla de la represa minera VALE SA en Brumadinho, la cual se derrumbó y liberó cerca de 12 millones de m<sup>3</sup> de relaves de mineral de hierro al medio ambiente, causando la muerte de 272 personas y la destrucción de áreas rurales (zonas agrícolas, bosques, etc.). Fue Siqueira et al. (2022) quienes realizaron pruebas ecotoxicológicas empleando *Eisenia andrei* y *Daphnia similis* para pruebas agudas y pruebas crónicas de reproducción con *Folsomia candida* y *Chlorella vulgaris*. Los bioensayos con organismos acuáticos se realizaron con elutriados de las muestras y se determinaron las concentraciones de metales y las propiedades físicas, químicas y mineralógicas de las muestras para apoyar la interpretación de los datos ecotoxicológicos. Teniendo como resultado que las concentraciones de metales (especialmente Fe) y la densidad de partículas determinadas en las muestras fueron anormalmente altas y los

niveles de reproducción de algas y colémbolos fueron muy bajos y muestra una toxicidad crónica extremadamente alta.

## **2.2 Marco teórico**

### ***2.2.1 Vertimientos Clandestinos***

Cuando hablamos de vertimientos clandestinos primero debemos entender que un vertimiento es la descarga final de sustancias hacia un cuerpo de agua (Decreto 3930 de 2010 - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022) y el término clandestino según la RAE está definido como un adjetivo para eludir la ley (RAE, 2024).

Fueron Intriago y Quiroz, (2021) quienes utilizaron el término de vertimientos clandestinos para describir aquellas descargas provenientes de diversas fuentes, como industrias, empresas, hogares, entre otros; las cuales realizan estas descargas en ríos, arroyos, lagos u otras fuentes de agua cercanas, lo que puede tener graves consecuencias para la salud pública y el medio ambiente. Al ser clandestinos, estos vertimientos eluden las normas y estándares establecidos para garantizar que el agua sea segura y esté libre de contaminantes, lo que puede provocar daños graves en la calidad del agua y en la vida acuática, así como en la salud de las personas y los animales que dependen de estos recursos hídricos.

### ***2.2.2 Contaminación Hídrica por vertimientos clandestinos***

La contaminación hídrica es la alteración de la calidad de un cuerpo de agua, el cual sobrepasa los Estándares de Calidad Ambiental, por lo general esta alteración es debido a las descargas de aguas provenientes de actividades antrópicas. Una de las principales consecuencias de la contaminación hídrica es la perturbación de los hábitats, que trae consigo la pérdida de especies en casos severos, la reducción del uso potencial de este recurso y por ende compromete a un desabastecimiento de agua en la población. Según en PLANAA Perú 2011-2021 nos señala que entre las principales causas está el vertimiento de efluentes domésticos e industriales, el deficiente tratamiento de las aguas residuales domésticas y no domésticas, identificando como

los ríos más críticos, a los ríos Mantaro, Rímac, Chili, Madre de Dios, LLaucano, Piura, Santa y Chira (MINAM, 2011).

### ***2.2.3 Ecotoxicología***

La ecotoxicología tiene un enfoque global el cual determina los efectos tóxicos dentro de un ecosistema, es por ello que adquirió un papel fundamental en la evaluación y gestión de riesgos ambientales. En la ecotoxicología acuática se suele analizar los 3 niveles tróficos: microalgas (en la parte inferior de la cadena trófica), zooplancton (el eslabón intermedio) y peces (nivel trófico superior). Dependiendo de la concentración del compuesto y el tiempo de exposición, las pruebas pueden evaluar la toxicidad crónica o aguda (Expósito et al., 2021).

La evaluación ecotoxicológica de los contaminantes ambientales en los organismos se basa en la concentración media efectiva (EC50), la concentración inhibitoria (IC50) y la concentración letal (LC50), así como indicadores morfológicos observables, como la inhibición del crecimiento del organismo, anormal actividades vitales y letalidad. (Liu et al., 2022).

### ***2.2.4 Bioensayos de Ecotoxicidad***

De acuerdo con el libro *Advances in Applied Microbiology* (Viegas, 2021) los bioensayos de ecotoxicidad tienen como finalidad predecir los efectos potenciales de las fracciones biodisponibles de una sustancia o mezcla, sobre organismos vivos. Por lo general los bioensayos de ecotoxicidad comprenden de una prueba estandarizada en donde se realiza la exposición de organismos a diferentes concentraciones de un compuesto químico o diluciones de una muestra ambiental durante un período de tiempo definido bajo condiciones experimentales estándar. Teniendo como resultado una curva de concentración- respuesta, la cual describe la relación entre la concentración de organismo y la magnitud de los efectos biológicos; estos efectos biológicos puede ser una inhibición enzimática, inhibición del crecimiento, daño del ADN inhibición en la reproducción, cambios de comportamiento, muerte, etc.

### ***2.2.5 Índice de Toxicidad***

Los índices de toxicidad expresan el nivel de toxicidad de la muestra (Tejada, 2022), en un comienzo se empleó un sistema de categorización de muestras basado en el grado de toxicidad, sin embargo, posteriormente este sistema de categorización se basó en la suma o promedio de toxicidad de diferentes puntos finales, introduciendo distintos tipos de organismos de ensayo generando una evaluación más integral.

De acuerdo con Viegas (2021) los parámetros de la curva concentración-respuesta pueden emplearse para medir la toxicidad o la magnitud del peligro. Ejemplos de estos son los índices de toxicidad, los cuales son:

- La concentración sin efecto observado (NOEC): Es la concentración más alta que no tiene efectos mensurables en el organismo o la población de organismos probados
- La concentración más baja a la cual se observa efecto (LOEC)
- La concentración efectiva media (CE 50): La concentración que tiene un efecto sobre el 50% de los organismos probados.
- La concentración inhibidora media (IC 50): La concentración que reduce la respuesta normal de un organismo o una población de organismos en un 50%)
- La concentración letal media (LC 50): La concentración que causa mortalidad en el 50% de los organismos analizados.

### ***2.2.6 Microalgas.***

Las microalgas son indicadores importantes de la salud del ecosistema y se utilizan con frecuencia en pruebas de ecotoxicidad debido a su relevancia ecológica como productores primarios en muchos ecosistemas y su sensibilidad a muchas sustancias (Chen et al., 2016). De acuerdo con Liu et al. (2022) las microalgas no solo generan grandes cantidades de oxígeno, sino que también proporcionan alimento directa o indirectamente para el zooplancton, los peces

y los grandes animales acuáticos he ahí su importancia, debido a ello según Feng et al. (2013) se han convertido en un modelo biológico ideal para estudiar los efectos tóxicos de los contaminantes ambientales.

De acuerdo con Ceschin et al. (2020) las microalgas suelen ser más sensibles a ciertos contaminantes que se encuentran en las aguas residuales civiles e industriales razón por la cual, entre los diferentes grupos de plantas, las microalgas fueron más utilizadas como especies de referencia en los ensayos Fito toxicológicos. Las pruebas basadas en microalgas fueron diseñadas para usarse con varios tipos de sustancias tóxicas y efluentes potenciales, y fueron las primeras en ser desarrolladas y estandarizadas desde la década de 1960 por agencias de desarrollo regulatorio, como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). y la Organización Internacional de Normalización (ISO).

La presencia de sustancias tóxicas provenientes del exterior puede generar alteraciones en las comunidades de algas, provocando una disminución en los niveles de oxígeno disuelto y en la producción de materia orgánica, lo que tiene un impacto en la organización y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. En última instancia, estos cambios pueden perjudicar a los seres vivos que se encuentran en los niveles más altos de la cadena alimentaria en el medio ambiente (Zhang et al., 2023).

#### **2.2.6.1 Microalga *Chlorella vulgaris*.**

Martinus Willem Beijerinck fue un investigador holandés quien descubrió esta microalga en 1890 como la primera microalga con un núcleo bien definido.. Es una microalga unicelular que crece en agua dulce y está presente en la tierra desde el período precámbrico desde entonces su integridad genética se ha mantenido constante (Safi et al., 2014).

Según Hamed et al. (2017), nos menciona que la *Chlorella vulgaris*, es una especie de microalga rica en vitaminas, aminoácidos, proteínas y clorofila, y se utiliza como organismo

modelo para evaluar la ecotoxicidad de contaminantes como metales pesados y pesticidas debido a su ciclo de crecimiento corto, facilidad de cultivo, y sensibilidad a tóxicos. La microalga eucariota verde *C. vulgaris*, pertenece a la siguiente clasificación científica **Tabla 1**.

**Tabla 1.**

*Clasificación taxonómica- Chlorella vulgaris*

<b>Dominio</b>	<b>Eukaryota</b>
<b>Reino</b>	<i>Protista</i>
<b>División</b>	<i>Chlorophyta</i>
<b>Clase</b>	<i>Trebouxiophyceae</i>
<b>Orden</b>	<i>Chlorellales</i>
<b>Familia</b>	<i>Chlorellaceae</i>
<b>Género</b>	<i>Chlorella</i>
<b>Especie</b>	<i>Chlorella vulgaris</i>

*Nota.* Adaptado de Safi et al. (2014)

De acuerdo con la EPA, (2002) establece las condiciones óptimas para los bioensayos empleando microalgas, los cuales se visualizan en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.**

*Condiciones de prueba para alga verde*

<b>PARÁMETROS</b>	<b>RANGO</b>
<b>Temperatura</b>	25 ±1°C
<b>Calidad de luz</b>	Fluorescente “Blanco frio”
<b>Intensidad luminosa</b>	4306 luxes
<b>Fotoperiodo</b>	Iluminación continua
<b>Tamaño de la cámara de prueba:</b>	125 ml o 250 mL (recomendado)
<b>Volumen de la solución de prueba:</b>	50 ml o 100 mL(recomendado)
<b>Densidad celular inicial en cámaras de prueba</b>	10 000 células/mL (recomendado)
<b>Nº de cámaras de réplica por concentración:</b>	4 (mínimo requerido)
<b>Tasa de agitación:</b>	100 cpm continuos o dos veces al día a mano
<b>Agua de dilución:</b>	Medio de cultivo madre de algas.

*Nota.* Adaptado de EPA, (2002).

### ***2.2.7 Riesgo Ambiental***

De acuerdo con MINAM, (2010) establece en su Guía de Gestión de Riesgos Ambientales, que el riesgo ambiental es la probabilidad de ocurrencia que un peligro afecte directa o indirectamente al medio ambiente y a su biodiversidad, en un lugar y tiempo determinado, así mismo este riesgo puede ser de origen natural o antropogénico; por lo que podemos establecer que el riesgo ambiental es la posibilidad de que se produzca un daño o catástrofe en el medio ambiente debido a un fenómeno natural o a una acción humana. Este riesgo puede surgir tanto por la presencia de contaminantes como por otros factores que puedan afectar la salud del ecosistema acuático. La evaluación del riesgo ambiental implica analizar la naturaleza, concentración y efectos de los contaminantes presentes, así como estudiar el impacto en la vida acuática, la capacidad de biorremediación de organismos como la microalga *Chlorella vulgaris* y la estimación de la probabilidad y gravedad de las consecuencias.

## **2.3 Marco Legal.**

### ***2.3.1 Nivel Nacional***

- Ley 28611, Ley General del Ambiente Ley N.º 29338, Ley de Recursos Hídricos.
- Decreto Supremo N°001-2010-AG.- Reglamento de la Ley de Recursos hídricos (Ley N.º 29338).
- Resolución Jefatural N°010-2016-ANA. - Aprueban el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales".
- Resolución Jefatural N°224-2013-ANA, aprobación del nuevo Reglamento para el Otorgamiento de Autorizaciones de Vertimientos y reúsos de Aguas Residuales Tratadas del Perú.
- Decreto Supremo N°002-2008-MINAM-Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua, Perú.

- Decreto Supremo N°0015-2015-MINAM-Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación, Perú.

### ***2.3.2 Nivel Internacional***

- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas. Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.
- Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas.
- Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.
- Orden AAA/2056/2014, de 27 de octubre, por la que se aprueban los modelos oficiales de solicitud de autorización y de declaración de vertido.



## CAPITULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1 Tipo y nivel de investigación

- La investigación será de tipo descriptivo y experimental

Tipo: El tipo de investigación a utilizar es Investigación descriptiva básica ya que se recoge, reseña e identifica, situaciones, rasgos, características del objeto de estudio y analítica por el procesamiento de muestras de agua.

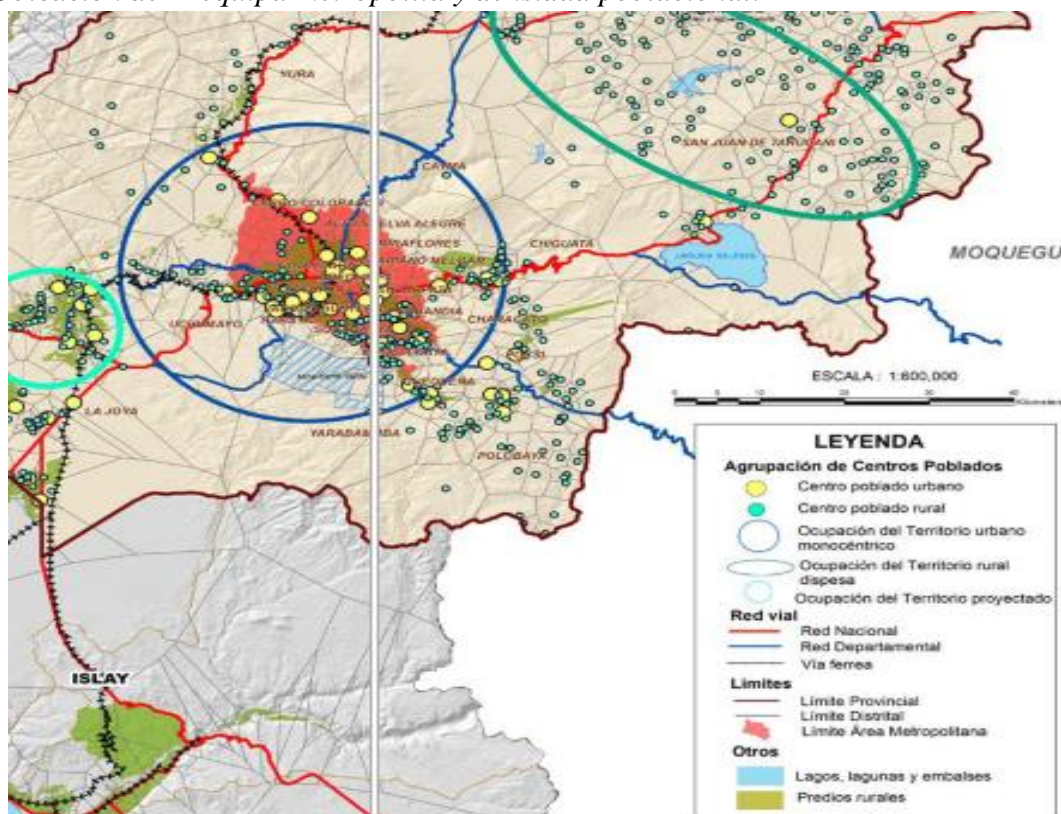
Nivel: El nivel de investigación a utilizar es descriptivo correlacional, ya que se describirá la relación entre los parámetros de calidad del agua, con el estado ecológico y ambiental, estos parámetros se compararán con los Estándares de calidad ambiental (ECA).

#### 3.2 Alcance de la Investigación

El alcance de investigación se llevó a cabo en la subcuenca hidrográfica del Río-Chili; la cual pertenece a la vertiente sur occidental de la cordillera de los andes y a la cuenca hidrográfica del Pacífico. El departamento de Arequipa cuenta con 29 distritos, 19 de ellos conforman Arequipa metropolitana; espacio geográfico dentro del cual existe una mayor densidad poblacional e industrial en comparación con los 10 distritos restantes (**Figura 1**) razón por la cual se ubicó los puntos de monitoreo dentro de esta área geográfica, la cual es atravesada por el río chili, los puntos de monitoreo se localizaron con ayuda del software ArcGis, como se muestra en la **Figura 2** y **Tabla 3**. La toma de muestras se realizó tanto para la temporada húmeda como seca, considerando que de la temporada húmeda es a partir del mes de diciembre hasta abril y la temporada seca de junio a noviembre

**Figura 1.**

*Ubicación de Arequipa metropolitana y densidad poblacional.*



*Nota:* Adaptado del Plan de Desarrollo Local Concertado de Arequipa 2016 – 2021

**Tabla 3.**

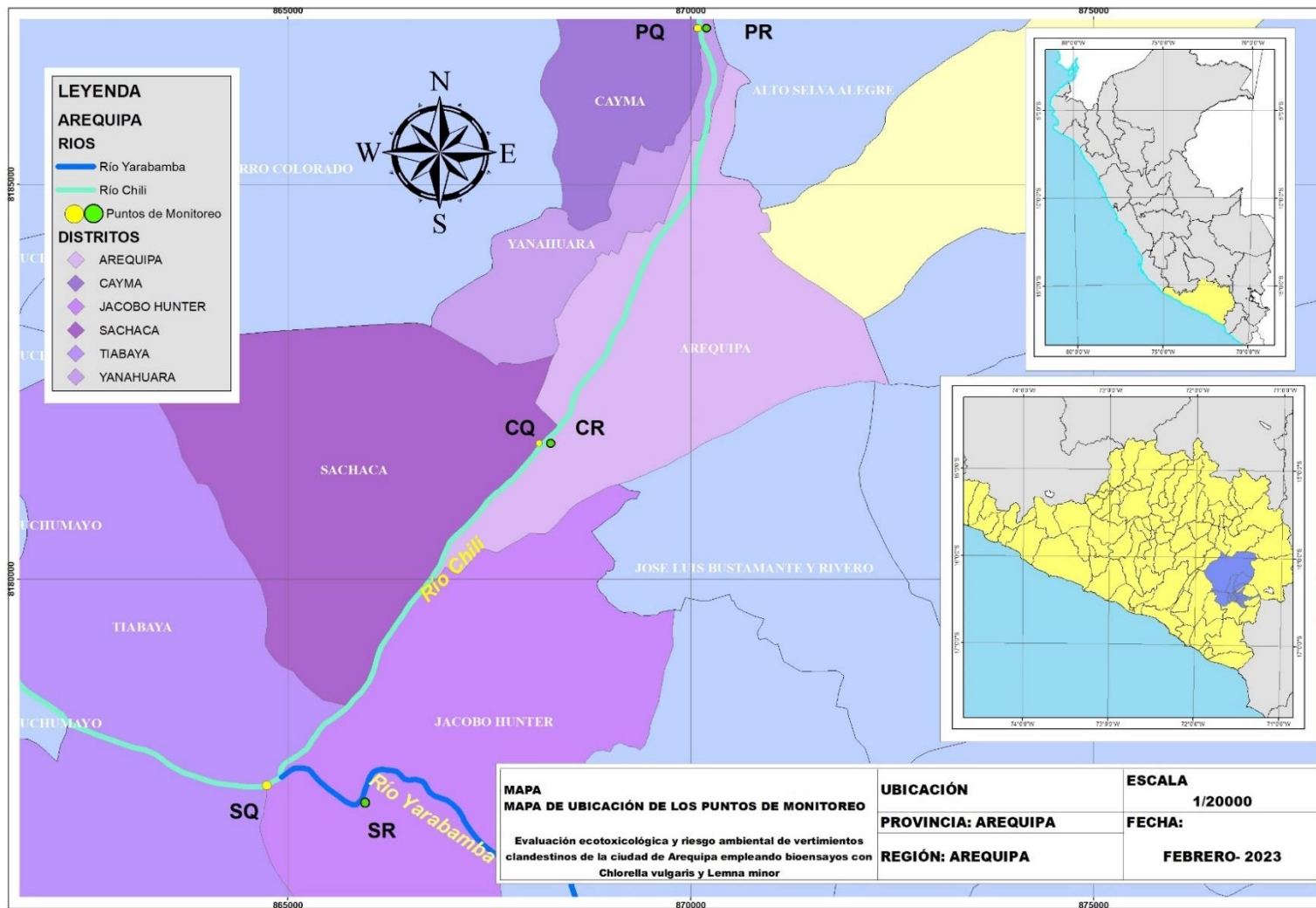
*Localización de los puntos de monitoreo y su codificación.*

Punto de muestreo	Código	Coordenadas UTM
Pato Quebrada	PQ	19K 229184mE; 8188457mS.
Pato Río	PR	19K 229191mE; 8188460mS.
Chullo Quebrada	CQ	19K 227399mE; 8183144mS.
Chullo Río	CR	19K 227405mE; 8183132mS.
Socabaya Quebrada	SQ	19K 224453mE; 8178958mS.
Socabaya Río	SR	19K 225227mE; 8178526mS.

En la **Figura 2** se visualiza la localización de los puntos de monitoreo Pato Río (PR), Pato Quebrada (PQ), Chullo Río (CR), Chullo Quebrada (CQ), Socabaya Río (SR) y Socabaya Quebrada (SQ) ubicados en la extensión del río chili.

**Figura 2.**

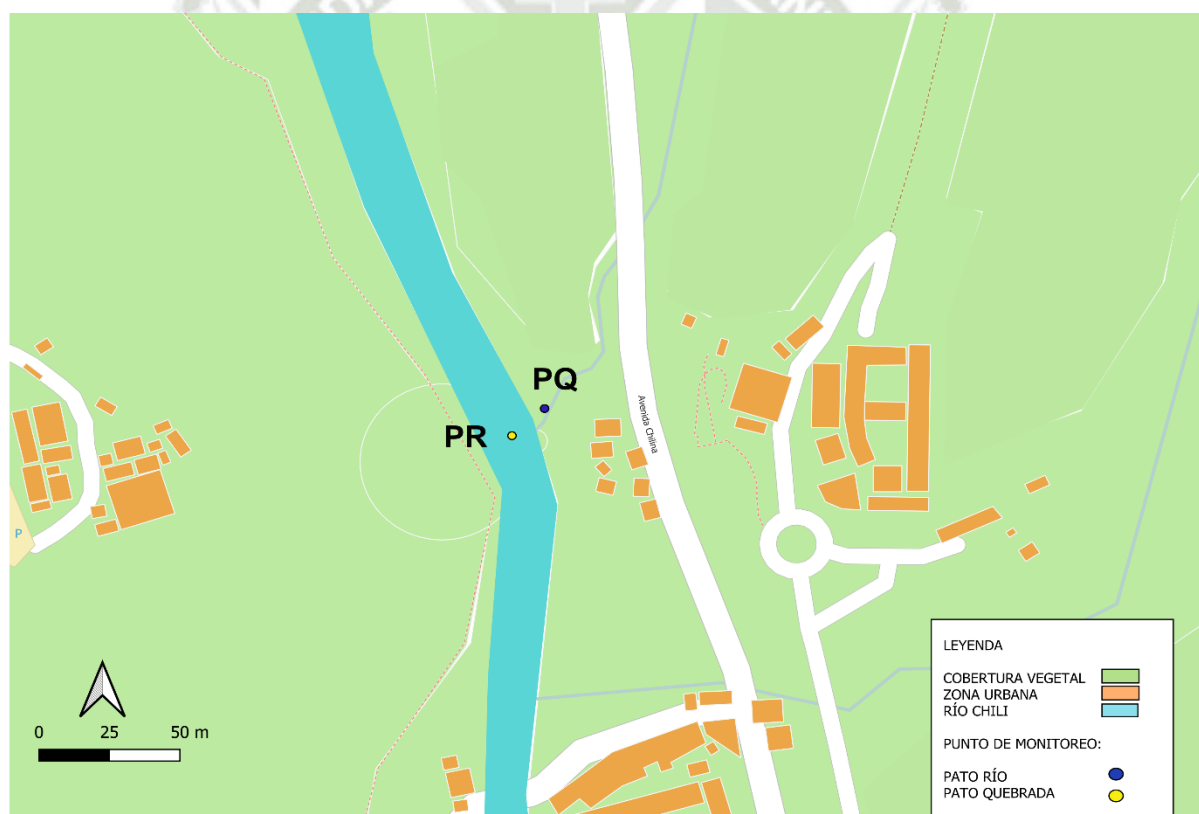
*Plano de ubicación de los puntos de monitoreo.*



El primer punto de monitoreo tiene por nombre Pato Quebrada (PQ) el cual se encuentra ubicado al límite del distrito de Yanahuara con el distrito de Cayma, georreferenciado con las coordenadas UTM 19K 229184mE y 8188457 mS, de igual manera el punto de monitoreo de Pato Río (PR) presenta las mismas características de localización, georreferenciado con las coordenadas UTM 19K 229191mE y 8188460 mS, tal como se muestra en la **Figura 3**. Ambos puntos de monitoreo se encuentran rodeados de áreas con cobertura vegetal y zonas urbanas.

**Figura 3.**

*Ubicación del punto de monitoreo Pato Quebrada- Pato Río y áreas pertenecientes al punto de monitoreo Pato Quebrada- Pato Río.*

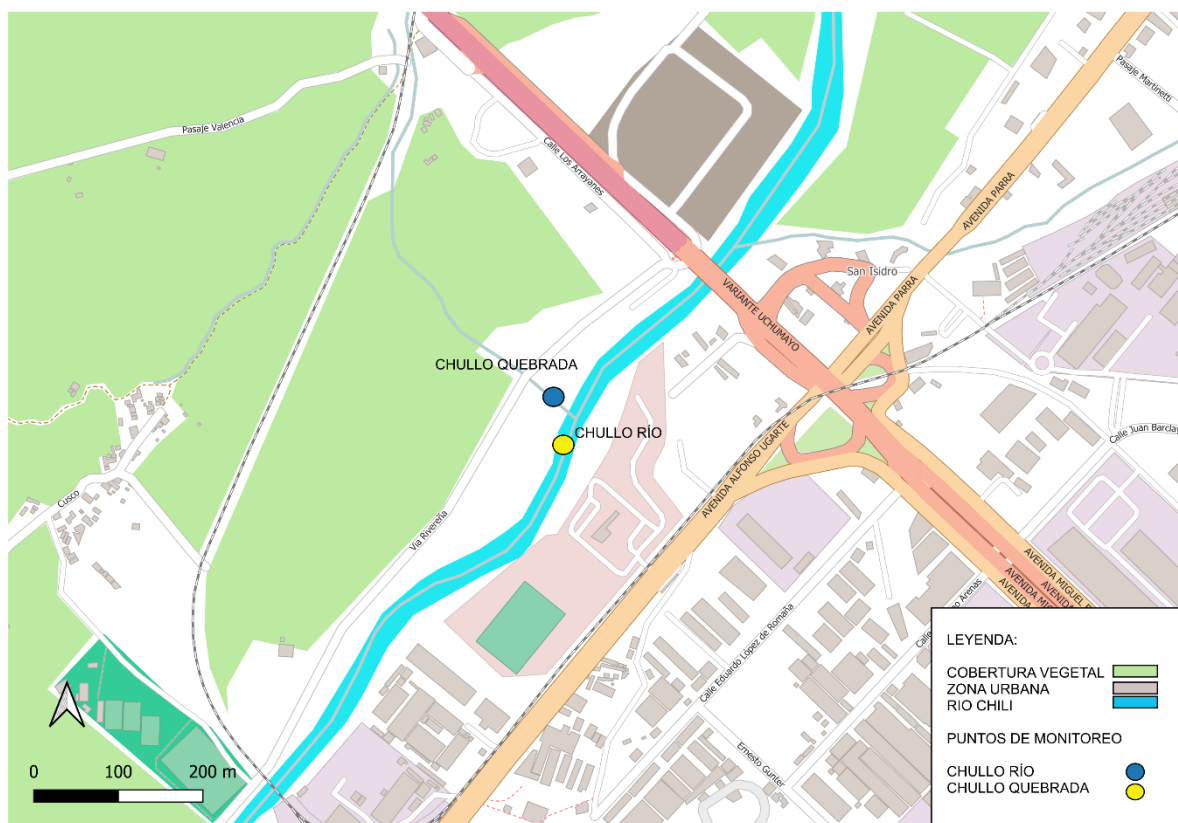


El punto de monitoreo de Chullo Quebrada (CQ) y Chullo Río (CR) se encuentran ubicados al límite del distrito de Arequipa con el distrito de Sachaca, georreferenciados con las siguientes coordenadas UTM: CQ 19K 227399 mE, 8183144 mS y CR 19K227405 mE, 8183132 mS, como se muestra en la **Figura 4**. Ambos puntos de monitoreo se encuentran

ubicados en un área donde predomina la zona urbana, sin embargo, presenta de igual manera una zona de cobertura vegetal destinada a la agricultura.

**Figura 4.**

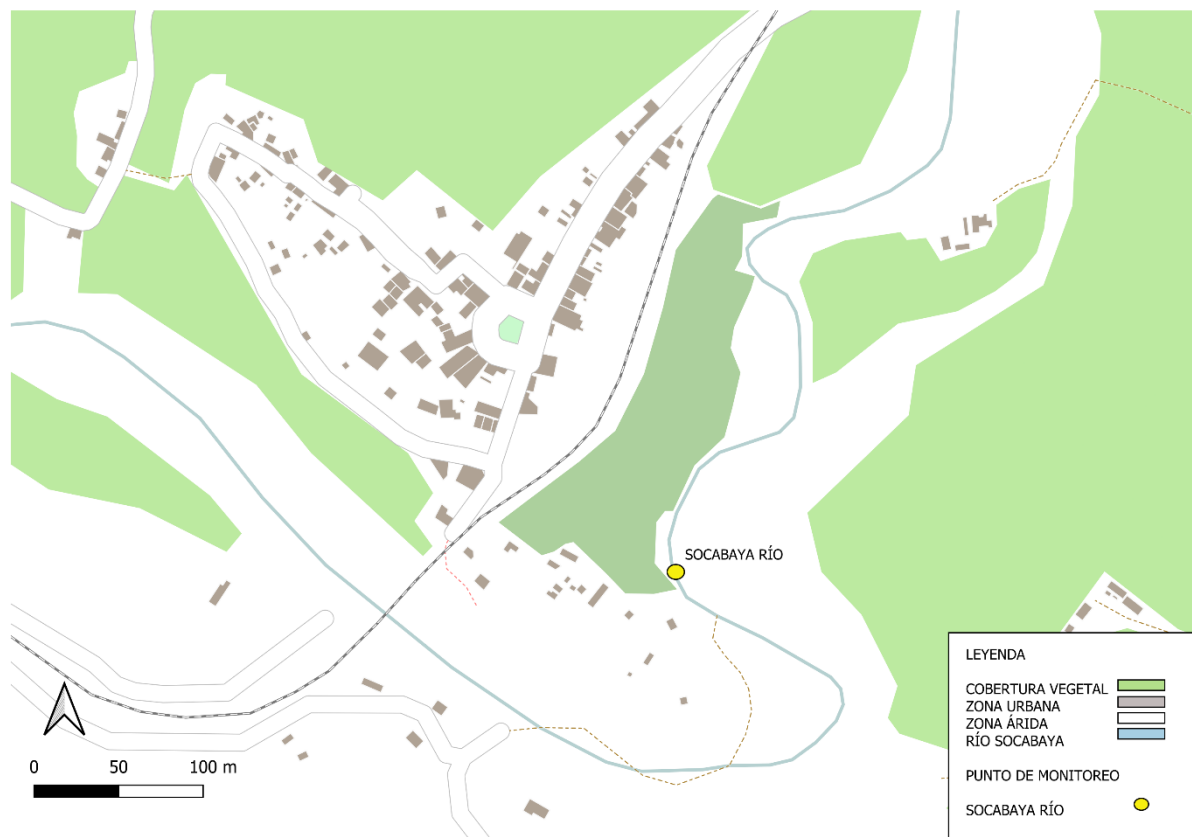
*Ubicación del punto de monitoreo Chullo Quebrada- Chullo Rio y áreas pertenecientes al punto de monitoreo Chullo Quebrada- Chullo Rio.*



El punto de monitoreo de Socabaya Río (SR) se encuentra ubicado en el distrito de Hunter, georreferenciada con las siguientes coordenadas UTM 19K 225227 mE, 8178526 mS. Este punto de monitoreo se encuentra caracterizado por estar ubicado en un área de mayor predominancia de cobertura vegetal, aunque también se ve influenciada por una zona urbana, tal como se aprecia en la **Figura 5**.

**Figura 5.**

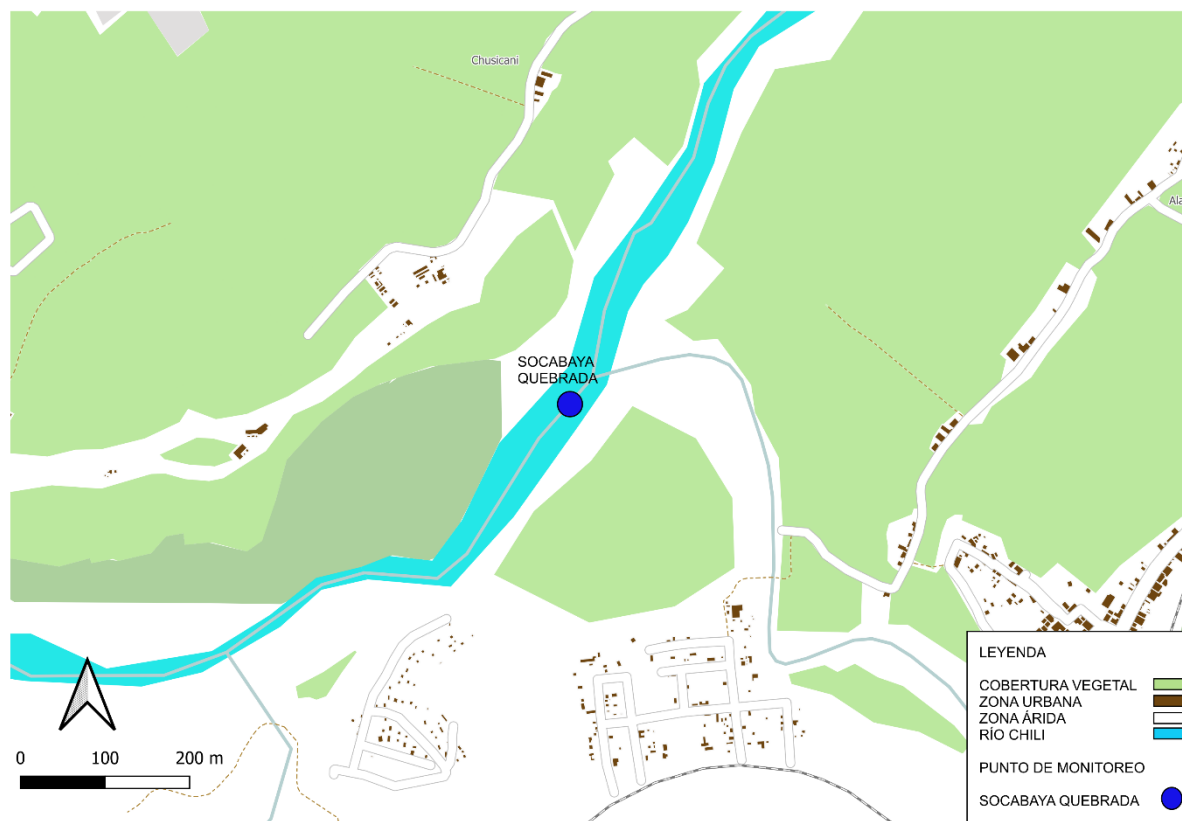
*Ubicación del punto de monitoreo Socabaya Río y áreas pertenecientes al punto de monitoreo Socabaya Río.*



El punto de monitoreo de Socabaya Quebrada (SQ) se encuentra ubicado al límite del distrito de Jacobo Hunter y el distrito de Tiabaya, georreferenciado con las siguientes coordenadas UTM 19K 224453mE, 8178958mS. Este punto de monitoreo se ve caracterizada por la completa prevalencia de la zona de cobertura vegetal, tal como se aprecia en la **Figura 6**.

**Figura 6.**

*Ubicación del punto de monitoreo Socabaya Quebrada y áreas pertenecientes al punto de monitoreo Socabaya Quebrada.*



### 3.3 Diseño de la investigación.

El diseño de la investigación se basó en un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), empleando 6 concentraciones diferentes con 4 réplicas cada una, este diseño se encuentra validado por la Agencia de protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2002).

Los resultados fueron procesados mediante el software Minitap para las pruebas de Shapiro Wilks, Tukey, Levens y Anova; se utilizó el software GraphPad Prims 9.0 y Origin 2024 para la elaboración de los gráficos y la determinación de la Concentración media Efectiva (CE50).

### 3.4 Variables de la investigación

Las variables de la investigación se encuentran en la **Tabla 4**.

**Tabla 4.**

*Variables de investigación*

<b>Bioindicador</b>	<b>Variable Independiente</b>	<b>Variable Dependiente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>
<i>Chlorella vulgaris</i>	Porcentaje de dilución del efluente clandestino	Efectos en el crecimiento de <i>Chlorella vulgaris</i>	Concentración celular	cel/mL

### 3.5 Métodos de Investigación

La metodología de la investigación se basó en lo establecido por la EPA (2002) y la veracidad de los datos se realizó mediante los programas estadísticos Minitab Statistical, Origin 2024 y GraphPad Prism 9.0.0.

#### 3.5.1 Caracterización del cuerpo hídrico

##### 3.5.1.1 Ubicación y caracterización de los puntos de monitoreo

Como primera etapa se realizó la ubicación de los 6 puntos de monitoreo con ayuda del software ARCGIS, dentro de la cuenca del río Chili, para que posteriormente se realicen sus monitoreos de aguas superficiales tomando el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales como guía (panel fotográfico ANEXO 3). Se tomaron dos muestras de agua, una para el análisis físico-químico y biológico del laboratorio y otra para el análisis ecotoxicológico. En la **Tabla 5** se puede visualizar los parámetros evaluados y la metodología aplicada.

**Tabla 5.**

*Método para la evaluación de parámetros fisicoquímicos y biológicos*

<b>TIPO DE ENSAYO</b>	<b>MÉTODO</b>
<b>pH</b>	Método electrométrico
<b>Temperatura (°C)</b>	Método electrométrico
<b>Conductividad eléctrica (µS/cm)</b>	Método electrométrico
<b>Oxígeno Disuelto (mg/L)</b>	Método electrométrico
<b>Turbidez (NTU)</b>	Método nefelométrico (2130)
<b>Aniones</b>	EPA METHOD 300.0 REV.2.1, 1993, Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography (Validado fuera del Alcalce)
<b>TIPO DE ENSAYO</b>	<b>MÉTODO/INSTRUMENTO</b>
<b>Coliformes Totales (NMP)</b>	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
<b>Demanda Biológica de Oxígeno</b>	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
<b>Detergentes</b>	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
<b>Metales totales</b>	Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry
<b>Pesticidas Organoclorados-Agua-Rev</b>	Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography
<b>Pesticidas Organoclorados</b>	Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS)

### **3.5.2 Evaluación ecotoxicológica empleando la *Chlorella vulgaris* como bioindicador acuático.**

#### **3.5.2.1 Curva de Crecimiento**

Para realizar los bioensayos con *Chlorella vulgaris* se inició con establecer la curva de crecimiento, para ello se determinó la concentración de microalgas tomando lecturas a las 24,48,72,96,108,120 y 132 horas de ser inoculada, aplicando el método de recuento celular.

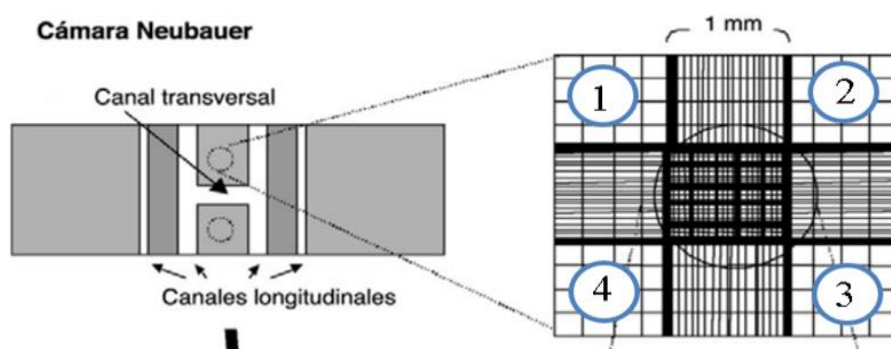
#### **3.5.2.2 Método de Recuento Celular**

El método de recuento celular se basa en el conteo de células con la cámara de Neubaur, para ello realizamos los siguientes pasos:

- Extracción de 50 $\mu$ L de muestra en tubos Eppendorf, cada 24 horas con ayuda de una micropipeta.
- Lectura de las muestras por medio de la cámara de Neubaur empleando 10  $\mu$ L en cada cámara.
- Conteo sólo de los cuadrantes grandes, ubicados en los extremos, tal como se muestra en la **Figura 7**.
- Al colocar el cubreobjetos sobre el portaobjetos se tiene una profundidad de 0,1mm, de forma que el volumen contenido en cada uno de los cuadrados grandes será 0,1  $mm^3$  (1,0  $mm^2$  x 0,1 mm = 0,1  $mm^3$ ).

**Figura 7.**

*Cámara de Neubaur y ubicación de los cuadrantes a contar.*



*Nota.* Adaptado del Libro de Ensayos Toxicológicos y Métodos de Evaluación de Calidad de Aguas Estandarización, Inter calibración, Resultados y Aplicaciones (Morales, 2004).

Para determinar las células/ $\mu$ L se aplicó la siguiente fórmula:

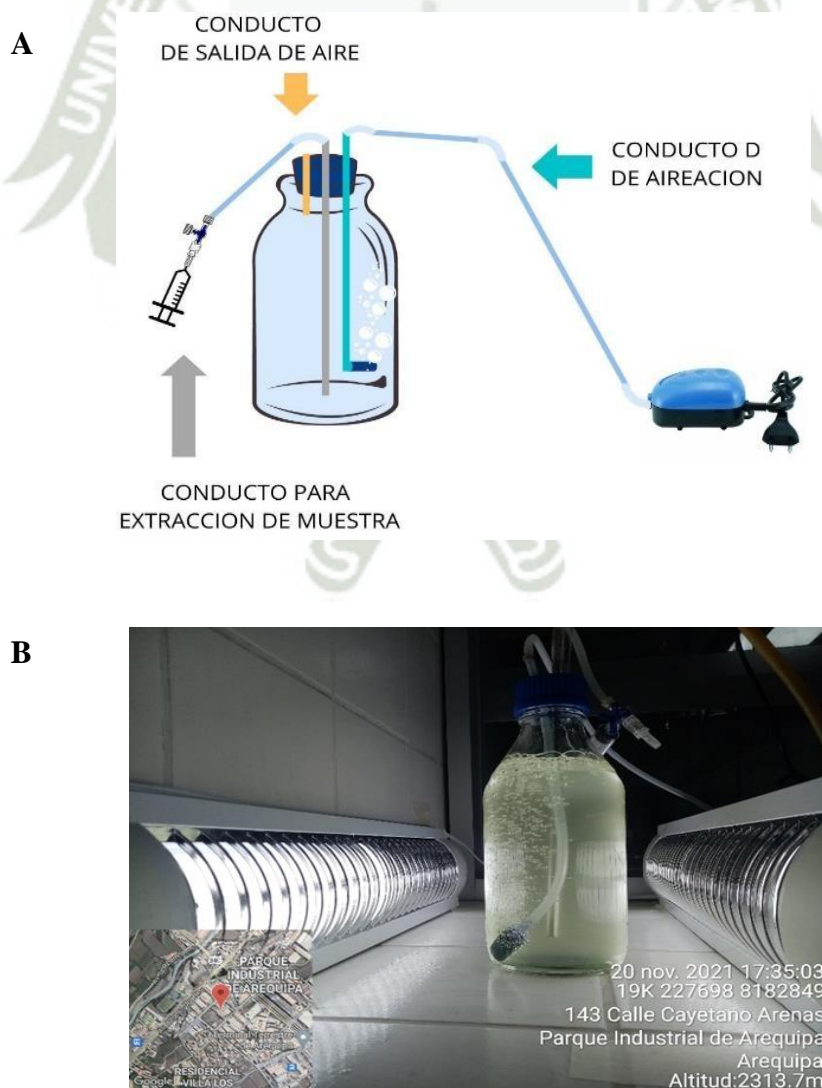
$$\frac{N \text{ células}}{4 \text{ cuadros}} \times \frac{1 \text{ cuadro}}{1 \times 1 \times 0.1 \text{ mm}^3} \times \frac{1000 \text{ mm}^3}{1 \text{ cm}^3} \times \frac{1 \text{ cm}^3}{1 \text{ mL}} \times$$

- N células: Es el número de células contabilizadas
- #cuadrados grandes: 4 cuadrados
- Dimensiones de cada cuadrado: 1x1x0.1 mm<sup>3</sup>

De igual manera es indispensable establecer el biorreactor donde se cultivó la cepa, para ello empleamos por un frasco de vidrio de 1L con una tapa rosca a la cual se realizaron tres perforaciones para tres conductos, el primer conducto para el ingreso del aire por medio de una bomba de aire, el segundo conducto para la expulsión de gases y el tercer conducto tuvo como finalidad la extracción de muestras por lo que estuvo compuesto por un tubo de 25 cm de acero inoxidable conectado por medio de una manguera a una llave de triple vía y conectada a una jeringa (**Figura 8**). Para mantener la temperatura adecuada se empleó 10 focos led que se encontraron bordeando a todo el reactor y sistema.

**Figura 8.**

*A: Diagrama del Biorreactor, B: Imagen del Biorreactor elaborado.*



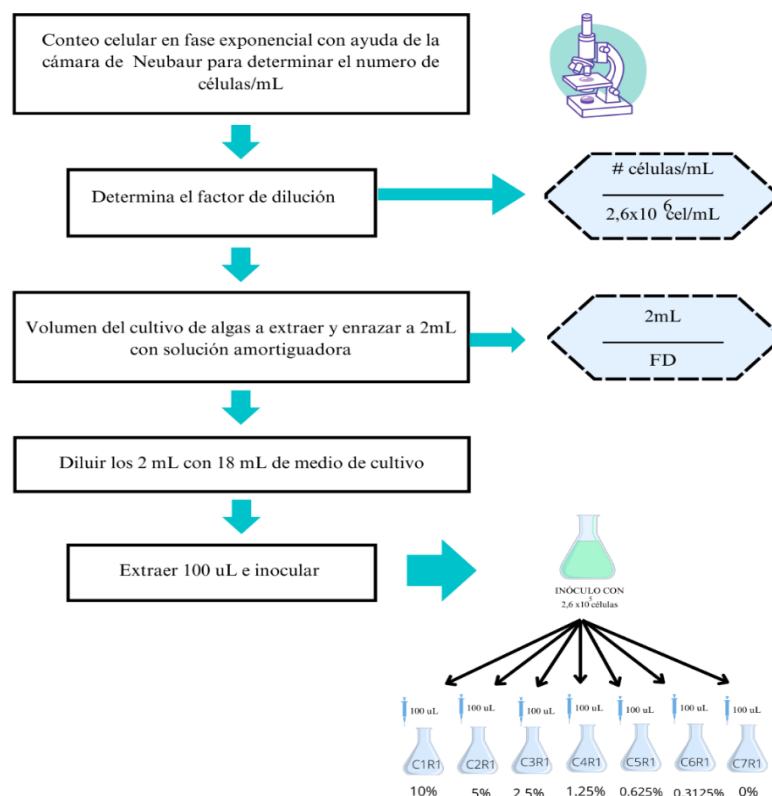
### 3.5.2.3 Prueba de sensibilidad

Una vez hallado el inicio de la fase exponencial de la *Chlorella vulgaris* se procedió con los bioensayos de sensibilidad utilizando como toxico de referencia al sulfato de cobre pentahidratado (Hadjoudja et al., 2009). La prueba de sensibilidad se empezó utilizando el sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{Cu}(\text{SO}_4) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) a una concentración de 10 mg/L para ser utilizado en un sistema de matraces basado en un Diseño Completo de Bloques al Azar (DCBA) de 7x4 a las siguientes concentraciones: 0 mg/L, 2mg/L, 1,0 mg/L, 0,5 mg/L, 0,25m/L, 0,125mg/L y un blanco; para ello se realizó una dilución seriada de nuestro tóxico de referencia y el medio BBM con un volumen final de 50 mL por cada matraz y se le adicionó 10 000 células por mililitro a cada matras (

**Figura 9).** Para verificar si existe una inhibición de su crecimiento se tomaron muestras cada 24 horas por 4 días, utilizando el recuento celular por medio de la cámara de Neubauer.

**Figura 9.**

*Preparación del Inóculo.*

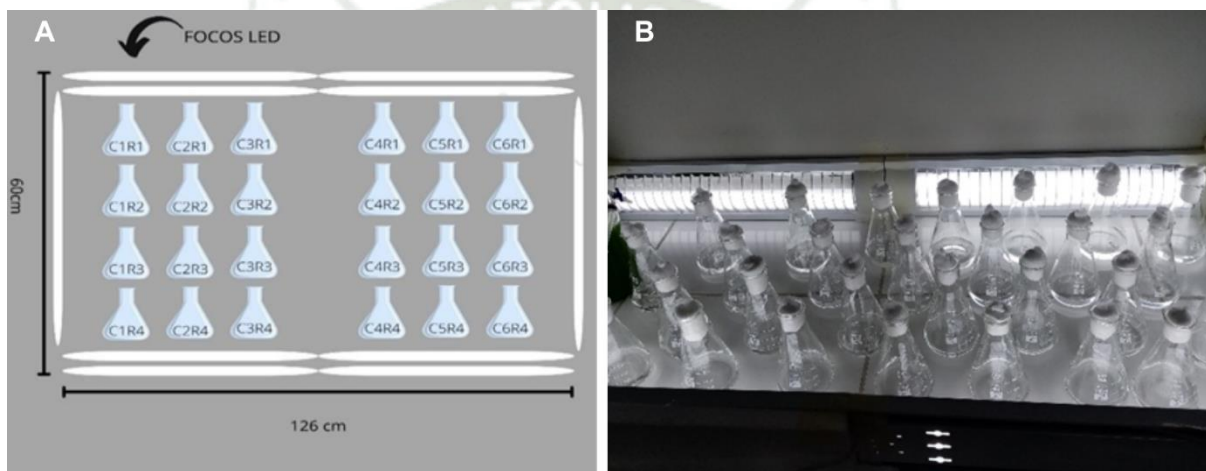


### 3.5.2.4 Ensayos ecotoxicológicos por punto de monitoreo.

Para realizar los ensayos ecotoxicológicos con la microalga *Chlorella vulgaris* se armó un sistema que estuvo constituido por 10 focos led y 24 matraces rotulados de acuerdo con la concentración y número de réplica, basado en el Diseño Completo de Bloques al Azar (DCBA) de 6X4, para cada punto de monitoreo, tal como se muestra en la **Figura 10**.

**Figura 10.**

*A: Diagrama de sistema de matraces, B: Sistema de matraces elaborado.*



Cada matraz tuvo un volumen final de 50 mL, teniendo las siguientes concentraciones: 100%; 50%; 25%, 15.2%, 6.25% y blanco (0%), para los siguientes puntos de monitoreo: Pato Quebrada (PQ), Pato Río (PR), Chullo Quebrada (CQ), Chullo Río (CR), Socabaya Quebrada (SQ) y Socabaya Río (SR), como se indicó en el apartado de alcance de la investigación. El Diseño Completo de Bloques al Azar (DCBA) empleó una dilución seriada haciendo uso de las muestras de agua monitoreadas por cada punto de monitoreo con medio BBM. De igual manera se empleará el método de recuento celular haciendo uso de la cámara de Neubaur para determinar la concentración de cel/mL para las 24 horas, 48 horas, 72 horas y 96 horas.

### 3.5.3 Evaluación del riesgo ambiental

Las metodologías aplicadas a la evaluación del riesgo ambiental se encuentran divididas de acuerdo al tipo de muestra, es decir cuando se trabaja con un solo contaminante o con una

mezcla de contaminantes, en el primer caso según Meza (2022) se determina el Cociente de riesgo (RQ), el cual se calcula dividiendo la concentración ambiental prevista (PEC) sobre la concentración esperada sin efecto en el ambiente (PNEC), y para el segundo caso se puede aplicar la metodología aplicada por Backhaus y Faust (2012) donde se determina la adición de concentración (CA) y acción independiente (IA), sin embargo para determinar el riesgo ambiental de nuestros puntos de monitoreo aplicando estas metodologías es muy complejo dada la presencia de contaminantes emergentes, debido a ello nos basaremos en la clasificación tóxica mediante las Unidades de toxicidad (Ut) establecida por Saldaña et al. (2002) las cuales se encuentran en la **Tabla 6**, y la clasificación de riesgo ecotoxicológico por Roig et al. (2015) ubicada en la **Tabla 7**.

**Tabla 6.**

*Clasificación de toxicidad basada en las Unidades de Toxicidad (UT) establecidas por Saldaña et al. (2002).*

TOXICIDAD (UT)	CLASIFICACIÓN	CONCENTRACION EFECTIVA (CE 50) %
>4	Muy tóxico	>25
2-4	Tóxico	50-25
1.33-1.99	Moderadamente tóxico	75-50
<1.33	Ligeramente tóxico	<75

**Tabla 7.**

*Clasificación por riesgo ecotoxicológico según Roig et al. (2015).*

Concentración Efectiva (CE 50) %	Especie	No Tóxico	Ligeramente Tóxico	Marginalmente Tóxico	Moderadamente Tóxico	Altamente Tóxico
CE 50	<i>V. fischeri</i>	> 100	100-61	60-21	20-10	<10
	<i>D. magna</i>					
	<i>P.</i>					
	<i>subcapitata</i>					



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Caracterización del cuerpo hídrico.

En la **Tabla 8** se presentan los valores de los parámetros físico-químicos como T, pH, CE (us/cm), y OD (mg/L), obtenidos en el monitoreo in situ en cada punto de monitoreo para ambas temporadas.

**Tabla 8.**

*Resultado de la evaluación de los parámetros fisicoquímicos determinados in situ, para los puntos de monitoreo en temporada húmeda y seca en el año 2021.*

<b>Parámetros fisicoquímicos-Temporada Húmeda</b>				
<b>Punto de muestreo</b>	<b>Parámetros</b>			
	<b>T</b> (°C)	<b>pH</b> (Unidad de pH)	<b>CE</b> (µS/cm)	<b>OD</b> (mg/L)
<b>Chullo Rio</b>	17,7	8,2	225	8,1
<b>Chullo Quebrada</b>	19,3	8,0	481	6,9
<b>Pato Rio</b>	13,7	7,1	289	7,9
<b>Pato Quebrada</b>	12,7	7,6	186	7,7
<b>Socabaya Rio</b>	16,4	8,2	235	6,9
<b>Socabaya Quebrada</b>	15,8	7,4	290	7,1
<b>Parámetros fisicoquímicos-Temporada Seca</b>				
<b>Chullo Rio</b>	16,1	7,4	274	6,9
<b>Chullo Quebrada</b>	22	7,6	445	6,3
<b>Pato Rio</b>	14,2	6,8	254	8,8
<b>Pato Quebrada</b>	15,3	6,9	259	7,2
<b>Socabaya Rio</b>	17,6	7,7	265	5,1
<b>Socabaya Quebrada</b>	16,3	7,2	273	6,8

Estableciendo que no se encuentran sobre pasando el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua categoría 3 D1, parámetros que se encuentran estipulados en el DS N°004-2017-MINAM (Anexo 4).

En el ANEXO 1 y 2 se encuentran los resultados detallados de todos los parámetros evaluados tanto para la temporada húmeda cómo para la temporada seca. A continuación, en la

**Tabla 9** se muestran los parámetros que se encuentran sobrepasando el ECA para agua categoría 3 D1 (riego de vegetales), en cada punto de monitoreo para la temporada Húmeda y en la **Tabla 10** para la temporada seca.

**Tabla 9.**

*Resultados laboratorio- Temporada Húmeda*

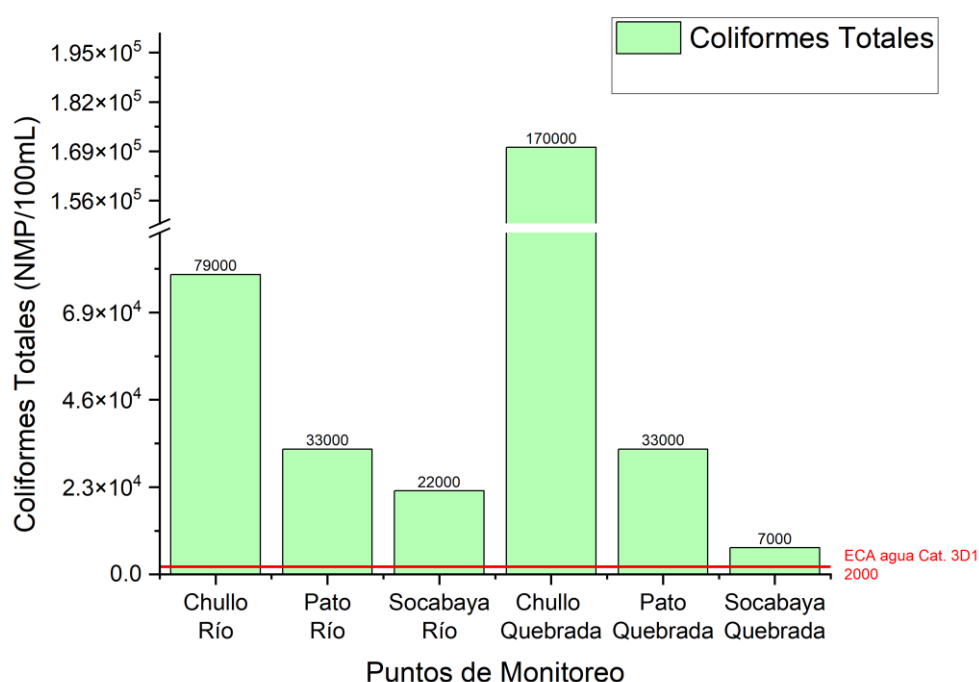
<b>RESULTADOS TEMPORADA HÚMEDA</b>							
<b>ENSAYO</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>PUNTO DE MUESTREO</b>					
		<b>RIO</b>			<b>QUEBRADA</b>		
		<b>Chullo</b>	<b>Pato</b>	<b>Socabaya</b>	<b>Chullo</b>	<b>Pato</b>	<b>Socabaya</b>
<b>Coliformes totales</b>	NMP7100ml	79000	33000	22 000	170000	33000	7000
<b>Demanda Biológica de Oxígeno</b>	mg BOD5/L	19,2	<2	8,1	60,4	<2	<2
<b>Demanda Química de oxígeno</b>	mgO2/L	223,4	360,5	29,2	1831,3	463,4	<5
<b>Aluminio</b>	mg/L	3,795	2,610	0,038	6,733	0,549	<0,003
<b>Boro</b>	mg/L	0,2614	0,1874	0,9862	0,2690	0,1675	3,6965
<b>Cadmio</b>	mg/L	<0,0002	3,6620	<0,0002	0,0002	<0,0002	<0,0002
<b>Cobre</b>	mg/L	0,0126	0,0094	0,1057	0,0216	0,0033	1,017
<b>Manganeso</b>	mg/L	0,09842	0,31218	<0,00005	0,17064	<0,00005	<0,00005

De acuerdo con los resultados obtenidos se determina que:

El parámetro de Coliformes totales sobre pasa el ECA para agua categoría 3 D1, en los 6 puntos de monitoreo tal como se visualiza en la **Figura 11**. De acuerdo con Vilcapaza et al. (2022) la presencia de este parámetro representa la existencia de contaminación fecal y por ende la presencia de materia orgánica.

**Figura 11.**

*Coliformes Totales en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda).*

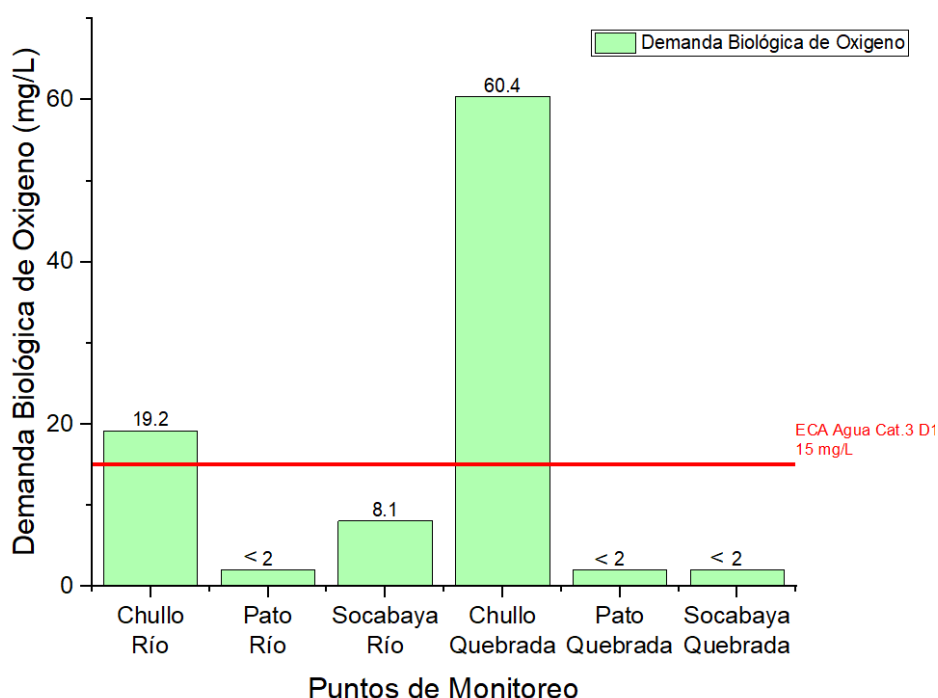


En la Figura 11 se visualizan los resultados del parámetro de Coliformes Totales mostrados en la Tabla 9, demostrando que el punto de monitoreo de Chullo Quebrada y Chullo Río son los puntos de muestreo donde existe mayor cantidad de coliformes totales, esto debido a que se localizan en la zona media de la ciudad por lo que existe mayor prevalencia de vertimientos clandestinos domiciliarios, obteniendo resultados similares al estudio realizado por Vilcapaza et al. (2022) quién realizó un modelamiento dinámico sobre la carga orgánica en el río Chili, obteniendo 92 000 NMP/100 mL de coliformes fecales, en un área de monitoreo allegada a Chullo Quebrada y Chullo Río.

Tomando en cuenta que a mayor cantidad de materia orgánica en el agua mayor es el valor de la Demanda Biológica de Oxígeno (Nadal et al., 2017). Los puntos de monitoreo de Chullo Quebrada y Chullo Río excedieron en más del 400% y 100% el parámetro de Demanda Biológica de Oxígeno de acuerdo con el ECA para agua categoría 3 D1, tal como se visualiza en la **Figura 12**, reiterándonos la excesiva cantidad de materia orgánica presente en el agua.

**Figura 12.**

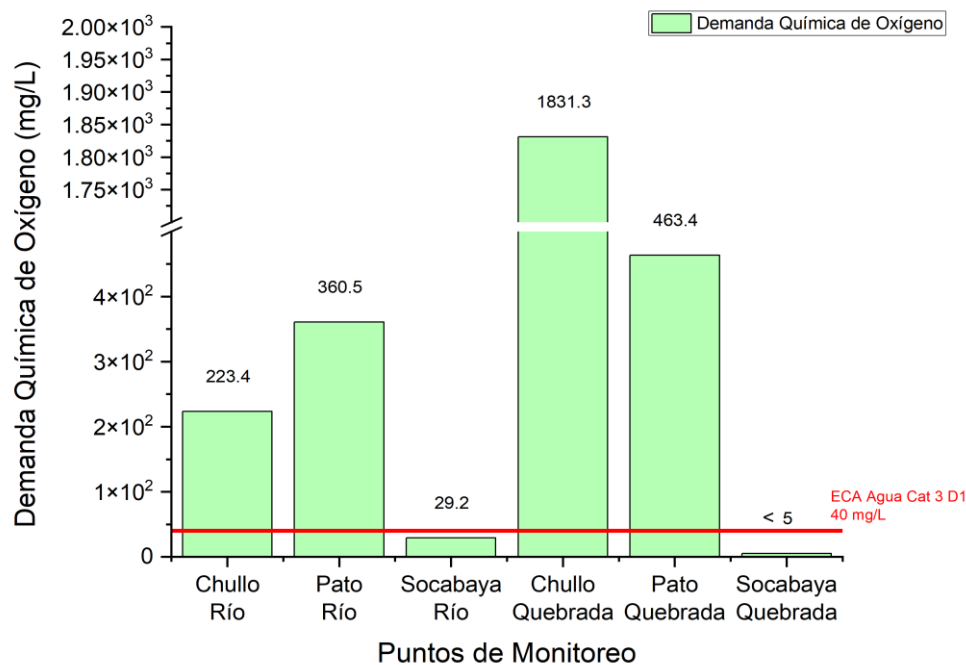
*Demanda Biológica de Oxígeno en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda).*



Los puntos de monitoreo de Chullo Quebrada, Chullo Río, Pato Quebrada y Pato Río, excedieron el parámetro de Demanda Química de oxígeno (DQO) de acuerdo con el ECA para agua categoría 3 D1; teniendo en cuenta que la DQO mide la cantidad de oxígeno que la materia orgánica necesita para oxidarse químicamente, en lugar de los niveles de materia orgánica biológicamente oxidada (Ccente y Huayllani, 2021). El punto de monitoreo de Chullo Quebrada es el punto de monitoreo donde presenta más del 4500% respecto al ECA, tal como se visualiza en la **Figura 13**.

**Figura 13.**

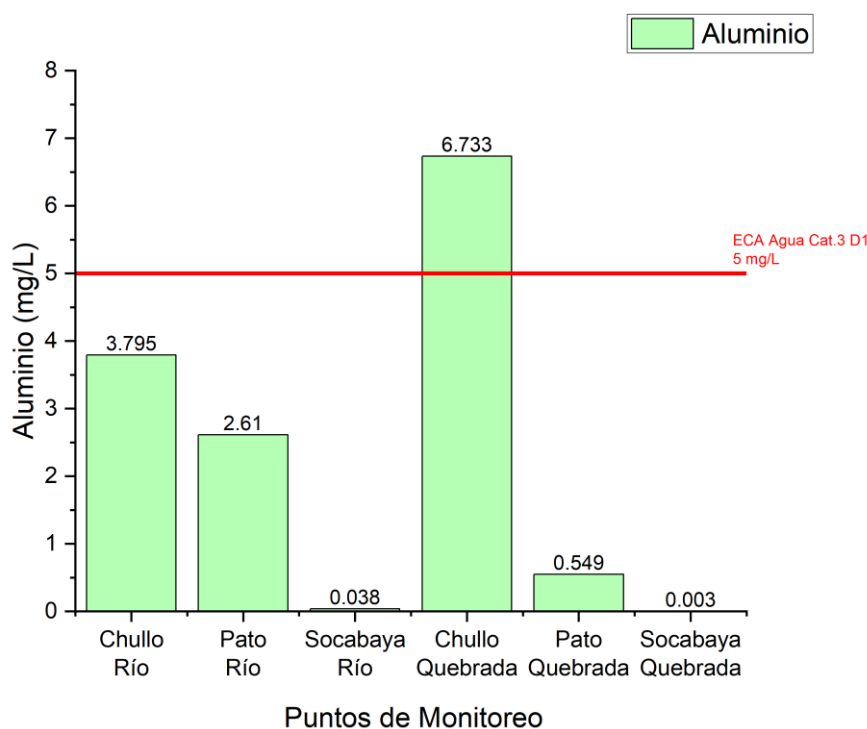
*Demanda Química de Oxígeno en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda).*



De acuerdo con los resultados obtenidos, el punto de monitoreo de Chullo Quebrada se encuentra sobre pasando el parámetro de aluminio establecido en el ECA para agua categoría 3 D1 (**Figura 14**). La presencia de este metal puede deberse a que en la temporada húmeda se presenta un incremento del caudal el cual genera la remoción de metales presente en los sedimentos o por la remoción de rocas, según la investigación realizada por Ameri et al. (2020) estableció que el aluminio en concentraciones mayores presenta una inhibición de crecimiento debido que el aluminio perjudica la división celular ya que genera un agotamiento de macronutrientes importantes como es el Ca, que es vital para la formación de la estructura de la pared celular.

**Figura 14.**

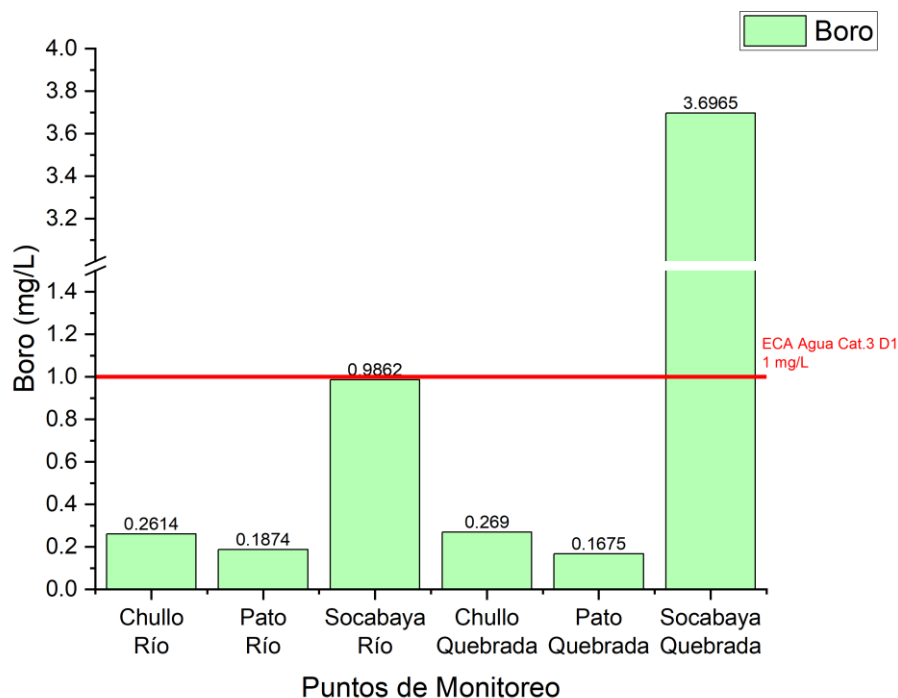
*Aluminio en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda).*



De acuerdo con Kim et al. (2023) el boro es un metaloide que se utiliza en la fabricación de cristalería y lejía y es un ingrediente en fertilizantes, herbicidas e insecticidas, existe de forma natural como un compuesto con elementos como el oxígeno y el nitrógeno a pesar de ser un microelemento esencial para los organismos, puede ser tóxico para los organismos acuáticos, especialmente en altas concentraciones. De acuerdo con los resultados obtenidos para la temporada Húmeda el punto de monitoreo de Socabaya quebrada presenta un valor de 3.6965 mg/L sobre pasando ECA para agua categoría 3 D1, tal como se visualiza en la **Figura 15**.

**Figura 15.**

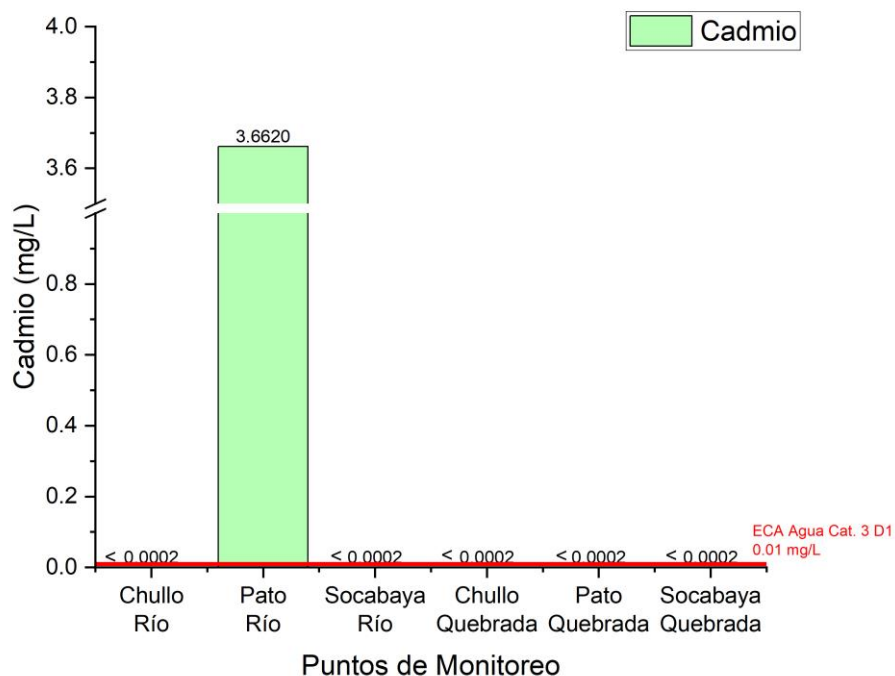
*Boro en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda).*



La presencia de precipitaciones pluviales trae consigo el surgimiento de algunos metales en los ríos, debido a la remoción de los contaminantes debido por un proceso de erosión o remoción de los sedimentos. Según Khiat et al. (2023) el cadmio (Cd) pertenece al grupo de metales no esenciales los cuales son tóxicos incluso en dosis bajas, teniendo en cuenta que el grado de inhibición depende de la concentración del metal. De acuerdo con los datos obtenidos el punto de monitoreo de Pato Río (PR) es el único punto de monitoreo que sobrepasa el ECA para Agua categoría 3 D1, tal como se visualiza en la **Figura 16**.

**Figura 16.**

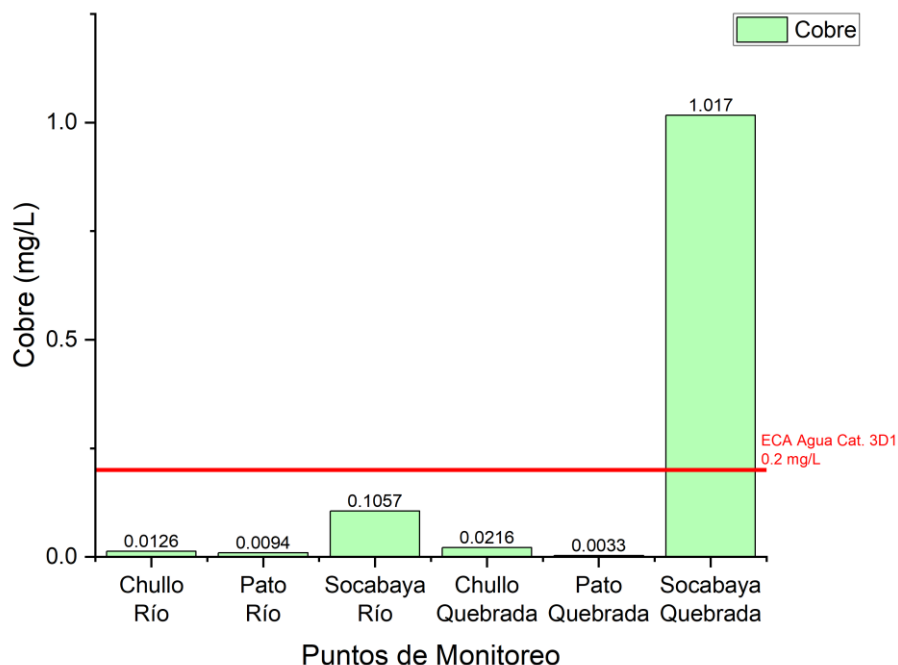
*Cadmio en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda)*



De acuerdo con los resultados del laboratorio el cobre se encuentra sobre pasando el ECA para Agua categoría 3 D1, en el punto de monitoreo de Socabaya Quebrada, tal como se visualiza en la **Figura 17**. Según Şentürk et al. (2019) el cobre pertenece a los metales esenciales para el crecimiento de las microalgas sin embargo de acuerdo con Zhang et al. (2014) las altas concentraciones de cobre generan una inhibición en el crecimiento de las microalgas ya que el Cu influye en una disminución sustancial de compuestos como betaína y glicerofosfolina, lo que ocasiona un desequilibrio redox inducido por el Cobre.

**Figura 17.**

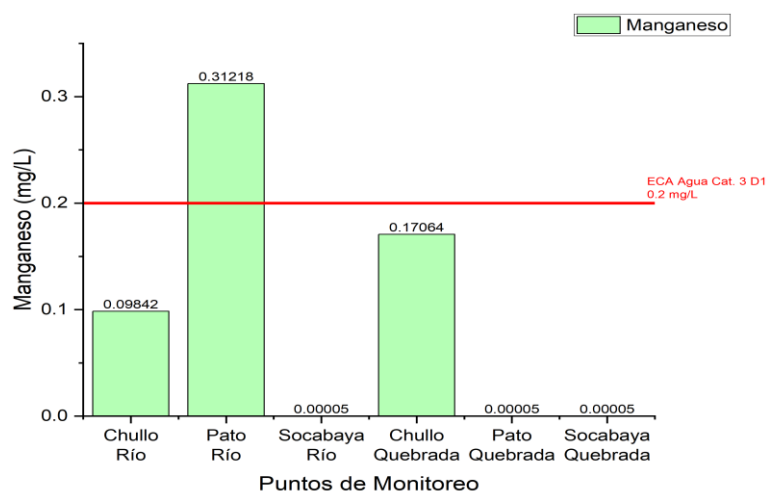
*Cobre en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda).*



El Manganeseo de acuerdo con Smythers et al. (2019) pertenece al grupo de metales de transición naturalmente abundante, por lo general se encuentra en su estado divalente, este metal se encuentra en los cuerpos hídricos proveniente de industrias de acero, fundición, minería y en el uso de pesticidas, de acuerdo con la investigación realizada por Smythers et al. (2019), este metal tiende a bioacumularse dentro de la microalga *Chlorella vulgaris* debido a que es empleado para el proceso de fotosíntesis, si bien es cierto que este metal es altamente tóxico para los vertebrados, para los productores ocasiona lo contrario. Los resultados obtenidos nos muestran que el punto de monitoreo de Pato Río se encuentra superando el ECA para Agua categoría 3 D1, tal como se visualiza en la **Figura 18**.

**Figura 18.**

*Manganeso en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda).*



Los resultados de los parámetros evaluados para la temporada Seca que se encuentran sobrepasando el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, categoría 3: Riego de vegetales restringido y no restringido (D1), estipulado en el DS N°004-2017-MINAM, se visualizan en la **Tabla 10**.

**Tabla 10.**

*Resultados de laboratorio- Temporada Seca*

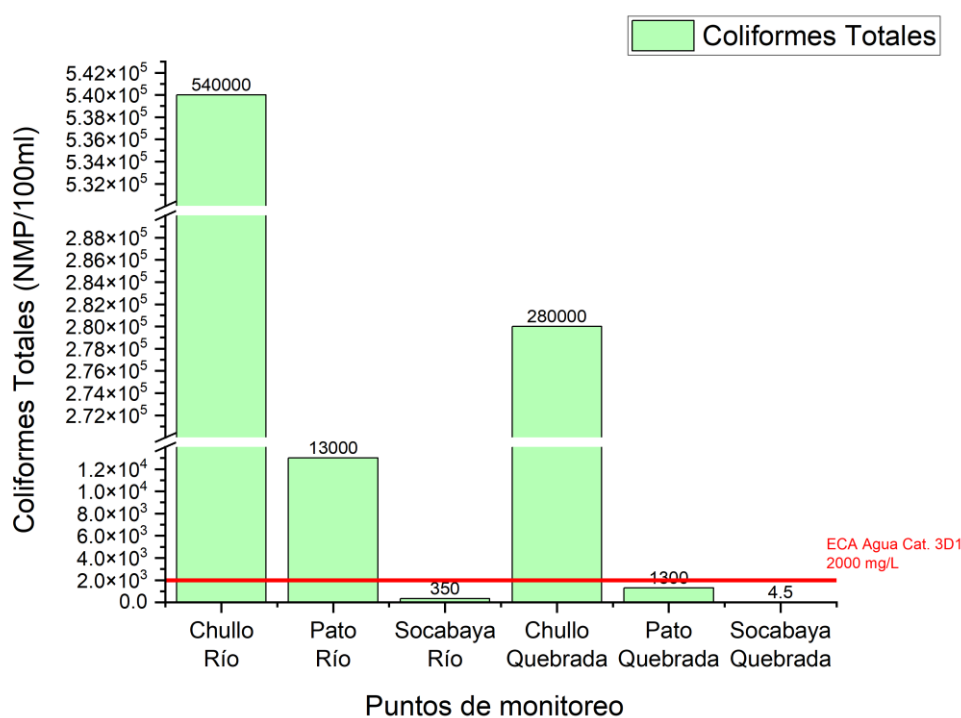
RESULTADOS TEMPORADA SECA							
ENSAYO	Unidad de medida	PUNTO DE MUESTREO					
		RIO			QUEBRADA		
		Chullo	Pato	Socabaya	Chullo	Pato	Socabaya
<b>Coliformes totales NMP</b>	NMP/7100ml	540000	13000	350	280000	1300	4,5
<b>Demanda Biológica de Oxígeno</b>	mg BOD5/L	20,8	<2,0	<2,0	37	<2,0	<2,0
<b>Demanda Química de oxígeno</b>	mgO2/L	84,2	<5,0	<5,0	141,7	<5,0	<5,0
<b>Detergentes</b>	mg/L	1,343	<0,025	<0,025	3,212	<0,025	<0,025
<b>Boro</b>	mg/L	0,2850	0,2452	0,3953	0,3245	0,249	6,7150

Los resultados del parámetro evaluado de coliformes totales establecen que los puntos de monitoreo de Chullo Río, Chullo Quebrada, Pato Río y Pato Quebrada, se encuentran sobre pasando el ECA para agua categoría 3 D1, así como se visualiza en la **Figura 19**. De acuerdo con Vilcapaza et al. (2022) este excedente se podría deber a la prevalencia de zonas urbanas dentro de estos puntos de monitoreo, ya que, a diferencia de estos, los puntos de monitoreo de Socabaya Río y Socabaya Quebrada al presentar mayor prevalencia de zonas agrícolas, no se encuentra excediendo este parámetro.

Según Gosset et al. (2018) nos menciona la problemática que representa la calidad del agua en temporada húmeda es debido al desbordamiento ocasionado por las lluvias, generando un arrastre de contaminantes, razón por la cual este parámetro se encontraría excediendo en todos los puntos de monitoreo en la temporada húmeda (**Tabla 9**) en comparación con la temporada seca.

**Figura 19.**

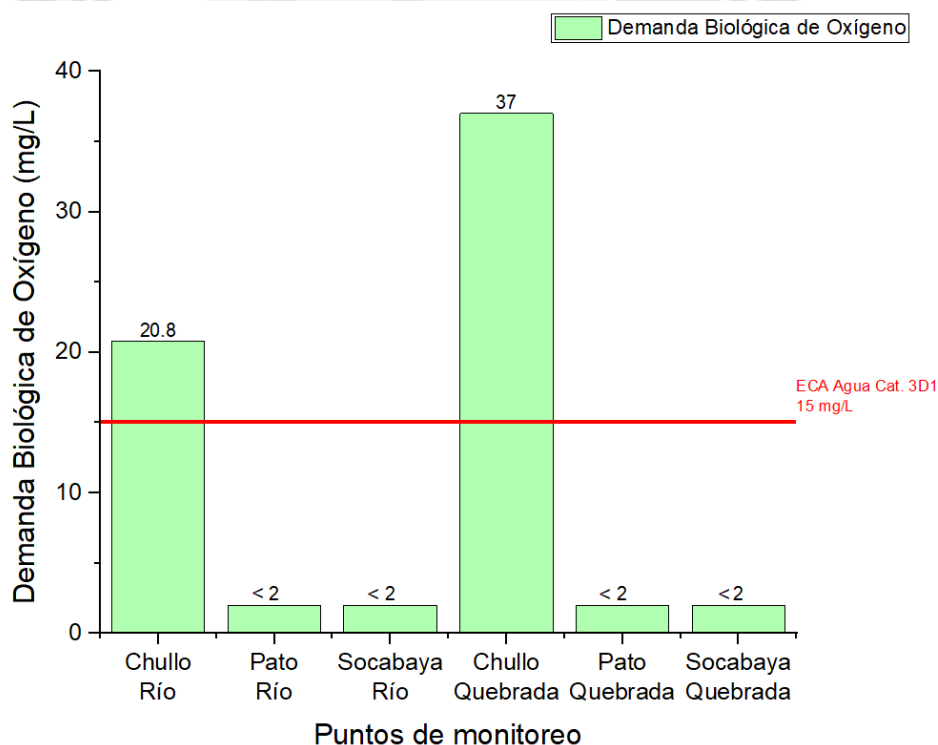
*Coliformes Totales en los puntos de monitoreo (Temporada Seca).*



El parámetro de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) de acuerdo con el ECA para agua categoría 3 D1, establece un valor máximo de 15 mg/L por lo cual de acuerdo con los resultados del laboratorio se determina que los puntos de monitoreo de Chullo Río y Chullo Quebrada sobrepasan este parámetro (**Figura 20**). Si bien es cierto que tanto en la temporada húmeda como en la temporada seca, sólo los puntos de monitoreo de Chullo Río y Chullo Quebrada se encuentran excediendo el ECA para agua categoría 3 D1, es en la temporada seca donde se visualiza una reducción en su concentración, esto debido quizá a la disminución del arrastre de contaminantes como sucedió en la temporada húmeda, además es sólo en estos puntos de monitoreo donde se presenta un exceso, esto debido quizás a la ubicación de los puntos de monitoreo, ya que se encuentran en la zona media donde prevalece las zonas urbanas.

**Figura 20.**

*Demanda Biológica de Oxígeno en los puntos de monitoreo (Temporada Seca).*

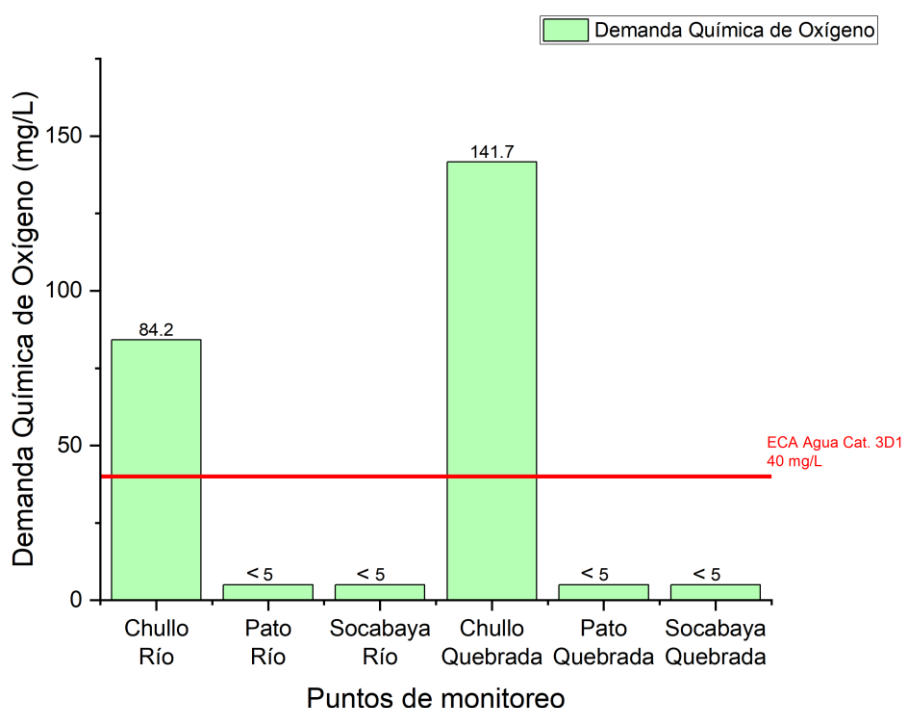


Los puntos de monitoreo de Chullo Río y Chullo Quebrada se encuentran superando el parámetro de Demanda Química de Oxígeno establecido en ECA para agua categoría 3 D1

(Figura 21). A diferencia con la temporada húmeda, es en la temporada seca, donde se visualiza menores puntos de monitoreo que exceden este parámetro, esto debido a la disminución del arrastre de los contaminantes ocasionados por el incremento del caudal debido a las lluvias, así como lo indica Gosset et al. (2018) quien nos explica las dificultades de los bioensayos en temporadas húmedas.

### Figura 21.

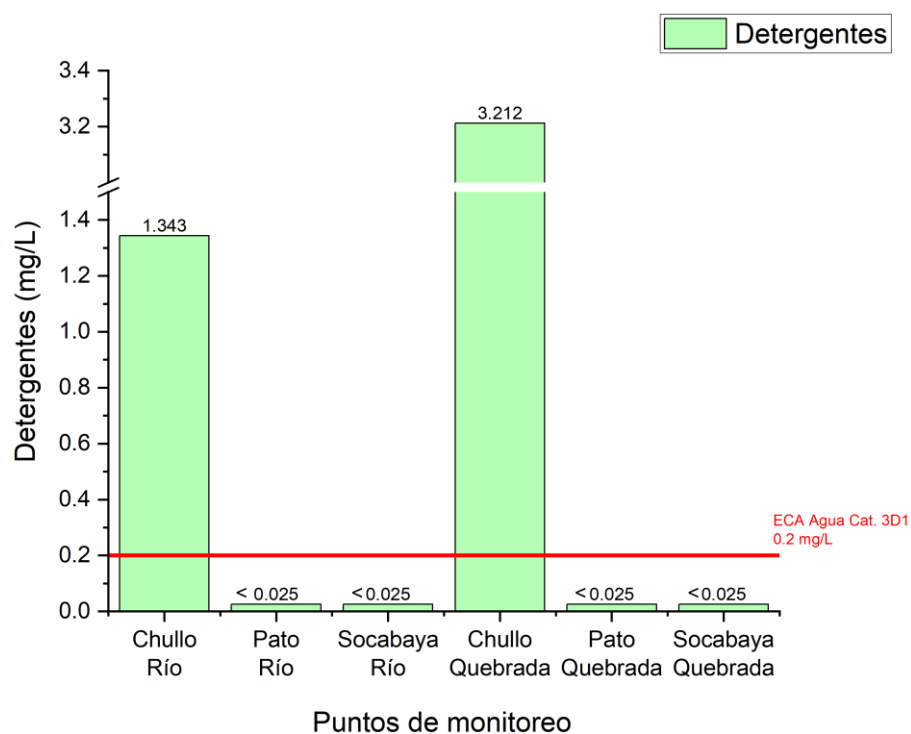
*Demanda Química de Oxígeno en los puntos de monitoreo (Temporada Seca).*



El análisis de detergentes demostró que los puntos de Chullo Río y Chullo quebrada se encuentran superando el ECA para agua categoría 3 D1, tal como se visualiza en la Figura 22. Castiglioni y Collins (2010) nos indican que los detergentes contienen fósforo por lo que propicia que se genere un proceso de eutrofización dentro del cuerpo acuático.

**Figura 22.**

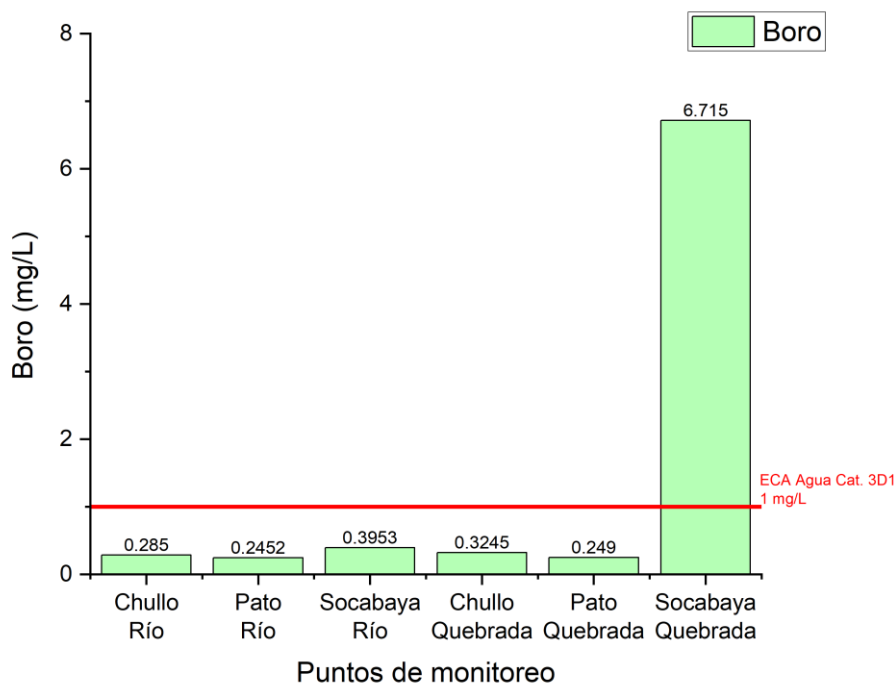
*Detergentes en los puntos de monitoreo (Temporada Seca).*



El parámetro de boro es el único metal que se encuentra superando el ECA para agua categoría 3 D1, en la temporada Seca, teniendo como resultado que el punto de monitoreo Socabaya Quebrada es el único punto de monitoreo que supera este parámetro (**Figura 23**). A diferencia de la temporada húmeda es en la temporada Seca donde se tiene mayor concentración de este metal debido a la falta de precipitaciones pluviales y que este punto de monitoreo se localiza en zonas agrícolas, además según Kim et al. (2023) este metal es un ingrediente de fertilizantes, herbicidas e insecticidas y que existe de forma natural.

**Figura 23.**

*Boro en los puntos de monitoreo (Temporada Seca).*



Al realizar una comparación entre ambas temporadas podemos establecer que es en la temporada húmeda dónde existe mayor cantidad de parámetros que se encuentran sobre pasando el ECA para agua, esto debido quizá al incremento del caudal el cuál generaría la remoción de los contaminantes localizados en los sedimentos, además es en la temporada húmeda donde debido a las intensas lluvias se genera el colapso de la red de alcantarillado el cual podría desembocar en el río chili, de igual manera en las zonas agrícolas debido a las intensas lluvias por filtración se generaría el arrastre de contaminantes que desembocarían en el río chili; sin embargo, es en la temporada seca donde existe mayor concentración de estos contaminantes, esto debido a la disminución en la dilución de los contaminantes dada la ausencia de lluvias.

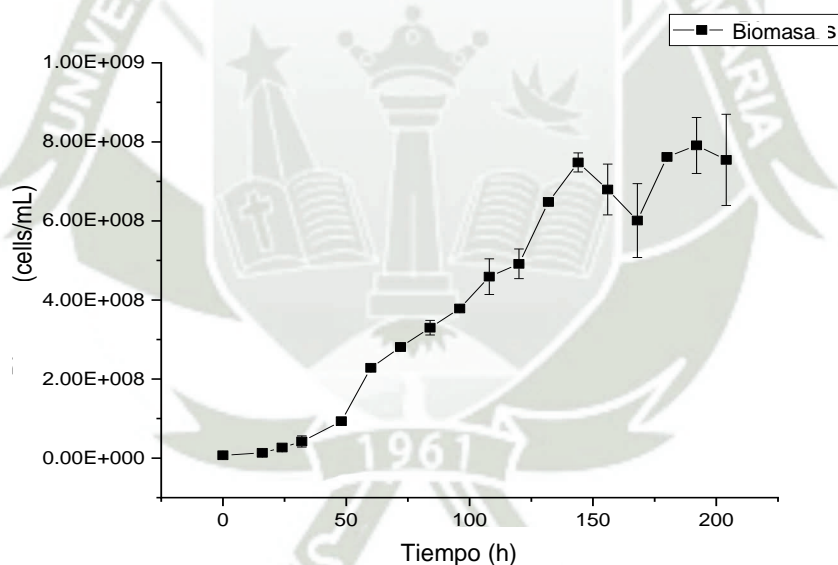
## 4.2 Evaluación ecotoxicológica empleando la *Chlorella vulgaris* como bioindicador acuático.

### 4.2.1 Curva de Crecimiento

Con la finalidad de conocer la cinética del crecimiento de la microalga *Chlorella vulgaris* para determinar el inicio de la fase exponencial y así dar comienzo a los bioensayos de inhibición, se determinó que la fase exponencial inicia a las 96 horas por lo tanto es el tiempo óptimo para poder emplear las microalgas a las pruebas ecotoxicológicas, tal como se refleja en la **Figura 24**.

**Figura 24.**

*Curva de crecimiento de la microalga Chlorella vulgaris*



### 4.2.2 Pruebas de sensibilidad de la microalga *Chlorella vulgaris*

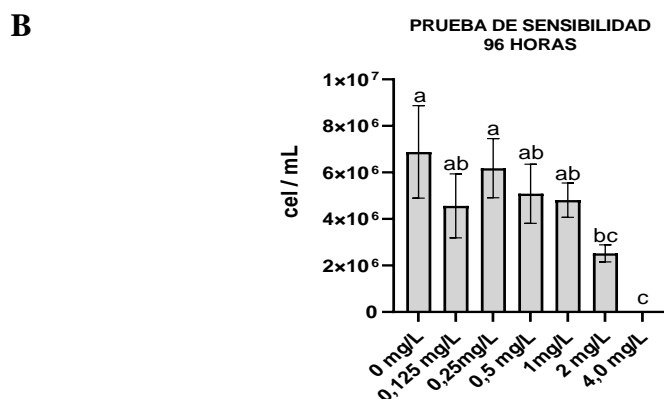
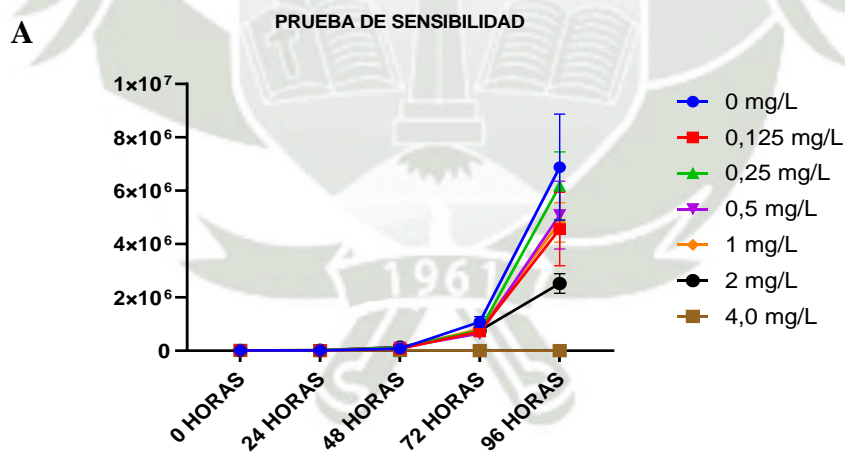
Con el objetivo de comprobar la sensibilidad de la microalga *Chlorella vulgaris*, se realizó una prueba de sensibilidad utilizando como tóxico de referencia el sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), para las concentraciones de 4,0 mg/L, 2mg/L, 1,0 mg/L, 0,5 mg/L, 0,25m/L, 0,125mg/L y 0,0 mg/L.

Teniendo como resultado que el número de células del control (0 mg/L) a las 96 horas presentó una tendencia en aumento, alcanzando el valor máximo de  $6,88 \times 10^6 \pm 1.98 \times 10^6$  cel/ mL, cumpliendo así lo establecido por la EPA, (2002), ya que el valor fue mayor a  $1 \times 10^6$  cel/mL.

El efecto inhibitorio se empezó a notar desde las 24 horas en todas las concentraciones (Figura 25), siendo la concentración 4,0 mg/L la de mayor inhibición, esta inhibición se debe a que las altas concentraciones de Cu influyen en una disminución sustancial de compuestos como betaína y glicerofosfocolina, lo que ocasiona un desequilibrio redox inducido por el Cu (Zhang et al., 2014).

**Figura 25.**

A: Curvas de crecimiento microalgal durante de la prueba de sensibilidad, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal de la prueba de sensibilidad a las 96 horas.



En la **Tabla 11** podemos visualizar el promedio de las réplicas de las concentraciones a las 96 horas, teniendo como resultado que los valores de NOEC y LOEC evidencian la toxicidad del  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  a partir de la concentración 0,125 mg/L, de igual manera se determinó la concentración media efectiva (CE50), valor que representaría en este caso la inhibición del 50% de la densidad microalgal, en ese entender la CE50 a las 96 horas respecto al control fue de 0.014 mg/L.

**Tabla 11.**

*Resultados de la prueba de sensibilidad de la microalga *Chlorella vulgaris* al sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ).*

Concentraciones (mg/L)	96 horas	Sig.
0.00	6.88E+06 ± 1.98E+06	a
0,125	4.56E+06 ± 1.37E+06	ab
0,25	6.18E+06 ± 1.27E+06	a
0,5	5.09E+06 ± 1.27E+06	ab
1	4.81E+06 ± 7.39E+05	ab
2	2.52E+06 ± 3.62E+05	bc
4	7.50E+03 ± 1.02E+03	c
NOEC	0	
LOEC	0,125	
CE50	0.014	
S-W	0.97	
Sig.	>0.100	
Levene	5.81	
Sig.	0.001	
K-W	-	
Sig.	-	
F	15.71	
Sig	0.000	

*Nota:* Sig.: significancia estadística; h=horas; DE: desviación estándar. Las letras que figuran en minúscula para cada columna representan la variación en la significación entre las variables de los tratamientos (prueba de Tukey  $p < 0,05$ ). NOEC: concentración en la que no se observa efecto; LOEC: concentración más baja en la que se observa efecto; CE50= concentración inhibitoria media. Los valores de las variables analizadas corresponden al promedio de las cuatro réplicas. S-W: prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad.

Estadístico de Levene: prueba para evaluar la homocedasticidad. F: estadístico de Fisher del Anova; K-W prueba de Kruskal – Wallis. Todas las tablas a continuación presentarán el mismo pie de página.

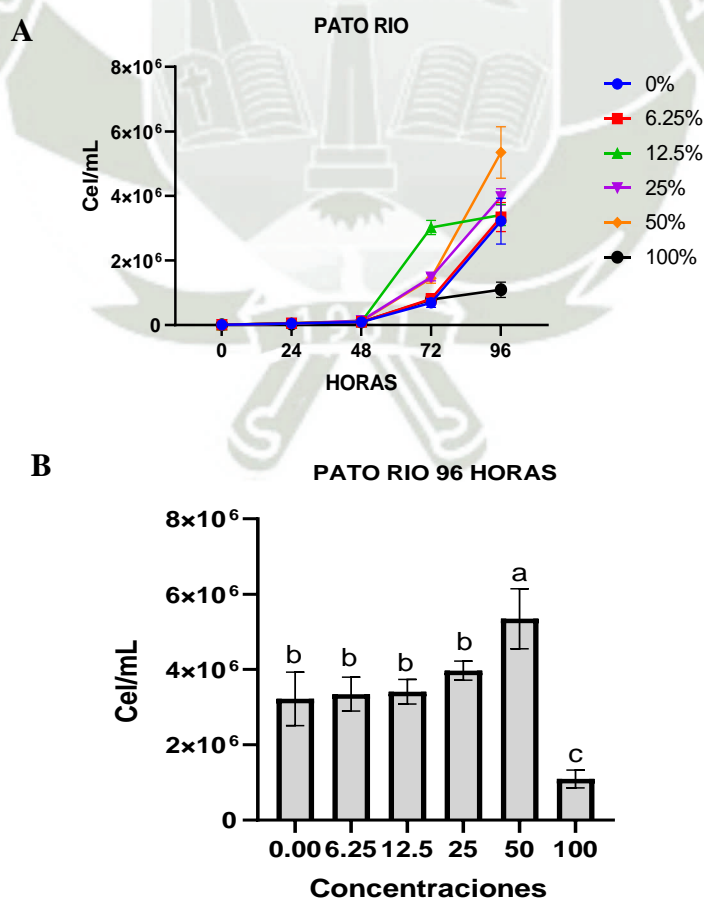
#### 4.2.3 Resultados evaluados en la temporada húmeda

##### 4.2.3.1 Punto de Monitoreo Pato Río (PR)

En la **Figura 26**, se puede observar el crecimiento microalgal durante las 96 horas evaluadas para cada concentración. El análisis posttest de Tukey a las 96 horas nos determinó que las concentraciones 50% y 100% presentan una diferencia estadísticamente significativa.

**Figura 26.**

*A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Pato Río de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Pato Río a las 96 horas (Temporada Húmeda).*



La concentración al 100% es la concentración con mayor inhibición de crecimiento teniendo como número de células  $1.09E+06 \pm 2.37E+05$  cel/mL, esta inhibición se debe a que la calidad del agua se ve afectada por la presencia de metales pesados como es el Cadmio y Manganeseo, los cuales presentan concentraciones de 3,662 mg/L y 0.31218 mg/L respectivamente, sobrepasando el ECA para aguas categoría 3 D1el cual establece 0.01 y 0.2 mg/L, de acuerdo con Xiao et al. (2023) las bajas concentraciones de metales pesados no inhiben el crecimiento en las microalgas sin embargo la alta concentración si, por lo que a partir de 0.13 mg/L de Cd  $2+$  presenta inhibición en el crecimiento de la microalga *Chlorella vulgaris*, sin embargo el manganeso al pertenecer al grupo de metales esenciales, es decir metales que se emplean en el proceso metabólico, Smythers et al. (2019) confirman que una mayor exposición al manganeso no tiene un efecto inhibitor significativo sobre *C. vulgaris*, debido a que se encuentra involucrado en el centro de reacción del fotosistema y desempeña un papel importante en la captura de luz.

Se determinó que los índices ecotoxicológicos para el punto de monitoreo de PR fueron: NOEC es 25%, LOEC es 50%, CE50 es 67.04% (**Tabla 12**). Evidenciando de tal manera que es a partir de la concentración de 50% es donde se evidencian los cambios en cuanto a la densidad celular, y que la concentración al 67 % representaría la concentración donde se evidencia el 50% de cambios en cuanto el crecimiento microalgal, en este caso se trataría de una inhibición de crecimiento.

**Tabla 12.**

*Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas para el punto de monitoreo de Pato Rio-  
Temporada Húmeda*

<b>PATO RIO</b>	
<b>Concentraciones (%)</b>	96 horas
	cel/mL
<b>0.00</b>	3.22E+06 ± 7.10E+05
<b>6.25</b>	3.34E+06 ± 4.49E+05
<b>12.5</b>	3.41E+06 ± 3.29E+05
<b>25</b>	3.97E+06 ± 2.58E+05
<b>50</b>	5.34E+06 ± 7.93E+05
<b>100</b>	1.09E+06 ± 2.37E+05
<b>NOEC, %</b>	25
<b>LOEC, %</b>	50
<b>CE50, %</b>	67.04
<b>S-W</b>	0.943
<b>Sig.</b>	>0.100
<b>Levene</b>	1.12
<b>Sig.</b>	0.385
<b>K-W</b>	
<b>Sig.</b>	
<b>F</b>	29.000
<b>Sig</b>	0.000

#### **4.2.3.2 Punto de Monitoreo Pato Quebrada (PQ)**

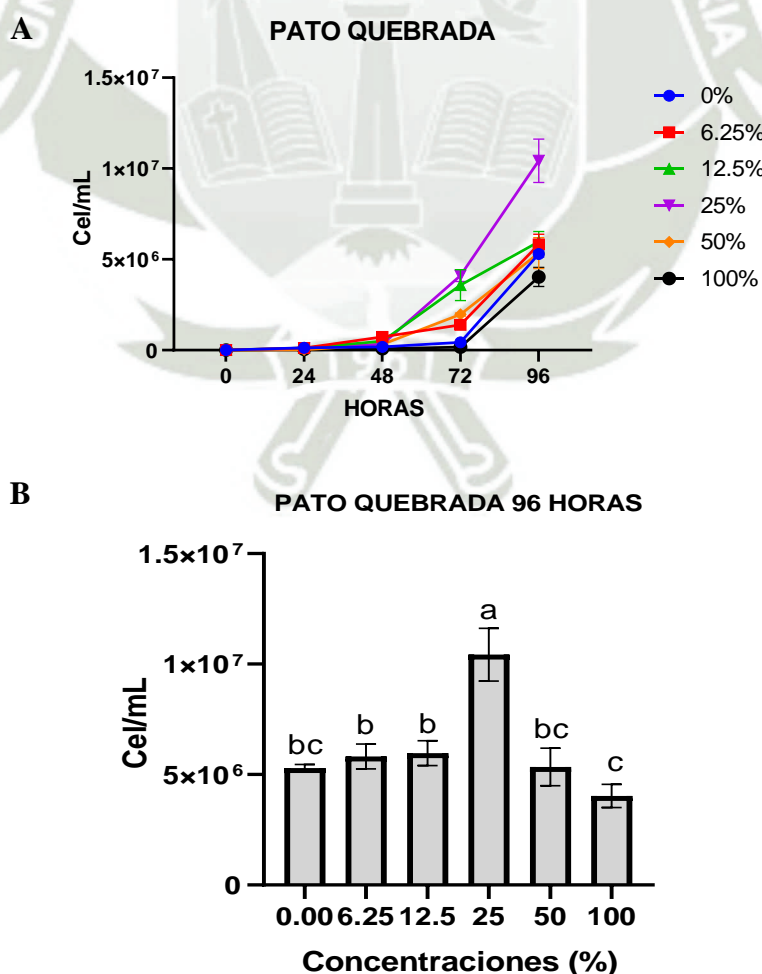
El punto de monitoreo de Pato Quebrada mostró un crecimiento microalgal respecto al control, tal como se muestra en la **Figura 27**. El análisis posttest de Tukey nos determinó que la concentración 25% y 100% presentan una diferencia estadísticamente significativa respecto a todas las concentraciones, siendo la concentración 25%, la cual presenta mayor crecimiento microalgal, se estima que este crecimiento es debido a la sobrecarga de nutrientes que presenta siendo una concentración diluida ya que presenta 25% de la muestra y 75% de medio nutritivo, además es a partir de esta concentración que las concentraciones siguientes presentaría inhibición de crecimiento como es el caso del 50% y la concentración del 100% la cual presenta mayor inhibición de crecimiento, esto debido que la calidad del agua del cuerpo hídrico presenta una sobre carga de nutrientes(**Tabla 9**), estimando el inicio de un proceso de

eutrofización, donde la concentración al 100% al ser la concentración pura ya presentaría un estado de Hipoxia.

De acuerdo con Dollah et al. (2024) emplearon la microalga *Chlorella vulgaris* como un método sostenible y rentable para eliminar contaminantes de las aguas residuales, incluidos nutrientes como nitrógeno total (TN) y fósforo total (TP), materia orgánica, demanda biológica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO), obteniendo como resultado la eliminación más del 60% de ellos en diversas condiciones y operaciones de cultivo.

**Figura 27.**

A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Pato Quebrada de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Pato Quebrada a las 96 horas (Temporada Húmeda).



En la **Tabla 13** se determinan los valores NOEC y LOEC a las 96 horas, teniendo como resultado que a partir de la concentración 25% se evidencia la toxicidad de la microalga *Chlorella vulgaris* respecto a la variable estudiada. La concentración media efectiva (CE50) determinada fue de 70.09%, determinando que es en esta concentración donde se evidenciaría una inhibición del crecimiento microalgal en un 50%.

**Tabla 13.**

*Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Pato*

*Quebrada-Temporada Húmeda.*

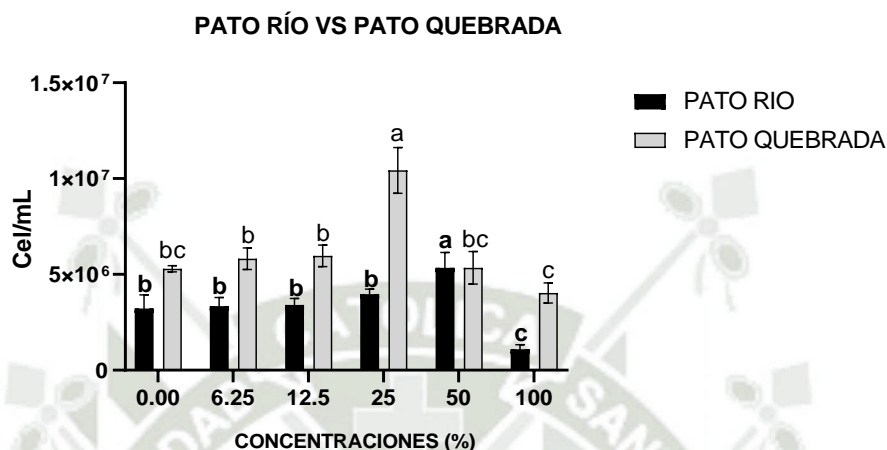
<b>PATO QUEBRADA</b>		
<b>Concentraciones (%)</b>	<b>96 horas</b>	
	<b>cel/mL</b>	
		<b>Sig.</b>
<b>0.00</b>	5.29E+06 ± 1.63E+05	bc
<b>6.25</b>	5.81E+06 ± 5.64E+05	b
<b>12.5</b>	5.97E+06 ± 5.63E+05	b
<b>25</b>	1.04E+07 ± 1.20E+06	a
<b>50</b>	5.34E+06 ± 8.50E+05	bc
<b>100</b>	4.03E+06 ± 5.28E+05	c
<b>NOEC, %</b>	12.5	
<b>LOEC, %</b>	25	
<b>CE50, %</b>	70.09	
<b>S-W</b>	0.864	
<b>Sig.</b>	0.029	
<b>Levene</b>	2.39	
<b>Sig.</b>	0.079	
<b>K-W</b>	17.63	
<b>Sig.</b>	0.003	
<b>F</b>		
<b>Sig</b>		

#### 4.2.3.3 Comparación de los Puntos de Monitoreo: PR y PQ

Al realizar una comparación de ambos puntos de monitoreo podemos determinar que el punto de monitoreo de PR presenta un menor crecimiento microalgal respecto a PQ, si bien es cierto que ambos puntos de monitoreo presentan una sobre carga de nutrientes (**Tabla 9**), PR presenta contaminación por Cadmio en su calidad de cuerpo hídrico a diferencia de PQ (**Figura 28**).

**Figura 28.**

*Gráfico de Barras del crecimiento microalgal en los puntos de monitoreo Pato Río y Pato Quebrada durante las 96 horas.*



Los índices ecotoxicológicos nos determinan qué temporada presentaría mayor toxicidad, en ese entender, PQ presenta el LOEC en la concentración al 25% siendo menor que en PR, por lo que estimaríamos que es más tóxico, sin embargo, la CE50 la cual representa al 50% de la población que presenta un efecto se calcula analizando toda la curva de crecimiento por lo cual nos representaría con mayor importancia la calidad del cuerpo hídrico; debido a ello el punto de monitoreo de PR presenta mayor toxicidad que PQ, esto se justificaría con la caracterización del cuerpo hídrico dado que es en PR donde se encuentra la presencia de Mn y Cd, a diferencia de PQ.

#### 4.2.3.4 Punto de Monitoreo Chullo Río (CQ)

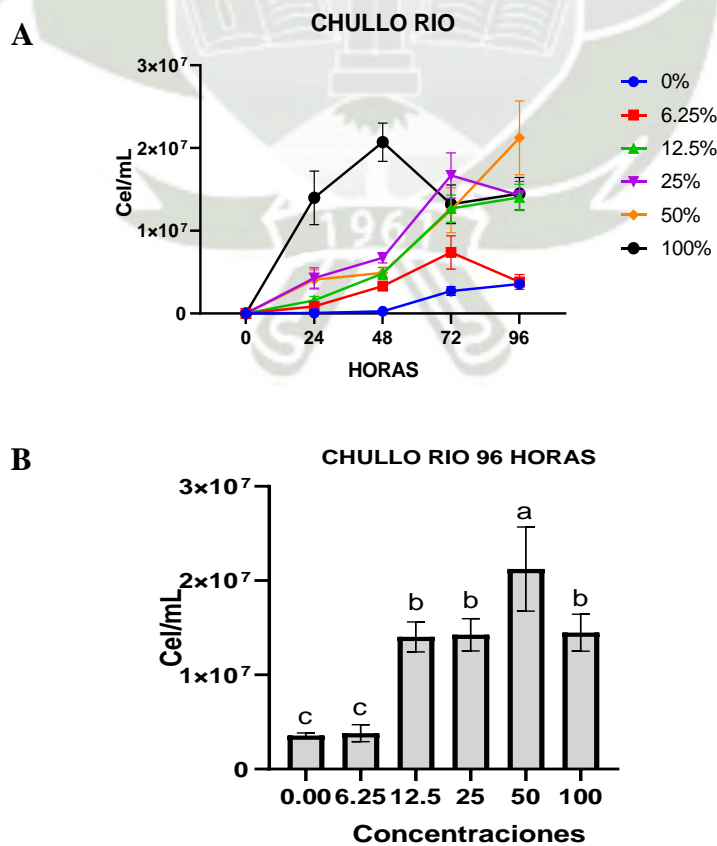
El control (0%) presentó como densidad final de  $3.56E+06 \pm 2.60E+05$  cel/mL a las 96 horas, comprobando de tal manera la viabilidad de la evaluación según EPA, (2002).

De acuerdo con los resultados del laboratorio **Tabla 9**, la calidad del cuerpo hídrico se encuentra con una sobre carga de nutrientes, los cuales han permitido el sobre crecimiento microalgal respecto al control, razón por la cual todas las concentraciones son mayores a las del control (**Figura 29**). Además de acuerdo con los resultados del laboratorio la concentración

de Fósforo (P) en este punto de monitoreo fue de 0.671 mg/L, y aunque este parámetro no se encuentre estipulado dentro del ECA para Agua categoría 3, sin embargo, si se contempla para la categoría 4 (fósforo=0.05mg/L) sobre pasando el ECA. De acuerdo con la investigación realizada por Hernández (2022) el P es un macroelemento fundamental para el crecimiento y la reproducción de la microalga *chlorella vulgaris*, su concentración determina la tasa de crecimiento microalgas, es decir a mayor concentración mayor crecimiento microalgal esto debido a que la limitación de este macronutriente genera una limitación en la síntesis de ácidos nucleicos afectando así el nivel de síntesis del RNA, trayendo consigo la disminución de la tasa de crecimiento.

**Figura 29.**

A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Chullo Rio de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Chullo Río a las 96 horas (Temporada Húmeda).



Los índices de toxicidad NOEC y LOEC determinaron que a partir de la concentración 12.5% empiezan a presentar cambios toxicológicos significativos, y es en la concentración 71.14% donde se obtiene el CE50 (**Tabla 14**).

**Tabla 14.**

*Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Chullo Río-  
Temporada Húmeda.*

<b>CHULLO RIO</b>		
<b>Concentraciones (%)</b>	<b>96 horas cel/mL</b>	<b>Sig.</b>
<b>0.00</b>	3.56E+06 ± 2.60E+05	c
<b>6.25</b>	3.81E+06 ± 9.04E+05	c
<b>12.5</b>	1.40E+07 ± 1.56E+06	b
<b>25</b>	1.42E+07 ± 1.70E+06	b
<b>50</b>	2.12E+07 ± 4.49E+06	a
<b>100</b>	1.45E+07 ± 1.93E+06	b
<b>NOEC, %</b>	6.25	
<b>LOEC, %</b>	12.5	
<b>CE50, %</b>	71.14	
<b>S-W</b>	0.934	
<b>Sig.</b>	>0.100	
<b>Levene</b>	2.42	
<b>Sig.</b>	0.076	
<b>K-W</b>		
<b>Sig.</b>		
<b>F</b>	37.84	
<b>Sig</b>	0.000	

#### **4.2.3.5 Punto de Monitoreo Chullo Quebrada (CQ)**

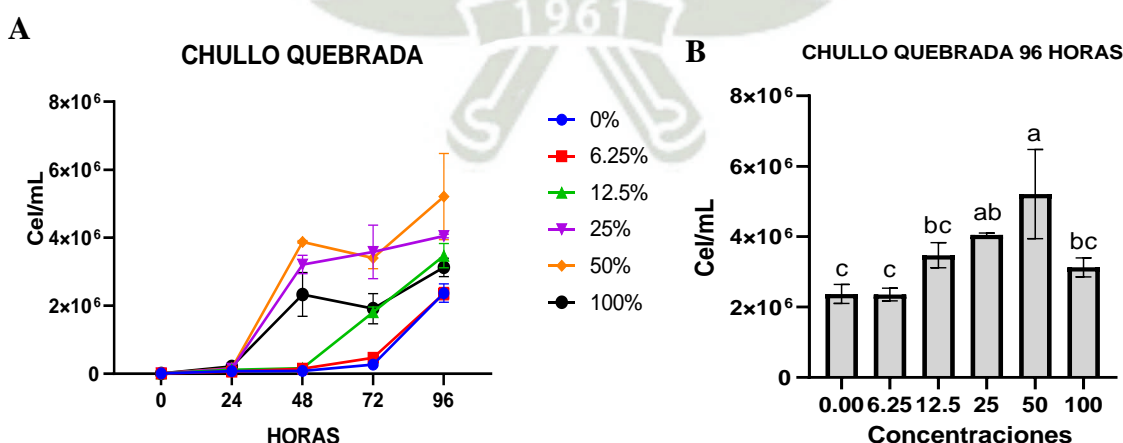
El punto de monitoreo de Chullo Quebrada cumple con el criterio de aceptabilidad según EPA, (2002), dado que el control a las 96 horas tiene como numero de células mayor a  $\geq 1 \times 10^6$  cél/mL. Las concentraciones 12.5%, 25%, 50% y 100% presentan una tendencia microalgal creciente respecto al control tal como se visualiza en la **Figura 30**, debido a que el cuerpo hídrico presenta una sobre carga de nutrientes (**Tabla 9**). Según Dollah et al. (2024)

empleó la *Chlorella vulgaris* para bioremediar cuerpos hídricos que presentan sobre carga de nutrientes, teniendo como resultado la biorremediación del 60%.

La concentración de Fósforo (P) en CQ fue de 1.210 mg/L, siendo el punto de monitoreo donde existe mayor concentración en comparación con el resto. De acuerdo con la investigación realizada por Hernández (2022), estableció que a mayor concentración de Fósforo (P) mayor es su biomasa, debido a su importancia para la síntesis de ácidos nucleicos lo cual se ve influenciado en el crecimiento y sobre todo en la reproducción de la microalga *Chlorella vulgaris*, razón por la cual existe crecimiento micro algal en este punto de monitoreo a pesar de que el parámetro de Aluminio se encuentra sobrepasando el ECA para Agua Cat 3D1 (6.733 mg/L), ya que de acuerdo con la investigación realizada por Ameri et al. (2020), el aluminio en altas concentraciones genera el agotamiento de los macronutrientes como por ejemplo el calcio el cual brinda la estructura de la pared celular.

**Figura 30.**

A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Chullo Quebrada de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Chullo Quebrada a las 96 horas (Temporada Húmeda).



Los índices ecotoxicológicos NOEC y LOEC determinaron que a partir de la concentración de 12.5% existen cambios ecotoxicológicos, y es en la concentración 66.42% donde se evidencia la CE50 (**Tabla 15**).

**Tabla 15.**

*Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Chullo Quebrada-Temporada seca.*

<b>CHULLO QUEBRADA</b>		
Concentraciones (%)	96 horas cel/mL	Sig.
<b>0.00</b>	2.37E+06 ± 2.70E+05	c
<b>6.25</b>	2.35E+06 ± 1.82E+05	c
<b>12.5</b>	3.47E+06 ± 3.58E+05	bc
<b>25</b>	4.05E+06 ± 5.44E+04	ab
<b>50</b>	5.21E+06 ± 1.27E+06	A
<b>100</b>	3.13E+06 ± 2.70E+05	bc
<b>NOEC, %</b>	6.25	
<b>LOEC, %</b>	12.5	
<b>CE50, %</b>	66.42	
<b>S-W</b>	0.965	
<b>Sig.</b>	>0.100	
<b>Levene</b>	9.34	
<b>Sig.</b>	0.000	
<b>K-W</b>		
<b>Sig.</b>		
<b>F</b>	14.860	
<b>Sig</b>	0.000	

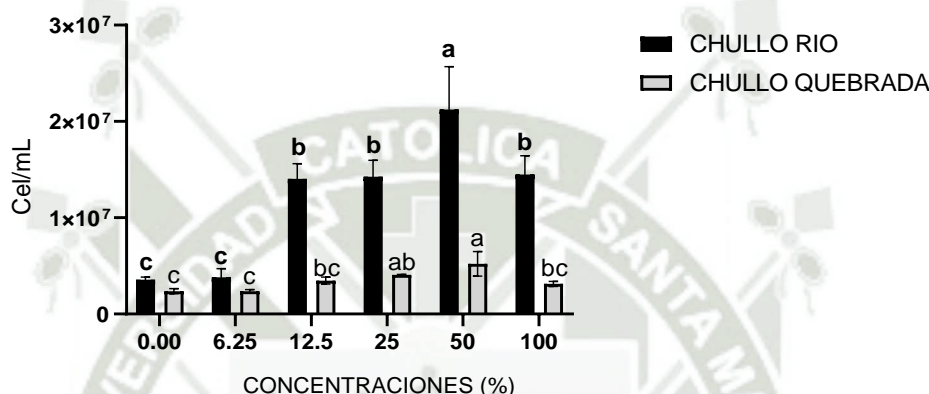
#### 4.2.3.6 Comparación de los Puntos de Monitoreo: CR y CQ

Si realizamos una comparación entre los puntos de monitoreo Chullo Rio vs Chullo Quebrada (**Figura 31**) respecto al crecimiento podemos evidenciar que, a pesar de que ambos puntos de monitoreo presentan una sobrecarga de nutrientes, es en Chullo Quebrada donde presenta mayor inhibición de crecimiento, esto debido a la presencia de Aluminio dentro del cuerpo hídrico (**Tabla 9**), según Ameri et al. (2020) quienes indujeron a la microalga *Scenedesmus* bajo diferentes concentraciones de Aluminio para determinar los efectos del Aluminio (Al) en ella, teniendo como resultado la inhibición del crecimiento a mayor concentración de este metal ya que esta inhibición es debe a que el aluminio genera un

agotamiento de macronutrientes importantes como el calcio, que es importante para la formación de la estructura de la pared celular.

**Figura 31.**

Gráfico de Barras del crecimiento microalgal en los puntos de monitoreo Chullo Rio y Chullo Quebrada durante las 96 horas.



Los índices de toxicidad NOEC y LOEC determinaron que a partir de la concentración 12.5% presenta un cambio significativo ecotoxicológicamente para ambos puntos evaluados, sin embargo, la CE50 de CQ es en la concentración de 66.42 %, mientras que en CR es al 71.14%, determinando que el punto de monitoreo de CQ presenta mayor toxicidad, esto debido a la presencia de Al, el cual no se contempla sobrepasando el ECA para aguas en CR.

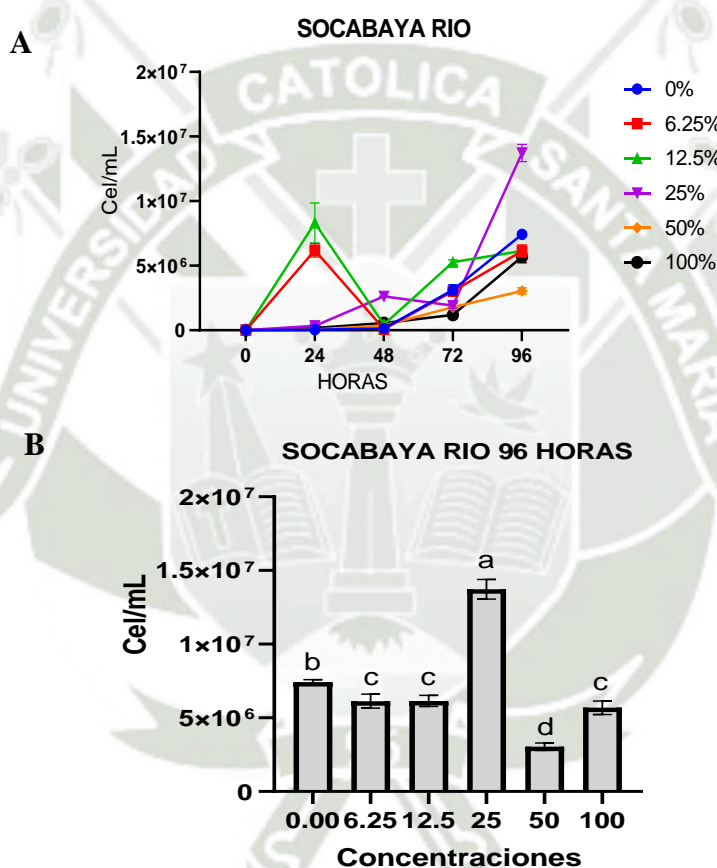
**4.2.3.7 Punto de Monitoreo Socabaya Rio (SR)**

Los resultados del control (0%) a las 96 horas fue de  $7.43E+06 \pm 1.57E+05$  cumpliendo con el criterio de aceptabilidad según EPA, (2002). Las concentraciones 6.25%, 12.5%, 50% y 100% han presentado una inhibición en su crecimiento microalgal respecto al control hasta las 96 horas de exposición (**Figura 32**), esta inhibición es debido a que el cuerpo hídrico a pesar de presentar una sobrecarga de nutrientes (**Tabla 9**) también presenta 0.9862 mg/L de boro, si bien es cierto que esta cantidad no sobre pasa el ECA Categoría 3 D1, el cual establece 1 y 5 mg/L, la concentración se encuentra al límite. Según Kim et al. (2023) determinó que la toxicidad del boro en la microalga *Chlorella vulgaris* implica la inhibición de la absorción de

micronutrientes como Ca, Mg y Fe, que son elementos esenciales para el crecimiento de los cultivos.

**Figura 32.**

*A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Socabaya Río, de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Socabaya Río a las 96 horas (Temporada Húmeda).*



Los índices de toxicidad determinados para el punto de monitoreo de Socabaya fueron de NOEC 0% y LOEC 6.25%, estableciendo así que a partir de la concentración 6.25% se obtienen efectos toxicológicos para el organismo. (**Tabla 16**). De igual manera determinaron que es en la concentración 70.32% donde se establece la CE 50.

**Tabla 16.**

*Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Socabaya Río-  
Temporada Húmeda*

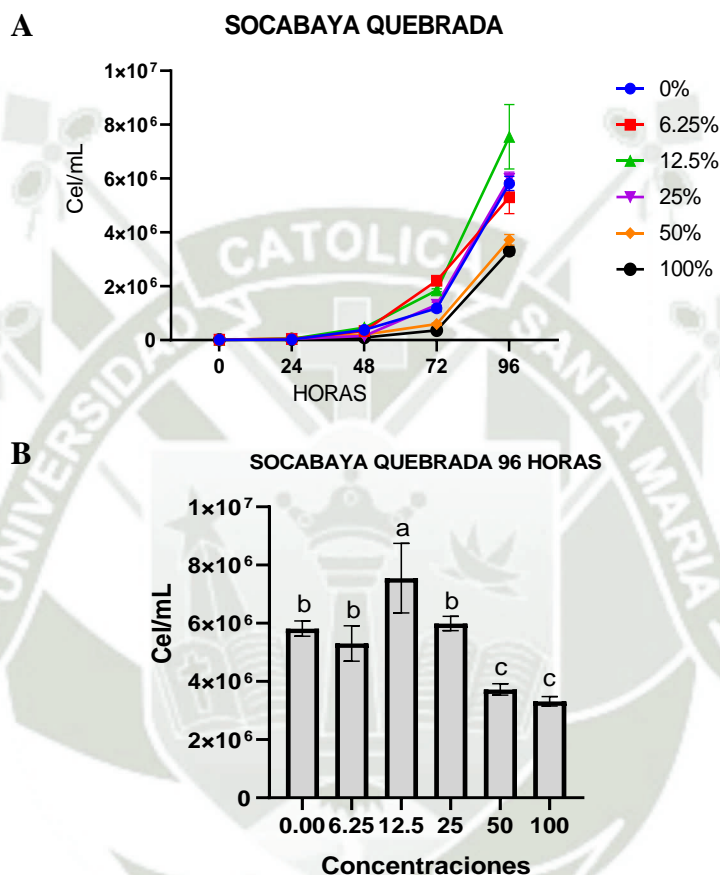
<b>SOCABAYA RIO</b>		
Concentraciones (%)	96 horas	
	cel/mL	Sig.
<b>0.00</b>	7.43E+06 ± 1.57E+05	b
<b>6.25</b>	6.13E+06 ± 4.69E+05	c
<b>12.5</b>	6.14E+06 ± 3.78E+05	c
<b>25</b>	1.37E+07 ± 6.80E+05	a
<b>50</b>	3.04E+06 ± 2.50E+05	d
<b>100</b>	5.69E+06 ± 4.62E+05	c
NOEC, %	0	
LOEC, %	6.25	
CE50, %	70.32	
S-W	0.902	
Sig.	0.079	
Levene	1.45	
Sig.	0.256	
K-W		
Sig.		
F	274.130	
Sig.	0.000	

#### **4.2.3.8 Punto de Monitoreo Socabaya Quebrada (SQ)**

La densidad microalgal del control a las 96 horas de exposición fue mayor a  $\geq 1 \times 10^6$  cel/m, cumpliendo el criterio de aceptabilidad establecido por la EPA (2002). A pesar de que el cuerpo hídrico presentó una sobre carga de nutrientes (**Tabla 10**), las concentraciones 6.25%, 25%, 50% y 100% han presentado una inhibición en su crecimiento microalgal respecto al control (**Figura 33**), esta inhibición de crecimiento es debido a que la calidad del cuerpo hídrico se ve afectada por la presencia de Boro y Cobre, a pesar de que ambos son microelementos esenciales para los organismos, puede ser tóxico en altas concentraciones (Kim et al., 2023).

**Figura 33.**

A: *Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Socabaya Quebrada de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Socabaya Quebrada a las 96 horas (Temporada Húmeda).*



Los efectos toxicológicos para el punto de monitoreo de Socabaya Quebrada se generaron a partir de la concentración 12.5% (LOEC), y es en la concentración 69.62% donde se establece la CE 50, como se visualiza en la **Tabla 17**.

**Tabla 17.**

*Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Socabaya*

*Quebrada-Temporada Húmeda*

<b>SOCABAYA QUEBRADA</b>		
Concentraciones (%)	96 horas	
	cel/mL	Sig.
<b>0.00</b>	5.81E+06 ± 2.60E+05	b
<b>6.25</b>	5.30E+06 ± 6.11E+05	b
<b>12.5</b>	7.55E+06 ± 1.19E+06	a
<b>25</b>	5.99E+06 ± 2.47E+05	b
<b>50</b>	3.72E+06 ± 1.97E+05	c
<b>100</b>	3.31E+06 ± 1.61E+05	c
<b>NOEC, %</b>	6.25	
<b>LOEC, %</b>	12.5	
<b>CE50, %</b>	69.62	
<b>S-W</b>	0.976	
<b>Sig.</b>	>0.100	
<b>Levene</b>	7.44	
<b>Sig.</b>	0.001	
<b>K-W</b>		
<b>Sig.</b>		
<b>F</b>	29.450	
<b>Sig.</b>	0.000	

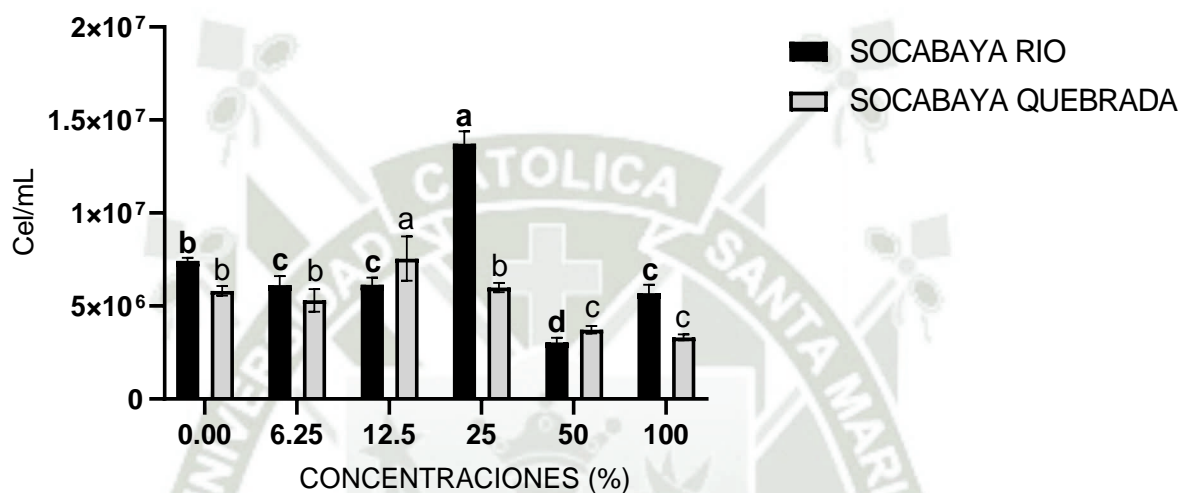
#### 4.2.3.9 Comparación de los Puntos de Monitoreo: SR y SQ

Al realizar una comparación respecto al crecimiento microalgal de ambos puntos de monitoreo, se determinó que el punto de monitoreo Socabaya Quebrada ha presentado una mayor inhibición de crecimiento (**Figura 34**), esto debido a que la calidad del cuerpo hídrico se ve afectada por la presencia de Cobre (1.017 mg/L) y Boro (3.6965 mg/L), ambos parámetros sobrepasando el ECA categoría 3 D1. Según Long et al. (2019) determinaron que la inhibición del Cobre es debido a que los iones de cobre se adsorben en la membrana citoplasmática de algas deteniendo la división celular. De acuerdo con Kim et al. (2023) establecieron que el Boro inhibe la absorción de micronutrientes como Ca, Mg y Fe, que son elementos esenciales

para el crecimiento de los cultivos razón por la cual genera una inhibición en el crecimiento microalgal.

**Figura 34.**

*Gráfico de Barras del crecimiento microalgal en los puntos de monitoreo Socabaya Rio y Socabaya Quebrada durante las 96 horas*



De acuerdo con los índices ecotoxicológicos, la CE50 para SQ es de 69.62 %, mientras que para SR es de 70.32 %, estableciendo así que el punto de monitoreo de SQ presenta mayor toxicidad, esto debido a que en la caracterización del cuerpo hídrico el punto de monitoreo de SQ presenta Cobre y Boro sobre pasando el ECA para Aguas categoría 3.

**4.2.4 Resultados evaluados en la temporada Seca.**

La densidad microalgal del control de todos los puntos de monitoreos evaluados a las 96 horas de exposición fue mayor a  $\geq 1 \times 10^6$  cel/m, cumpliendo el criterio de aceptabilidad establecido por la EPA, (2002).

**4.2.4.1 Punto de Monitoreo Pato Río (PR)**

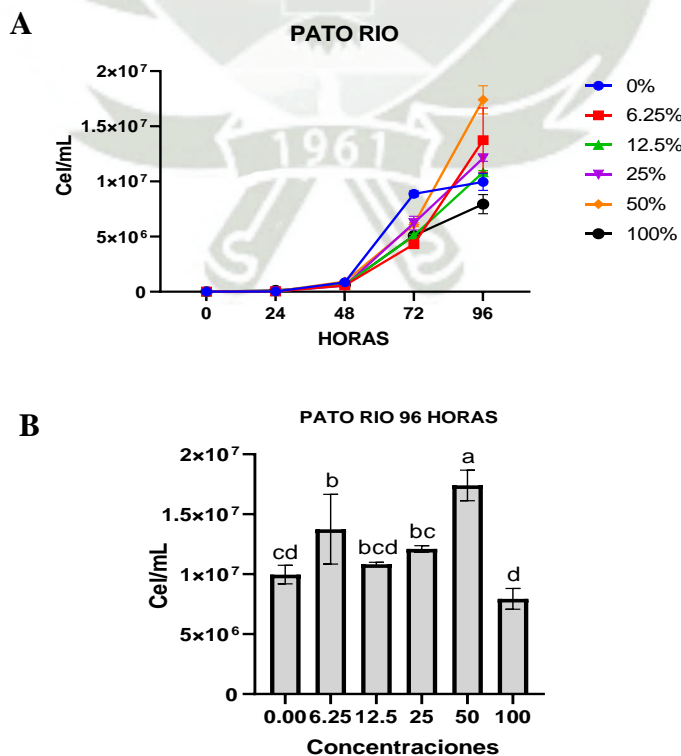
El punto de monitoreo de Pato Río ha presentado un sobre crecimiento microalgal en todas sus concentraciones a excepción de la concentración al 100% tal como se visualiza en la **Figura 35**, esta concentración al no presentar ninguna dilución, se considera la concentración

más pura, por lo que se estima que ha presentado una inhibición en su crecimiento microalgal debido a la presencia quizá de un contaminante emergente presente en el cuerpo hídrico, ya que de acuerdo con los resultados del laboratorio no existe la presencia de ningún metal u otro contaminante, además de que todos parámetros evaluado se encuentran dentro del ECA agua categoría 3 D1 yD2 a excepción del parámetro de coliformes totales, el cual sobrepasa el ECA.

Amaral et al. (2023) nos indica que la presencia de estos contaminantes emergentes se encuentra comúnmente en concentraciones bajas que oscilan entre 0,15 mg/L y 2,0 µg/L en aguas abajo de los puntos de descarga de agua doméstica. Las concentraciones de 50%,25%,12,5% y 6,25% presentan crecimiento microalgal debido al exceso de materia orgánica presente en el cuerpo hídrico, el cual nos indica una sobre carga de nutrientes.

**Figura 35.**

*A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Pato Río, de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Pato Río a las 96 horas (Temporada Seca).*



Se ha determinado que el índice ecotoxicológico LOEC es en la concentración 6.25% por lo cual es a partir de esta concentración es donde se obtendrá un cambio en el número de células microalgal y es en la concentración 73.68 % donde se establece la CE 50, como se visualiza en la **Tabla 18**.

**Tabla 18.**

*Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Pato Río - Temporada Seca*

Concentraciones (%)	PATO RIO	
	96 horas	
	cel/mL	Sig.
<b>0.00</b>	9.94E+06 ± 7.47E+05	cd
<b>6.25</b>	1.38E+07 ± 2.90E+06	b
<b>12.5</b>	1.08E+07 ± 1.61E+05	bcd
<b>25</b>	1.21E+07 ± 2.95E+05	bc
<b>50</b>	1.74E+07 ± 1.26E+06	a
<b>100</b>	7.94E+06 ± 8.69E+05	d
<b>NOEC, %</b>	<6.25	
<b>LOEC, %</b>	6.25	
<b>CE50, %</b>	73.68	
<b>S-W</b>	0.982	
<b>Sig.</b>	>0.100	
<b>Levene</b>	10.83	
<b>Sig.</b>	0.000	
<b>K-W</b>		
<b>Sig.</b>		
<b>F</b>	22.960	
<b>Sig.</b>	0.000	

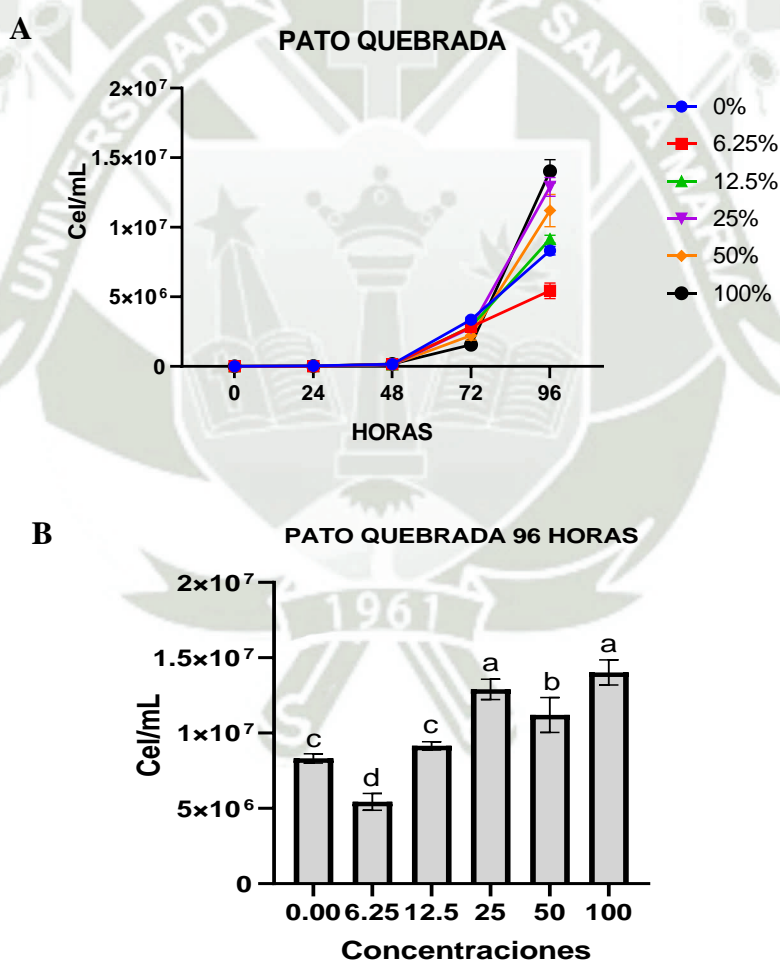
#### 4.2.4.2 Punto de Monitoreo Pato Quebrada (PQ)

El punto de monitoreo de Pato Quebrada presenta un crecimiento microalgal en todas sus concentraciones a excepción de la concentración 6.25% (**Figura 36**), este crecimiento microalgal es debido al exceso de nutrientes que presenta dado que el parámetro de coliformes totales excede en 130% al ECA, además los parámetros de DBO, DQO no se encuentran superando el ECA para aguas categoría 3 D1, y la cantidad de fósforo (P) es de 0.229 mg/L

sobrepasando el ECA para aguas Categoría 4 ( $P=0.05$  mg/L), el cual de acuerdo con Hernández (2022) el fósforo es el macro nutriente fundamental para el crecimiento de la biomasa de la *chlorella vulgaris* debido a que se encuentra limitando la síntesis de ácidos nucleicos, como la síntesis de RNA.

**Figura 36.**

A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Pato Quebrada, de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Pato Quebrada a las 96 horas (Temporada Seca).



De igual manera se ha determinado que el LOEC pertenece a la concentración de 6.25%, por lo cual es la concentración donde se ve un cambio en el crecimiento microalgal y

es en la concentración 71.18% donde se establece la CE 50, como se visualiza en la **Tabla 19**, en este caso se ha generado un crecimiento microalgal a partir de esta concentración.

**Tabla 19.**

*Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Pato*

*Quebrada -Temporada Seca*

PATO QUEBRADA		
Concentraciones (%)	96 horas	
	cel/mL	
0.00	8.31E+06 ± 3.15E+05	c
6.25	5.44E+06 ± 5.54E+05	d
12.5	9.16E+06 ± 2.77E+05	c
25	1.29E+07 ± 6.49E+05	a
50	1.12E+07 ± 1.16E+06	b
100	1.40E+07 ± 8.38E+05	a
NOEC, %	<6.25	
LOEC, %	6.25	
CE50, %	71.18	
S-W	0.99	
Sig.	>0.100	
Levene	0.86	
Sig.	0.529	
K-W		
Sig.		
F	82.020	
Sig.	0.000	

#### 4.2.4.3 Comparación de los Puntos De Monitoreo PR y PQ

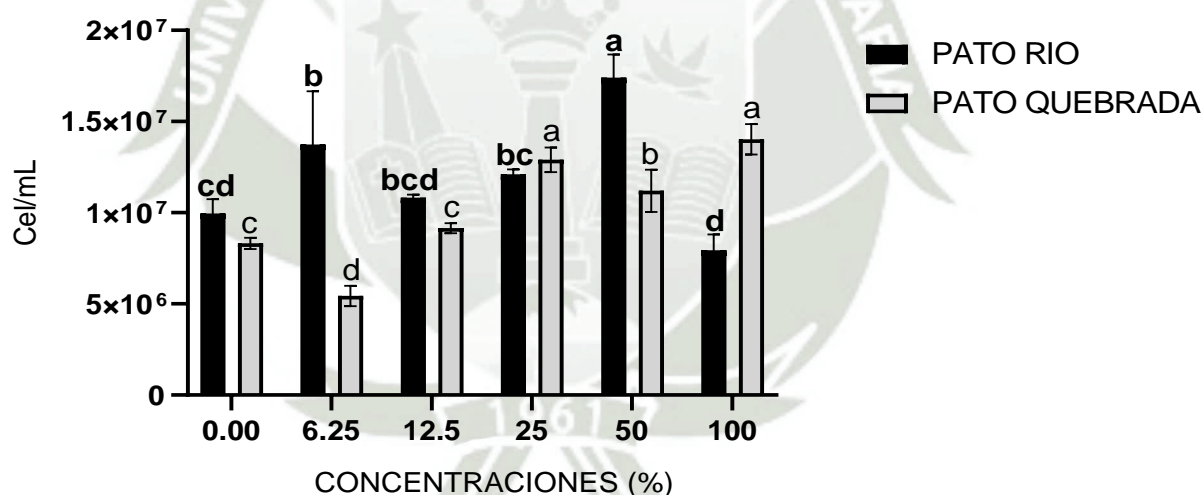
En la **Figura 37** se visualiza la comparación de ambos puntos de monitoreo donde se observa un crecimiento microalgal en todas las concentraciones respecto al control (concentración 0%). En las **Tablas 18 y 19** se determinaron que los punto de monitoreo de Pato Río y Pato Quebrada tiene el LOEC a partir de la concentración 6.25%, es decir que a esta concentración ambos puntos de monitoreo presentan un cambio significativo respecto al número de microalgas, presentando un crecimiento, esto debido a la sobre carga de nutrientes (**Tabla 10**); sin embargo es PQ que presenta una CE50 de 71.18% siendo menor que PR (73.68%) determinando que el punto de monitoreo de PQ presenta mayor toxicidad, según

Pabello y Castañeda (2014) está sobre carga de nutrientes podría generar un problema dentro del cuerpo hídrico dado que se estima un proceso de eutrofización a un futuro.

De acuerdo con los resultados de ambos puntos de monitoreo evaluados para la temporada seca podemos determinar un crecimiento microalgal respecto al control, sin embargo, en la temporada húmeda sucede lo contrario, donde se obtuvo una inhibición de crecimiento para las concentraciones del 100% en ambos casos, evidenciando una mayor contaminación en temporada húmeda que en la temporada seca.

**Figura 37.**

*Gráfico de Barras del crecimiento microalgal en los puntos de monitoreo Pato Rio y Pato Quebrada durante las 96 horas (Temporada Seca).*



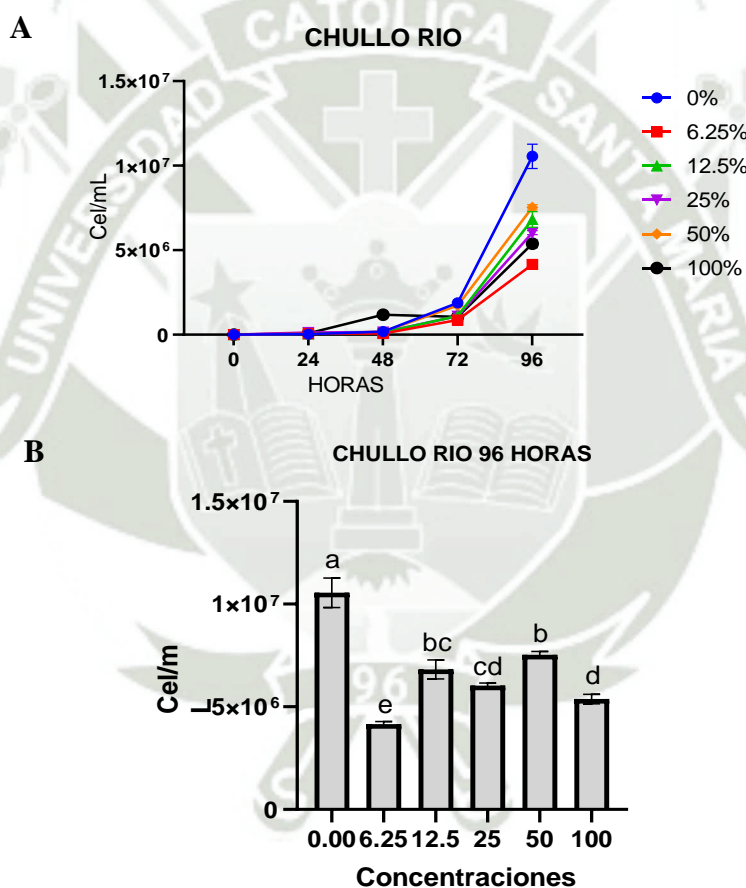
#### 4.2.4.4 Punto de Monitoreo Chullo Río (CR)

El punto de monitoreo de Chullo Río es el punto de monitoreo que presenta una inhibición en el crecimiento microalgal en todas sus concentraciones (**Figura 38**), esto debido a que la cantidad de Oxígeno Disuelto es de 6.85 mg/L debido a ello quizá se está desarrollando un proceso de eutrofización, dado que el parámetro de coliformes totales excede en un 54000%, la DBO excede en un 138 %, la DQO en un 210%, determinando que el cuerpo hídrico no tiene el oxígeno necesario, adicional a ello existe la presencia de detergentes excediendo un 671% el

ECA para Agua categoría 3 D1. Según Morveli (2019) los detergentes contienen fosfatos los cuales como indica Hernández (2022) son macro nutrientes fundamentales para la proliferación de la microalga *chlorella vulgaris*.

**Figura 38.**

A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Chullo Río, de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Chullo Río a las 96 horas (Temporada Seca).



Se ha determinado que el índice ecotoxicológico LOEC es 6.25% indicándonos de tal manera que a partir de esa concentración se ha presentado inhibición de crecimiento microalgal y es en la concentración 69.25% donde se establece la CE 50, como se visualiza en la **Tabla 20**.

**Tabla 20.**

*Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Chullo Río -  
Temporada Seca*

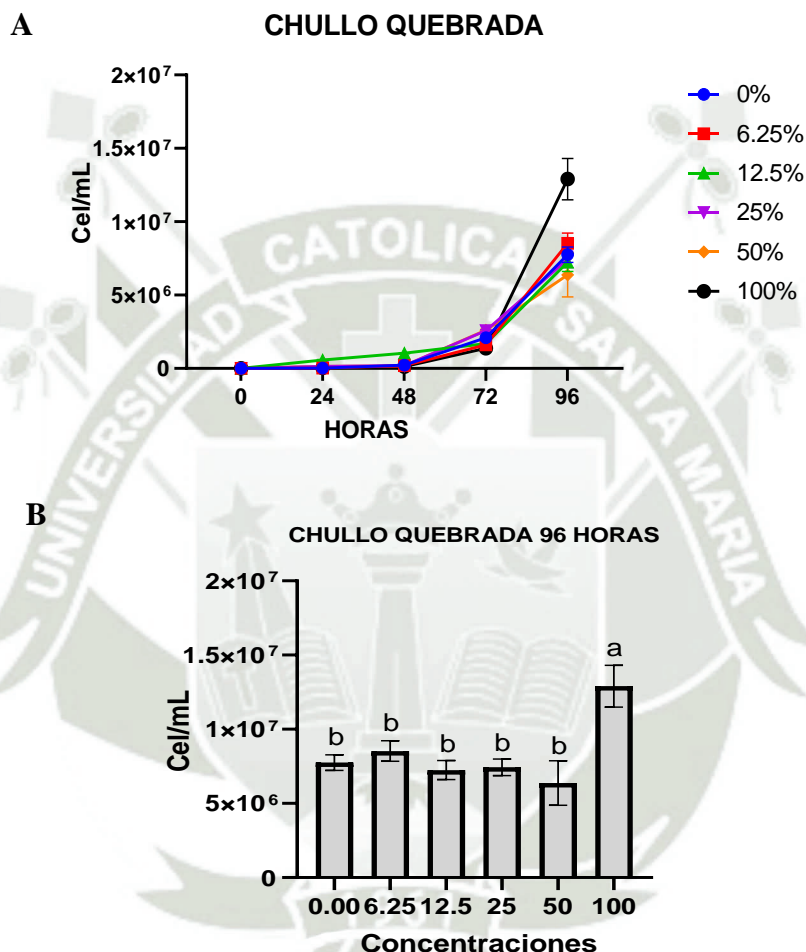
<b>CHULLO RIO</b>		
Concentraciones (%)	96 horas	
	cel/mL	Sig.
<b>0.00</b>	1.06E+07 ± 7.18E+05	a
<b>6.25</b>	4.16E+06 ± 1.20E+05	e
<b>12.5</b>	6.81E+06 ± 4.62E+05	bc
<b>25</b>	6.03E+06 ± 1.20E+05	cd
<b>50</b>	7.53E+06 ± 1.57E+05	b
<b>100</b>	5.38E+06 ± 2.28E+05	d
<b>NOEC, %</b>	< 6.25	
<b>LOEC, %</b>	6.25	
<b>CE50, %</b>	69.25	
<b>S-W</b>	0.967	
<b>Sig.</b>	>0.100	
<b>Levene</b>	1.28	
<b>Sig.</b>	0.315	
<b>K-W</b>		
<b>Sig.</b>		
<b>F</b>	139.66	
<b>Sig.</b>	0.000	

#### 4.2.4.5 Punto de Monitoreo Chullo Quebrada (CQ)

El punto de monitoreo de Chullo quebrada al presentar los parámetros de Coliformes totales, DBO, DQO y detergentes sobrepasando el ECA para agua categoría 3 D1 (**Tabla 10**) podremos estimar que el cuerpo hídrico presenta una sobrecarga de nutrientes, razón por la cual la concentración al 100% presenta un mayor crecimiento microalgal respecto al resto tal como se visualiza en la **Figura 39**. De acuerdo con la investigación realizada por Morveli (2019) establece que dentro de la composición de los detergentes se encuentran los fosfatos los cuales son empleados como nutrientes para las algas y plantas acuáticas, razón por la cual explicaría el crecimiento microalgal en este punto de monitoreo. Hernández (2022) estableció al fósforo como el macro nutriente elemental para la reproducción de la microalga *chlorella vulgaris* debido a la limitación de síntesis de ácidos nucleicos como la síntesis del RNA.

**Figura 39.**

A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Chullo Quebrada, de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Chullo Quebrada a las 96 horas (Temporada Seca).



Para el punto de monitoreo de Chullo Quebrada se ha determinado que el índice ecotoxicológico LOEC es 100%, determinando que es sólo en esa concentración donde se obtienen cambios en la densidad microalgal, y es en la concentración 71.34 % donde se establece la CE 50, como se visualiza en la **Tabla 21**.

**Tabla 21.**

*Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Chullo*

*Quebrada -Temporada Seca.*

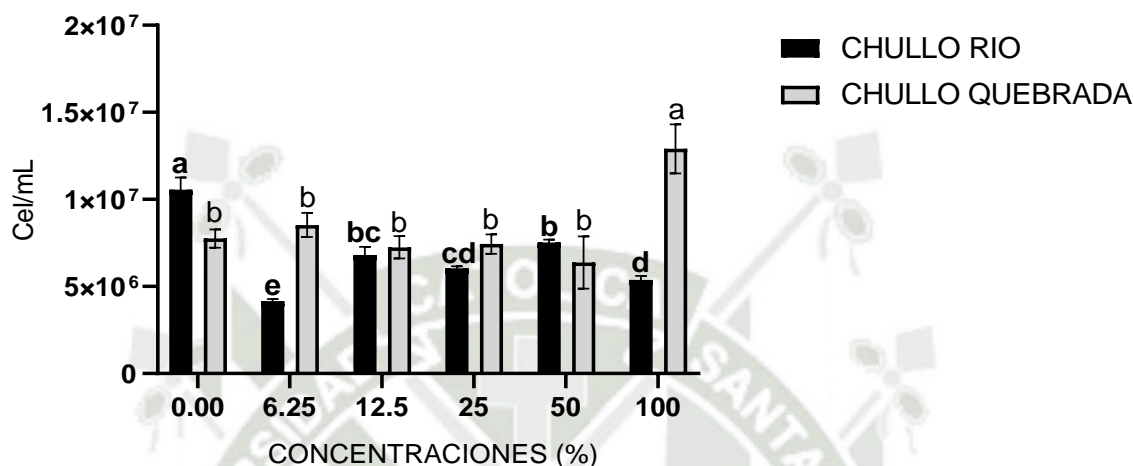
Concentraciones (%)	CHULLO QUEBRADA	
	96 horas	
	cel./mL	Sig.
<b>0.00</b>	7.75E+06 ± 5.30E+05	b
<b>6.25</b>	8.53E+06 ± 6.95E+05	b
<b>12.5</b>	7.25E+06 ± 6.45E+05	b
<b>25</b>	7.44E+06 ± 5.54E+05	b
<b>50</b>	6.38E+06 ± 1.50E+06	b
<b>100</b>	1.29E+07 ± 1.39E+06	a
<b>NOEC, %</b>	50	
<b>LOEC, %</b>	100	
<b>CE50, %</b>	71.34	
<b>S-W</b>	0.868	
<b>Sig.</b>	0.033	
<b>Levene</b>	1.13	
<b>Sig.</b>	0.379	
<b>K-W</b>	14.590	
<b>Sig.</b>	0.012	
<b>F</b>		
<b>Sig.</b>		

#### 4.2.4.6 Comparación de los Puntos de Monitoreo CR y CQ

Al realizar la comparación de ambos puntos de monitoreo podremos determinar que el punto de monitoreo de CR presenta el índice LOEC en la concentración 6.25% con una tendencia de inhibición de crecimiento respecto al control y el punto de monitoreo CQ en la concentración 100% presentando mayor crecimiento respecto al control, además la CE50 para CR es de 69.25% y en CQ es de 71.34%, estableciendo así que en la temporada seca el punto de monitoreo que presenta mayor toxicidad es CR, debido a la inhibición de crecimiento que presenta podríamos estimar que CR se encontraría afectado por un proceso de eutrofización más severo que el punto de monitoreo de Chullo Quebrada, razón por la cual presenta menor crecimiento microalgal, tal como se puede visualizar en la **Figura 40**.

**Figura 40.**

Gráfico de Barras del crecimiento microalgal en los puntos de monitoreo Chullo Rio y Chullo Quebrada durante las 96 horas (Temporada Seca).

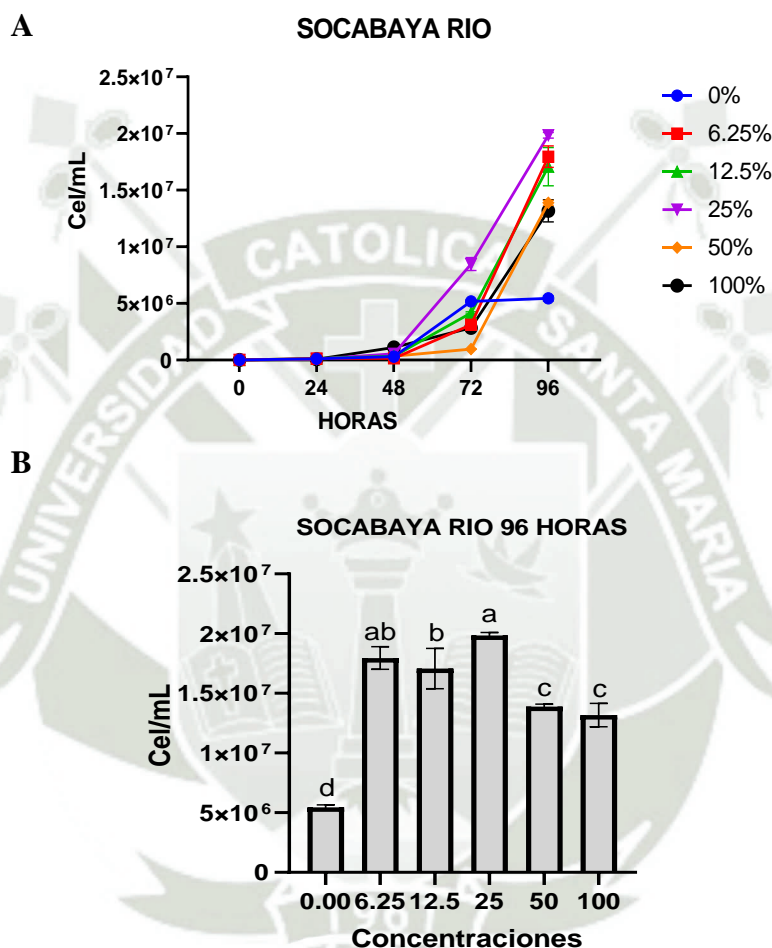


#### 4.2.4.7 Punto de Monitoreo Socabaya Rio (SR)

El punto de monitoreo de Socabaya Río ha presentado un mayor crecimiento microalgal en todas sus concentraciones respecto al control tal como se visualiza en **la Figura 41**, a pesar de que el estado de la calidad del cuerpo hídrico presenta buenas condiciones dado que ningún parámetro fisicoquímico, orgánico, inorgánico y microbiológico sobrepasa el ECA para Agua categoría 3 D1, establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Este crecimiento microalgal es debido quizás a que la *chlorella vulgaris* al ser una microalga de agua dulce presente su existencia en la muestra de agua antes de realizar los ensayos ecotoxicológicos (Safi et al., 2014).

**Figura 41.**

A: Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Socabaya Río de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Socabaya Río a las 96 horas (Temporada Seca).



Para el punto de monitoreo de Socabaya Río se ha determinado que el índice ecotoxicológico LOEC es 6.25%, presentando a partir de esta concentración un crecimiento microalgal y es en la concentración 75.38 % donde se establece la CE 50, como se visualiza en la **Tabla 22**.

**Tabla 22.**

*Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Socabaya Río*  
*-Temporada Seca*

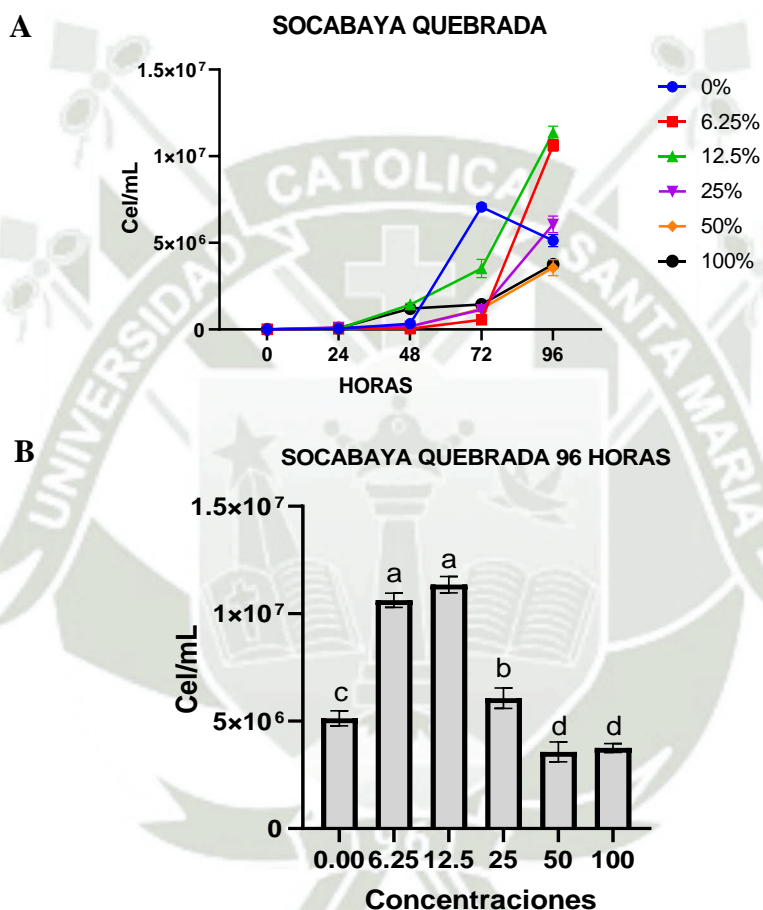
<b>SOCABAYA RIO</b>		
<b>Concentraciones (%)</b>	96 horas	
	cel/mL	Sig.
<b>0.00</b>	5.44E+06 ± 2.17E+05	d
<b>6.25</b>	1.79E+07 ± 9.16E+05	ab
<b>12.5</b>	1.71E+07 ± 1.69E+06	b
<b>25</b>	1.98E+07 ± 2.58E+05	a
<b>50</b>	1.39E+07 ± 2.28E+05	c
<b>100</b>	1.32E+07 ± 9.86E+05	c
<b>NOEC, %</b>	<6.25	
<b>LOEC, %</b>	6.25	
<b>CE50, %</b>	75.38	
<b>S-W</b>	0.945	
<b>Sig.</b>	>0.100	
<b>Levene</b>	1.32	
<b>Sig.</b>	0.299	
<b>K-W</b>		
<b>Sig.</b>		
<b>F</b>	130.270	
<b>Sig.</b>	0.000	

#### **4.2.4.8 Punto de Monitoreo Socabaya Quebrada (SQ)**

El punto de monitoreo de Socabaya quebrada es el único punto de monitoreo que presenta un parámetro inorgánico superando el ECA categoría 3 D1 en la temporada seca, este parámetro es el boro, según Kim et al. (2023) el Boro es altamente tóxico en concentraciones elevadas, ya que genera la inhibición de micronutrientes por parte de la microalga, debido a ello que las concentraciones del 100% y 50% presentan una inhibición en su crecimiento, sin embargo, las concentraciones de 25%,12.5% y 6.25% presentaron un crecimiento microalgal (**Figura 42**), esto debido a la dilución de este contaminante en cada concentración.

**Figura 42.**

A: *Curvas de crecimiento microalgal para el punto de monitoreo Socabaya Quebrada de todas las concentraciones durante el bioensayo, B: Gráfico de barras del crecimiento microalgal en el punto de monitoreo de Socabaya Quebrada a las 96 horas (Temporada Seca).*



Para el punto de monitoreo de Socabaya Quebrada se ha determinado que el índice ecotoxicológico LOEC es 25%, presentando a partir de esta concentración una inhibición en cuanto al crecimiento microalgal, la concentración 71.90% establece la CE 50, como se visualiza en la **Tabla 23**.

**Tabla 23.**

*Índices ecotoxicológicos evaluados a las 96 horas en el punto de monitoreo de Socabaya Quebrada -Temporada Seca.*

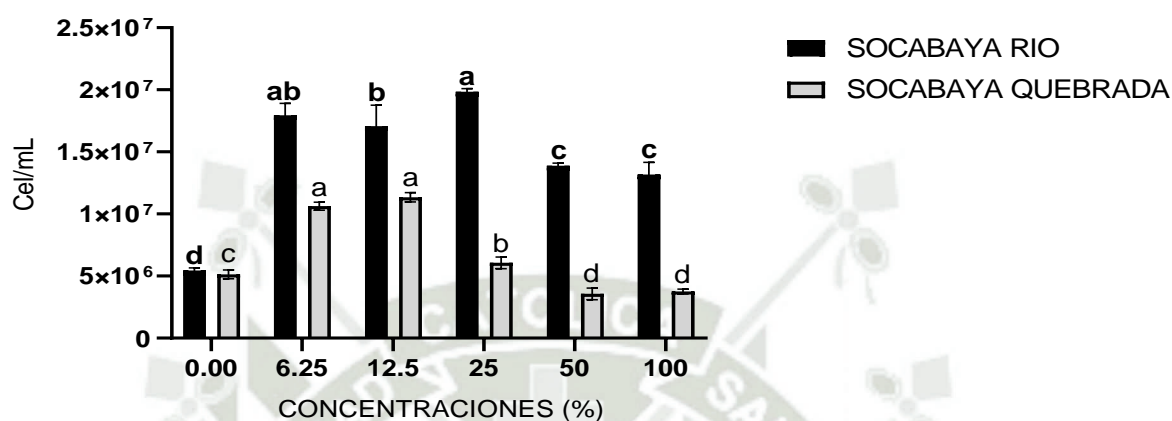
<b>SOCABAYA QUEBRADA</b>		
<b>Concentraciones (%)</b>	96 horas	
	cel/mL	Sig.
<b>0.00</b>	5.13E+06 ± 3.54E+05	c
<b>6.25</b>	1.06E+07 ± 3.44E+05	a
<b>12.5</b>	1.13E+07 ± 3.59E+05	a
<b>25</b>	6.06E+06 ± 4.73E+05	b
<b>50</b>	3.56E+06 ± 4.62E+05	d
<b>100</b>	3.75E+06 ± 2.04E+05	d
<b>NOEC, %</b>	<6.25	
<b>LOEC, %</b>	6.25	
<b>CE50, %</b>	71.90	
<b>S-W</b>	0.933	
<b>Sig.</b>	>0.100	
<b>Levene</b>	0.48	
<b>Sig.</b>	0.789	
<b>K-W</b>		
<b>Sig.</b>		
<b>F</b>	327.770	
<b>Sig.</b>	0.000	

#### 4.2.4.9 Comparación de los Puntos De Monitoreo: SR y SQ

El punto de monitoreo de SQ presenta menor crecimiento microalgal en comparación con el punto de monitoreo Socabaya Río, tal como se visualiza en la **Figura 43**, esto debido a que al realizar una comparación entre ambos puntos de monitoreo respecto a los índices ecotoxicológicos podremos establecer que el punto de monitoreo de SQ presentaría mayor toxicidad que SR, a pesar de que ambos puntos de monitoreo presentan el LOEC en la concentración 6.25%, es en SQ donde la CE50 es menor que en SR (71.90% ,75.38%), determinando así la presencia de mayor índice de toxicidad; además es en SQ donde presenta contaminación por Boro a diferencia de SR, tal como se visualiza en la **Figura 23**,

**Figura 43.**

*Gráfico de Barras del crecimiento microalgal en los puntos de monitoreo Socabaya Rio y Socabaya Quebrada durante las 96 horas (Temporada Seca).*



Los índices ecotoxicológicos nos permiten determinar el estado real en el que se encuentra el cuerpo hídrico evaluado su afección en los bioindicadores, en este caso empleamos la microalga *chlorella vulgaris*. Al analizar los 6 puntos de monitoreo en temporada húmeda podemos establecer que CQ es el punto de monitoreo que presenta mayor toxicidad en comparación con el resto, sin embargo, para la temporada seca el punto de monitoreo que presenta mayor toxicidad es CR, además que es en las quebradas donde presentan mayor toxicidad en ambas temporadas y es en la temporada húmeda donde presenta mayor toxicidad, esto debido a la que presentarían mayor incidencia en contaminantes (**Tabla 9 y10**). La CE50 para CQ en temporada húmeda es de 66.42% y para CR en temporada seca es de 69.25%, por lo tanto, el punto de monitoreo donde presenta mayores índices de ecotoxicidad comparando ambas temporadas y entre todos los puntos de monitoreo es CQ en temporada húmeda, esto debido a la incidencia de contaminantes que presenta de acuerdo a su caracterización del cuerpo hídrico (**Tabla 9**).

### 4.3 Evaluación del Riesgo Ambiental.

Como se estableció en el capítulo III la evaluación de riesgo ambiental se basó en las metodologías establecidas por Saldaña et al. (2002) y Roig et al. (2015).

Los resultados evaluados para el monitoreo en Temporada Húmeda se muestran en la **Tabla 24.**

**Tabla 24.**

*Evaluación del Riesgo ambiental- Temporada Húmeda.*

PUNTO DE MONITOREO	TE, h	CE50	UT	CS	CR
PR	96	67.04	1.49	Moderadamente tóxico	Ligeramente tóxico
PQ	96	70.09	1.43	Moderadamente tóxico	Ligeramente tóxico
CR	96	71.14	1.41	Moderadamente tóxico	Ligeramente tóxico
CQ	96	66.42	1.51	Moderadamente tóxico	Ligeramente tóxico
SR	96	70.32	1.42	Moderadamente tóxico	Ligeramente tóxico
SQ	96	69.62	1.44	Moderadamente tóxico	Ligeramente tóxico

*Nota:* TE: Tiempo de exposición; CE50: Concentración Efectiva media; UT: Unidades toxicológicas; CS: Clasificación según Saldaña; CR: Clasificación según Roig.

La evaluación del riesgo ambiental para la temporada seca al igual que en la temporada húmeda se clasificaría como un riesgo moderadamente y ligeramente tóxico tal como se visualiza en la **Tabla 25**.

**Tabla 25.**

*Evaluación del Riesgo ambiental- Temporada Seca*

<b>PUNTO DE MONITOREO</b>	<b>TE, h</b>	<b>CE50</b>	<b>UT</b>	<b>CS</b>	<b>CR</b>
<b>PR</b>	96	73.68	1.36	Moderadamente tóxico	Ligeramente tóxico
<b>PQ</b>	96	71.18	1.40	Moderadamente tóxico	Ligeramente tóxico
<b>CR</b>	96	69.25	1.44	Moderadamente tóxico	Ligeramente tóxico
<b>CQ</b>	96	71.34	1.40	Moderadamente tóxico	Ligeramente tóxico
<b>SR</b>	96	75.38	1.33	Moderadamente tóxico	Ligeramente tóxico
<b>SQ</b>	96	71.90	1.39	Moderadamente tóxico	Ligeramente tóxico

*Nota:* TE: Tiempo de exposición; CE50: Concentración Efectiva media; UT: Unidades toxicológicas; CS: Clasificación según Saldaña; CR: Clasificación según Roig.

Los índices ecotoxicológicos nos ayudaron a determinar que el punto de monitoreo que presenta mayor toxicidad es CQ para temporada húmeda y CR para temporada seca, sin embargo, la evaluación de riesgo nos establece que tan peligroso es esta toxicidad en el medio ambiental, obteniendo como resultado que para ambas temporadas presentan un riesgo

ligeramente tóxico, evaluado por dos metodologías. Este resultado es debido a que en ningún punto de monitoreo evaluado ha presentado algún porcentaje de mortalidad ni mucho menos se ha visto una CL50, pero sí se ha presentado inhibición de crecimiento, obteniendo el mismo resultado que Holgado (2021) quien empleó *Poecilia reticulata* y *Daphnia magna* como bioindicadores para determinar sus efectos ecotoxicológicos e histológicos, con área de estudio localizado en la confluencia del río chili en el distrito de Tiabaya, teniendo como resultado que el estado ecotoxicológico presenta un riesgo ligeramente tóxico para las muestras de sedimentos totales.

Por lo tanto, la calidad del río chili que confluye con Arequipa metropolitana presenta un riesgo ligeramente tóxico, el cual puede mejorar con la implementación de métodos preventivos en el vertimiento de efluentes, así como se realizó en la investigación de Spadaro et al. (2021) quienes implementaron las pruebas de ecotoxicidad para realizar un análisis de riesgos del cobre dentro del río Ok Tedi/Fly, obteniendo resultados favorables.

Los Límites Máximos Permisibles son los estándares que obligatoriamente todo empresa que genere un vertimiento a un cuerpo hídrico no debe sobrepasar, por lo que nos asegura que el vertimiento no genera una alteración dentro de la calidad del cuerpo hídrico, sin embargo la implementación de la ensayos ecotoxicológicos como método complementario traería consigo una mayor asertividad sobre el compromiso que tienen las empresas para el cuidado del medio ambiente, asegurándonos que los vertidos no generen ninguna alteración dentro de la cadena trófica por lo tanto nos asegura un agua de calidad, evitando posibles daños a la salud de las personas en un proceso de biomagnificación de contaminantes y manteniendo la armonía en los ecosistemas.



## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Se realizó la caracterización de los parámetros físicos-químicos, orgánicos y microbiológicos para los 6 puntos de monitoreo, tanto para la temporada Húmeda como para la temporada seca, teniendo como resultado que los parámetros de temperatura, potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, aniones, pesticidas organoclorados y pesticidas organofosforados no se encontraron superando el ECA para Agua categoría 3 D1, estipulados en el DS N°004-2017-MINAM, en ambas Temporadas; sin embargo los parámetros que sí excedieron el ECA para Agua Categoría 3 D1 fueron: coliformes totales, Demanda Biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno, boro, aluminio, cadmio, manganeso y cobre; por último sólo el parámetro de detergentes excedió para la temporada seca.

**SEGUNDA:** Se evaluó la ecotoxicidad realizando bioensayos con la microalga la *Chlorella vulgaris* como bioindicador, para ello se demostró la sensibilidad de la microalga empleando el sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) como tóxico de referencia a una exposición de 96 horas. Posterior a ello se evaluó la ecotoxicidad en los 6 puntos de monitoreo para ambas temporadas, evidenciando así que la temporada húmeda presenta mayor toxicidad en comparación con la temporada seca.

**TERCERA:** Se estimó el riesgo ambiental basándose en los índices ecotoxicológicos, determinando un riesgo ligeramente tóxico para ambas temporadas.

### RECOMENDACIONES:

- Se recomienda el uso de un equipo de recuento celular de tal manera que las lecturas serían más precisas dada la abundante cantidad de muestras.
- Se recomienda comparar los parámetros de la caracterización del agua no solo con el ECA para agua si no con estándares a nivel internacional.
- Se recomienda seguir realizando investigaciones sobre la ecotoxicología de tal manera se obtenga mayor información sobre la calidad del cuerpo hídrico enfocado a los ecosistemas.





## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral, E. T., Bender, L. B. Y. C., Rizzetti, T. M., & Schneider, R. de C. de S. (2023). Removal of organic contaminants in water bodies or wastewater by microalgae of the genus *Chlorella*: A review. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8, 100476. <https://doi.org/10.1016/J.CSCEE.2023.100476>
- Ameri, M., Baron-Sola, A., Khavari-Nejad, R. A., Soltani, N., Najafi, F., Bagheri, A., Martinez, F. y Hernández, L. E. (2020). Aluminium triggers oxidative stress and antioxidant response in the microalgae *Scenedesmus sp.* *Journal of Plant Physiology*, 246–247, 153114. <https://doi.org/10.1016/J.JPLPH.2020.153114>
- ANA. (2020). *Diagnóstico de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales en la Unidad Hidrográfica Quilca-Vitor-Chili: Diciembre, 2020 [Archivo PDF]*. [https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/5226/ANA0003679\\_1.pdf?sequence=1](https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/5226/ANA0003679_1.pdf?sequence=1)
- Backhaus, T. y Faust, M. (2012). Predictive environmental risk assessment of chemical mixtures: a conceptual framework. *Environmental Science & Technology*, 46(5), 2564–2573. <https://doi.org/10.1021/ES2034125>
- Intriago Flores, J. I. y Quiroz Fernández, L. I. (2021). Calidad del agua de la cuenca media del río Portoviejo. Estrategias para mitigar la contaminación. *Polo Del Conocimiento: Revista Científico - Profesional*, ISSN-e 2550-682X, Vol. 6, Nº. 6, 2021, Págs. 1172-1195, 6(6), 1172–1195. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i6.2811>
- Castiglioni, M. y Collins, P. (2010). Efecto de un detergente biodegradable en agua en la reproducción de *daphnia magna*. *The Biologist*, ISSN-e 1816-0719, Vol. 8, Nº. 1, 2010, Págs. 43-53, 8(1), 43–53.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3989993&info=resumen&idoma=SPA>

Ccente Rojas, A. E. y Huayllani Condor, I. N. (2021). *Eficiencia en la remoción de la Demanda Biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno en la planta de tratamiento de aguas residuales de filtro percolador del distrito de Paucará*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica].

<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4175>

Ceschin, S., Bellini, A., & Scalici, M. (2020). Aquatic plants and ecotoxicological assessment in freshwater ecosystems: a review. *Environ Sci Pollut Res*, 28, 4975–4988.

<https://doi.org/10.1007/s11356-020-11496-3>

Chen, S., Chen, M., Wang, Z., Qiu, W., Wang, J., Shen, Y., Wang, Y., & Ge, S. (2016). Toxicological effects of chlorpyrifos on growth, enzyme activity and chlorophyll a synthesis of freshwater microalgae. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 45, 179–186. <https://doi.org/10.1016/J.ETAP.2016.05.032>

Decreto 3930 de 2010 - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022, February 4). Ministerio de Ambiente Y Desarrollo Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/decreto-3930-de-2010/>

Dollah, Z., Azuan, N. S. M., Basri, M. H. H., Alias, S., & Akbar, N. A. (2024). Literature Analysis on Pollutant Removal Using Microalgae (*Chlorella vulgaris*) in Different Wastewater Treatment. *In Lecture Notes in Civil Engineering* (Vol. 384).

[https://doi.org/10.1007/978-981-99-6022-4\\_19](https://doi.org/10.1007/978-981-99-6022-4_19)

EPA. (2002). *Selenastrum capricornutum*, Growth Test; Chronic Toxicity Excerpt from: Short-term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater Organisms. [Archivo PDF].

[https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/short-term-chronic-freshwater-wet-manual\\_2002.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/short-term-chronic-freshwater-wet-manual_2002.pdf)

- Expósito, N., Carafa, R., Kumar, V., Sierra, J., Schuhmacher, M., & Papiol, G. G. (2021). Performance of *Chlorella vulgaris* exposed to heavy metal mixtures: Linking measured endpoints and mechanisms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1–19. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031037>
- Feng, Y., Chang, X., Zhao, L., Li, X., Li, W., & Jiang, Y. (2013). Nanaomycin A methyl ester, an actinomycete metabolite: Algicidal activity and the physiological response of *Microcystis aeruginosa*. *Ecological Engineering*, 53, 306–312. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.12.066>
- Gosset, A., Durrieu, C., Barbe, P., Bazin, C., & Emy Bayard, R. (2018). Microalgal whole-cell biomarkers as sensitive tools for fast toxicity and pollution monitoring of urban wet weather discharges. *Chemosphere*. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.033>
- Hadjoudja, S., Vignoles, C., Deluchat, V., Lenain, J.-F., Le Jeune, A.-H., & Baudu, M. (2009). Short term copper toxicity on *Microcystis aeruginosa* and *Chlorella vulgaris* using flow cytometry. *Aquatic Toxicology*, 94(4), 255–264.
- Hernández Arvizu, N. (2022). *Evaluación del crecimiento y contenido de lípidos de Chlorella vulgaris y Nannochloropsis oculata en diferentes medios de cultivo*. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de San Luis Potosí]. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/7505>
- Holgado, S. (2021). *Efectos ecotoxicológicos e histológicos de sedimentos de dos sectores del río chili, en bioindicadores acuáticos*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/ea5c10e4-4443-40c8-a38e-625df21383ce>

- Huarachi-Olivera, R., Yapo, Ú., Dueñas-Gonza, A., Romero-Ugarte, M., Mendoza, G., Silva-Paredes, W., Lazarte-Rivera, A., Esparza, M., (2019). Ecotoxicological Bioassays with the microalga *Pseudokirchneriella subcapitata* in lotic ecosystems and impact of metals using confocal fluorescence microscopy techniques. *TIP. Revista Especializada En Ciencias Químico-Bioquímicas*, 22, 1–14.  
<https://doi.org/10.22201/FESZ.23958723E.2019.0.175>.
- Khiat, S. H., Bukhari, N. A., Ameen, F., y Abdel-Raouf, N. (2023). Comparison of the microalgae *Phormidium tenue* and *Chlorella vulgaris* as biosorbents of Cd and Zn from aqueous environments. *Environmental Research*, 235, 116675.  
<https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2023.116675>
- Kim, D., Chae, Y., Kim, M., & An, Y. J. (2023). Effects of EDTA on boron toxicity to the green algae *Chlamydomonas reinhardtii*, *Chlorella sorokiniana*, and *Chlorella vulgaris*. *Journal of Water Process Engineering*, 53, 103823.  
<https://doi.org/10.1016/J.JWPE.2023.103823>
- Liu, X., Wang, X., Zhang, F., Yao, X., Qiao, Z., Deng, J., Jiao, Q., Gong, L., & Jiang, X. (2022). Toxic effects of fludioxonil on the growth, photosynthetic activity, oxidative stress, cell morphology, apoptosis, and metabolism of *Chlorella vulgaris*. *Science of The Total Environment*.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156069>
- Long, M., Holland, A., Planquette, H., González Santana, D., Whitby, H., Soudant, P., Sarthou, G., Hégaret, H., & Jolley, D. F. (2019). Effects of copper on the dinoflagellate *Alexandrium minutum* and its allelochemical potency. *Aquatic Toxicology*, 210, 251–261.  
<https://doi.org/10.1016/J.AQUATOX.2019.03.006>

Luna-Pabello, V. M., & Aburto-Castañeda, S. (2014). Sistema de humedales artificiales para el control de la eutrofización del lago del Bosque de San Juan de Aragón. *TIP*, *17(1)*, 32–55.

[https://doi.org/10.1016/S1405-888X\(14\)70318-3](https://doi.org/10.1016/S1405-888X(14)70318-3)

Morales, G. C. (Ed.). (2004). *Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas: estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones*. Idr.

MINAM. (2010). *Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales*. [Repositorio SINIA MINAM]. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-evaluacion-riesgos-ambientales>

MINAM. (2011). *Plan Nacional de Acción Ambiental*. 16. [Repositorio SINIA MINAM]. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-accion-ambiental-planaa-peru-2011-2021>

Morveli Pilco, Y. A. (2020). *Desarrollo de un detergente ecológico a partir de Colletia spinosissima y agregados comerciales para la implementación de un sistema sustentable en los hoteles de la bahía de Puno-2019*. [Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Santa María].

ODS. (2024, January 26). Agua y saneamiento - Desarrollo Sostenible. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

ONU. (2024, January 26). *El apoyo de la FAO para alcanzar los Panorama actual*. Retrieved April 27, 2024. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/56af381e-d4be-49a4-bff8-b9a7e4978a32/content>

Panduro, G., Rengifo, G. C., Barreto, J. L., Arbaiza-Peña, Á. K., Iannacone, J., Alvariño, L., Crnobrna, B., Panduro, G., Rengifo, G. C., Barreto, J. L., Arbaiza-Peña, Á. K., Iannacone, J., Alvariño, L., & Crnobrna, B. (2020). Bioaccumulation of mercury

in fish and risk of ingestion in an indigenous community in the Peruvian Amazonia.

*Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(3).

<https://doi.org/10.15381/RIVEP.V31I3.18177>

Quincho, L. C. M., Matías, P. M. R., & Cruzado, O. F. A. (2017). Diagnóstico del uso del agua y vertimientos de efluentes líquidos en el Perú (2013-2015). *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 20(39), 123–136.

<https://doi.org/10.15381/iigeo.v20i39.14175>

RAE. (2024). clandestino. En *Diccionario de la lengua española*, 23 Edición. Recuperado el 24 de abril de 2024, de <https://dle.rae.es/clandestino>

Reid, A. J., Carlson, A. K., Creed, I. F., Eliason, E. J., Gell, P. A., Johnson, P. T. J., Kidd, K. A., MacCormack, T. J., Olden, J. D., Ormerod, S. J., Smol, J. P., Taylor, W. W., Tockner, K., Vermaire, J. C., Dudgeon, D., & Cooke, S. J. (2019). Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews*, 94(3), 849–873.

<https://doi.org/10.1111/BRV.12480>

Roig, N., Sierra, J., Nadal, M., Moreno-Garrido, I., Nieto, E., Hampel, M., Gallego, E. P., Schuhmacher, M., & Blasco, J. (2015). Assessment of sediment ecotoxicological status as a complementary tool for the evaluation of surface water quality: the Ebro river basin case study. *Science of The Total Environment*, 503–504, 269–278.

<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2014.06.125>

Safi, C., Zebib, B., Merah, O., Pontalier, P. Y., & Vaca-Garcia, C. (2014). Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 35, 265–278.

<https://doi.org/10.1016/J.RSER.2014.04.007>

- Saldaña, P., Lerdo De Tejada, A., Antonieta Gómez, M., & López, R. (2002). La importancia de incluir análisis de toxicidad en descargas industriales y municipales que afectan a los cuerpos receptores. *Instituto Mexicano de Tecnología Del Agua*, 1-11.
- Şentürk, T., Burak Batır, M., Çamlı, Ç., & Yıldız, Ş. (2019). Evaluating the essential and non-essential metal remediation efficiency of *chlorella vulgaris*, and photosynthetic gene expression level changes during the process. *Research Article Aquatic Research*, 2(3), 134–142.  
<https://doi.org/10.3153/AR19011>
- Siqueira, D., Cesar, R., Lourenço, R., Salomão, A., Marques, M., Polivanov, H., Teixeira, M., Vezzoni, M., Santos, D., Koifman, G., Fernandes, Y., Rodrigues, A. P., Alexandre, K., Carneiro, M., Bertolino, C., Fernandes, N., Domingos, L., & Castilhos, Z. C. (2022). Terrestrial and aquatic ecotoxicity of iron ore tailings after the failure of VALE S.A mining dam in Brumadinho (Brazil). *Journal of Geochemical Exploration*, 235, 106954.  
<https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2022.106954>
- Smythers, A. L., Perry, N. L., & Kolling, D. R. J. (2019). *Chlorella vulgaris* bioaccumulates excess manganese up to 55× under photomixotrophic conditions. *Algal Research*, 43, 101641.  
<https://doi.org/10.1016/J.ALGAL.2019.101641>
- Spadaro, D. A., King, J., Angel, B., McKnight, K. S., Adams, M. S., Binet, M. T., Gadd, J. B., Hickey, C. W., & Stauber, J. L. (2021). Probabilistic risk assessment of mine-derived copper in the Ok Tedi/Fly River, Papua New Guinea. *Science of The Total Environment*, 151219.  
<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.151219>

- Tejada Meza, K. (2022). *Ecotoxicidad aguda y riesgo ambiental del agua residual del proceso completo de curtido de pieles empleando bioindicadores acuáticos*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/14387>
- Vargas Maquera, M. C. (2021). *Determinación de Índice Simplificado de Calidad de Agua en el río Chili, Arequipa 2019*. [Tesis Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12585>
- Vergilio, S., Lacerda, D., Cherene Vaz De Oliveira, B., Sartori, E., Campos, G. M., Luiza De Souza Pereira, A., Borges De Aguiar, D., Da, T., Souza, S., Gomes De Almeida, M., Thompson, F., & Eduardo De Rezende, C. (2020). Metal concentrations and biological effects from one of the largest mining disasters in the world (Brumadinho, Minas Gerais, Brazil). *Scientific Reports*, 10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62700-w>
- Viegas, C. A. (2021). Microbial bioassays in environmental toxicity testing. *Advances in Applied Microbiology*, 115, 115–158. <https://doi.org/10.1016/BS.AAMBS.2021.03.002>
- Vilcapaza, S., Miguel, W., Delgado, B., & Fredy, E. (2022). *Modelo de la dinámica de la carga orgánica en el río Chili, en la zona de influencia de la ciudad de Arequipa*. [Tesis Doctorado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/14145>
- Xiao, X., Li, W., Jin, M., Zhang, L., Qin, L., & Geng, W. (2023). Responses and tolerance mechanisms of microalgae to heavy metal stress: A review. *Marine Environmental Research*, 183, 105805. <https://doi.org/10.1016/J.MARENVRES.2022.105805>

Zhang, L., Zheng, X., Liu, X., Li, J., Li, Y., Wang, Z., Zheng, N., Wang, X., & Fan, Z.

(2023). Toxic effects of three perfluorinated or polyfluorinated compounds (PFCs) on two strains of freshwater algae: Implications for ecological risk assessments.

*Journal of Environmental Sciences*, 131, 48–58.

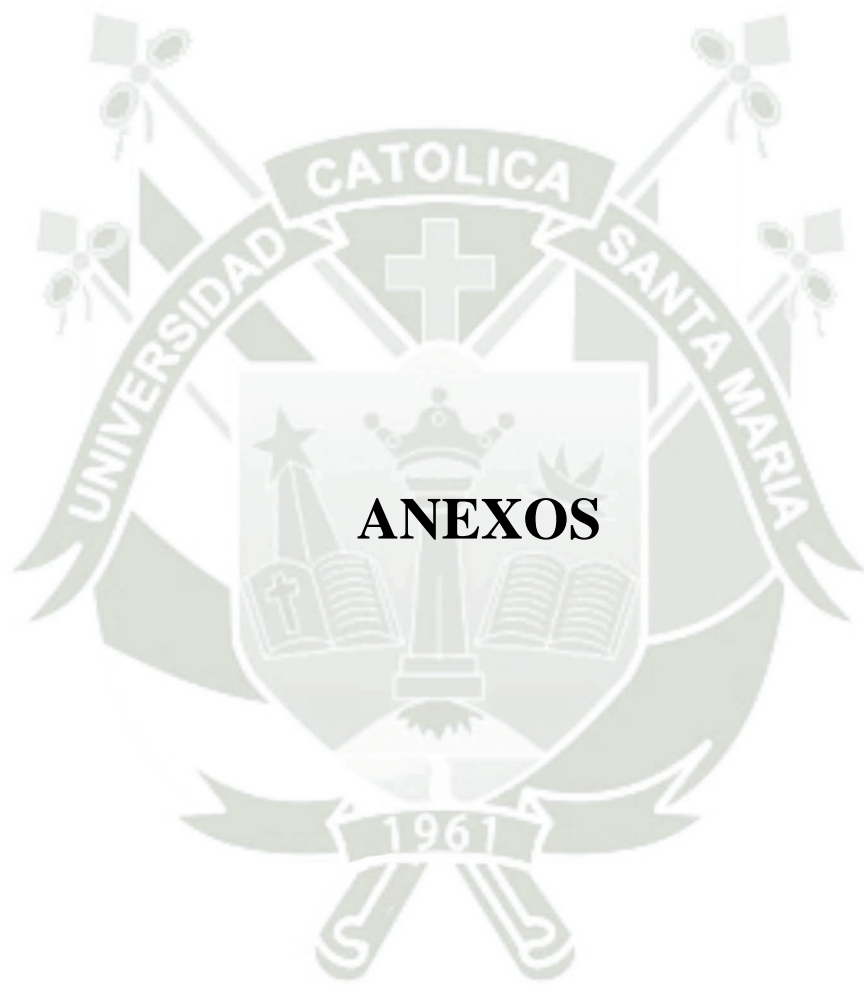
<https://doi.org/10.1016/J.JES.2022.10.042>

Zhang, W., Tan, N. G. J., & Li, S. F. Y. (2014). NMR-based metabolomics and LC-

MS/MS quantification reveal metal-specific tolerance and redox homeostasis in *Chlorella vulgaris*. *Molecular BioSystems*, 10(1), 149–160.

<https://doi.org/10.1039/c3mb70425d>





## Anexo 1.

### Resultados del laboratorio- Temporada Húmeda



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

## INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4788

### I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZÓN SOCIAL	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
2.-DIRECCIÓN	: NRO. S/N URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
3.-PROYECTO	: EVALUACION DEL RIESGO AMBIENTAL POR VERTIMIENTOS NO AUTORIZADO Y EL ESTADO
4.-PROCEDENCIA	: NO INDICA
5.-SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-21-2130
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-06-04

### II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 4
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-05-14
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-05-14 al 2021-06-04



**Gaby Moreno Muñoz**  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 191207



**Marco Valencia Huerta**  
Ingeniero Químico  
CIP N° 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.  
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.  
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4788

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Aniones <sup>2</sup>	MVAL-LAB-36 (Validado fuera del Alcance)	EPA METHOD 300.0 REV.2.1, 1993, Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography (Validado fuera del Alcance)
Coliformes Totales (NMP) <sup>2</sup>	SMEWW 9221 B, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Metales Totales <sup>2</sup>	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 1994	Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry
Pesticidas Organoclorados-Agua-Rev.1 <sup>2</sup>	EPA Method 8081B, Rev. 2, Febrero 2007	Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography
Pesticidas Organofosforados <sup>2</sup>	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018	Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS)

<sup>1</sup>EPA : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

<sup>2</sup>SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

<sup>(1)</sup> Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4788

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-17096	M-21-17097	M-21-17098	M-21-17099			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	C-S-R	C-S-Q	P-S-R	P-S-Q			
COORDENADAS:	E:0227394	E:0227394	E:0229253	E:0229253			
UTM WGS 84:	N:8183148	N:8183148	N:8188368	N:8188368			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO :	13-05-2021 00:00	13-05-2021 00:00	13-05-2021 00:00	13-05-2021 00:00			
<b>ENSAYO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>L.D.M.</b>	<b>L.C.M.</b>	<b>RESULTADOS</b>			
Coliformes Totales (NMP) <sup>2</sup>	NMP/100mL	NA	1,8	79 000,0	170 000,0	33 000,0	33 000,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	19,2	60,4	<2,0	<2,0
Demanda Química de Oxígeno (*)	COD as mg O2/L	2,0	5,0	223,4	1 831,3	360,5	463,4
Detergentes (*)	(mg MBAS/L)	0,010	0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025
<b>Aniones <sup>2</sup></b>							
Nitrato	mg/L	0,02	0,05	6,74	0,48	2,17	0,66
Nitrito	mg/L	0,02	0,05	0,51	0,09	0,18	0,14
<b>Metales Totales <sup>2</sup></b>							
Aluminio	mg/L	0,001	0,003	3,795	6,733	2,610	0,549
Antimonio	mg/L	0,001	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Arsénico	mg/L	0,0002	0,0010	0,0200	0,0224	0,0134	0,0082
Bario	mg/L	0,0001	0,0003	0,0384	0,0567	0,0541	0,0203
Berilio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Bismuto	mg/L	0,003	0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Boro	mg/L	0,0003	0,0010	0,2614	0,2690	0,1874	0,1675
Cadmio	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	0,0002	3,6620	<0,0002
Calcio	mg/L	0,001	0,004	20,304	23,321	14,596	12,194
Cerio	mg/L	0,003	0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cobalto	mg/L	0,0005	0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020

(\*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4788

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-17096	M-21-17097	M-21-17098	M-21-17099			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	C-S-R	C-S-Q	P-S-R	P-S-Q			
COORDENADAS:	E:0227394	E:0227394	E:0229253	E:0229253			
UTM WGS 84:	N:8183148	N:8183148	N:8188368	N:8188368			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO:	13-05-2021 00:00	13-05-2021 00:00	13-05-2021 00:00	13-05-2021 00:00			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Cobre	mg/L	0,0001	0,0002	0,0126	0,0216	0,0094	0,0033
Cromo	mg/L	0,0001	0,0003	0,0026	0,0091	0,0028	0,0016
Estaño	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Estroncio	mg/L	0,00002	0,00005	0,17334	0,19270	0,13932	0,10896
Fosforo	mg/L	0,002	0,006	0,671	1,250	0,449	0,103
Hierro	mg/L	0,001	0,002	1,090	2,690	1,773	0,335
Litio	mg/L	0,00003	0,00010	0,03441	0,03690	0,02328	0,02015
Magnesio	mg/L	0,0006	0,0020	8,3537	9,8370	5,8018	4,7821
Manganeso	mg/L	0,00002	0,00005	0,09842	0,17064	0,31218	<0,00005
Mercurio	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000200	<0,000200	<0,000200	<0,000200
Molibdeno	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Niquel	mg/L	0,0001	0,0004	0,0026	0,0033	0,0019	0,0021
Plata	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Plomo	mg/L	0,0008	0,0025	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
Potasio	mg/L	0,003	0,010	8,581	15,057	4,102	3,097
Selenio	mg/L	0,001	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Silicio	mg/L	0,0002	0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007
Sodio	mg/L	0,0003	0,0010	32,1182	32,4669	15,5796	14,2682
Talio	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " $<$ "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " $<$ "= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4788**

ITEM				1	2	3	4
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-17096	M-21-17097	M-21-17098	M-21-17099
CÓDIGO DEL CLIENTE:				C-S-R	C-S-Q	P-S-R	P-S-Q
COORDENADAS:				E:0227394	E:0227394	E:0229253	E:0229253
UTM WGS 84:				N:8183148	N:8183148	N:8188368	N:8188368
PRODUCTO:				Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural
SUB PRODUCTO:				Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO:				13-05-2021 00:00	13-05-2021 00:00	13-05-2021 00:00	13-05-2021 00:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Titanio	mg/L	0,0003	0,0010	0,0854	0,2103	0,1073	0,0297
Torio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Uranio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Vanadio	mg/L	0,0001	0,0003	0,0384	0,0396	0,0374	0,0344
Zinc	mg/L	0,0001	0,0002	0,0165	0,0200	0,0011	0,0137
<b>Pesticidas</b>							
<b>Organoclorados</b>							
4,4'-DDT	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
4,4'-DDD	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
4,4'-DDE	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Aldrin	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Alfa BHC	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Beta BHC	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Cis-Clordano	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Clordano (Total de Isómeros)	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
DDT(Suma de 4,4-DDD y 4,4-DDE)	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Delta BHC	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Dieldrin	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Endosulfan I	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Endosulfan II	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4788

ITEM				1	2	3	4
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-17096	M-21-17097	M-21-17098	M-21-17099
CÓDIGO DEL CLIENTE:				C-S-R	C-S-Q	P-S-R	P-S-Q
COORDENADAS:				E:0227394	E:0227394	E:0229253	E:0229253
UTM WGS 84:				N:8183148	N:8183148	N:8188368	N:8188368
PRODUCTO:				Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural
SUB PRODUCTO:				Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO:				13-05-2021 00:00	13-05-2021 00:00	13-05-2021 00:00	13-05-2021 00:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Endosulfan Sulfato	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Endrin	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Endrin Aldehído	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Endrin cetona	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Heptacloro	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Heptacloro epóxido	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Lindano	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Metoxiclor	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Trans-Clordano	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
<b>Pesticidas Organofosforados</b> <sup>2</sup>							
Malation	mg/L	0,000001	0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002
Paratión	mg/L	0,000001	0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

**V. OBSERVACIONES**

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

## INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-5043

### I. DATOS DEL SERVICIO


1.-RAZÓN SOCIAL	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
2.-DIRECCIÓN	: NRO. S/N URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
3.-PROYECTO	: EVALUACION DEL RIESGO AMBIENTAL POR VERTIMIENTOS NO AUTORIZADOS Y EL ESTADO
4.-PROCEDENCIA	: RIO CHILI - AREQUIPA
5.-SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-21-2130
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-06-08

### II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 2
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-05-20
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-05-20 al 2021-06-08



**Gaby Moreno Muñoz**  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 191207



**Marco Valencia Huerta**  
Ingeniero Químico  
CIP N° 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.  
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.  
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-5043

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Aniones <sup>2</sup>	MVAL-LAB-36 (Validado fuera del Alcance)	EPA METHOD 300.0 REV.2.1, 1993, Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography (Validado fuera del Alcance)
Coliformes Totales (NMP) <sup>2</sup>	SMEWW 9221 B, 23 rd Ed. 2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Metales Totales <sup>2</sup>	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 1994	Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry
Pesticidas Organoclorados-Agua-Rev.1 <sup>2</sup>	EPA Method 8081B, Rev. 2, Febrero 2007	Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography
Pesticidas Organofosforados <sup>2</sup>	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018	Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS)

<sup>(1)</sup>EPA : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

<sup>(2)</sup>SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

<sup>(1)</sup> Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-5043

IV. RESULTADOS

ITEM	1		2		
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-17948		M-21-17949		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	S-Q		S-R		
COORDENADAS:	E:0225028		E:0224564		
UTM WGS 84:	N:8178532		N:8179018		
PRODUCTO:	Agua Natural		Agua Natural		
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)		Superficial (Río)		
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA				
FECHA y HORA DE MUESTREO :	20-05-2021 13:15		20-05-2021 14:45		
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Coliformes Totales (NMP) <sup>2</sup>	NMP/100mL	NA	1,8	7 000,0	22 000,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	<2,0	8,1
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	<5,0	29,2
Detergentes (*)	(mg MBAS/L)	0,010	0,025	<0,025	<0,025
<b>Aniones <sup>2</sup></b>					
Nitrato	mg/L	0,02	0,05	32,11	37,91
Nitrito	mg/L	0,02	0,05	0,96	0,44
<b>Metales Totales <sup>2</sup></b>					
Aluminio	mg/L	0,001	0,003	<0,003	0,038
Antimonio	mg/L	0,001	0,002	<0,002	<0,002
Arsénico	mg/L	0,0002	0,0010	0,0322	0,0403
Bario	mg/L	0,0001	0,0003	0,0407	0,0544
Berilio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003
Bismuto	mg/L	0,003	0,010	<0,010	<0,010
Boro	mg/L	0,0003	0,0010	3,6965	0,9862
Cadmio	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002
Calcio	mg/L	0,001	0,004	101,886	53,652
Cerio	mg/L	0,003	0,010	<0,010	<0,010
Cobalto	mg/L	0,0005	0,0020	<0,0020	<0,0020

(\*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Limite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Limite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

\*-: No ensayado

NA: No Aplica



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-5043**

ITEM	1	2			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-17948	M-21-17949			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	S-Q	S-R			
COORDENADAS:	E:0225028	E:0224564			
UTM WGS 84:	N:8178532	N:8179018			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA				
FECHA y HORA DE MUESTREO:	20-05-2021 13:15	20-05-2021 14:45			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Cobre	mg/L	0,0001	0,0002	0,0170	0,1057
Cromo	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003
Estaño	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	0,0016
Estroncio	mg/L	0,00002	0,00005	1,32817	0,55170
Fosforo	mg/L	0,002	0,006	0,096	0,417
Hierro	mg/L	0,001	0,002	0,012	0,089
Litio	mg/L	0,00003	0,00010	0,15573	0,08115
Magnesio	mg/L	0,0006	0,0020	55,6169	24,1305
Manganeso	mg/L	0,00002	0,00005	<0,00005	<0,00005
Mercurio	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000100	<0,000100
Molibdeno	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010
Niquel	mg/L	0,0001	0,0004	0,0048	0,0034
Plata	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010
Plomo	mg/L	0,0008	0,0025	<0,0025	<0,0025
Potasio	mg/L	0,003	0,010	24,546	10,407
Selenio	mg/L	0,001	0,002	<0,002	<0,002
Sodio	mg/L	0,0003	0,0010	152,1068	61,3931
Talio	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004
Titanio	mg/L	0,0003	0,0010	0,1171	0,0308

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Limite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Limite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO Nº LE - 096



Registro N° LE - 096

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-5043**

ITEM				1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-17948	M-21-17949
CÓDIGO DEL CLIENTE:				S-Q	S-R
COORDENADAS:				E:0225028	E:0224564
UTM WGS 84:				N:8178532	N:8179018
PRODUCTO:				Agua Natural	Agua Natural
SUB PRODUCTO:				Superficial (Río)	Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO:				20-05-2021 13:15	20-05-2021 14:45
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Torio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003
Uranio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	0,0011
Vanadio	mg/L	0,0001	0,0003	0,0045	0,0075
Zinc	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	0,0477
<b>Pesticidas</b>					
<b>Organoclorados</b>					
4,4'-DDT	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
4,4'-DDD	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
4,4'-DDE	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Aldrin	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Alfa BHC	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Beta BHC	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Cis-Chlordano	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Chlordano (Total de Isómeros)	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
DDT(Suma de 4,4-DDD y 4,4-DDE)	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Delta BHC	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Dieldrin	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Endosulfan I	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Endosulfan II	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Endosulfan Sulfato	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-5043

ITEM				1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-17948	M-21-17949
CÓDIGO DEL CLIENTE:				S-Q	S-R
COORDENADAS:				E:0225028	E:0224564
UTM WGS 84:				N:8178532	N:8179018
PRODUCTO:				Agua Natural	Agua Natural
SUB PRODUCTO:				Superficial (Río)	Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO:				20-05-2021 13:15	20-05-2021 14:45
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Endrin	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Endrin Aldehído	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Endrin cetona	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Heptacloro	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Heptacloro epóxido	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Lindano	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Metoxiclor	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Trans-Clordano	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
<b>Pesticidas Organofosforados</b>					
<sup>2</sup>					
Malation	mg/L	0,000001	0,000002	<0,000002	<0,000002
Paratión	mg/L	0,000001	0,000002	<0,000002	<0,000002

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

\*-: No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Anexo 2.

Resultados del Laboratorio-Temporada Seca



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13064

N° Id.: 0000038079

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
2.-DIRECCIÓN	: NRO. S/N URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
3.-PROYECTO	: EVALUACION DEL RIESGO AMBIENTAL POR VERTIMIENTOS NO AUTORIZADO Y EL ESTADO ECOTOXICOLOGICO CASO DE ESTUDIO RIO CHILI
4.-PROCEDENCIA	: NO INDICA
5.-SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000005096-2021-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-11-06

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua Natural
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 4
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-10-13
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-10-13 al 2021-11-06

Liz Y. Quispe Quispe  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 211662

Marleni V. Rivera Castromonte  
Supervisor de Laboratorio de  
Microbiología e Hidrobiología  
CBP N° 16639



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

📍 SEDE PRINCIPAL  
Av. Guardia Chalaca N° 1877,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0756  
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 SEDE ZARUMILLA  
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 SEDE AREQUIPA  
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,  
Arequipa  
Telf.: (+054) 616 843  
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 SEDE PIURA  
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,  
Castilla - Piura  
Telf.: (+073) 542 335  
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 1 de 5



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13064

N° Id.: 0000038079

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Totales (NMP) <sup>2</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 24th Ed. 2023.	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023.	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 24th Ed. 2023.	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS.
Aniones <sup>2</sup>	EPA 300.0 Rev. 2.1, 1993, VALIDATED (Applied out of reach), 2019.	Determination of inorganic anions by ion chromatography
Pesticidas Organoclorados <sup>2</sup>	EPA Method 8081 B, Rev 2. 2007.	Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography.
Metales Totales ICP-MS <sup>2</sup>	Method 200.8, Revision 5.4 1994 (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance), 2021	Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry
Pesticidas Organofosforados <sup>2</sup>	EPA Method 8270E / Rev.6 2018.	Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography /Mass Spectrometry.

<sup>1</sup>"EPA" : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

"SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

"APHA" : American Public Health Association

<sup>(1)</sup> Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

Pág. 2 de 5

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0756  
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,  
Arequipa  
Telf.: (+054) 616 843  
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,  
Castilla - Piura  
Telf.: (+073) 542 335  
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

[www.alab.com.pe](http://www.alab.com.pe)



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13064

N° Id.: 000038079

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-21-45785	M-21-45786	M-21-45787	M-21-45788			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	C-R	C-Q	P-R	P-Q			
COORDENADAS:	E:0227394	E:0227394	E:0229253	E:0229253			
UTM WGS 84:	N:8183148	N:8183148	N:8188368	N:8188368			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO :	13-10-2021 12:07	13-10-2021 12:07	13-10-2021 12:07	13-10-2021 12:07			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Coliformes Totales (NMP) <sup>2</sup>	NMP/100mL	NA	1,8	540 000,0	280 000,0	13 000,0	1 300,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	20,8	37,0	<2,0	<2,0
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	84,2	141,7	<5,0	<5,0
Detergentes (*)	(mg MBAS/L)	0,007	0,020	1,343	3,212	<0,025	<0,025
<b>Aniones</b>							
Nitrato <sup>2</sup>	mg/L	0,02	0,05	0,69	0,55	<0,02	0,70
Nitrato <sup>2</sup>	mg/L	0,02	0,05	0,61	0,06	<0,02	0,06
<b>Pesticidas Organoclorados</b>							
4,4'-DDT <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
4,4'-DDD <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
4,4'-DDE <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Aldrin <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Aldrin + Dieldrin <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Alfa BHC <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Beta BHC <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Cis-Clordano <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Clordano (Total de Isómeros) <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
DDT(Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE) <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Delta BHC <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Dieldrin <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Endosulfan I <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Endosulfan II <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Endosulfan Sulfato <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Endrin <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Endrin Aldehído <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010

<sup>1)</sup> Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

<sup>2)</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

Pág.3 de 5

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0756  
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,  
Arequipa  
Telf.: (+054) 616 843  
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,  
Castilla - Piura  
Telf.: (+073) 542 335  
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

www.alab.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13064**

N° Id.: 0000038079

ITEM	1	2	3	4
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-21-45785	M-21-45786	M-21-45787	M-21-45788
CÓDIGO DEL CLIENTE:	C-R	C-Q	P-R	P-Q
COORDENADAS:	E:0227394	E:0227394	E:0229253	E:0229253
UTM WGS 84:	N:8183148	N:8183148	N:8188368	N:8188368
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO:	13-10-2021 12:07	13-10-2021 12:07	13-10-2021 12:07	13-10-2021 12:07
<b>ENSAYO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>L.D.M.</b>	<b>L.C.M.</b>	<b>RESULTADOS</b>
Endrin cetona <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Heptacloro <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Heptacloro + Heptacloro Epóxido <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Heptacloro epóxido <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Lindano <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Metoxiclor <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Trans-Clordano <sup>2</sup>	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
<b>Metales Totales ICP-MS</b>				
Aluminio <sup>2</sup>	mg/L	0,001	0,003	<0,003
Antimonio <sup>2</sup>	mg/L	0,0006	0,0020	<0,0020
Arsénico <sup>2</sup>	mg/L	0,0002	0,0010	<0,0010
Bario <sup>2</sup>	mg/L	0,00008	0,00030	<0,00030
Berilio <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Bismuto <sup>2</sup>	mg/L	0,003	0,010	<0,010
Boro <sup>2</sup>	mg/L	0,0003	0,0010	0,2850
Cadmio <sup>2</sup>	mg/L	0,00010	0,00020	<0,00020
Calcio <sup>2</sup>	mg/L	0,001	0,004	28,947
Cerio <sup>2</sup>	mg/L	0,003	0,010	<0,010
Cobalto <sup>2</sup>	mg/L	0,0005	0,0020	<0,0020
Cobre <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002
Cromo <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Estaño <sup>2</sup>	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Estroncio <sup>2</sup>	mg/L	0,00002	0,00005	0,23244
Fosforo <sup>2</sup>	mg/L	0,002	0,006	0,771

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

**SEDE PRINCIPAL**  
Av. Guardia Chalaca N° 1877,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0756  
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

**SEDE ZARUMILLA**  
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

**SEDE AREQUIPA**  
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,  
Arequipa  
Telf.: (+054) 616 843  
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

**SEDE PIURA**  
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,  
Castilla - Piura  
Telf.: (+073) 542 335  
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 4 de 5

www.alab.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13064

N° Id.: 000038079

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-21-45785	M-21-45786	M-21-45787	M-21-45788			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	C-R	C-Q	P-R	P-Q			
COORDENADAS:	E:0227394	E:0227394	E:0229253	E:0229253			
UTM WGS 84:	N:8183148	N:8183148	N:8188368	N:8188368			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO:	13-10-2021 12:07	13-10-2021 12:07	13-10-2021 12:07	13-10-2021 12:07			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Hierro <sup>2</sup>	mg/L	0,001	0,002	0,186	0,204	<0,002	0,013
Litio <sup>2</sup>	mg/L	0,00003	0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010
Magnesio <sup>2</sup>	mg/L	0,0006	0,0020	8,0353	8,5993	6,3784	6,9400
Manganeso <sup>2</sup>	mg/L	0,00002	0,00005	0,07053	0,09084	0,01840	0,01595
Mercurio <sup>2</sup>	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100
Molibdeno <sup>2</sup>	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Níquel <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Plata <sup>2</sup>	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Plomo <sup>2</sup>	mg/L	0,0008	0,0010	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025
Potasio <sup>2</sup>	mg/L	0,003	0,010	6,076	8,326	4,570	5,857
Selenio <sup>2</sup>	mg/L	0,001	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Silicio <sup>2</sup>	mg/L	0,0002	0,0007	12,5960	15,2121	9,0876	8,9908
Sodio <sup>2</sup>	mg/L	0,0003	0,0010	47,6638	53,9492	21,6507	22,2145
Silice <sup>2</sup>	mg/L	0,001	0,002	26,991	32,597	19,473	19,266
Talio <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Titanio <sup>2</sup>	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Torio <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Uranio <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Vanadio <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Zinc <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
<b>Pesticidas Organofosforados</b>							
Malatión <sup>2</sup>	mg/L	0,000001	0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002
Paraatión <sup>2</sup>	mg/L	0,000001	0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

SEDE PRINCIPAL  
Av. Guardia Chalaca N° 1877,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0756  
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA  
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA  
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,  
Arequipa  
Telf.: (+054) 616 843  
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA  
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,  
Castilla - Piura  
Telf.: (+073) 542 335  
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag. 5 de 5

www.alab.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

## INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13966

N° Id.: 0000038981

### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.-RAZON SOCIAL : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
2.-DIRECCIÓN : NRO. S/N URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA  
3.-PROYECTO : "EVALUACION DEL RIESGO AMBIENTAL POR VERTIMIENTOS NO AUTORIZADO Y EL ESTADO ECOTOXICOLOGICO CASO DE ESTUDIO RIO CHILI"  
4.-PROCEDENCIA : AREQUIPA, RIO CHILI  
5.-SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA  
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 000005224-2021-0001  
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA  
8.-MUESTREADO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA  
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2021-11-11

### II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

- 1.-PRODUCTO : Agua Natural  
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 5  
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2021-10-29  
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2021-10-29 al 2021-11-11

Liz Y. Quispe Quispe  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 211662

Marleni V. Rivera Castromonte  
Supervisor de Laboratorio de  
Microbiología e Hidrobiología  
CBP N° 16639



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

📍 SEDE PRINCIPAL  
Av. Guardia Chalaca N° 1877,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0756  
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 SEDE ZARUMILLA  
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 SEDE AREQUIPA  
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,  
Arequipa  
Telf.: (+054) 616 843  
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 SEDE PIURA  
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,  
Castilla - Piura  
Telf.: (+073) 542 335  
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 1 de 10



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13966

N° Id.: 0000038981

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Totales (NMP) <sup>2</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 24th Ed. 2023.	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023.	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand. Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 24th Ed. 2023.	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS.
Aniones <sup>2</sup>	EPA 300.0 Rev. 2.1, 1993, VALIDATED (Applied out of reach), 2019.	Determination of inorganic anions by ion chromatography
Pesticidas Organoclorados <sup>2</sup>	EPA Method 8081 B, Rev 2. 2007.	Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography.
Metales Totales ICP-MS <sup>2</sup>	Method 200.8, Revision 5.4 1994 (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance), 2021	Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry
Pesticidas Organofosforados <sup>2</sup>	EPA Method 8270E / Rev.6 2018.	Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography /Mass Spectrometry.

<sup>1</sup>EPA : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

<sup>2</sup>SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

<sup>3</sup>APHA : American Public Health Association

<sup>(1)</sup> Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

📍 SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0756  
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,  
Arequipa  
Telf.: (+054) 616 843  
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,  
Castilla - Piura  
Telf.: (+073) 542 335  
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 2 de 10

www.alab.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13966

N° Id.: 0000038981

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-21-49199	M-21-49200	M-21-49201	M-21-49202			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	P-E-2	C-E-2	S-E-2	S-R-2			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO :	29-10-2021	29-10-2021	29-10-2021	29-10-2021			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Coliformes Totales (NMP) <sup>2</sup>	NMP/100mL	NA	1,8	49,0	2 300,0	70,0	350,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Detergentes (*)	(mg MBAS/L)	0,007	0,020	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025
<b>Aniones</b>							
Bromato <sup>2</sup>	mg/L	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromuro <sup>2</sup>	mg/L	0,02	0,05	0,19	0,16	0,18	0,13
Clorato <sup>2</sup>	mg/L	0,12	0,30	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Clorito <sup>2</sup>	mg/L	0,08	0,20	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
Cloruro <sup>2</sup>	mg/L	0,4	1,0	72,6	73,3	74,5	39,6
Dicloroacetato <sup>2</sup>	mg/L	0,01	0,02	<0,28	<0,28	<0,28	<0,28
Fluor <sup>2</sup>	mg/L	0,08	0,20	0,39	0,36	0,37	0,18
Fluoruro <sup>2</sup>	mg/L	0,08	0,20	0,39	0,36	0,37	0,18
Monocloroacetato <sup>2</sup>	mg/L	0,1	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
N-Nitrato <sup>2</sup>	mg/L	0,004	0,011	5,343	5,449	4,734	0,890
N-Nitrito <sup>2</sup>	mg/L	0,006	0,015	0,070	0,065	0,271	0,025
N-Nitrito+N-Nitrato <sup>2</sup>	mg/L	0,004	0,011	5,413	5,513	5,006	0,914
Nitrato <sup>2</sup>	mg/L	0,02	0,05	23,66	24,13	20,97	3,94
Nitrito <sup>2</sup>	mg/L	0,02	0,05	0,23	0,21	0,89	0,08
Nitrito+Nitrato <sup>2</sup>	mg/L	0,02	0,05	23,89	24,34	21,86	4,02
P-Fosfato <sup>2</sup>	mg/L	0,04	0,10	0,09	0,06	<0,04	<0,04
Sulfato <sup>2</sup>	mg/L	0,2	0,5	131,7	131,5	134,2	53,8
<b>Pesticidas Organoclorados</b>							
4,4'-DDT <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
4,4'-DDD <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
4,4'-DDE <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Aldrin <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010

(<sup>1</sup>) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(<sup>2</sup>) Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0756  
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,  
Arequipa  
Telf.: (+054) 616 843  
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,  
Castilla - Piura  
Telf.: (+073) 542 335  
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pag.3 de 10

www.alab.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13966

N° Id.: 0000038981

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-21-49199	M-21-49200	M-21-49201	M-21-49202			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	P-E-2	C-E-2	S-E-2	S-R-2			
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO:	29-10-2021	29-10-2021	29-10-2021	29-10-2021			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Antimonio <sup>2</sup>	mg/L	0,0006	0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020
Arsénico <sup>2</sup>	mg/L	0,0002	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Bario <sup>2</sup>	mg/L	0,00008	0,00030	0,05912	0,04622	0,05698	0,01609
Berilio <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Bismuto <sup>2</sup>	mg/L	0,003	0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Boro <sup>2</sup>	mg/L	0,0003	0,0010	0,5759	0,5777	0,6016	0,3953
Cadmio <sup>2</sup>	mg/L	0,00010	0,00020	<0,00020	<0,00020	<0,00020	<0,00020
Calcio <sup>2</sup>	mg/L	0,001	0,004	52,886	55,413	53,651	31,034
Cerio <sup>2</sup>	mg/L	0,003	0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cobalto <sup>2</sup>	mg/L	0,0005	0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020
Cobre <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cromo <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Estaño <sup>2</sup>	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Estroncio <sup>2</sup>	mg/L	0,00002	0,00005	0,38997	0,39011	0,38043	0,24210
Fosforo <sup>2</sup>	mg/L	0,002	0,006	0,149	0,218	0,046	<0,006
Hierro <sup>2</sup>	mg/L	0,001	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Litio <sup>2</sup>	mg/L	0,00003	0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010	<0,00010
Magnesio <sup>2</sup>	mg/L	0,0006	0,0020	26,0689	26,3294	25,6578	10,2277
Manganeso <sup>2</sup>	mg/L	0,00002	0,00005	<0,00005	<0,00005	0,30788	<0,00005
Mercurio <sup>2</sup>	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100
Molibdeno <sup>2</sup>	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Niquel <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Plata <sup>2</sup>	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Plomo <sup>2</sup>	mg/L	0,0008	0,0010	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025
Potasio <sup>2</sup>	mg/L	0,003	0,010	10,458	10,622	9,536	5,490
Selenio <sup>2</sup>	mg/L	0,001	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0756  
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,  
Arequipa  
Telf.: (+054) 616 843  
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,  
Castilla - Piura  
Telf.: (+073) 542 335  
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág.5 de 10

www.alab.com.pe

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13966

N° Id.: 0000038981

ITEM	1	2	3	4
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-21-49199	M-21-49200	M-21-49201	M-21-49202
CÓDIGO DEL CLIENTE:	P-E-2	C-E-2	S-E-2	S-R-2
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO:	29-10-2021	29-10-2021	29-10-2021	29-10-2021

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Aldrin + Dieldrin <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Alfa BHC <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Beta BHC <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Cis-Clordano <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Clordano (Total de Isómeros) <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
DDT(Suma de 4,4-DDD y 4,4-DDE) <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Delta BHC <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Dieldrin <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Endosulfan I <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Endosulfan II <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Endosulfan Sulfato <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Endrin <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Endrin Aldehído <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Endrin cetona <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Heptacloro <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Heptacloro + Heptacloro Epóxido <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Heptacloro epóxido <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Lindano <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Metoxicloro <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Trans-Clordano <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
<b>Metales Totales ICP-MS</b>							
Aluminio <sup>2</sup>	mg/L	0,001	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

Pág.4 de 10

📍 SEDE PRINCIPAL  
Av. Guardia Chalaca N° 1877,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0756  
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 SEDE ZARUMILLA  
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 SEDE AREQUIPA  
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,  
Arequipa  
Telf.: (+054) 616 843  
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 SEDE PIURA  
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,  
Castilla - Piura  
Telf.: (+073) 542 335  
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13966**

N° Id.: 0000038981

ITEM	1	2	3	4
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-21-49199	M-21-49200	M-21-49201	M-21-49202
CÓDIGO DEL CLIENTE:	P-E-2	C-E-2	S-E-2	S-R-2
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO:	29-10-2021	29-10-2021	29-10-2021	29-10-2021

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Silicio <sup>2</sup>	mg/L	0,0002	0,0007	32,3447	32,8308	32,2201	11,9213
Sodio <sup>2</sup>	mg/L	0,0003	0,0010	68,6046	72,3777	71,6117	37,4283
Silíce <sup>2</sup>	mg/L	0,001	0,002	69,310	70,352	69,043	25,546
Talio <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Titanio <sup>2</sup>	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Torio <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Uranio <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Vanadio <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Zinc <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0228	0,0832
<b>Pesticidas Organofosforados</b>							
Malation <sup>2</sup>	mg/L	0,000001	0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002
Paratión <sup>2</sup>	mg/L	0,000001	0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.  
L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.  
NA: No Aplica

Pág.6 de 10

📍 **SEDE PRINCIPAL**  
Av. Guardia Chalaca N° 1877,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0756  
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**  
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**  
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,  
Arequipa  
Telf.: (+054) 616 843  
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 **SEDE PIURA**  
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,  
Castilla - Piura  
Telf.: (+073) 542 335  
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

🌐 [www.alab.com.pe](http://www.alab.com.pe)



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

Registro N° LE - 096

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13966**

N° Id.: 0000038981

ITEM	5
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-21-49203
CÓDIGO DEL CLIENTE:	S-Q-2
COORDENADAS:	NO APLICA
UTM WGS 84:	NO APLICA
PRODUCTO:	Agua Natural
SUB PRODUCTO:	Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO :	29-10-2021

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Coliformes Totales (NMP) <sup>2</sup>	NMP/100mL	NA	1,8	4,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	<2,0
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	<5,0
Detergentes (*)	(mg MBAS/L)	0,007	0,020	<0,025
<b>Aniones</b>				
Bromato <sup>2</sup>	mg/L	0,01	0,01	<0,01
Bromuro <sup>2</sup>	mg/L	0,02	0,05	0,23
Clorato <sup>2</sup>	mg/L	0,12	0,30	<0,12
Clorito <sup>2</sup>	mg/L	0,08	0,20	<0,08
Cloruro <sup>2</sup>	mg/L	0,4	1,0	536,9
Dicloroacetato <sup>2</sup>	mg/L	0,01	0,02	<0,28
Fluor <sup>2</sup>	mg/L	0,08	0,20	0,45
Fluoruro <sup>2</sup>	mg/L	0,08	0,20	0,45
Monocloroacetato <sup>2</sup>	mg/L	0,1	0,2	<0,2
N-Nitrato <sup>2</sup>	mg/L	0,004	0,011	7,085
N-Nitrito <sup>2</sup>	mg/L	0,006	0,015	0,089
N-Nitrito+N-Nitrato <sup>2</sup>	mg/L	0,004	0,011	7,174
Nitrato <sup>2</sup>	mg/L	0,02	0,05	31,38
Nitrito <sup>2</sup>	mg/L	0,02	0,05	0,29
Nitrito+Nitrato <sup>2</sup>	mg/L	0,02	0,05	31,67
P-Fosfato <sup>2</sup>	mg/L	0,04	0,10	<0,04
Sulfato <sup>2</sup>	mg/L	0,2	0,5	591,4
<b>Pesticidas Organoclorados</b>				
4,4'-DDT <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
4,4'-DDD <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
4,4'-DDE <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010

(<sup>1</sup>) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

📍 SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0756  
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,  
Arequipa  
Telf.: (+054) 616 843  
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,  
Castilla - Piura  
Telf.: (+073) 542 335  
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág.7 de 10

www.alab.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13966

N° Id.: 0000038981

ITEM				5
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-21-49203
CÓDIGO DEL CLIENTE:				S-Q-2
COORDENADAS:				NO APLICA
UTM WGS 84:				NO APLICA
PRODUCTO:				Agua Natural
SUB PRODUCTO:				Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				29-10-2021
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Aldrin <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Aldrin + Dieldrin <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Alfa BHC <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Beta BHC <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Cis-Clordano <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Clordano (Total de Isómeros) <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
DDT(Suma de 4,4-DDD y 4,4-DDE) <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Delta BHC <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Dieldrin <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Endosulfan I <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Endosulfan II <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Endosulfan Sulfato <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Endrin <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Endrin Aldehído <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Endrin cetona <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Heptacloro <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Heptacloro + Heptacloro Epóxido <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Heptacloro epóxido <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Lindano <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Metoxiclor <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Trans-Clordano <sup>2</sup>	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
<b>Metales Totales ICP-MS</b>				

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

Pág.8 de 10

📍 SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0756  
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,  
Arequipa  
Telf.: (+054) 616 843  
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,  
Castilla - Piura  
Telf.: (+073) 542 335  
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

www.alab.com.pe

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13966

N° Id.: 0000038981

ITEM				5
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-21-49203
CÓDIGO DEL CLIENTE:				S-Q-2
COORDENADAS:				NO APLICA
UTM WGS 84:				NO APLICA
PRODUCTO:				Agua Natural
SUB PRODUCTO:				Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				29-10-2021
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Aluminio <sup>2</sup>	mg/L	0,001	0,003	<0,003
Antimonio <sup>2</sup>	mg/L	0,0006	0,0020	<0,0020
Arsénico <sup>2</sup>	mg/L	0,0002	0,0010	<0,0010
Bario <sup>2</sup>	mg/L	0,00008	0,00030	0,06529
Berilio <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Bismuto <sup>2</sup>	mg/L	0,003	0,010	<0,010
Boro <sup>2</sup>	mg/L	0,0003	0,0010	6,7150
Cadmio <sup>2</sup>	mg/L	0,00010	0,00020	<0,00020
Calcio <sup>2</sup>	mg/L	0,001	0,004	192,922
Cerio <sup>2</sup>	mg/L	0,003	0,010	<0,010
Cobalto <sup>2</sup>	mg/L	0,0005	0,0020	<0,0020
Cobre <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002
Cromo <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Estaño <sup>2</sup>	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Estroncio <sup>2</sup>	mg/L	0,00002	0,00005	1,83379
Fosforo <sup>2</sup>	mg/L	0,002	0,006	0,203
Hierro <sup>2</sup>	mg/L	0,001	0,002	<0,002
Litio <sup>2</sup>	mg/L	0,00003	0,00010	0,00170
Magnesio <sup>2</sup>	mg/L	0,0006	0,0020	83,3306
Manganeso <sup>2</sup>	mg/L	0,00002	0,00005	<0,00005
Mercurio <sup>2</sup>	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000100
Molibdeno <sup>2</sup>	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Niquel <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004
Plata <sup>2</sup>	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Plomo <sup>2</sup>	mg/L	0,0008	0,0010	<0,0025
Potasio <sup>2</sup>	mg/L	0,003	0,010	34,623

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " $<$ "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " $<$ "= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

📍 SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0756  
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,  
Arequipa  
Telf.: (+054) 616 843  
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

📍 SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,  
Castilla - Piura  
Telf.: (+073) 542 335  
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág.9 de 10



LABORATORIO DE ENSAYO  
ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE  
ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13966

N° Id.: 0000038981

ITEM				5
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-21-49203
CÓDIGO DEL CLIENTE:				S-Q-2
COORDENADAS:				NO APLICA
UTM WGS 84:				NO APLICA
PRODUCTO:				Agua Natural
SUB PRODUCTO:				Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				29-10-2021
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Selenio <sup>2</sup>	mg/L	0,001	0,002	<0,002
Silicio <sup>2</sup>	mg/L	0,0002	0,0007	26,3039
Sodio <sup>2</sup>	mg/L	0,0003	0,0010	347,3310
Sílice <sup>2</sup>	mg/L	0,001	0,002	56,366
Talio <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004
Titanio <sup>2</sup>	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Torio <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Uranio <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Vanadio <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Zinc <sup>2</sup>	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002
<b>Pesticidas Organofosforados</b>				
Malation <sup>2</sup>	mg/L	0,000001	0,000002	<0,000002
Paratión <sup>2</sup>	mg/L	0,000001	0,000002	<0,000002

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

📍 **SEDE PRINCIPAL**  
Av. Guardia Chalaca N° 1877,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0756  
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

📍 **SEDE ZARUMILLA**  
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,  
Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 713 0636  
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

📍 **SEDE AREQUIPA**  
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,  
Arequipa  
Telf.: (+054) 616 843  
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

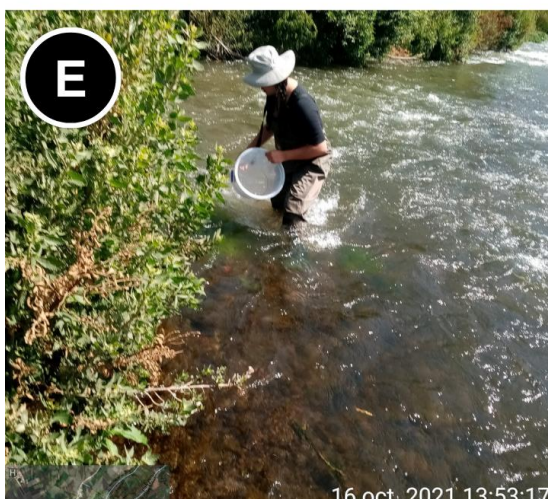
📍 **SEDE PIURA**  
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,  
Castilla - Piura  
Telf.: (+073) 542 335  
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág.10 de 10

🌐 [www.alab.com.pe](http://www.alab.com.pe)

**Anexo 3.**

*Recolección de muestras en el monitoreo de aguas superficiales en los puntos de monitoreo de: (A) Pato Río, (B) Pato Quebrada, (C) Chullo Río, (D) Chullo Quebrada, (E) Socabaya Río, (F) Socabaya Quebrada.*



Anexo 4.

Estándar de Calidad Ambiental para Aguas - Categoría 3 y 4

El Peruano / Miércoles 7 de junio de 2017

NORMAS LEGALES

17

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH<sub>3</sub>)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota:

(\*El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(\*\*)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH<sub>3</sub>-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH<sub>3</sub>).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
<b>ORGÁNICO</b>				
<b>Bifenilos Policlorados</b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
<b>PLAGUICIDAS</b>				
Paratión	µg/L	35		35
<b>Organoclorados</b>				
Aldrin	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrin	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	µg/L	1		11
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

**Categoría 4: Conservación del ambiente acuático**

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(µS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO <sub>3</sub> -) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH <sub>3</sub> )	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
<b>INORGÁNICOS</b>						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
<b>ORGÁNICOS</b>						
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles</b>						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
<b>BTEX</b>						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Bifenilos Policlorados</b>						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
<b>PLAGUICIDAS</b>						
<b>Organofosforados</b>						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
<b>Organoclorados</b>						
Aldrín	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrín	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrín	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,000036	0,000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Carbamato</b>						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ).

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 5:**

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de  $\text{NH}_3$ ) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.

(2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de  $\text{NH}_3$ ).

**Tabla N° 2: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de  $\text{NH}_3$ )**

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
<b>Salinidad 10 g/kg</b>								
7,0	41,00	29,00	20,00	14,00	9,40	6,60	4,40	3,10
7,2	26,00	18,00	12,00	8,70	5,90	4,10	2,80	2,00
7,4	17,00	12,00	7,80	5,30	3,70	2,60	1,80	1,20
7,6	10,00	7,20	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,84
7,8	6,60	4,70	3,10	2,20	1,50	1,10	0,75	0,53
8,0	4,10	2,90	2,00	1,40	0,97	0,69	0,47	0,34
8,2	2,70	1,80	1,30	0,87	0,62	0,44	0,31	0,23
8,4	1,70	1,20	0,81	0,56	0,41	0,29	0,21	0,16
8,6	1,10	0,75	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11
8,8	0,69	0,50	0,34	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08
9,0	0,44	0,31	0,23	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07
<b>Salinidad 20 g/kg</b>								
7,0	44,00	30,00	21,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10
7,2	27,00	19,00	13,00	9,00	6,20	4,40	3,00	2,10
7,4	18,00	12,00	8,10	5,60	4,10	2,70	1,90	1,30
7,6	11,00	7,50	5,30	3,40	2,50	1,70	1,20	0,84
7,8	6,90	4,70	3,40	2,30	1,60	1,10	0,78	0,53
8,0	4,40	3,00	2,10	1,50	1,00	0,72	0,50	0,34
8,2	2,80	1,90	1,30	0,94	0,66	0,47	0,31	0,24
8,4	1,80	1,20	0,84	0,59	0,44	0,30	0,22	0,16
8,6	1,10	0,78	0,56	0,41	0,28	0,20	0,15	0,12
8,8	0,72	0,50	0,37	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08
9,0	0,47	0,34	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07
<b>Salinidad 30 g/kg</b>								
7,0	47,00	31,00	22,00	15,00	11,00	7,20	5,00	3,40
7,2	29,00	20,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10	2,20
7,4	19,00	13,00	8,70	5,90	4,10	2,90	2,00	1,40
7,6	12,00	8,10	5,60	3,70	3,10	1,80	1,30	0,90
7,8	7,50	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,81	0,56

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
8,0	4,70	3,10	2,20	1,60	1,10	0,75	0,53	0,37
8,2	3,00	2,10	1,40	1,00	0,69	0,50	0,34	0,25
8,4	1,90	1,30	0,90	0,62	0,44	0,31	0,23	0,17
8,6	1,20	0,84	0,59	0,41	0,30	0,22	0,16	0,12
8,8	0,78	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11	0,09
9,0	0,50	0,34	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07

**Notas:**

(\*)El estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 7,0 a 9,0, Temperatura de 0 a 35°C, y Salinidades de 10, 20 y 30 g/kg. Para comparar la Salinidad de las muestras de agua superficial, se deben tomar la salinidad próxima inferior (30, 20 o 10) al valor obtenido en la muestra, ya que la condición más extrema se da a menor salinidad. Asimismo, para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(\*\*)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), multiplicar el resultado por el factor 1.22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco ( $\text{NH}_3$ ).

**NOTA GENERAL:**

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.

- Los valores de los parámetros están referidos a la concentración máxima, salvo que se precise otra condición.  
- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.

1529835-2