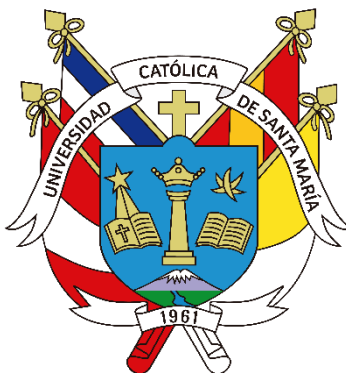


Universidad Católica de Santa María
Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Evaluación ecotoxicológica del agua superficial y elutriados de sedimentos
de tres quebradas que confluyen con el río Chili, en dos bioindicadores
acuáticos *Poecilia reticulata* y *Daphnia magna*.**

Tesis presentada por las Bachilleres:

Cuba Ramirez, Angie Rosario

ORCID: 0009-0000-1936-7847

Núñez Gamarra, Melissa Kristel

ORCID: 0009-0009-8085-8528

para optar el Título Profesional de Ingeniera Ambiental

Asesor:

Dr. Arenazas Rodríguez, Armando Jacinto

ORCID: 0000-0002-0940-2204

Arequipa – Perú

2025

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA AMBIENTAL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 27 de Noviembre del 2024

Dictamen: 006250-C-EPIA-2024

Visto el borrador del expediente 006250, presentado por:

2016201672 - NUÑEZ GAMARRA MELISSA KRISTEL

2015800702 - CUBA RAMIREZ ANGIE ROSARIO

Titulado:

**EVALUACIÓN ECOTOXICOLÓGICA DEL AGUA SUPERFICIAL Y ELUTRIADOS DE SEDIMENTOS
DE TRES QUEBRADAS QUE CONFLUYEN CON EL RÍO CHILL, EN DOS BIOINDICADORES
ACUÁTICOS POECILIA RETICULATA Y DAPHNIA MAGNA.**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

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

INGENIERO AMBIENTAL

**46769238 - CHANOVE MANRIQUE ANDREA MARIETA
DICTAMINADOR**



**E0085162 - COLINA ANDRADE GILBERTO DE JESUS
DICTAMINADOR**

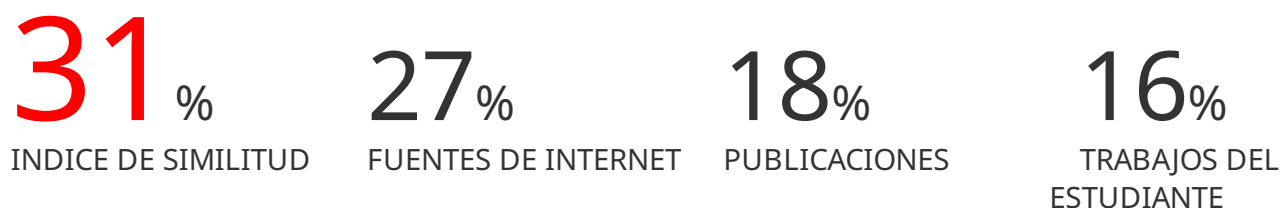


**43606549 - CARDENAS PILLCO BERLY EDINSSON
DICTAMINADOR**



Evaluación ecotoxicológica del agua superficial y elutriados de sedimentos de tres quebradas que confluyen con el río Chili, en dos bioindicadores acuáticos *Poecilia reticulata* y *Daphnia magna*.

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Católica de Santa María	8%
	Trabajo del estudiante	
2	hdl.handle.net	2%
	Fuente de Internet	
3	repositorio.unsa.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.unfv.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
5	repositorio.ana.gob.pe	1%
	Fuente de Internet	
6	visorsig.oefa.gob.pe	1%
	Fuente de Internet	
7	repositorio.ucsm.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	

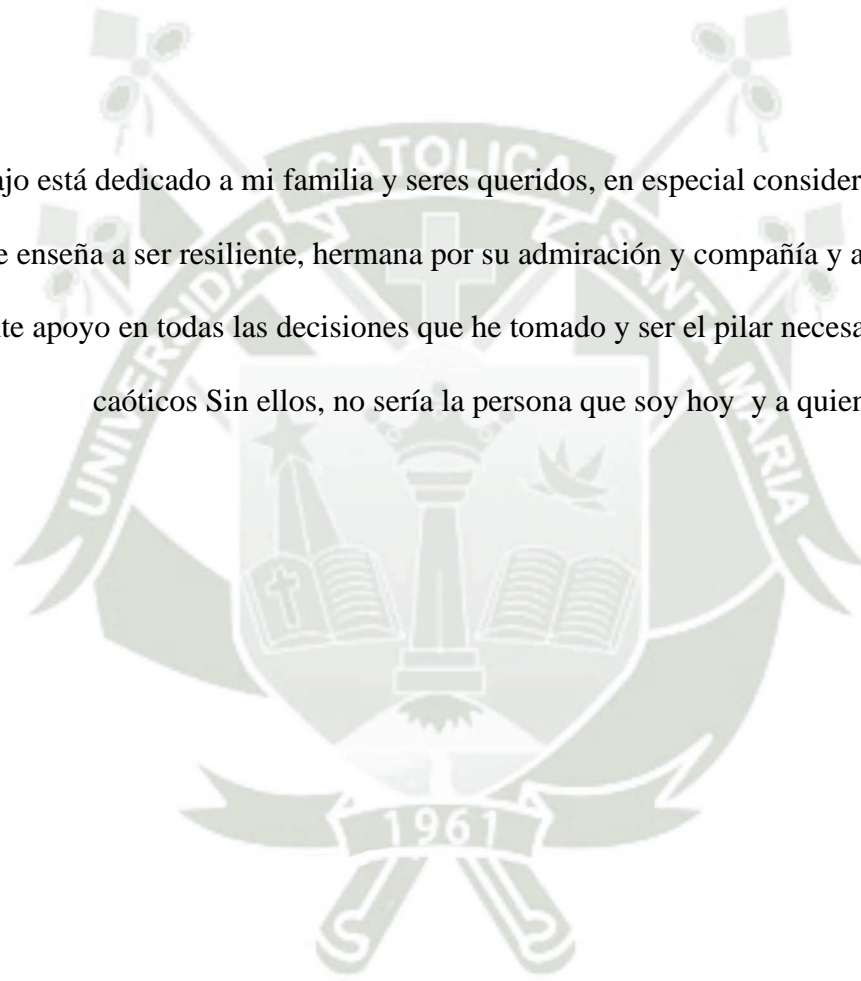
Dedicatoria

Angie Cuba

A Dios, por darme la fortaleza y sabiduría para superar cada desafío; a mi madre, Fanny, por su apoyo incondicional, por ser mi mayor fuente de inspiración e impulsarme a tomar cada vez más retos en la vida; a mi padre, Holman, por enseñarme y demostrarme que no hay que perder la esperanza; y a mi hermana, María Emilia, por nunca dejar de creer en mí.

Melissa Nuñez

Este trabajo está dedicado a mi familia y seres queridos, en especial consideración a mi padre, que me enseña a ser resiliente, hermana por su admiración y compañía y a mi madre por su incesante apoyo en todas las decisiones que he tomado y ser el pilar necesario en momentos caóticos Sin ellos, no sería la persona que soy hoy y a quienes les debo todo.



Agradecimiento

Un especial agradecimiento a nuestro asesor Dr. Blgo. Armando Arenazas Rodriguez, por su invaluable paciencia, dedicación y tiempo para absolver nuestras dudas. De igual manera al equipo de investigación, Mg. Kevin Tejada, Mg. Yorel Noriega, Mg. Antonio Salas que nos brindaron su soporte y orientación en la realización de esta investigación

Melissa Nuñez Gamarra

Deseo extender mi agradecimiento a los profesionales y superiores con quienes tuve la oportunidad de colaborar desde el inicio de mi trayecto profesional. que me dieron siempre constante apoyo y valiosos deseos de éxito que han sido fundamentales para la consecución de mis objetivos. A mis amigos en la Universidad con quienes compartí y concluí una linda etapa, en especial a Deborah, Patricia, Kelly, Xoana, Franco e Ivan. Agradezco también a los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, quienes no solo fueron mentores, sino que se convirtieron en colegas y amigos.

Angie Cuba Ramirez

Agradezco esta realización a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica de Santa María por la formación brindada; a todos los docentes, por compartir su conocimiento y experiencias en las aulas; al personal administrativo y a los encargados de los laboratorios, quienes siempre estuvieron atentos a prestar su apoyo y disposición; y, finalmente, pero no menos importante, a mis queridas amigas de la facultad de Educación, quienes, con sus consejos y ánimos, me impulsan cada día a mejorar, tanto profesional como personalmente. Les estoy eternamente agradecida.

RESUMEN

El río Chili presenta vertimientos no autorizados de aguas contaminadas, sobre los cuales se han realizado diversos estudios enfocados en la calidad del agua y su impacto en el bienestar social. Sin embargo, no se han efectuado evaluaciones específicas a la afectación a la biota. Por ello, el objetivo principal de esta investigación innovadora es evaluar el riesgo ambiental asociado a estos vertimientos no autorizados y determinar el estado ecotoxicológico del río Chili como una herramienta adicional para evaluar la calidad del agua. Para ello, se realizaron bioensayos ecotoxicológicos con *Daphnia magna* y *Poecilia reticulata*.

Se establecieron seis puntos de monitoreo para agua superficial y tres de sedimentos en las confluencias del río Chili y en las quebradas Pato – Peral y Chullo y río Socabaya, durante las temporadas húmeda y seca. En cada punto de muestreo se realizó una caracterización fisicoquímica del agua. Posteriormente, se desarrolló un diseño experimental utilizando cinco (diluciones) de 6.25, 12.5, 25, 50, 100 % y un control (0%) evaluando efectos letales (mortalidad) en *D. magna* a las 48 horas y *P. reticulata* en 96 horas.

Los resultados muestran una mayor toxicidad en temporada húmeda, evidenciando por una mayor mortalidad de *D. magna* en comparación con la temporada seca. Además, se identificaron parámetros fisicoquímicos (coliformes totales, DQO, DBO) y metales pesados (cadmio, litio, hierro y manganeso) que sobrepasaron el ECA, que pudieron influir en la mortalidad de estos organismos no destinatarios. La evaluación del riesgo ambiental concluyó que el agua es ligeramente tóxica en ambas temporadas. En el caso de *P. reticulata* no se observó mortalidad en ninguna de las temporadas, clasificándose como no tóxico para esta especie.

Palabras clave: Ecotoxicología, elutriados, bioensayos ecotoxicológicos.

ABSTRACT

The Chili River has unauthorized discharges of contaminated water, which have been the subject of several studies focused on water quality and its impact on social welfare. However, there have been no specific evaluations of the impact on biota. Therefore, the main objective of this innovative research is to evaluate the environmental risk associated with these unauthorized discharges and to determine the ecotoxicological status of the Chili River as an additional tool to assess water quality. For this purpose, ecotoxicological bioassays were conducted with *Daphnia magna* and *Poecilia reticulata*.

Six monitoring points for surface water and three for sediments were established at the confluences of the Chili River and in the Pato-Peral and Chullo streams and Socabaya river, during the wet and dry seasons. At each sampling point, a physicochemical characterization of the water was carried out. Subsequently, an experimental design was developed using five dilutions of .25, 12.5, 25, 50, 100 % and a control (0%), evaluating lethal effects (mortality) in *D. magna* at 48 hours and *P. reticulata* at 96 hours.

The results show a higher toxicity in the wet season, evidenced by a higher mortality of *D. magna* compared to the dry season. In addition, physicochemical parameters (total coliforms, COD, BOD) and heavy metals (cadmium, lithium, iron and manganese) were identified that exceeded the ECA, which could have influenced the toxicity of *D. magna*.

The environmental risk assessment concluded that the water is slightly toxic in both seasons. In the case of *P. reticulata*, no mortality was observed in either season, classifying it as non-toxic for this species.

Key words: Ecotoxicology, elutriates, ecotoxicological bioassays.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I..... 4

1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA 5

1.1. Problemática de la investigación..... 5

1.2. Justificación de la investigación 7

1.3. Objetivos de la investigación..... 10

1.3.1. Objetivo General:..... 10

1.3.2. Objetivos Específicos: 10

CAPÍTULO II 12

2. FUNDAMENTO TEÓRICO..... 13

2.1. Antecedentes de la investigación..... 13

2.2. Marco Teórico..... 16

2.2.1. Recurso hídrico 16

2.2.2. Clasificación de los Recursos Hídricos..... 16

2.2.3. Calidad de Recursos Hídricos..... 20

2.2.4. Fuentes contaminantes relacionadas con los recursos hídricos. 20

2.2.5. Clasificación de fuentes contaminantes..... 21

2.2.6. Parámetros de calidad de agua..... 21

2.2.7. Sedimento..... 29

2.2.8.	Elutriados.....	30
2.2.9.	Toxicología.....	31
2.2.10.	Ecotoxicología.....	31
2.2.11.	Bioensayos toxicológicos.....	32
2.2.12.	Organismos no destinatarios.....	32
2.2.13.	Características topográficas e hidrológicas.....	33
2.3.	Marco Legal.....	35
2.3.1.	Marco legal internacional.....	35
2.3.2.	Marco legal nacional.....	36
2.3.3.	Marco legal nacional complementario.....	38
CAPÍTULO III.....		40
3.	METODOLOGÍA PROPUESTA.....	41
3.1.	Tipo y nivel de investigación.....	41
3.1.1.	Tipo de investigación.....	41
3.1.2.	Nivel de investigación.....	41
3.2.	Diseño de la investigación.....	41
3.2.1.	Tipo de diseño.....	41
3.2.2.	Unidad experimental.....	42
3.3.	Operacionalización de las variables.....	42
3.4.	Metodología de investigación.....	43
3.4.1.	Determinación de los puntos de monitoreo y parámetros fisicoquímicos como microbiológicos de agua superficial y elutriados de sedimentos de los ríos Chili, Socabaya y quebradas Chullo y Pato-Peral.....	43
3.4.2.	Evaluación de la ecotoxicidad de diferentes concentraciones de agua superficial y elutriados de sedimentos de los ríos Chili, Socabaya y quebradas Chullo y Pato Peral sobre los bioindicadores acuáticos <i>Daphnia magna</i> y <i>Poecilia reticulata</i>	44
3.4.3.	Determinación de las Unidades Toxicológicas Agudas (UTa) y rangos de	

toxicidad del agua superficial y elutriados de sedimentos, de tres quebradas y del río Chili.....	47
CAPÍTULO IV	49
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1. Determinación de los puntos de monitoreo y parámetros fisicoquímicos como microbiológicos de agua superficial y elutriados de sedimentos de los ríos Chili, Socabaya y quebradas Chullo y Pato-Peral.....	50
4.2. Evaluación de la ecotoxicidad de diferentes concentraciones de agua superficial y elutriados de sedimentos de las quebradas Chullo y Pato Peral y río Socabaya sobre los bioindicadores acuáticos <i>Daphnia magna</i> y <i>Poecilia reticulata</i>.	59
4.2.1. Parámetros fisicoquímicos del agua superficial en los puntos de monitoreo en dos temporadas de estudio (seca y húmeda)	60
4.2.2. Determinación de la concentración efectiva media (CE₅₀) en <i>Poecilia reticulata</i> y la concentración letal media (CL₅₀) en <i>Daphnia magna</i>	81
4.2.3. Determinación de las Unidades Toxicológicas Agudas (UTa) y rangos de toxicidad del agua superficial y elutriados de sedimentos, de tres quebradas y del río Chili.....	98
CAPÍTULO V.....	109
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	110
CONCLUSIONES.....	110
RECOMENDACIONES.....	112
CAPÍTULO VI.....	114
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
ANEXOS.....	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño experimental para bioensayos ecotoxicológicos	42
Figura 2: Ubicación de puntos de muestreo en la quebrada Pato-Peral	52
Figura 3: Ubicación de puntos de muestreo del río Socabaya y quebrada Chullo	53
Figura 4. Confluencia de la quebrada Chullo el río Chili	54
Figura 5: Residuos sólidos y presencia de vertimientos en quebrada Chullo	55
Figura 6: Presencia de residuos sólidos de gestión municipal en el punto de monitoreo Pato Río (P-R).....	56
Figura 7. Punto de muestreo de Pato Quebrada (P-Q).....	56
Figura 8. Punto monitoreo de Socabaya Río (S-R)	57
Figura 9: Parámetros de conductividad in situ en 6 puntos de monitoreo y su comparación con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 “Riego de vegetales y bebida de animales” en temporada húmeda y seca.	62
Figura 10: Parámetros de pH in situ en 6 puntos de monitoreo y su comparación con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 “Riego de vegetales y bebida de animales” en temporada húmeda y seca	62
Figura 11. Parámetros de Temperatura in situ en 6 puntos de monitoreo y su comparación con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 “Riego de vegetales y bebida de animales” en temporada húmeda y seca.	63
Figura 12. Parámetros de Oxígeno Disuelto (OD) in situ en 6 puntos de monitoreo y su comparación con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 “Riego de vegetales y bebida de animales” en temporada húmeda y seca.....	64
Figura 13: Coliformes Totales en los puntos de monitoreo (Temporada húmeda)	70
Figura 14. Coliformes Totales en los puntos de monitoreo (Temporada Seca)	71
Figura 15. Demanda Bioquímica de Oxígeno en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda	

y Seca).....	72
Figura 16. Demanda Química de Oxígeno en los puntos de monitoreo (Temporada húmeda y seca)	73
Figura 17. Boro en los puntos de monitoreo (Temporada húmeda y seca)	74
Figura 18. Manganeso en los puntos de monitoreo (Temporada húmeda y seca).....	75
Figura 19. Aluminio en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda).....	76
Figura 20. Cadmio en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda).....	77
Figura 21. Hierro en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda).....	78
Figura 22. Litio en puntos de monitoreo (Temporada húmeda).....	79
Figura 23. Detergentes en puntos de monitoreo (Temporada Seca).....	80
Figura 24. Efecto de diferentes concentraciones del agua de tres quebradas y la confluencia con el río Chili, sobre el porcentaje de mortalidad de <i>Daphnia magna</i> a las 48 h de exposición.	82
Figura 25. Efecto de diferentes concentraciones del agua superficial de las tres quebradas sobre el porcentaje de mortalidad de <i>Daphnia magna</i> a las 48 h de exposición.	83
Figura 26. Efecto de diferentes concentraciones del elutriado de sedimento de la confluencia de las tres quebradas y el río Chili, sobre el porcentaje de mortalidad de <i>Daphnia magna</i> a las 48 h de exposición.	84
Figura 27. Efecto de diferentes concentraciones de agua de tres quebradas y la confluencia con el río Chili sobre el porcentaje de mortalidad de <i>Poecilia reticulata</i> a las 96 h de exposición.	86
Figura 28. Efecto de diferentes concentraciones de agua superficial de las tres quebradas sobre el porcentaje de mortalidad de <i>Poecilia reticulata</i> a las 96 h de exposición.	87
Figura 29. Efecto de diferentes concentraciones de elutriado de sedimentos de la confluencia de las tres quebradas con el río Chili, sobre el porcentaje de mortalidad de <i>Poecilia reticulata</i>	

a las 96 h de exposición.88

Figura 30. Efecto de diferentes concentraciones del agua de tres quebradas y la confluencia con el río Chili, sobre el porcentaje de mortalidad de *Daphnia magna* a las 48 h de exposición

.....90

Figura 31. Efecto de diferentes concentraciones del agua superficial de las tres quebradas sobre el porcentaje de mortalidad de *Daphnia magna* a las 48 h de exposición.....91

Figura 32. Efecto de diferentes concentraciones del elutriado de sedimento de la confluencia de las tres quebradas con el río Chili, sobre el porcentaje de mortalidad de *Daphnia magna* a las 48 h de exposición.....92

Figura 33. Efecto de diferentes concentraciones de agua de tres quebradas y la confluencia con el río Chili sobre el porcentaje de mortalidad de *Poecilia reticulata* a las 96 h de exposición.

.....94

Figura 34. Efecto de diferentes concentraciones de agua superficial de las tres quebradas sobre el porcentaje de mortalidad de *Poecilia reticulata* a las 96 h de exposición.....95

Figura 35. Efecto de diferentes concentraciones de elutriado de sedimento de la confluencia de las tres quebradas con el río Chili, sobre el porcentaje de mortalidad de *Poecilia reticulata* a las 96 h de exposición.96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros mínimos recomendados para el monitoreo según la categoría que otorga el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para agua, aprobado en el D.S. N.º 004-2017-MINAM	22
Tabla 2. Descripción de metales pesados.....	26
Tabla 3. Variables de la investigación	43
Tabla 4: Matriz experimental para <i>D. magna</i> y <i>P. reticulata</i>	46
Tabla 5. Clasificación de toxicidad basada en Unidades de Toxicidad (UTa)	47
Tabla 6: Rangos de toxicidad.....	48
Tabla 7: Coordenadas de los puntos de monitoreo	51
Tabla 8. Métodos estandarizados de los ensayos.....	58
Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos in situ de la quebrada Chullo (C-Q) y la confluencia con el río Chili (C-R) en temporada húmeda y seca, con referencia al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 “Riego de vegetales y bebida de animales.....	60
Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos in situ del punto Pato quebrada (P-Q) y la confluencia con el río Chili (P-R) en temporada húmeda y seca, con referencia al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 “Riego de vegetales y bebida de animales.....	60
Tabla 11. Parámetros fisicoquímicos in situ del punto Socabaya quebrada (S-Q) y la confluencia con el río Chili (S-R) en temporada húmeda y seca, con referencia al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 “Riego de vegetales y bebida de animales	61
Tabla 12: Comparación entre los parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y de metales totales de la quebrada Chullo con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 riego de vegetales y bebida de animales en las temporadas húmeda y seca.	64
Tabla 13. Comparación entre los parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y metales pesados de la quebrada Pato - Peral con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3	

riego de vegetales y bebida de animales en las temporadas húmeda y seca.....	66
Tabla 14: Comparación entre los parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y metales pesados del río y quebrada Socabaya con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3	
riego de vegetales y bebida de animales en las temporadas húmeda y seca.....	68
Tabla 15. Mortalidad evaluada en <i>Daphnia magna</i> expuesta a diferentes concentraciones de agua y elutriados de sedimentos de tres quebradas en el río Chili a las 48 h de exposición en época seca.	85
Tabla 16. Mortalidad evaluada en <i>Poecilia reticulata</i> expuesta a diferentes concentraciones de agua y elutriado de sedimentos de tres quebradas en el río Chili a las 96 h de exposición en época seca.	89
Tabla 17: Mortalidad evaluada en <i>Daphnia magna</i> expuesta a diferentes concentraciones de agua y elutriado de sedimentos de tres quebradas en el río Chili a las 48 h de exposición en época húmeda.....	93
Tabla 18. Mortalidad evaluada en <i>Poecilia reticulata</i> expuesta a diferentes concentraciones de agua y elutriado de sedimentos de tres quebradas en el río Chili, a las 96 h de exposición en época húmeda.....	97
Tabla 19. Estado ecotoxicológico de la concentración mayor (100%) de agua y elutriados de sedimentos de las tres quebradas del río Chili: Chullo, Pato y Socabaya en <i>Daphnia magna</i> y <i>Poecilia reticulata</i> en época seca.....	98
Tabla 20. Estado ecotoxicológico de la concentración mayor (100%) de agua y elutriados de sedimentos de las tres quebradas del río Chili: Chullo, Pato y Socabaya en <i>Daphnia magna</i> y <i>Poecilia reticulata</i> en época húmeda.	99

INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos son elementales para la vida, siendo un factor fundamental para el desarrollo sostenible, por ello se debe implementar diversas medidas de protección a los diferentes cuerpos de agua para el beneficio de ecosistemas y comunidades que utilizan estos servicios, sin embargo, una de los principales problemas ambientales es la contaminación de este recurso. A pesar de que entidades públicas se han enfocado en implementar medidas de prevención o mitigación, sigue presentándose vertimientos no autorizados en las quebradas que desembocan en el río principal de la ciudad de Arequipa, el río Chili. La contaminación ambiental es una situación severa frente a la que se están adoptando diferentes mecanismos, resaltando el carácter normativo, para mitigar riesgos ambientales. Sin embargo, se debe buscar mecanismos reguladores más efectivos para conservar la calidad de agua y así contribuir a la preservación de ecosistemas y el bienestar humano.

Los sistemas acuáticos están sujetos a diferentes fuentes de estrés debido a los diversos cambios globales o a cambios específicos que pueden ocurrir en sus entornos. Un gran desafío es poder determinar la metodología adecuada que permita medir el efecto de estos cambios en la calidad y el estado de los sistemas acuáticos y que además tome en cuenta las características propias del tipo de ecosistema y el cuerpo de agua. Un método propuesto que cumple con las características mencionadas se basa en analizar la respuesta adaptativa para la supervivencia a largo plazo de organismos sometidos a los cambios químicos, físicos o biológicos que afectan los sistemas acuáticos. (Arenazas, 2018). Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA), la unidad hidrográfica Quilca, Vitor y Chili, que constituyen a los principales recursos hídricos de la ciudad de Arequipa, tienen 109 fuentes de aguas residuales y 179 fuentes de residuos sólidos provenientes de los diversos distritos de la ciudad. Además, se identificaron la existencia de pasivos ambientales mineros. Debido a que estas fuentes contaminantes pueden contener sustancias tóxicas o potencialmente tóxicas, tienen la capacidad de afectar la biota

acuática y, por tanto, pueden afectar a los seres humanos. (Autoridad Nacional del Agua, 2022)

El análisis de la calidad del agua se efectúa a partir de un conjunto de variables físicas, químicas y biológicas, las cuales nos brindan resultados de laboratorio que son interpretados por expertos en la materia. Estos resultados se discuten para indicar cómo afecta al ecosistema en general y sus diferentes proyecciones y escenarios.

La utilización de especies acuáticas permite evaluar el impacto de los diversos compuestos químicos en organismos vivos mediante evaluaciones ecotoxicológicas. Estas evaluaciones tienen como objetivo cuantificar las dosis letales de un contaminante en una especie determinada. Para ello, las especies son sometidas a estos bioensayos ecotoxicológicos bajo parámetros de laboratorio para obtener principalmente la concentración letal media o los efectos negativos que se tienen en la biota en ambientes acuáticos (Argota & Iannacone, 2018).

El uso de seres acuáticos, como peces y crustáceos, en bioensayos ecotoxicológicos es ampliamente reconocido a nivel mundial, debido a su relevancia en la red trófica de sus ecosistemas, además que son organismos sensibles a las diferentes perturbaciones ambientales afectando su crecimiento y funciones reproductivas (Delgado, 2022). Por ello, en este estudio se empleó *Poecilia reticulata* y *Daphnia magna* como bioindicadores.

El uso de esta metodología permitiría dar soporte a las leyes y normas sobre la calidad de agua para proteger los ecosistemas en diferentes escenarios. En el estudio realizado por Argota & Iannacone, (2018) indican que Butler en 1978 definió la ecotoxicología como *“la ciencia que va a relacionar los efectos de los agentes químicos y físicos hacia los organismos vivos, así como sobre las poblaciones y comunidades en ecosistema definidos. Además, analiza la transferencia de estos agentes y sus interacciones con el ambiente”*. En otras palabras, la ecotoxicología busca comprender la relación entre los agentes químicos y físicos hacia la conducta o fisiología de una especie. Una de las aplicaciones más comunes es el estudio de la toxicidad de diversos metales con especies de diversos niveles tróficos. Estos estudios son

fundamentales para contribuir en la toma de decisiones y en el instauración en estándares de calidad del agua en entornos urbana.

El objetivo general de esta investigación es evaluar el impacto en la calidad de agua de las quebradas que confluyen en el río Chili en organismos no destinatarios que representan a consumidores primarios y contrastar los resultados con un análisis fisicoquímico de la calidad de agua.





1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Problemática de la investigación.

El agua es considerada como uno de los recursos más vitales para la existencia, ya que crea bienestar para el medio ambiente y la sociedad, sin embargo, los sistemas acuáticos, sobre todo los ecosistemas de agua dulce están sujetos a diversas fuentes de estrés debido a los cambios globales, como el aumento de la temperatura y la contaminación ambiental. La relevancia de los ecosistemas dulceacuícolas para la sociedad y la economía se puede apreciar con facilidad al considerar la gran diversidad de bienes y servicios ecosistémicos indispensables que proveen para la subsistencia humana, además que dichos sistemas ocupan menos del 1% de la superficie mundial, pero albergan cerca del 10% del total de las especies conocidas y un tercio de las especies de vertebrados (Tognelli et al., 2016). La importancia de la calidad en los recursos hídricos, dulce o salada, para abastecimiento humano y la preservación de los ecosistemas, hace necesaria un análisis exhaustivo y actualizado de las diversas fuentes de abastecimiento y los problemas asociados que conllevan hasta la distribución al consumidor (Campoblanco & Gomero, 2000).

Meoño et al., (2016), en referencia a Yete-Batista, indican que, en Latinoamérica, una proporción considerable de asentamientos humanos y centros urbanos se localizan aledaños a fuentes de agua contaminadas, y que por lo general este recurso es extraído, usado y posteriormente vertido nuevamente en los ríos, a menudo con una carga significativa de sustancias tóxicas.

En el Perú, más de 50 cuencas hidrográficas en el área costera están viéndose afectadas por el vertimiento de desechos de origen municipal e industrial (Jimenez & Pesantes, 2020) y en el 2015, un monitoreo realizado por el ANA a 98 cuencas reveló que más del 40% no cumplían con los estándares de calidad ambiental, debido a la falta de tratamiento de aguas

servidas, uso de agroquímicos y la contaminación minera e industrial (Ministerio de Vivienda, 2017).

La ciudad de Arequipa no está exenta de este problema, ya que alrededor de su principal cuerpo de agua, el río Chili, se desarrollan diversas actividades productivas como la agricultura, energía, ganadería, industria y minería; todas ellas requieren de este recurso para sus procesos, por lo que resulta de interés el mantener su buena calidad para todos los sectores o usuarios (Zegarra, 2018). Sin embargo, dichas actividades descargan indiscriminadamente cantidades desconocidas de aguas residuales con distintos contaminantes, por lo cual es imprescindible identificar los impactos adversos en el ecosistema acuático que desembocan a través de las quebradas o al mismo cauce. Muchos contaminantes se pueden disolver, reaccionar y formar partículas más resistentes y sinérgicos que impactan directamente en la biota del cuerpo de agua (Rudolph et al., 2010). Estos contaminantes pueden bioacumularse o biomagnificarse en la biota, lo que puede provocar mortalidad o cambios en el comportamiento de las especies. Sin embargo, los métodos fisicoquímicos convencionales utilizados para medir la calidad de agua no permiten cuantificar directamente estos efectos sobre la biota acuática. Además, los sedimentos donde suelen acumularse partículas de contaminantes como metales o contaminantes orgánicos o xenobióticos, no son considerados en estas evaluaciones. Esto convierte a los sedimentos en sumidero de contaminantes, lo que genera consecuencias perjudiciales tanto en los ecosistemas como en la salud humana. Por ese motivo, la aplicación de una evaluación ecotoxicológica es importante, ya que posibilita establecer los niveles de toxicidad en las especies, evaluar el impacto de los contaminantes en la biodiversidad y contribuir a establecer la calidad de agua de manera más precisa. Asimismo, el crecimiento de la población y el incremento de actividades humanas han generado una mayor demanda de agua, lo que subraya la necesidad de tomar decisiones

participativas y basadas en un enfoque integral, con el objetivo de lograr mejores resultados (Zegarra, 2018).

El objetivo general de la presente tesis es evaluar la ecotoxicidad del agua superficial y elutriado de sedimentos de tres quebradas que confluyen con el río Chili, en dos bioindicadores acuáticos *Poecilia reticulata* y *Daphnia magna*.

1.2. Justificación de la investigación

En la cuenca Quilca - Vítor – Chili, se tiene registro de 102 vertimientos no autorizados de aguas residuales, mientras en la subcuenca media Quilca - Vítor - Chili, se identificaron 56 fuentes contaminantes (ANA, 2019), que descargan volúmenes desconocidas de contaminantes tóxicos en el río, por lo que, es imprescindible identificar los impactos adversos que estos producen en los ecosistemas acuáticos. En el 2013, se realizó una investigación de análisis de calidad de agua, en la que se identificaron más de 50 puntos de vertimientos clandestinos provenientes de diferentes fuentes de contaminación, distribuidos desde Chilina hasta el puente Tingo. Es importante destacar que muchos agricultores utilizan estas aguas sin tratamiento para el riego de cultivos, lo que ha dado lugar a una elevada presencia de coliformes en productos como cebolla, ajo, perejil y entre otros vegetales cultivados en Arequipa. Además, el estudio reportó la presencia de metales como aluminio, fósforo y hierro (Apaza, 2013).

Actualmente, el río Chili cuenta con información con las características fisicoquímicas de sus aguas superficiales, pero no se cuenta con mucha información referida a su estado ecológico y, en menor medida, sobre su condición ecotoxicológica. Es importante destacar que las aguas del río Chili se emplean en el riego de extensas áreas de cultivo ubicadas en sus riberas, las cuales representan una fuente significativa de recursos alimenticios para la población local y nacional.

El ingreso continuo de contaminantes emergentes provenientes de vertimientos no

autorizados, puede generar efectos adversos como la bioacumulación en las especies que habitan e interactúan con el río o biomagnificarse dentro de la cadena trófica, lo que podría provocar la migración o, en el peor escenario, la desaparición de diversas especies acuáticas y terrestres.

Por ello, es crucial calcular el grado de toxicidad de estos agentes contaminantes y evaluar sus impactos, con el objetivo de implementar medidas de gestión ambiental que protejan tanto los ecosistemas como la salud humana.

1.2.1. Ambiental.

Los resultados obtenidos de la evaluación de calidad fisicoquímica y microbiológica de los puntos de monitoreo escogidos son cuantitativos y reales, por lo que demuestran el estado actual del río Chili y algunas de sus quebradas, además con esta data se podrán tomar decisiones en torno a documentos de gestión para el control de vertimiento de efluentes contaminantes y medidas de prevención en pro de mitigar daños ambientales y cumplir con el objetivo de desarrollo sostenible (ODS) 6 que consiste en “*garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos*” (ONU, 2015).

1.2.2. Económicos

Adoptar medidas de mitigación de los efectos contaminantes, permite generar data que podrá ser utilizada para las siguientes investigaciones, y de esta manera contribuir a la reducción de contaminantes presentes en el medio ambiente. Además, su realización es más económicas en comparación con otras técnicas, por lo que hace más accesible en regiones con recursos limitados.

Esta accesibilidad favorece a la realización de un mayor número de evaluaciones,

permitiendo identificar de manera más precisa las muestras que requieran atención prioritaria. Esto, a su vez, optimiza los esfuerzos para mejorar la calidad ambiental de manera eficiente.

1.2.3. Social

Disminución de enfermedades crónicas producto del consumo de alimentos que se cosechan con la utilización del agua del río Chili, las cuales probablemente estén contaminadas con metales pesados, mejorando así la calidad de vida de los habitantes que utilizan el río Chili como fuente de agua.

1.2.4. Tecnológicos – científicos

Se destaca la utilidad de las especies autóctonas de una cuenca como herramienta clave para evaluar la calidad ambiental y su potencial uso como bioindicadores locales de contaminación ambiental. Estas pruebas proporcionan información sobre la ecotoxicidad producida por contaminantes presentes en los ecosistemas acuáticos superficiales. Además, se destaca la importancia de incluir el análisis de sedimentos en las evaluaciones ecotoxicológicas, ya que estos actúan como reservorio de contaminantes y pueden influir en el impacto de contaminación en un ecosistema.

1.2.5. Institucionales

Contribuye al desarrollo de conocimiento científico, así como la evaluación de calidad a través de una metodología alternativa, la mejorar de la calidad ambiental de los componentes ambientales y la mitigación de riesgos ambientales por diversos agentes contaminantes, que es un objetivo principal de la Red Iberoamericana de Ríos Urbanos Naturalizados – CYTED-RUN, una red

internacional a la que se afilia la Universidad Católica de Santa María y otras universidades de la región iberoamericana que buscan aunar el conocimiento científico y fortalecer relaciones científicas y grupos de investigación en temas hídricos.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General:

Evaluar la ecotoxicidad del agua superficial y elutriado de sedimentos de tres quebradas que confluyen con el río Chili, en dos bioindicadores acuáticos *Poecilia reticulata* y *Daphnia magna*.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Determinar los puntos de monitoreo y parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y de metales totales en agua superficial y elutriados de sedimentos de los ríos Chili, Socabaya y quebradas Chullo y Pato Peral, en temporada seca y húmeda.
- Evaluar la ecotoxicidad de diferentes concentraciones de agua superficial y elutriados de sedimentos de las quebradas Chullo y Pato Peral y río Socabaya sobre los bioindicadores acuáticos, *Daphnia magna* y *Poecilia reticulata*, en temporada seca y húmeda.
- Determinar el estado ecotoxicológico del agua superficial y elutriados de sedimentos de las tres quebradas que confluyen con el río Chili según los rangos de ecotoxicidad y las Unidades Toxicológicas Agudas (UTa) en temporada seca y húmeda.

1.4. Hipótesis

Es posible determinar el estado ecotoxicológico del río Socabaya, quebradas Chullo y Pato Peral que confluyen con el río Chili y evaluar la calidad del agua, utilizando especies no destinatarias como *Daphnia magna* y *Poecilia reticulata*





2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

Numerosos trabajos de investigación han demostrado la eficacia de la ecotoxicología como una herramienta complementaria para evaluar la calidad de agua en componentes ambientales, como los ríos. Fakhri et al. (2018) hace referencia a la investigación de Moiseenko et al., (2008) en la que se llevó a cabo una evaluación ecotoxicológica integral de la cuenca del río Volga (Rusia), evidenciando que numerosos organismos pueden ser empleados como bioindicadores biológicos en ambientes acuáticos. Asimismo, cita al trabajo de Moore & Ramamoorthy, (1983) quienes señalaron que, el uso de peces en bioensayos toxicológicos, proporciona una mayor precisión para reflejar los niveles de contaminación en comparación con los índices basados en la cantidad de contaminantes en el agua. Casos similares reportan Queiroz et al., (2017) en aguas del río Paraíba do Sul (Brasil) y de Oberholster et al. (2017) en la cuenca superior del río Olifants (Sudáfrica), donde evaluaron la ecotoxicidad causada por vertimientos y drenajes ácidos de mina. Además, Roig et al. (2015) demostró que los análisis ecotoxicológicos son más sensibles para detectar agentes tóxicos, al identificar toxicidad en sedimentos que no se observaba en los estudios fisicoquímicos. Del mismo modo, Gholizadeh & Patimar, (2018) hallaron trazas de metales pesados junto con otros contaminantes en la Bahía de Gorgan (Irak) incluso cuando los parámetros fisicoquímicos eran regulares.

En cuanto a los estudios ecotoxicológicos en sedimentos, Dirbaba et al. (2018) llevaron a cabo una investigación en zonas urbanas, periurbanas y rurales del río Awash (Etiopía), hallando que los sedimentos superficiales, en su mayoría contaminados por metales, se encontraban ubicados en áreas rurales bajo a las ciudades principales. Ustaoglu & Islam, (2020) detectaron contaminación significativa en los sedimentos de ríos en Giresun (Turquía), subrayando la importancia de realizar una evaluación de los efectos biológicos

por presencia de contaminantes en los organismos acuáticos. En el mismo marco, recientes investigaciones han comenzado a integrar análisis ecotoxicológicos espacio-temporales con índices de riesgo ecológico, en la investigación de Li et al., (2019) estudiaron la presencia de metales pesados y metaloides en núcleos de sedimentos del río Xiangjiang (China) durante períodos estacionales (húmedos y secos), identificando el Cadmio (Cd) como el contaminante con mayor influencia en el ecosistema.

Desde la fundación de la ciudad de Arequipa hasta el año 2015, gran parte de las aguas residuales generadas en la ciudad de Arequipa llegaban al río, contaminando sus cauces y la biota de este cuerpo de agua, siendo el 90 % de las aguas servidas identificadas de origen domésticas. En el 2008, la Dirección General de Salud Ambiental observó resultados que superaban los 24'000,000 coliformes totales, y los 13'000,000 de agua de coliformes fecales por cada 100 mililitros (Apaza, 2013). Estos indicadores evidenciarían el impacto ambiental causado por la falta de tratamiento adecuado de las aguas residuales. A partir de diciembre del 2015, comenzó el funcionamiento de la PTAR “La Enlozada”, dando una mejoría en la calidad del río. Sin embargo, durante un monitoreo realizado por el ANA en el 2017, identificó concentraciones altas en los parámetros microbiológicos superando 1700% el estándar de calidad ambiental para la categoría 3 (Ordoñez, 2020). Con el objetivo de identificar y complementar el estudio de calidad de agua, se comenzó a aplicar bioensayos toxicológicos para evaluación de calidad en el territorio nacional y regional, siendo uno de los trabajos más destacados el de Arenazas, (2018) donde presentó una evaluación ecotoxicológica de contaminantes minero-industriales en el desarrollo embrionario de dos especies bioindicadoras sometiéndolos a tres concentraciones de un detergente de uso doméstico y muestras de dos lagunas de oxidación del Parque Industrial de Río Seco (PIRS), y evaluó la mortalidad de dichas especies obteniendo como resultado la alta presencia de contaminantes provenientes de los sectores mineros industriales.

Valera, (2017) presentó la primera investigación que evaluó el efecto ecotóxico sobre la calidad ambiental del Kresoxim-metil, un fungicida de alto uso por la agricultura. Este compuesto es considerado altamente tóxico y persistente, ya que requiere de muchos años para degradarse en ambientes acuáticos y terrestres. Realizó bioensayos con un total de 7 organismos no destinatarios, entre los cuales se destacan el crustáceo *Daphnia magna* y el pez *Poecilia reticulata*, ambos utilizados también en la presente investigación. Los resultados mostraron una mayor mortandad en el crustáceo al estar expuesto a altas concentraciones del fungicida, mientras que no se observaron efectos significativos en el pez.

Por su parte, Pinto, (2018) evaluó la calidad del agua superficial del río Chili durante las temporadas húmeda y seca en cuatro puntos de monitoreo, ubicadas aguas arriba de la laguna de Tingo, de la ciudad de Arequipa. Los resultados indicaron que, en el mes de enero, dos puntos de monitoreo superaron el ECA en el parámetro de DBO al igual que los niveles de Coliformes termotolerantes y *E. coli* estuvieron por encima del estándar establecido por el D.S. 004-2017-MINAM en todos los puntos, excepto en el mes de septiembre. Se concluyó que, las aguas del río Chili contiguas a los distritos de Sachaca, Tiabaya y Jacobo Hunter no son aceptables para el riego de vegetales ni bebida de animales. Sin embargo, en las zonas ubicadas a 800 metros del poblado de Congata, la calidad del agua fue considerada como aceptable.

Isla (2019), realizó una evaluación ecotoxicológica de efluentes agroindustriales en el distrito de Socabaya, empleando bioensayos con *Pseudokirchneriella subcapitata* (Chlorophyta) y *Daphnia magna* (pulga de agua). En su estudio, relacionó los resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de efluentes agroindustriales con la mortalidad de ambas especies con. Los hallazgos mostraron una mayor correlación entre los resultados fisicoquímicos y la inhibición de las especies estudiadas. Este resultado

respaldan la teoría presentada por Wang et al., (2003), quienes indican que la detección de contaminantes a través de análisis químicos, da poca información sobre los efectos biológicos y no consideran las interacciones entre organismo. Los resultados obtenidos demuestran que, en el primer punto de monitoreo, parámetros como DBO, DQO, aceites y grasas, pH, y sólidos suspendidos totales superaron los límites máximos permisibles, mostrando además una alta correlación con los efectos de ambos bioindicadores, mientras que, en el tercer punto de monitoreo, los valores excedieron los ECA de categoría 3 para coliformes totales y boro.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Recurso hídrico

El recurso hídrico es considerado renovable debido al ciclo hidrológico, siendo un elemento indispensable para la vida, el desarrollo sostenible y la preservación de los ecosistemas. En ese contexto, el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 6, se enfoca en *“garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”*. Este objetivo es fundamental, ya que la conservación y manejo adecuado del agua son claves para avanzar en el cumplimiento de las demás ODS (ONU, 2015).

2.2.2. Clasificación de los Recursos Hídricos

El recurso hídrico contribuye a la regulación del clima, poseyendo propiedades únicas y vitales. A nivel global, los océanos poseen el 97.5% del agua total del planeta, siendo únicamente el 2.5% correspondiente a agua dulce, del cual el 80% se encuentra en los glaciares, nieve y hielo, el 19% en aguas subterráneas y el 1% en agua superficial. Su importancia radica en las diferentes funciones fundamentales, como su rol en la composición de los seres vivos, donde constituye el 95% del cuerpo humano, y en procesos biológicos como el transporte y

transformación de nutrientes esenciales (Cirelli, 2012).

La Autoridad Nacional del Agua (ANA), se encarga de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías mencionadas en la R.J. 202-2010-ANA. En caso de que los cuerpos de agua se identifiquen con 2 o más posibles categorías, el ANA define la categoría priorizando el uso poblacional. La clasificación de cuerpos hídricos se realiza según las siguientes categorías.

❖ *“Categoría 1. Poblacional y recreacional*

➤ *Subcategoría A: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, hacen referencia a las aguas después del tratamiento, su destino es para consumo humano*

▪ *A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección, son aquellas que por su calidad pueden ser destinadas para el consumo humano con un proceso de desinfección*

▪ *A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con un tratamiento convencional destinado al consumo humano mediante dos o más procesos de coagulación, floculación, decantación, sedimentación, filtración incluida la desinfección.*

▪ *A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado, que son destinadas para consumo humano con un tratamiento más avanzado como la percolación, microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, carbón activado u osmosis inversa.*

➤ *Subcategoría B: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, hacen referencia a las aguas después del tratamiento, su destino es para consumo humano*

- *B1: Agua para uso recreacional de contacto primario para actividades como el surf, canotaje, moto acuática, natación, pesca submarina y/o similares*
- *B2: Agua para uso recreacional de contacto secundario en deportes acuáticos con botes y lanchas*
- ❖ *Categoría 2. Actividades marino-costeras*
 - *Subcategoría C1: Aguas cuyo destino es la extracción o cultivo de moluscos tales como almejas, machas, conchas, mejillones, erizos, estrella de mar y tunicados*
 - *Subcategoría C2: Aguas destinadas para extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas como peces y algas comestibles para consumo humano, directo o indirecto*
 - *Subcategoría C3: actividades marinas, portuarias, industriales o de saneamiento, que se encuentran colindantes a las actividades industriales, infraestructuras marino portuarias o servicios de saneamiento*
 - *subcategoría C4: extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas, aquellas aguas que son destinadas para extracción o cultivo de especies para consumo humano*
- ❖ *Categoría 3. Riego de vegetales y bebida de animales*
 - *subcategoría D1: Riego de vegetales, las cuales, dependiendo de los factores, son:*
 - *Agua para riego no restringido: son aquellas aguas que permiten, ser utilizado para el riesgo en cultivos de alimentos que se consumen*

crudos por su calidad, como también cultivos de árboles y arbustos frutales donde los frutos están en contacto directo con el agua de riego, áreas verdes, parques públicos, plantas ornamentales

- *Agua para riego restringido: Son aquellas aguas que se permiten ser utilizadas en el riego de cultivos alimenticios que se consumen cocidos debido a su calidad, cultivos de tallo alto es los que el riego no entra en contacto directo con el fruto, cultivos que pueden ser destinados para ser procesados, envasados, industrializados, cultivos industriales no comestibles, pasto, forraje y/o similares*
 - *Subcategoría D2: Son aguas destinadas para la bebida de animales mayores como: ganado vacuno, camélidos o equinos, como también para animales menores tales como cuyes, aves, conejos y entre otros*
- ❖ *Categoría 4. Conservación del ambiente acuático*
 - *Subcategoría E1: lagunas y lagos, cuerpos naturales de agua lénticos*
 - *Subcategoría E2: Ríos, cuerpos naturales de agua lóticos*
 - *Ríos de la costa y sierra, aquellos ubicados entre las vertientes hidrográficas del Pacífico y del Titicaca, también de la parte alta de la vertiente oriental, el acudir a los Andes a más de 600 m.s.n.m.*
 - *Ríos de la Selva, Aquellos ubicados en la parte baja de la vertiente oriental de la cordillera de los Andes a menos de 600 m.s.n.m. incluyendo zonas meándricas*
 - *Subcategoría E3: Ecosistemas costeros marinos.*
 - *Estuarios, zonas donde los valles y cauces de ríos ingresan al agua*

de mar hasta un límite superior de la marea; en esa clasificación están inscritos ecosistemas de marismas y manglares

- *Marinos, zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite nacional” (MINAM, 2017).*

2.2.3. Calidad de Recursos Hídricos

La disponibilidad del agua es crucial para el funcionamiento económico en cualquier región. Existen diversas industrias en donde la demanda de agua supera la oferta, por lo cual se buscan diversas maneras para optimizar el uso de este recurso. Debido a sus muchas finalidades, en cada caso se requiere una calidad particular, siendo el uso doméstico el más exigente en términos de calidad y seguridad de suministro, ya que tiene consecuencias directas en la salud (Cirelli, 2012). El ANA identificó en el año 2016, 41 unidades hidrográficas cuyos parámetros de calidad exceden los ECA'S siendo la causa principal el vertimiento de aguas residuales, industriales, domésticas y municipales (Aquino, 2017).

2.2.4. Fuentes contaminantes relacionadas con los recursos hídricos.

Las fuentes de contaminación de los recursos hídricos son todas aquellas que, al llegar en estado sólida o líquido, de manera directa o indirecta a un cuerpo de agua, pueden perturbar las condiciones de calidad natural, ocasionando un riesgo ambiental a corto, mediano y largo plazo.

Los agentes contaminantes son sustancias que se presentan en concentraciones que podrían ser dañinos a los organismos (humanos, plantas y animales) o exceden un estándar de calidad ambiental, como sólidos en suspensión, materia orgánica biodegradable, patógenos, nutrientes, compuestos xenobióticos, materia orgánica refractaria, metales pesados, sólidos inorgánicos disueltos, sedimentables, energía

radiactiva, térmica, hidrocarburos y productos químicos como desechos industriales. (Autoridad Nacional del Agua, 2018)

2.2.5. Clasificación de fuentes contaminantes.

Las fuentes contaminantes pueden ser clasificadas por su origen, como naturales o antropogénicas, siendo este último el que trae diversos conflictos ambientales por la falta de regulación en diferentes cuerpos de agua (Autoridad Nacional del Agua, 2018). Las fuentes de contaminantes de origen antrópico se pueden clasificar según su tipo, como agropecuaria, agroindustrial, domésticas, municipales, industriales, minero metalúrgicas y sustancias descargadas in situ.

Según el organismo de evaluación y fiscalización ambiental (OEFA, 2013), las aguas residuales son resultado de alteración de características originales de las aguas a causa de las actividades humanas, del cual requieren un tratamiento previo, antes de ser vertidas a un curso natural de agua. Algunos tipos de aguas residuales son las siguientes:

Aguas residuales industriales: Son las aguas que son originadas por actividades y desarrollo de los procesos productivos, actividades mineras, agrícolas, agroindustriales, entre otras.

Aguas residuales domésticas: Aguas de origen de zonas residenciales, comerciales e institucionales, los cuales son desechos provenientes de las actividades humanas, como residuos que se generan en la preparación de alimentos, residuos generados por el aseo del personal, entre otros.

2.2.6. Parámetros de calidad del agua.

En el Protocolo de Monitoreo de Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, nos indican parámetros mínimos recomendados para el monitoreo de calidad de agua

según la categoría que otorga el Estándar Nacional de Calidad Ambiental, aprobado en el D.S. N.º 004-2017- MINAM que se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 1.

Parámetros mínimos recomendados para el monitoreo según la categoría que otorga el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para agua, aprobado en el D.S. N.º 004-2017- MINAM

Parámetros	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
Parámetros	pH, Cond, T, OD	pH, T, OD	pH, Cond, T, OD	pH, Cond, T, OD	pH, T, OD
Parámetros químicos-físicos	DBO ₅ , AyG, N-NO ₃ , N-NH ₃ , P, metales (Al, As, B, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn)	DBO ₅ , AyG, SST, N-NO ₃ , P, sulfuros, metales (As, B, Ba, Cd, Cr ⁺⁶ , Hg, Ni, Pb, Zn)	DBO ₅ , AyG, N-NO ₃ , N-NO ₃ , sulfatos, metales (Al, As, B, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn)	DBO ₅ , AyG, SST, Ntot, N-NO ₃ , N-NH ₃ , P, metales (As, Ba, Cd, Cr ⁶ , Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)	DBO ₅ , AyG, N-NO ₃ , N-NH ₃ , P, metales (As, Cd, Cu, Cr ⁺⁶ , Hg, Ni, Pb, Zn)
Parámetros microbiológicos	Coliformes termnotolerantes, Escherichia coli, Organismo de vida libre	Coliformes tolerantes	Coliformes termnotolerantes, Escherichia coli, Huevos y larvas de helmintos	Coliformes termnotolerantes	

Fuente: (MINAM, 2017)

◆ **Temperatura**

La temperatura es un parámetro que establece la evolución de las diferentes propiedades físicas, químicas o biológicas. El aumento de temperatura incrementa la solubilidad de las sales, provocando fluctuaciones en la conductividad y el pH. Es un factor regulador de los procesos naturales en el medio acuático. (Bureo, 2008)

◆ **Oxígeno disuelto (OD).**

El oxígeno presente en las aguas superficiales proviene de la atmósfera, donde

se disuelve y es fundamental en los sistemas acuáticos. Conforme a la profundidad incrementa, la concentración de oxígeno disminuye debido a procesos como la respiración de microorganismos, la desintegración microbiana y la absorción de oxígeno. El desarrollo de actividades metabólicas y el crecimiento de microorganismos dependen del oxígeno molecular, la cantidad de oxígeno disuelto puede señalar el nivel de contaminación del cuerpo de agua, en caso de que el nivel de oxígeno disuelto en agua sea baja, algunas especies de dicho cuerpo no podrán sobrevivir. (Lino, 2021)

◆ **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

La materia orgánica en cuerpos de agua necesita oxígeno para su degradación, por ende, mientras mayor cantidad de materia orgánica, mayor será la cantidad de oxígeno requerido para este proceso, representado a la cantidad de oxígeno que los microbios necesitan para degradar los residuos orgánicos en forma aerobia (Lino, 2021). El incremento de DBO provoca la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua, creando condiciones de anoxia que dañan comunidades biológicas en ecosistemas acuáticos (SEMARNAT, 2012).

◆ **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

El DQO es un parámetro que permite medir el material oxidable presente en el agua, sin tener presente el origen: biodegradable y no biodegradable. Mientras mayor sea el valor del DQO, mayor es el grado de contaminación en el cuerpo de agua. La determinación del DBO y DQO, permite establecer su relación y, según resultados, conocer la posibilidad de efectuar o no un tratamiento biológico de las aguas residuales o fisicoquímico.

“DBO/DQO < 0.2: los vertidos se consideran de naturaleza inorgánica, pero biodegradables, siendo conveniente el tratamiento físico químicos.

DBO/DQO > 0,4: se consideran biodegradables

DBO/DQO > 0,65: los vertidos pueden considerarse orgánicos y muy biodegradables; es adecuado un tratamiento biológico.” (Bureo Veritas, 2008).

◆ **Potencial de Hidrógeno (pH)**

El pH en cuerpos de agua que no presentan actividades antrópicas, está determinado por la ecología de la zona, basado en un equilibrio de dióxido de carbono, bicarbonato y carbonato que mayormente están entre un rango de 6.5 a 8.5 según la turbulencia y aireación. Además, el pH desempeña un papel crucial en la evolución química de muchos contaminantes, sobre todo metales, ya que influye en su solubilidad y biodisponibilidad. (Pinto, 2018) Por ello, su evaluación es esencial para determinar la calidad de agua y comprender mejor los procesos químicos que afectan a los ecosistemas acuáticos.

◆ **Turbidez**

Es la alta presencia de material suspendido en los cuerpos de agua que obstruye el paso de la luz, puede ser causado por la erosión natural de origen inorgánico como arcillas, arenas entre otros o por contaminación antrópica proveniente de diferentes fuentes contaminantes, como efluentes industriales o efluentes domésticas que pueden tener un elevado grado de material orgánico disminuyendo la producción oxígeno que se pueda dar la fotosíntesis y restringe el uso del agua. (Lino, 2021)

◆ **Fósforo:**

Es el segundo nutriente principal y uno de los principales responsables de la eutrofización en cuerpos de agua superficial. Diversas formas de fósforo ingresan a las aguas naturales superficiales a través de efluentes domésticos o por escorrentía provenientes de actividades agrícolas (MINAGRI, 2013). Debido a su capacidad de promover el crecimiento de algas, se considera que el fósforo tiene un impacto significativo en los ecosistemas acuáticos. Un ejemplo notable son los fosfatos inorgánicos, que actúan como nutriente esencial para el crecimiento de algas. Cuando este compuesto está presente en gran cantidad, provoca un crecimiento descontrolado de algas, lo que reduce los niveles de oxígeno disuelto en el agua, lo que a su vez impulsa el crecimiento de materia orgánica viva y procesos de descomposición de biomasa extremos estimulando el proceso de eutrofización (Pinto, 2018)

◆ **Nitrógeno**

El nitrógeno tiene gran importancia como nutriente esencial para las plantas, pero su incremento se debe a los efluentes domésticos altos en nitrógeno que pueden causar problemas de eutrofización y nitrificación. Este fenómeno fomenta a la acumulación de nitratos, representando un riesgo potencial de contaminación para los consumidores (MINAGRI, 2013). Además, el nitrógeno es un nutriente clave para el crecimiento de algas, cuyo desarrollo excesivo aumenta la demanda de oxígeno. Durante el proceso de oxidación de nitrógeno por bacterias nitrificantes, los niveles de oxígeno disuelto disminuyen significativamente, afectando el equilibrio de los ecosistemas acuáticos y la supervivencia de muchas especies. (Ordoñez,

2020)

◆ Metales pesados

Se conoce como metales pesados al grupo de metales y metaloides con una densidad atómica mayor a 5 gr/cm^3 , es decir, que son 5 veces más densos que el agua (Lino, 2021). La mayoría de esos metales están estrechamente asociados con la contaminación ambiental debido a su capacidad de diseminación y persistencia en los ecosistemas, sobre todo cuando se encuentra en forma soluble (Guerrero et al., 2020). Además, se caracterizan por ser tóxicos incluso en bajas concentraciones, no biodegradables y bioacumulativos, lo que los convierte en elementos persistentes y perjudiciales para el medio ambiente (Tabla 2).

La existencia de concentraciones elevadas de metales pesados en cuerpos de agua, puede afectar en la vida acuática, ya que presentan diversos efectos tóxicos y pueden permanecer por grandes periodos de tiempo. La presencia de metales en los cuerpos de agua, puede ser de manera natural a través de la meteorización de materiales en la corteza terrestre, pero cuando hay un incremento, es debido al incremento de efluentes de distintas actividades como domésticas, industriales, escorrentías, agricultura, entre otros (Sharma, 2014).

Tabla 2.

Descripción de metales pesados

METALES PESADOS

Arsénico	La presencia de este metal se da en la fabricación de pesticidas o bebidas que obstruyen la reproducción
-----------------	--

celular, teniendo diferentes efectos en muchos tejidos de organismos debido a su acumulación

Cadmio El cadmio es uno de los elementos más tóxicos, inclusive en bajas concentraciones, y su presencia puede alterar significativamente a la cadena alimentaria. La presencia de este metal no tiene ningún beneficio para el ecosistema y es utilizado para fabricación de baterías, plástico y fertilizantes de fosfato. En la vida acuática afecta principalmente en macro moluscos.

Cobre El cobre, aunque esencial en los seres humanos y animales, en dosis muy alta se vuelven tóxicos. Su toxicidad en organismos acuáticos depende de la especie y de factores fisicoquímicos del agua, como temperatura, dureza, turbidez y contenido de CO₂

Cromo El cromo se usa mayormente en industrias de cuero y el curtido, al igual que la industria del papel. La existencia de este metal pesado en cuerpos de agua ocasiona la disminución de la fotosíntesis en plantas, inclusive también se asocia a problemas hematológicos y respuestas inmunes en los peces de agua dulce. El Cr⁺⁶ es el estado más nocivo, del cual puede variar con la temperatura y el pH.

Hierro En grandes concentraciones y en contacto con el aire, puede precipitarse, originando sedimentos y coloración

en el agua, además de que hace posible el crecimiento de bacterias de hierro

Manganeso El manganeso es un metal común en el suelo Su oxidación en cuerpos de agua hace posible la presencia de precipitados, generando turbiedad.

Mercurio El mercurio es un elemento muy tóxico en su forma orgánica, causando toxicidad para la fisiología de animales y seres humanos. El metilmercurio es un elemento altamente tóxico y causa efectos tóxicos, sobre todo en nervios centrales. Cuando se encuentra presente en el agua tiene efectos mortales en las especies.

Plomo El plomo es un metal que tiende bioacumularse en diversas especies. En cuerpos de agua, este contaminante puede formar una biopelícula mucosa que recubre las branquias de los organismos acuáticos, extendiéndose luego a todo el cuerpo y provocando asfixia.

Fuente: (Sharma, 2014)

◆ Sólidos Suspendedos Totales

Este parámetro incluye tanto los componentes inorgánicos como arena, limo, arcilla, etc., como la función orgánica como aceites, grasas, brea, entre otros. El incremento de los niveles de este parámetro provoca turbidez, lo cual reduce la penetración de la luz trayendo como consecuencia la disminución del oxígeno disuelto, afectando a la temperatura y limitando el desarrollo de la vida acuática, destacando la fotosíntesis. En cantidades elevadas puede

afectar negativamente la calidad del agua para consumo dando lugar a acciones biológicas desfavorables en los consumidores (Lino, 2021).

◆ **Coliformes Termotolerantes**

La presencia de coliformes termotolerantes se atribuye a los vertimientos de aguas residuales domésticas, de origen municipal y otros factores como la inadecuada disposición final de residuos sólidos (MINAGRI, 2013). Estos microorganismos reciben su dominación debido a su capacidad para tolerar temperaturas hasta los 45 °C; lo que los convierte en indicadores clave de calidad del agua (Robles, 2021).

◆ **Aceites y Grasas**

La contaminación de agua por compuestos aceitosos puede provenir de diferentes fuentes, tanto naturales como antropogénicas. Los que provienen de fuentes antropogénicas, son difíciles de metabolizar por las bacterias, por lo cual se crea unas películas sobre los cuerpos de agua inhibiendo el paso de la luz solar y la transferencia del oxígeno atmosférico. Además perjudica a la especies acuáticas, debido a que se den adhieren en las branquias de los peces (Robles, 2021).

2.2.7. Sedimento

Los componentes químicos de los sedimentos de un área, esta influenciada por la mineralógica de las rocas madre, los procesos advectivos, la sedimentación de la materia orgánica local y los aportes antropogénicos (Rudolph et al., 2010). Estos materiales son transportados y finalmente depositados a lo largo de los propios cauces fluviales, lagos, lagunas, mares y áreas bajas de la cuenca, donde adquieren su estructura y características finales (UDEP, 2012). Por otro lado, los sedimentos

fluviales son un sumidero importante de metales traza, debido a la acumulación de partículas en suspensión o metales disueltos provenientes de escorrentía superficial y las descargas antropogénicas directas permitiendo evaluar la calidad de las aguas en dicha cuenca (Gao et al., 2018). En ambientes marinos, los metales pesados ingresan a través de fuentes naturales y/o antropogénicas, distribuyéndose entre el agua, la biota y los sedimentos (Incahuanaco, 2018).

Los sedimentos marinos y de estuarios son una matriz ambiental que integran cambios geoquímicos a lo largo del tiempo en la columna de agua. Las concentraciones de metales pesados en los sedimentos suelen ser significativamente más altas que las concentraciones en el agua, es por ello que estos sedimentos son ampliamente utilizados como indicadores de contaminación en ecosistemas marinos (Gao et al., 2018). Por lo tanto, *“los metales pesados que son inmovilizados en los sedimentos, constituyen un riesgo potencial en la calidad del agua y la biota debido a que pueden ser liberados de nuevo a la fase acuosa”* (Quispe, 2016).

2.2.8. Elutriados

Como se ha mencionado, la contaminación en los sedimentos adquiere una importancia particular, debido a que favorecen a la acumulación de agentes tóxicos. Los sedimentos actúan como sumideros de contaminantes persistentes, lo que representan un riesgo significativo para a la biota marina, ya sea por exposición directa o alteraciones en la cadena trófica. Debido a la complejidad de la evaluación de contaminantes en sedimentos, se requieren técnicas innovadoras que faciliten la valoración de contaminantes. En ese contexto, la técnica de elutriados se ha convertido en una herramienta relevante, que implica en la extracción acuosa de los sedimentos fraccionados con el objetivo de separar metales pesados de los compuestos orgánicos y facilitando la evaluación de la biodisponibilidad de los

contaminantes. De esta forma es posible obtener información más detallada y aplicable a los riesgos asociados a estos contaminantes en los ecosistemas acuáticos (Arrascue et al., 2021).

2.2.9. Toxicología

La toxicología es el estudio dedicado a la identificación y cuantificación de los efectos adversos asociados a la exposición a agentes físicos o sustancias químicas (Silbergeld, 2010). En ese contexto, la toxicología depende de la información, de diseños de la investigación y los métodos proporcionados por diversas ciencias biológicas básicas. *“La toxicología abarca desde estudios de investigación básica sobre el mecanismo de acción de los agentes tóxicos hasta la elaboración e interpretación de pruebas normalizadas para determinar las propiedades tóxicas de los agentes”* (Silbergeld, 2010). Un agente tóxico, es el que produce un efecto adverso en un sistema biológico, causando la muerte o el daño a la estructura o función de un organismo.(Tejada, 2022)

2.2.10. Ecotoxicología

Arenazas, (2018) cita a Capo, (2003), quien define la ecotoxicología como *“la ciencia que estudia los efectos adversos de compuestos químicos sobre poblaciones y ecosistemas, estudiando el origen, transporte, transformación y efectos de los contaminantes. Su principal objetivo es evaluar la peligrosidad de las sustancias tóxicas naturales y antropogénicas en el ambiente.”* Los ensayos realizados pueden determinar la toxicidad crónica o aguda de los compuestos, en relación a las dosis de concentración y del tiempo de exposición. Este término surgió como respuesta a la creciente preocupación por el impacto de los compuestos químicos en el medio ambiente.

En este contexto, la ecotoxicología desempeña un papel fundamental en la valoración

y gestión de riesgos ambientales, aportando al desarrollo de estrategias para mitigar sus efectos negativos. (Expósito et al., 2021)

2.2.11. Bioensayos toxicológicos

Los bioensayos toxicológicos representan instrumentos de diagnóstico apropiados para determinar el impactos de agentes fisicoquímicos sobre organismos de prueba bajo condiciones experimentales, específicas y controladas (Iannacone et al., 2007). Estos efectos pueden ser tanto de inhibición como de magnificación, muerte, crecimiento, proliferación, multiplicación, cambios morfológicos, fisiológicos o histológicos. *“El potencial nocivo de una sustancia tóxica puede ser contrarrestado por el sistema biológico a través de diferentes estrategias, tales como reacciones metabólicas de detoxificación, excreción de tóxicos, etcétera. Por tanto, la toxicidad aparente evaluada en un ensayo biológico es el resultado de la interacción entre la sustancia y el sistema biológico”* (Ronco et al., 2004). *“Las pruebas ecotoxicológicas agudas cuantifican las concentraciones letales de un xenobiótico sobre una especie en particular de la biota”* (Iannacone et al., 2007). La Directiva Marco Europea del Agua (DMA), afirma que las evaluaciones de la calidad de los cuerpos ambientales como los ríos, están basadas en su estado químico y ecológico, y que estos no siempre presentan una coherencia entre ambos aspectos (Roig et al., 2015). En ese contexto, las pruebas de ecotoxicidad se presentan como una herramienta complementaria que contribuye a revelar respuestas biológicas frente al estrés asociado con los metales traza y otros contaminantes (Gao et al., 2018).

2.2.12. Organismos no destinatarios.

La selección de organismos de prueba es crucial para los bioensayos toxicológicos, ya que define el procedimiento y los resultados específicos. Los criterios para esta selección incluyen la facilidad del cultivo en laboratorio, la disponibilidad de

información de previa (fisiología, genética y comportamiento), así como la alta sensibilidad del organismo frente a diferentes sustancias tóxicas (Sánchez, 2019).

a. *Poecilia reticulata*

Poecilia reticulata “guppy” (*Poeciliidae*) es una especie exótica invasora introducida en Perú para el control biológico de larvas de mosquito *Anopheles pseudopunctipennis* (Iannacone et al., 2007). Esta especie tolera un amplio rango de temperatura, desde 16 °C hasta los 30 °C, con un rango óptimo de 25 y 28 °C (Devezé et al., 2004). Su periodo de desarrollo embrionario, varía entre los 25 y 30 días dependiendo de factores como la temperatura del agua, la nutrición y la edad del pez. Estas características proporcionan protección a las crías frente a depredadores y condiciones adversas. No obstante, se debe evitar el canibalismo separando a los padres de las crías inmediatamente después del nacimiento, mediante la preparación adecuada del acuario.

b. *Daphnia magna*

Daphnia magna es el crustáceo cladóceros más frecuentemente manejado en bioensayos ecotoxicológicos, debido a su facilidad de manipulación en laboratorio, su ciclo de vida corto y su capacidad de reproducción, tanto asexual como sexual. En estos estudios, se favorece la reproducción asexual para mantener poblaciones genéticamente uniformes, lo que asegura la reproducibilidad de los resultados. Además, *D. magna* es un representante del zooplancton en estos estudios (Núñez & Hurtado, 2005).

2.2.13. Características topográficas e hidrológicas.

a. Quebrada Chullo

Está ubicada al margen derecho del río Chili, en el distrito de Cayma, con una extensión aproximada de 4 km originándose en la quebrada Piedraypicho y desembocando en la Variante de Uchumayo, con un área de 17.12 km² y un perímetro de 28.02 km. Posee una pendiente media de la cuenca de 41.74%, una altitud media de 3575 m y pendiente del cauce principal de 12.38%. (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET, 2020)

Como lo menciona Alavi, (2020), la zona donde se encuentra esta quebrada está caracterizada por superficies relativamente planas, con pendientes moderadas que oscilan entre los 10° a 20° de inclinación. Su profundidad varía entre 15 a 20 metros, mientras que su ancho fluctúa entre 10 y 40 metros. El terreno está compuesto por depósitos de lahares con una matriz limo-arcillosa, acompañados de flujos piroclásticos de pómez y ceniza. Esto le confiere un aspecto compacto y está caracterizado por la presencia de subangulosas.

Respecto a la hidrología, esta quebrada recibe aportes de las quebradas Gamarra, Quesquemania y Pastoraiz. La precipitación media anual para un periodo de retorno de 2 años es de 20.03 mm, incrementándose a 67.55 mm para un periodo de 200 años. La permeabilidad de suelo es baja, con un porcentaje del 0.36%. Respecto al caudal máximo, se estima 8.2 m³/s para periodo de retorno de 2 años y de 162.7 m³/s. para un periodo de 200 años. (Ramos & Saldivar, 2022).

b. Quebrada Pato-Peral

De acuerdo con Ramos & Saldivar (2022), el substrato rocoso más antiguo de la zona está compuesto por ignimbrita, acompañados de depósitos fluviales y sedimentos volcanoclásticos. La quebrada abarca un área total de 13.71 km² y un perímetro de 22.27 km. Su microcuenca registra un pendiente promedio

del 24,58%, con una altitud media de 3213 m y una pendiente del cauce principal de 9.64%. En términos hidrológicos, la precipitación media en un periodo de retorno de 2 años es de 18.99 mm y mientras que para un periodo de 200 años aumenta a 65.22 cc. Los caudales máximos registrados son de 2.7 m³/s para un periodo de 2 años y de 106.9 m³/s para 200 años. Además, la quebrada presenta una baja impermeabilidad, con un índice de 0.06%.

c. Río Socabaya

Según el Plan Estratégico de Desarrollo Concertado del Distrito de Socabaya (Municipalidad distrital de Socabaya, 2009), la topografía de la zona presenta una configuración heterogénea y accidentada, caracterizada por sectores llanos y áreas con desniveles marcados, especialmente en la zona sur del área. De acuerdo con lo que menciona Gama, (2017), el drenaje de las quebradas es dendrítico, y al erosionar el terreno por su paso, suelen arrastrar en sus aguas materiales como flujos de barro y lodo, gravas, aluviales y coluviales. Respecto a la hidrografía, el río Socabaya es un colector de aguas de escorrentía, producto de las precipitaciones o los afloramientos de algunos manantiales o aguas no reguladas aledañas. Los máximos caudales se registran en la temporada húmeda, que son de enero a marzo, mientras que el mínimo entre abril a diciembre.

2.3. Marco Legal

2.3.1. Marco legal internacional

a. La Directiva Marco del Agua de la UE.

La Directiva Marco del Agua (DMA) de la UE, adoptada en el año 2000, introdujo un enfoque innovador y pionero para la protección y gestión sostenible del agua. Su planteamiento se basa en las formaciones geográficas

naturales; tomando como unidad clave las cuencas hidrográficas, lo que permite una gestión integrada de los recursos hídricos considerando las características propias de cada región. La Directiva estableció plazos concretos para alcanzar metas ambiciosas en la mejora de la calidad del agua, siendo el año 2015 el límite establecido para que todas las aguas europeas estuvieran en buen estado ecológico y químico (Américo, 2013).

b. Objetivo de desarrollo sostenible 6: Agua limpia y saneamiento.

“Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos” (ONU, 2015).

c. Objetivo de desarrollo sostenible 14: Vida Submarina.

“Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible” (ONU, 2015).

d. ISO 24510:2007: Activities relating to drinking water and wastewater services — Guidelines for the assessment and for the improvement of the service to users.

Este documento describe una breve descripción de los componentes físicos, los objetivos fundamentales de las entidades proveedoras de servicios de agua; las pautas para la administración de estas entidades y las directrices para la valoración de los servicios de agua con criterios de evaluación del servicio relacionados con los objetivos e indicadores de rendimiento relacionados con estos criterios (ISO, 2007).

2.3.2. Marco legal nacional.

a. Ley N.ª 30588. Ley de Reforma Constitucional que reconoce el derecho al agua como derecho constitucional que incorpora el artículo 7º-A en la

Constitución Política del Perú. El Estado reconoce el derecho de toda persona a acceder de forma progresiva y universal al agua potable. El Estado garantiza este derecho priorizando el consumo humano sobre otros usos (Aquino, 2017)

- b.** Ley N.ª 28611. Ley General del Ambiente. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes (MINAM, 2015)
- c.** Ley N.ª 29338. Ley de recursos hídricos. Regula el uso y gestión de los recursos hídricos y comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta y se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable (Congreso de la Republica, 2010)
- d.** Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua (Autoridad Nacional del Agua, 2017a). Es un instrumento de gestión ambiental cuyo objetivo es establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros presentes en el agua, determinando si es un riesgo significativo para la salud de las personas (Autoridad Nacional del Agua, 2017)
- e.** Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA. Protocolo Nacional de Monitoreo de calidad de los recursos hídricos superficiales Debido a la creciente presión hacia los cuerpos de agua por actividades

antropogénicas, afecta su calidad impactando a muchos factores ambientales. El presente documento busca “Estandarizar los criterios y procedimientos técnicos para desarrollar el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, continentales y marino-costeros” (Autoridad Nacional del Agua, 2016)

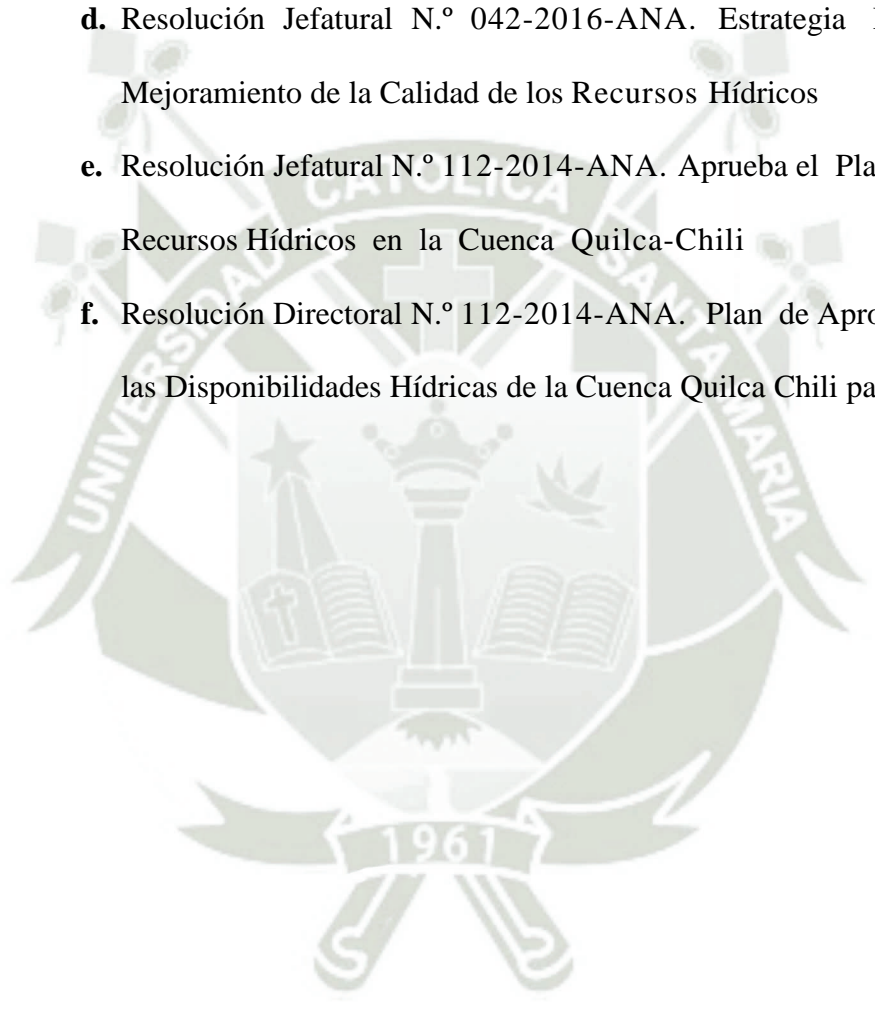
f. Resolución Jefatural N.º 136-2018-ANA. Lineamientos para la identificación y seguimiento de fuentes contaminantes relacionadas con los recursos hídricos. Establecer lineamientos para la formulación de los diagnósticos de calidad de recursos hídricos superficiales por unidad hidrográfica, como base para promover la sostenibilidad y conservación de las fuentes naturales y sus bienes asociados. (Autoridad Nacional del Agua, 2018)

g. Resolución Jefatural N.º 084-2020. Metodología Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales Establece la metodología para la determinación del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), que contribuya en la evaluación del estado de la calidad de los cuerpos naturales de agua calificándolo de forma simplificada y comprensible. Este estudio fue aprobado mediante la R. J. N.º 084-2020-ANA de la Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua ICARHS (MINAGRI, 2013).

2.3.3. Marco legal nacional complementario

a. Decreto Supremo N.º 018-2017-MINAGR. Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua.

- b.** Resolución Ministerial N.º 033-2008-AG. Metodología de Codificación de Unidades Geográficas de Pfafstetter, Memoria descriptiva y el Plano de delimitación y Codificación de las Unidades Hidrográficas del Perú.
- c.** Resolución Jefatural N.º 056-2018-ANA. Clasificación de cuerpos de agua continentales superficiales.
- d.** Resolución Jefatural N.º 042-2016-ANA. Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos
- e.** Resolución Jefatural N.º 112-2014-ANA. Aprueba el Plan de Gestión de Recursos Hídricos en la Cuenca Quilca-Chili
- f.** Resolución Directoral N.º 112-2014-ANA. Plan de Aprovechamiento de las Disponibilidades Hídricas de la Cuenca Quilca Chili para el año 2015





3. METODOLOGÍA PROPUESTA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Evaluativa, ya que tiene por finalidad obtener evidencia válida y confiable, que facilita analizar y valorar los impactos generados por diversas actividades, como en este caso, los contaminantes vertidos en un río debido a actividades aledañas (Hurtado, 2010). La investigación evaluativa, no solo se centra en los resultados obtenidos, sino también en la valoración integral de los aspectos relacionados con la conceptualización, diseño, implementación y utilidad de la metodología aplicada.

3.1.2. Nivel de investigación

Integrativa, ya que pretende modificar una situación, correspondiente al contexto de calidad de agua y así dar respuesta a la pregunta de investigación (Hurtado, 2010)

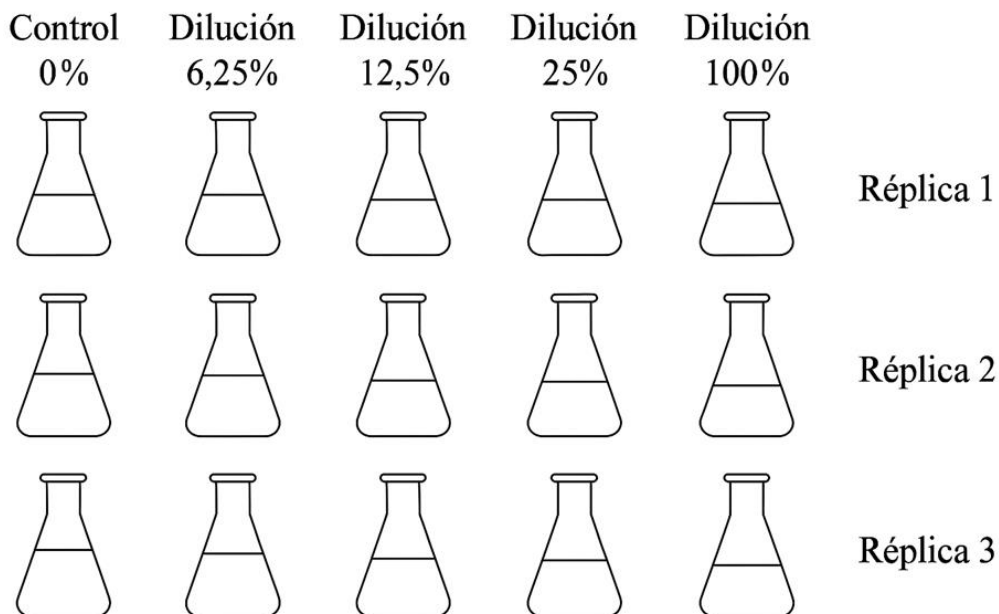
3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Tipo de diseño

Experimental: Se emplearon bioensayos con organismos no destinatarios como individuos de prueba, con el fin de identificar la toxicidad del agua recolectada del cuerpo receptor, para poder evaluar variables independientes y dependientes.

Figura 1.

Diseño experimental para bioensayos ecotoxicológicos



Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Unidad experimental

Especímenes de *P. reticulata* y *D. magna* en recipientes de 4 L y 30 mL de capacidad respectivamente

3.3. Operacionalización de las variables

Las variables que se consideran en la Tabla 3 corresponden a aquellas que se manejan en el laboratorio, es decir, a aquellas relacionadas netamente con la parte experimental bajo condiciones controladas, como lo señalan otras investigaciones similares realizadas en el mismo campo, siendo la diferencia la especie con la que se trabajará y el origen del efluente, por lo que variables netas del cuerpo de agua, como caudal, no se tomaron en cuenta.

Por otro lado, como uno de los beneficios característicos de este tipo de instrumentos es reducir el coste de ensayos. De acuerdo con la información recabada de resultados de monitoreos anteriores, se dió prioridad a evaluar parámetros con mayor incidencia, que suelen superar el ECA y que sean medibles en los 3 tipos de muestras, por lo que

se consideró pertinente evaluar algunos metales y no metales.

Tabla 3.

Variables de la investigación

	Variables	Indicadores
Independiente	Tratamientos condiferentes concentraciones de muestra: 0, 6.25, 12.5, 25, 50 y 100%	Porcentaje %
Dependiente	Mortalidad	Porcentaje %

Fuente: Elaboración propia

3.4. Metodología de investigación

3.4.1. Determinación de los puntos de monitoreo y parámetros fisicoquímicos como microbiológicos de agua superficial y elutriados de sedimentos de los ríos Chili, Socabaya y quebradas Chullo y Pato-Peral.

Para determinar la cantidad de puntos de monitoreo de agua superficial, se tomó en cuenta el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado con Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA (Autoridad Nacional del Agua, 2016) el cual menciona seleccionar puntos de monitoreo debajo de fuentes contaminantes difusas y/o puntuales- Por otro lado, el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales ICARHS indica que se debe tomar uno o varios puntos de monitoreo a lo largo del cuerpo natural de agua.

Se determinó la cantidad de puntos de monitoreo que fueron ubicados en las tres quebradas que confluyen con el río Chili y en el cauce mismo, abarcando tanto zonas urbanas como periurbanas del río Chili, con el objetivo de recolectar muestras de agua

superficial y de sedimentos. El monitoreo se realizó en dos temporadas: húmeda (mayo) y seca (octubre) del año 2021, siguiendo al Protocolo Nacional ya mencionado (Autoridad Nacional del Agua, 2016) y las metodologías propuestas por Roig et al. (2015) y Szara et al. (2020) para la recolección de sedimentos.

Para la extracción de muestras de agua se utilizó un recipiente de 20 L de capacidad, además de botas Waterproof para facilitar el ingreso al río. En cuanto a la recolección de sedimentos, se siguieron las directrices de Szara et al. (2020), extrayendo sedimentos de la capa superior del fondo del río (0-15 cm) mediante una draga de Ekman con un área de 0.025 m².

Previo al análisis de calidad de agua, se efectuó una visita técnica a las zonas de estudio con el propósito de identificar las características del área, reconocer los efluentes que desembocan en el cuerpo de agua y determinar los parámetros requeridos para la evaluación. Además, se revisó el mencionado Protocolo Nacional con el fin de corroborar la categoría y parámetros mínimos en función de la actividad generadora de efluentes que recibe el cuerpo de agua.

Los equipos e instrumentos utilizados, tanto en campo como en laboratorio, contaban con certificados de calibración actualizados, garantizando la precisión y confiabilidad de los resultados alcanzados.

3.4.2. Evaluación de la ecotoxicidad de diferentes concentraciones de agua superficial y elutriados de sedimentos de los ríos Chili, Socabaya y quebradas Chullo y Pato Peral sobre los bioindicadores acuáticos *Daphnia magna* y *Poecilia reticulata*.

a. Obtención de elutriados

En el laboratorio, se depositó 200 g de las muestras de sedimento en frascos de vidrio de 1L, procurando no ingresar materia orgánica o piedras de gran

tamaño. Se les añadió agua declorada, hasta rebosar aproximadamente 800 ml, para luego ser llevados a un agitador orbital a 60 RPM por un intervalo de 30 minutos, y una vez culminado se dejó decantar durante 12 horas a 21°C en condiciones estériles en total oscuridad, finalmente se filtró con papel Whatman rápido, una vez recuperado el elutriado, se almacenó en oscuridad a una temperatura de 4 °C para su posterior uso (Beiras, 2002; Gaevaya et al., 2019)

b. Evaluación de ecotoxicidad con *P. reticulata* y *D. magna*

Los especímenes juveniles de 3 meses de edad de *Poecilia reticulata*, fueron alojados inicialmente en peceras de vidrio con capacidad de 100 L, donde se ambientaron durante una semana previa al inicio del bioensayo. Durante ese periodo, se alimentaron diariamente con *Daphnias*, sin embargo, dos días antes de iniciar la experimentación, se les privó de alimentación. Posteriormente, los peces fueron sometidos a las diluciones del agua superficial y elutriados de sedimento (6.25, 12.5, 25, 50 y 100%) y un control negativo (Cn) con agua declorada. Se ensayó tres (03) réplicas por dilución, utilizando envases plásticos de 4 L con 10 especímenes en cada réplica (Iannacone et al., 2007; OCDE, 2019). El ambiente del bioensayo registró una temperatura de 21°C, con una humedad relativa del 75 % y agua con un pH de 6.8. El bioensayo agudo tuvo una duración 96 horas de acuerdo a la guía de la OECD, (2019), y se registraron diariamente los efectos letales (mortalidad). Al finalizar el ensayo, se calcularon los índices de ecotoxicidad: concentración letal media CL₅₀, concentración mínima con efecto observado (LOEC), concentración sin efecto observado (NOEC) (Caja & Iannacone, 2021; Palao, 2017; Roig et al., 2015) y las Unidades Toxicológicas agudas (UTa) de los

sectores de monitoreo (Saldaña et al., 2005)

Los neonatos de menos de 24 horas de *Daphnias* fueron colocados en envases de 50 mL de capacidad con 30 mL de diluciones de agua superficial y elutriados de sedimento (6.25, 12.5, 25, 50 y 100%) además de un control negativo (Cn) con agua declorada. Cada dilución se ensayó en tres (03) réplicas utilizando placas Petri con 10 especímenes por réplica (Iannacone et al., 2007; OECD, 2013). El bioensayo duró 48 horas, registrándose diariamente la mortalidad (ausencia de movimiento durante 15 segundos de observación) (ISO 6341, 2013), así como movimientos o comportamientos subletales. Al concluir el ensayo, se calcularon los índices CL₅₀, LOEC y NOEC (Caja & Iannacone, 2021; Palao Mamani, 2017; Roig et al., 2015). Además, a las 48 horas se registró la supervivencia en la dilución al 100% (sin dilución) para el agua superficial y elutriados de sedimentos para determinar el estado ecotoxicológico en las zonas de muestreo, según los rangos propuestos por Roig et al. (2015).

Tabla 4.

Matriz experimental para *D. magna* y *P. reticulata*

Símbolo	Tratamiento	<i>P. reticulata</i> (Guppy)		<i>D. magna</i> (Pulga de agua)	
		Muestra (mL)	Agua declorada (mL)	Muestra (mL)	Agua declorada (mL)
C	Control	0	4000	0	30
T1	6.25 %	250	3750	1.875	28.125
T2	12.5 %	500	3500	3.75	26.25

T3	25 %	1000	3000	7.5	22.5
T4	50 %	2000	2000	15	15
T5	100 %	4000	0	30	0

Nota: La tabla representa la dilución de muestra con agua dechlorada de acuerdo con el porcentaje del tratamiento.

3.4.3. Determinación de las Unidades Toxicológicas Agudas (UTa) y rangos de toxicidad del agua superficial y elutriados de sedimentos, de tres quebradas y del río Chili

Se determinaron y compararon la Unidades Toxicológicas Agudas (UTa) de los puntos de muestreo con la siguiente expresión:

$$UTa = \frac{1}{CI50} * 100$$

Donde:

CI50: Concentración letal media

La interpretación se obtendrá con la clasificación de Saldaña et al. (2005).

Tabla 5.

Clasificación de toxicidad basada en Unidades de Toxicidad (UTa)

Toxicidad (UT)	Clasificación	Concentración efectiva (CE50) %
> 4	Muy tóxico	< 25%
2 - 4	Tóxico	De 50-25%
1.33 - 1.99	Moderadamente tóxico	De 75-25%
< 1.33	Ligeramente tóxico	> 75%

Nota: La tabla representa la concentración efectiva de acuerdo con Unidades de Toxicidad y su correspondiente clasificación. Elaborado por Saldaña et al. (2005).

Asimismo, se ensayó una clasificación (Tabla 6) basada en el porcentaje de supervivencia y el índice de CL_{50} expresada como porcentaje (%) de dilución, de acuerdo con los rangos sugeridos por Roig et al. (2015).

Tabla 6:

Rangos de toxicidad

	No toxico	Ligeramente toxico	Marginalmente toxico	Moderadamente toxico	Altamente toxico
CL_{50}	>100	100-61	60-21	20-10	10
% de supervivencia	>80	80-50%	50-21%	20-10%	10%

Fuente: Adaptado de Roig et al., (2015)

a. Procesamiento estadístico

El análisis de los resultados de cada bioensayo y la determinación de la CL_{50} se mediante una hoja de cálculo del programa de cómputo Excel®, Probit versión (Arenazas, 2018). Se fijaron los límites de confianza estadísticos al 95%, mientras que para la creación de los gráficos se empleó el software Origin Pro-2019.

El diseño experimental corresponde a un Diseño de Bloques completamente Randomizado (DBCA). Para evaluar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas de los datos se llevaron a cabo pruebas de Shapiro – Wilk. Si los datos cumplen con los supuestos ya mencionados, se precedió a evaluar la efectividad de los tratamientos mediante un análisis de varianza (ANOVA), seguido de la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) para observar variaciones entre tratamientos con respecto al control y luego obtener la LOEC y NOEC (Picone et al., 2021).



CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación de los puntos de monitoreo y parámetros fisicoquímicos como microbiológicos de agua superficial y elutriados de sedimentos de los ríos Chili, Socabaya y quebradas Chullo y Pato-Peral.

Para la determinación de puntos de monitoreo de calidad del agua superficial, se identificaron áreas estratégicas en los que realizan actividades de distintas naturalezas, que generan vertimientos de aguas servidas. Se consideró, además, los registros históricos de monitoreo efectuados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el río Chili, Socabaya y en la quebrada de Pato Peral. La ubicación de los puntos de monitoreo se realizó conforme al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Estos puntos fueron establecidos en tres quebradas que confluyen con el río Chili y en el propio cauce del río, donde se obtuvieron un total de nueve muestras en zonas urbanas y periurbanas del río Chili. De estas, tres muestras corresponden a vertimientos no autorizados, recolectados antes de los puntos de descarga en la confluencia con el río Chili. Las quebradas evaluadas fueron: Pato - Peral (Este: 229184.81; Norte: 8188457.61), Chullo (Este: 227399.52; Norte: 8183144.51) y río Socabaya (Este: 224406.90; Norte: 8178979.12). Además, se obtuvieron seis muestras en la confluencia de las quebradas mencionadas con el río Chili, divididas en tres muestras de agua superficial y tres de sedimentos. La recolección de muestras se realizó en un lapso de dos temporadas: post-húmeda (mayo) y seca (octubre) del año 2021.

Tabla 7.

Coordenadas de los puntos de monitoreo

N.º	Unidad hidrográfica	Zonas	Punto de monitoreo	Descripción	UTM-WGS 084 ZONA 19	
					Norte	Este
01	Cuenca Quilca - Vitor Chili	Chullo	C-R	Confluencia de la quebrada Chullo con el río Chili	8183132	227405
02			C-Q	Punto de descarga de vertimientos provenientes del lavado de vegetales	8183144	227399
03			C-E	Elutriados de sedimento de la confluencia de la quebrada con el río Chili	8183132	227405
04		Pato - Peral	P-R	Confluencia de la quebrada Pato-Peral con el río Chili	8188460	229191
05			P-Q	Punto cercano a vertimientos no autorizados	8188457	229184
06			P-E	Elutriados de sedimento de la confluencia de la quebrada con el río	8188460	229191
07		Socabaya	S-R	Confluencia de los ríos Socabaya y Chili	8178526	225227
08			S-Q	Punto cercano a campos agrícolas	8178958	224453
09			S-E	Elutriados de sedimento de la confluencia de los ríos Socabaya y Chili	8188460	229191

Figura 2.

Ubicación de puntos de muestreo en la quebrada Pato-Peral

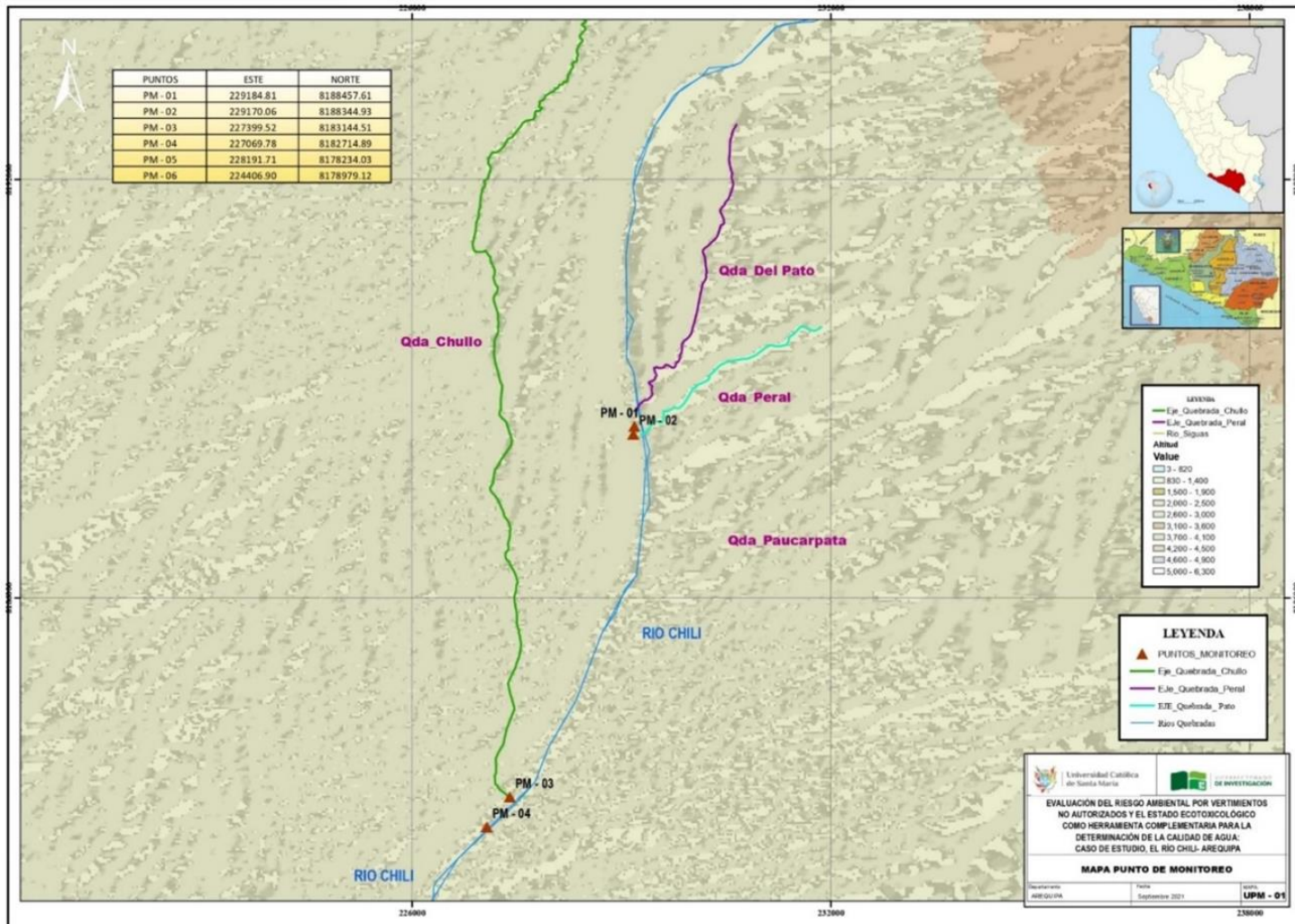
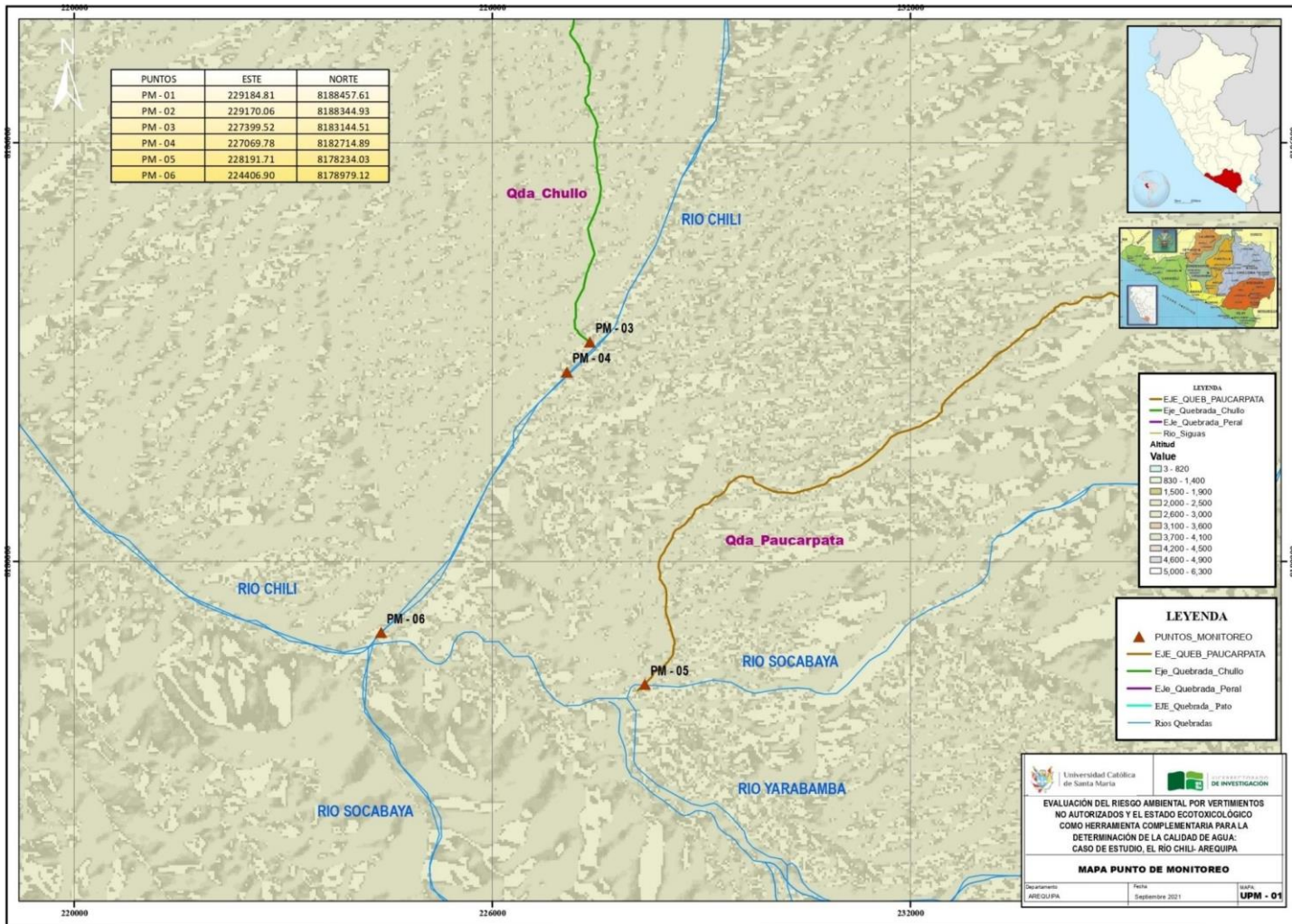


Figura 3.

Ubicación de puntos de muestreo del río Socabaya y quebrada Chullo



Se realizó una visita de reconocimiento de las áreas seleccionados, con el objetivo de detectar potenciales fuentes de contaminación y establecer los parámetros fisicoquímicos.

En los puntos de monitoreo Chullo Quebrada (C-Q) y Chullo Río (C-R), ubicados en el distrito de Sachaca, durante la realización del muestreo, se registró presencia de diversos vehículos transportadores de vegetales provenientes de las áreas agrícolas aledañas, que realizaban el lavado de sus productos y vertían sus efluentes directamente a la quebrada cercana al río Chili. Además, se identificó la zona como un lugar de lavado de vehículos, donde se detectó la presencia de detergentes en el agua. Asimismo, se pudo diferenciar la turbidez entre la quebrada y el río en su confluencia.

Figura 4.

Confluencia de la quebrada Chullo y el río Chili (C-R)

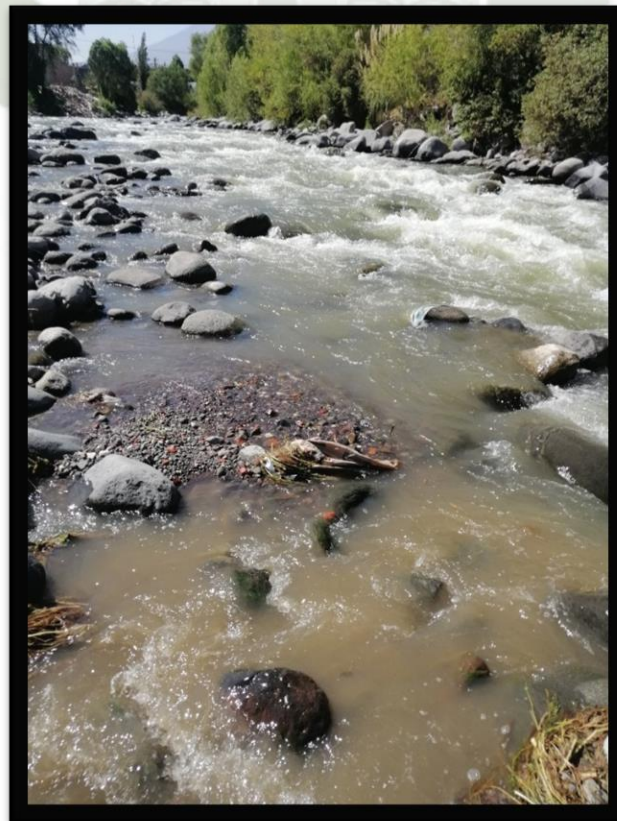
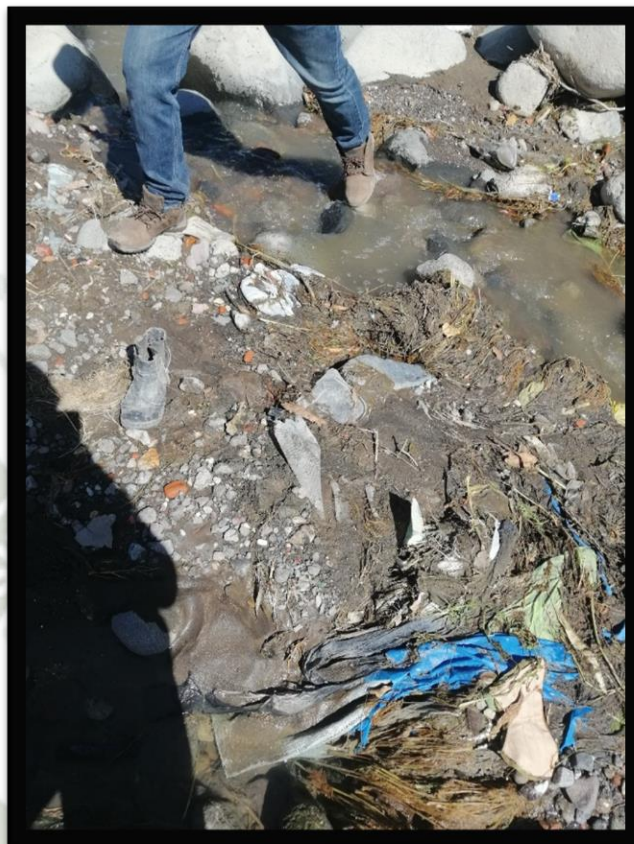


Figura 5:**Residuos sólidos y presencia de vertimientos en quebrada Chullo (C-Q)**

En el punto de monitoreo de Pato Quebrada (P-Q) y Pato Río (P-R), situados en el límite entre los distritos de Yanahuara y Cayma, se ubican en zonas con cobertura vegetal y urbanas. Durante la realización del muestreo, se detectó la presencia de residuos sólidos de gestión municipal, tal como se muestra en la Figura 6.

Figura 6:

Presencia de residuos sólidos de gestión municipal en el punto de monitoreo Pato

Río (P-R)

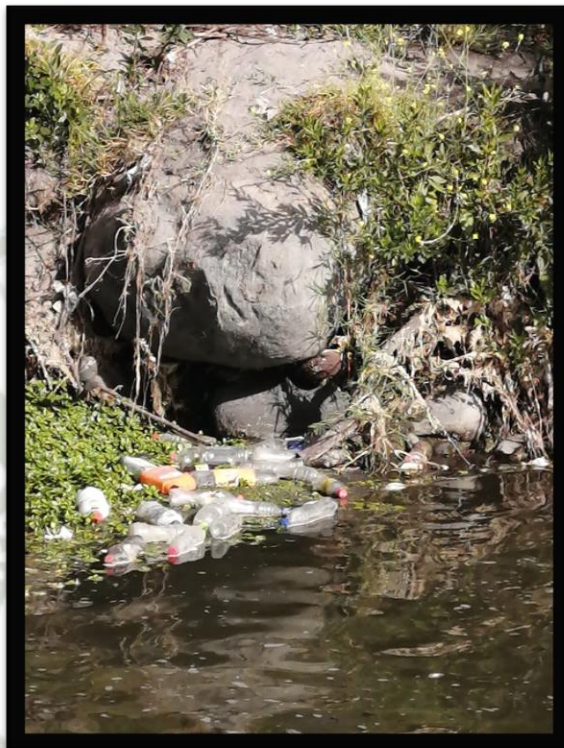


Figura 7.

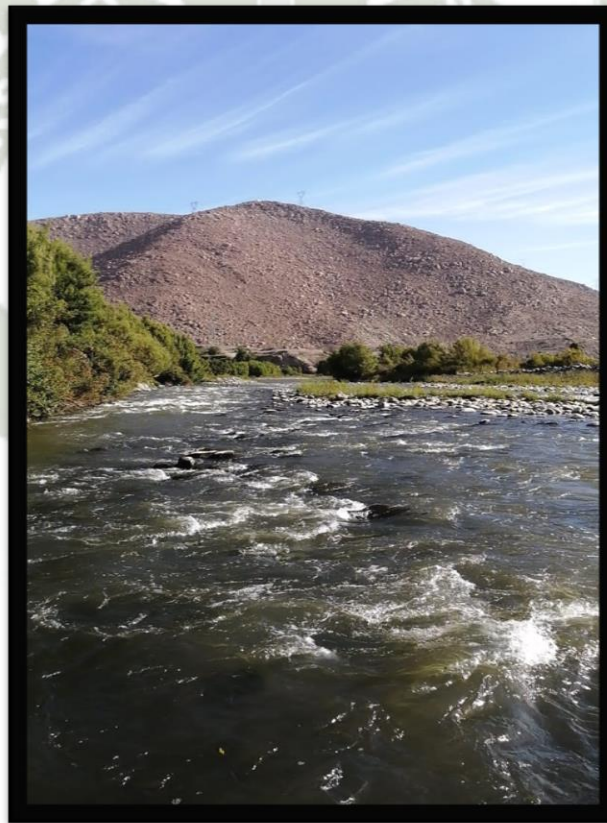
Punto de muestreo de Pato Quebrada (P-Q)



El punto de monitoreo Socabaya Río (S-R), está ubicado en el distrito de Jacobo Hunter, y el punto Socabaya Quebrada (S-Q), está ubicado en la frontera entre los distritos de Jacobo Hunter y Tiabaya. Ambas zonas se localizan cerca de áreas agrícolas y urbanas. Durante el muestro, se observó la presencia de diversos residuos sólidos, destacando escombros, depositados por vehículos de carga en la zona. Además, se constató el uso de estas aguas que eran destinadas para el riego agrícola

Figura 8.

Punto monitoreo de Socabaya Río (S-R)



Para el registro de parámetros fisicoquímicos in situ se aplicó la metodología mencionada en el capítulo III, tomando en cuenta el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales según la categoría 3 correspondiente a riego de cultivo y bebida de animales (Autoridad Nacional del Agua, 2016). Esta categoría, nos indica que los parámetros que debemos tener en

cuenta son: pH, temperatura, aceites y grasas, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos suspendidos totales. Se determinó la identificación de estos parámetros fisicoquímicos, añadiendo otros mencionados en la metodología por decisión del equipo de investigación, tomando en consideración la visita de reconocimiento del área.

Los parámetros de campo como pH, oxígeno disuelto (OD), temperatura, y conductividad eléctrica (CE) se determinaron con un equipo Multiparamétrico HANNA HI 9829 en los mismos puntos establecidos donde se tomaron las muestras de agua superficial y de las quebradas; mientras que, los metales totales, pesticidas y componentes inorgánicos, fueron determinados por los métodos estandarizados especificados en la tabla 8 en un laboratorio acreditado.

Tabla 8.

Métodos estandarizados de los ensayos

Tipo de ensayo	Norma referencial	Título
Aniones	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)	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	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd. Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD).5-Day BOD Test

Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd. Ed.2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes	SMEWW-APHA- AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd. Ed.2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Metales totales	EPA Method 200.8 Rev. 5.4 1994	Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry
Pesticidas Organoclorados	EPA Method 8081B, Rev. 2, Febrero 2007	Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography
Pesticidas Organofosforados	EPA Method 8270 E,Rev 6, Junio 2018	Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS)

Nota: La tabla muestra los métodos usados en el laboratorio para determinar la presencia de parámetros como metales pesados, DBO, DQO.

4.2. Evaluación de la ecotoxicidad de diferentes concentraciones de agua superficial y elutriados de sedimentos de las quebradas Chullo y Pato Peral y río Socabaya sobre los bioindicadores acuáticos *Daphnia magna* y *Poecilia reticulata*.

4.2.1. Parámetros fisicoquímicos del agua superficial en los puntos de monitoreo en dos temporadas de estudio (seca y húmeda)

Se realizó las pruebas de análisis de calidad de agua de los 6 puntos de monitoreo para agua superficial en un laboratorio acreditado por INACAL, durante la temporada húmeda como seca del año 2021, y se los comparó con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de categoría 3 “riego de vegetales y bebida de animales” para identificar aquellos que exceden la normativa.

Tabla 9.

Parámetros fisicoquímicos in situ de la quebrada Chullo (C-Q) y la confluencia con el río Chili (C-R) en temporada húmeda y seca, con referencia al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 “Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetro	Lugar	Unidad de medida	Temporada húmeda		Temporada Seca		Riego de vegetales		Bebida de animales
			C-R	C-Q	C-R	C-Q	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	
Conductividad	In situ	μS/cm	225	481	274	445	2500	5000	
pH	In situ	Unidad de pH	8.200	7.952	7.39	7.63	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4	
Temperatura	In situ	°C	15.7	19.3	16.1	22	Δ 3		
OD	In situ	mg/L	8.1	6.7	6.85	11.14	≥ 4	≥ 5	

Fuente: Elaboración propia, junto con los ECA de categoría 3 del D.S. 004-2017-MINAM.

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

Como se muestra en la Tabla 9, ninguno de los parámetros tomados en el área de muestreo supera el ECA tanto para riego de vegetales como bebida de animales.

Tabla 10.

Parámetros fisicoquímicos in situ del punto Pato quebrada (P-Q) y la confluencia con el río Chili (P-R) en temporada húmeda y seca, con referencia al Estándar de Calidad

Ambiental (ECA) categoría 3 “Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetro	Lugar	Unidad de medida	Temporada húmeda		Temporada Seca		Riego de vegetales		Bebida de animales
			P-R	P-Q	P-R	P-Q	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	
Conductividad	In situ	μS/cm	289	186	254	259	2500		5000
pH	In situ	Unidad de pH	7.632	7.569	6.84	6.86	6.5 – 8.5		6.5 – 8.4
Temperatura	In situ	°C	13.7	12.7	14.2	15.3	Δ 3		
OD	In situ	mg/L	7.9	7.7	8.8	7.2	≥ 4		≥ 5

Fuente: Elaboración propia, junto con los ECA de categoría 3 del D.S. 004-2017-MINAM.

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

A su vez, en la Tabla 10 ninguno de los parámetros tomados en Pato-Peral río y quebrada supera el ECA tanto para riego de vegetales como bebida de animales..

Tabla 11.

Parámetros fisicoquímicos in situ del punto Socabaya quebrada (S-Q) y la confluencia con el río Chili (S-R) en temporada húmeda y seca, con referencia al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 “Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetro	Lugar	Unidad de medida	Temporada húmeda		Temporada Seca		Riego de vegetales		Bebida de animales
			S-R	S-Q	S-R	S-Q	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	
Conductividad	In situ	μS/cm	235	290	265	273	2500		5000
pH	In situ	Unidad de pH	8.23	7.44	7.66	7.17	6.5 – 8.5		6.5 – 8.4
Temperatura	In situ	°C	16.4	15.8	17.6	16.3	Δ 3		
OD	In situ	mg/L	6.9	7.1	5.1	6.8	≥ 4		≥ 5

Fuente: Elaboración propia, junto con los ECA de categoría 3 del D.S. 004-2017-MINAM.

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

En la Tabla 11 ninguno de los parámetros tomados en Socabaya río y quebrada supera el ECA tanto para riego de vegetales como bebida de animales.

Figura 9:

Parámetros de conductividad in situ en 6 puntos de monitoreo y su comparación con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 “Riego de vegetales y bebida de animales” en temporada húmeda y seca.

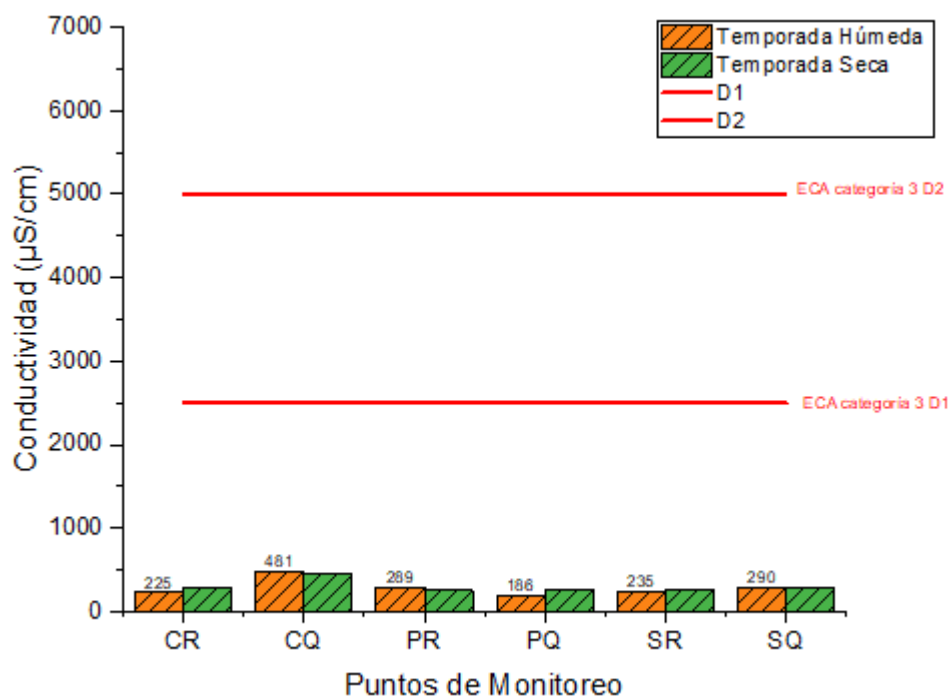


Figura 10:

Parámetros de pH in situ en 6 puntos de monitoreo y su comparación con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 “Riego de vegetales y bebida de animales” en temporada húmeda y seca

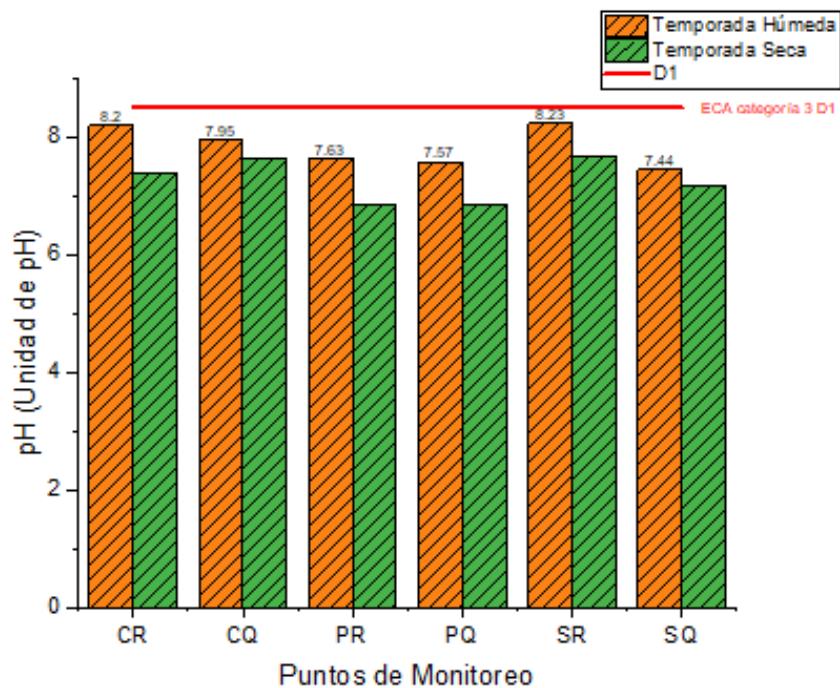


Figura 11.

Parámetros de Temperatura in situ en 6 puntos de monitoreo y su comparación con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 “Riego de vegetales y bebida de animales” en temporada húmeda y seca.

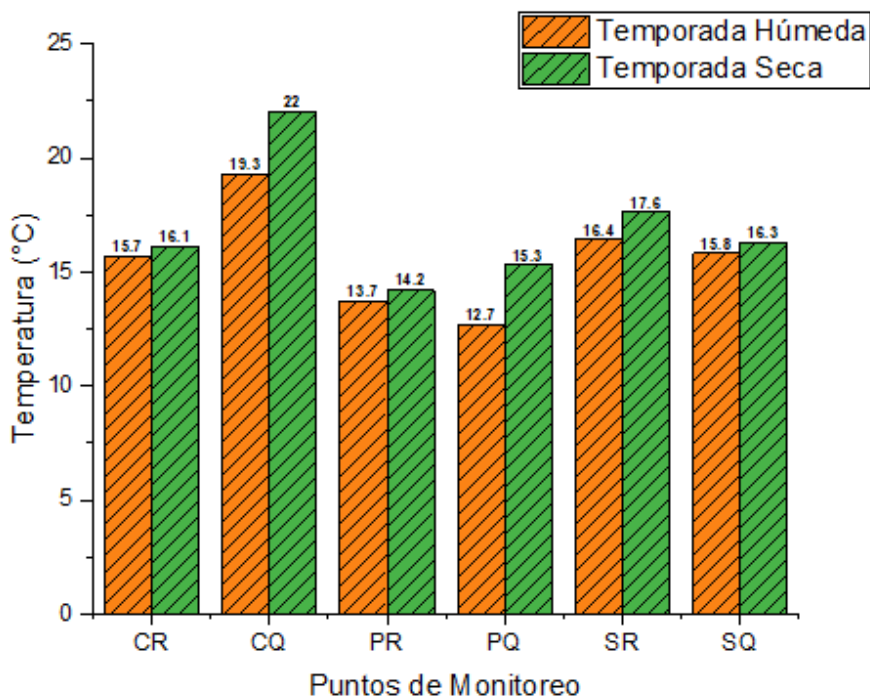
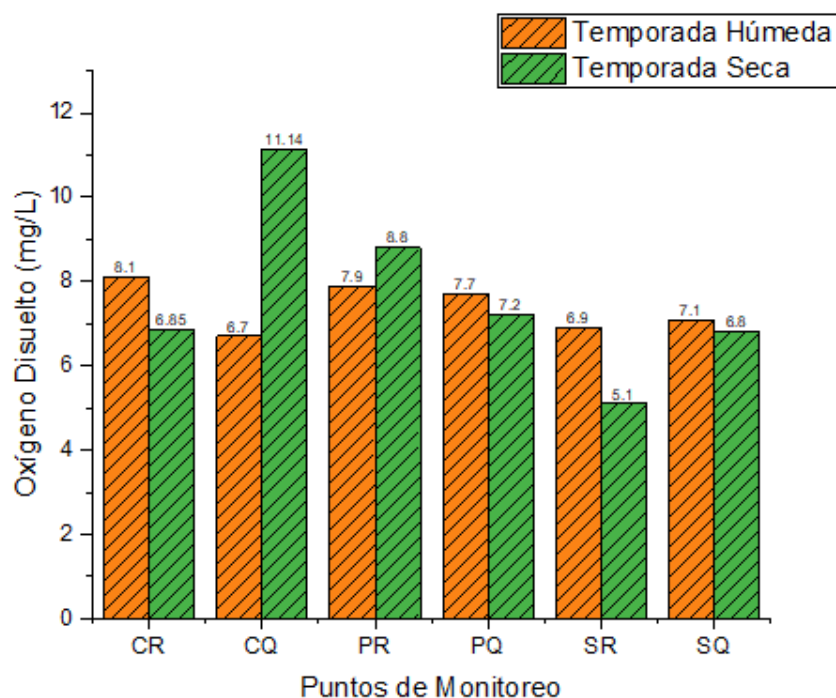


Figura 12.

Parámetros de Oxígeno Disuelto (OD) in situ en 6 puntos de monitoreo y su comparación con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 “Riego de vegetales y bebida de animales” en temporada húmeda y seca.



Las Figuras 9, 10, 11 y 12 se observó que ninguno de los parámetros evaluados in situ de las muestras de agua superficial de río y quebradas durante las dos temporadas de monitoreo superaron el ECA de agua categoría 3 “riego de vegetales y bebida de animales”, del cual corresponde a lo indicado por el ANA (2020), donde reportó valores entre 6.9 y 8.9 unidades de pH que se encontraban dentro de los rangos del ECA, del mismo modo indica que en la conductividad y OD que en su mayoría de puntos de monitoreo realizados en el río Chili no sobrepasaron los ECA de agua.

Tabla 12.

Comparación entre los parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y de metales totales de la quebrada Chullo con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 riego de vegetales y bebida de animales en las temporadas húmeda y seca.

Ensayos	Unidad	Zonas y muestras de monitoreo						ECA categoría 3		
		Temporada húmeda			Temporada seca			Riego de vegetales		Bebida de animales
		C-R	C-Q	C-E	C-R	C-Q	C-E	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	
Resultados										
Microbiológicos y Parasitológico										
Coliformes totales (NMP)	NMP/100mL	79000	170000	490	540000	280000	2300	1000	2000	1000
Fisicoquímicos										
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	19.2	60.4	<L.D.M	20.8	37	<L.D.M		15	
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	223.4	1831.3	<L.D.M	84.2	141.7	<L.D.M		40	
Detergentes	mg MBAS/L	<L.D.M	<L.D.M	-	1.34	3.21	<L.D.M		0.2	0.5
Aniones										
Cloruro	mg/L	-	-	-	<L.D.M	<L.D.M	73.3		500	**
Fluoruro	mg/L	-	-	-	<L.D.M	<L.D.M	0.36		1	**
Nitrito	mg/L	0.51	0.09	0.31	0.61	0.06	0.21		10	
Nitrito+Nitrato	mg/L	-	-	-	<L.D.M	<L.D.M	24.34		100	
Sulfato	mg/L	-	-	-	<L.D.M	<L.D.M	131.5		1000	
Metales Totales										
Aluminio	mg/L	3.80	6.73	0.05	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		5	
Arsénico	mg/L	0.02	0.02	0.03	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		0.1	0.2
Bario	mg/L	0.04	0.06	0.05	<L.D.M	<0.0003	0.05		0.7	**
Cadmio	mg/L	<L.D.M	0.001	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		0.01	0.05
Cobre	mg/L	0.01	0.02	0.07	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		0.2	0.5
Cromo	mg/L	0.01	0.01	0.01	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		0.1	1
Hierro	mg/L	1.09	2.69	0.32	0.19	0.20	<0.002		5	**
Litio	mg/L	0.03	0.04	0.04	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		2.5	
Magnesio	mg/L	8.35	9.84	19.88	8.04	8.60	26.33		**	250
Manganeso	mg/L	0.09	0.17	<L.D.M	0.07	0.09	<L.D.M		0.2	
Níquel	mg/L	0.01	0.01	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		0.2	1
Plomo	mg/L	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		0.05	
Zinc	mg/L	0.02	0.02	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		2	24
Metaloide										
Boro	mg/L	0.26	0.27	0.35	0.29	0.32	0.58		1	5

Fuente: Elaboración propia, junto con los ECA de categoría 3 del D.S. 004-2017-MINAM.

(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.

El símbolo (-) dentro de la tabla significa que el parámetro no se consideró para el análisis en el laboratorio.

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

<L.D.M. significa que el valor resultante es menor al Límite de detección del método.

La tabla 12 detallan los resultados de laboratorio de las muestras de agua recolectadas de la Zona de Chullo (C-R, C-Q, C-E) de las dos temporadas, se ejecutó el análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, metales pesados y aniones.

En ambas temporadas se apreció que cuatro parámetros excedieron los ECA's de agua siendo los más relevantes DBO, DQO y coliformes totales.

En lo que corresponde a análisis microbiológicos en temporada húmeda, los resultados de coliformes totales (NMP) de las muestras de Chullo río y quebrada (79000 NMP/100 mL y 170000 NMP/100 mL respectivamente) superaron el ECA tanto para riego restringido y no restringido de vegetales,

como para bebida de animales. Respecto a los parámetros fisicoquímicos, en las muestras de río y quebrada superaron el ECA en el ensayo de DBO (19.2 mgO₂/L y 60.4 mg mgO₂/L) y en DQO en los mismos puntos (223.4 mgO₂/L y 1831.3 mg O₂/L) respectivamente. Por otro lado, los aniones se mantuvieron por debajo del ECA, así como los pesticidas organoclorados y organofosforados; sin embargo, en metales totales el único valor que sobrepasó el estándar fue el de aluminio, con 6.733 mg/L en el punto de quebrada

En lo que corresponde a temporada seca, los valores de coliformes totales (NPM) en las muestras de río (C-R), quebrada (C-Q) y elutriados (C-E) (540000 NMP/100 mL, 280000 NMP/100 mL y 2300 NMP/100 mL) superaron el ECA tanto para riego restringido y no restringido de vegetales, como para bebida de animales; respecto a los parámetros fisicoquímicos, las muestras de Chullo río y quebrada superaron el ECA en el ensayo de DBO (84.2 mgO₂/L y 141.7 mgO₂/L) en los mismos puntos,

Por otro lado, los aniones se mantuvieron por debajo del ECA, así como los pesticidas organoclorados, organofosforados y metales totales. No obstante, en el ensayo de detergentes dio como resultados 1.343 y 3.212 en los puntos río y quebradas.

Tabla 13.

Comparación entre los parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y metales pesados de la quebrada Pato - Peral con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 riego de vegetales y bebida de animales en las temporadas húmeda y seca.

Ensayos	Unidad	Zonas y muestras de monitoreo		ECA categoría 3	
		Temporada húmeda	Temporada seca	Riego de vegetales	Bebida

		P-R	P-Q	P-E	P-R	P-Q	P-E	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	de animales
Resultados										
Microbiológicos y Parasitológico										
Coliformes totales (NMP)	NMP/100 mL	33000	33000	130	13000	1300	49	1000	2000	1000
Fisicoquímicos										
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		15	
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	360.5	463.4	11.3	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		40	
Detergentes	mg MBAS/L	-	-	-	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		0.2	0.5
Aniones										
Cloruro	mg/L	-	-	-	<L.D.M	<L.D.M	72.6		500	**
Fluoruro	mg/L	-	-	-	<L.D.M	<L.D.M	0.39		1	**
Nitrito	mg/L	0.18	0.14	0.19	<L.D.M	0.06	0.23		10	
Nitrito+Nitrato	mg/L	-	-	-	<L.D.M	<L.D.M	23.89		100	
Sulfato	mg/L	-	-	-	<L.D.M	<L.D.M	131.7		1000	
Metales Totales										
Aluminio	mg/L	2.61	0.549	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		5	
Arsénico	mg/L	0.0134	0.0082	0.0195	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		0.1	0.2
Bario	mg/L	0.0541	0.0203	0.0410	<L.D.M	0.0396	0.0591		0.7	**
Cadmio	mg/L	3.662	<L.D.M	24.0576	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		0.01	0.05
Cobre	mg/L	0.0094	0.0033	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		0.2	0.5
Cromo	mg/L	0.0028	0.0016	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		0.1	1
Hierro	mg/L	1.77	0.335	6.56	<L.D.M	0.013	<L.D.M		5	**
Litio	mg/L	0.02328	0.02015	6.56031	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		2.5	
Magnesio	mg/L	5.802	4.782	0.0478	6.3784	6.94	26.0689		**	250
Manganeso	mg/L	0.3122	<L.D.M	15.9154	0.0184	0.01595	<L.D.M		0.2	
Níquel	mg/L	0.0019	0.0021	0.0026	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		0.2	1
Plomo	mg/L	<L.D.M	<L.D.M	0.0037	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		0.05	
Zinc	mg/L	0.0011	0.0137	0.0006	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		2	24
Metales										
Boro	mg/L	0.1874	0.1675	0.3976	0.2452	0.249	0.5759		1	5

Fuente: Elaboración propia, junto con los ECA de categoría 3 del D.S. 004-2017-MINAM.

(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.

El símbolo (-) dentro de la tabla significa que el parámetro no se consideró para el análisis en el laboratorio.

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

<L.D.M. significa que el valor resultante es menor al Límite de detección del método.

Los resultados de laboratorio de las muestras de agua recolectadas de los puntos de río y quebrada de Pato Peral de las dos temporadas se observan en la Tabla 13, donde se efectuó el análisis de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, metales pesados y aniones.

En lo que corresponde a análisis microbiológicos en temporada húmeda, los resultados totales de coliformes totales (NMP) de las muestras de Pato río (P-R) y quebrada (P-Q), 33000 NMP/100 mL y 33000 NMP/100 mL respectivamente, superaron el ECA tanto para riego restringido y no restringido de vegetales, como para bebida de animales. Respecto a los

parámetros fisicoquímicos, en las muestras de río (P-R) y quebrada (P-Q) superaron el ECA en el ensayo de DQO (360.5 mgO₂/L y 463.4 mgO₂/L) respectivamente. Por otro lado, los aniones se mantuvieron por debajo del ECA, así como los pesticidas organoclorados, organofosforados, sin embargo, en metales totales de cadmio y manganeso en Pato río (P-R) se obtuvieron valores de 3.662 mg/L y 0.3122 mg/L y en pato elutriados (P-E) en el parámetro de cadmio>hierro>litio>manganeso se dio como resultados 24.0576 mg/L >6.56 mg/L > 6.56031 mg/L > 15.9154 mg/L.

En lo que corresponde a temporada seca, los resultados de coliformes totales (NMP) en las muestras de río (P-R) y quebrada (P-Q), 13000 NMP/100 mL y 1300 NMP/100 mL, superaron el ECA tanto para riego restringido y no restringido de vegetales, como para bebida de animales; los aniones se mantuvieron por debajo del ECA, así como los pesticidas organoclorados, organofosforados y metales totales.

Tabla 14.

Comparación entre los parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y metales pesados del río y quebrada Socabaya con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) categoría 3 riego de vegetales y bebida de animales en las temporadas húmeda y seca.

Ensayos	Unidad	Zonas y muestras de monitoreo						ECA categoría 3		
		Temporada húmeda			Temporada seca			Riego de vegetales		Bebida de animales
		S-R	S-Q	S-E	S-R	S-Q	S-E	Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	
Resultados										
Microbiológicos y Parasitológico										
Coliformes totales (NMP)	NMP/100mL	22000	7000	7900	350	4.5	70	1000	2000	1000
Fisicoquímicos										
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	8.1	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		15	
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	29.2	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M		40	
Detergentes	mg	-	-	-	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	0.2		0.5

MBAS/L									
Aniones									
Cloruro	mg/L	-	-	-	39.6	536.9	74.5	500	**
Fluoruro	mg/L	-	-	-	0.18	0.45	0.37	1	**
Nitrito	mg/L	0.09	0.96	1.05	0.08	0.29	0.89	10	
Nitrito+Nitrato	mg/L	-	-	-	4.02	31.67	21.86	100	
Sulfato	mg/L	-	-	-	53.8	591.4	134.2	1000	
Metales Totales									
Aluminio	mg/L	6.73	<L.D.M	0.649	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	5	
Arsénico	mg/L	0.0224	0.0322	0.0427	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	0.1	0.2
Bario	mg/L	0.0567	0.0407	0.0839	0.0161	0.0653	0.0570	0.7	**
Cadmio	mg/L	0.0002	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	0.01	0.05
Cobre	mg/L	0.1057	0.017	0.0037	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	0.2	0.5
Cromo	mg/L	<L.D.M	<L.D.M	0.0031	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	0.1	1
Hierro	mg/L	0.089	0.012	0.475	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	5	**
Litio	mg/L	0.08115	0.15573	0.0951	<L.D.M	0.0017	<L.D.M	2.5	
Magnesio	mg/L	24.131	55.6169	25.3705	10.2277	83.3306	25.6578	**	250
Manganeso	mg/L	<L.D.M	<L.D.M	0.38641	<L.D.M	<L.D.M	0.30788	0.2	
Níquel	mg/L	0.0034	0.0048	0.0073	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	0.2	1
Plomo	mg/L	<L.D.M	<L.D.M	0.0452	<L.D.M	<L.D.M	<L.D.M	0.05	
Zinc	mg/L	0.0477	<L.D.M	0.0358	0.0832	<L.D.M	0.0228	2	24
Metaloides									
Boro	mg/L	0.269	3.6965	0.8103	0.3953	6.715	0.6016	1	5

Fuente: Elaboración propia, junto con los ECA de categoría 3 del D.S. 004-2017-MINAM.

(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.

El símbolo (-) dentro de la tabla significa que el parámetro no se consideró para el análisis en el laboratorio.

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

<L.D.M. significa que el valor resultante es menor al Límite de detección del método.

Los resultados de laboratorio de las muestras de agua recolectadas de los puntos de río, quebrada y elutriado de río Socabaya de las dos temporadas se pueden observar en la Tabla 14, donde se realizó el análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, metales pesados y aniones.

Sobre los análisis microbiológicos en temporada húmeda, los resultados de coliformes totales (NMP) de las muestras de Socabaya río (S-R), quebrada (S-Q) y elutriado (S-E), 22000 NMP/100 mL, 7000 NMP/100 mL y 7900 NMP/100 mL respectivamente, superaron el ECA tanto para riego restringido y no restringido de vegetales, como para bebida de animales. Por otro lado, los aniones se mantuvieron por debajo del ECA, así como los pesticidas organoclorados, organofosforados. Sin embargo, se obtuvo un valor alto de aluminio (6.73 mg/L) en el punto de Socabaya río (S-R) y en el elutriado (S-E) se consiguió un valor de 0.38641 mg/L en manganeso.

Estos valores superaron el ECA tanto para riego restringido y no restringido de

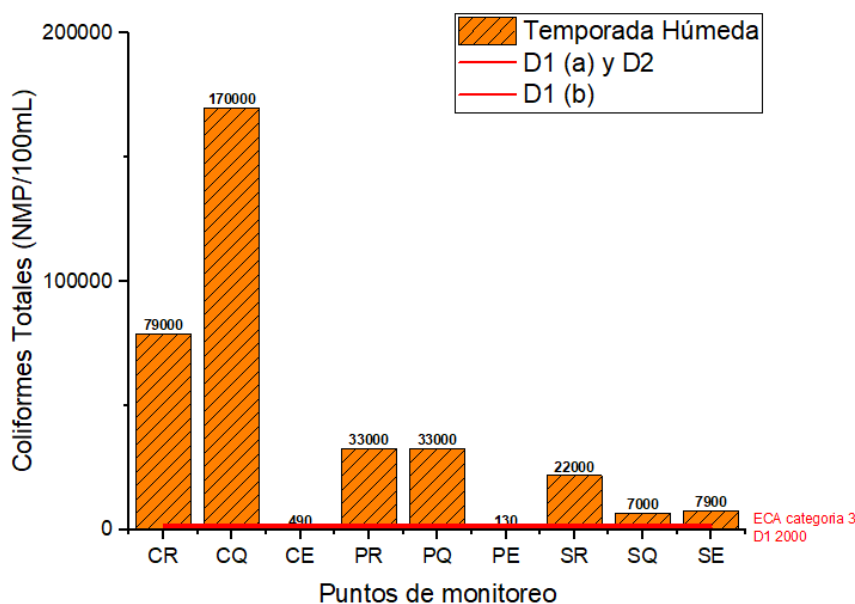
vegetales, así como para agua destinada al consumo de animales. En el punto de Socabaya quebrada (S-Q) sobrepasaron el ECA en boro solo para riego restringido y no restringido de vegetales (3.6965 mg/L)

En el caso de temporada seca, el punto de Socabaya quebrada (S-Q) presentó un valor elevado en boro (6.715 mg/L) mientras que en el punto de Socabaya elutriado (S-E) se observó un valor alto en manganeso (0.30788 mg/L). Ambos valores superaron el ECA tanto para riego restringido y no restringido de vegetales, así como para agua destinada al consumo de animales

En la Figura 13 se muestran los análisis microbiológicos efectuados en la temporada húmeda, registrando los siguientes valores de coliformes totales (NMP) de los puntos de muestreo: 79000 NMP/100 ml en Chullo río, 170000 NMP/100 ml en Chullo quebrada, 33000 NMP/100 ml en Pato río, 33000 NMP/100 ml en Pato quebrada, 22000 NMP/100 ml en Socabaya río, 7000 NMP/100 ml en Socabaya quebrada y 7900 NMP/100 ml Socabaya elutriados. Estos resultados superaron el ECA tanto para riego restringido y no restringido de vegetales, así como para agua destinada al consumo de animales (Figura 13).

Figura 13.

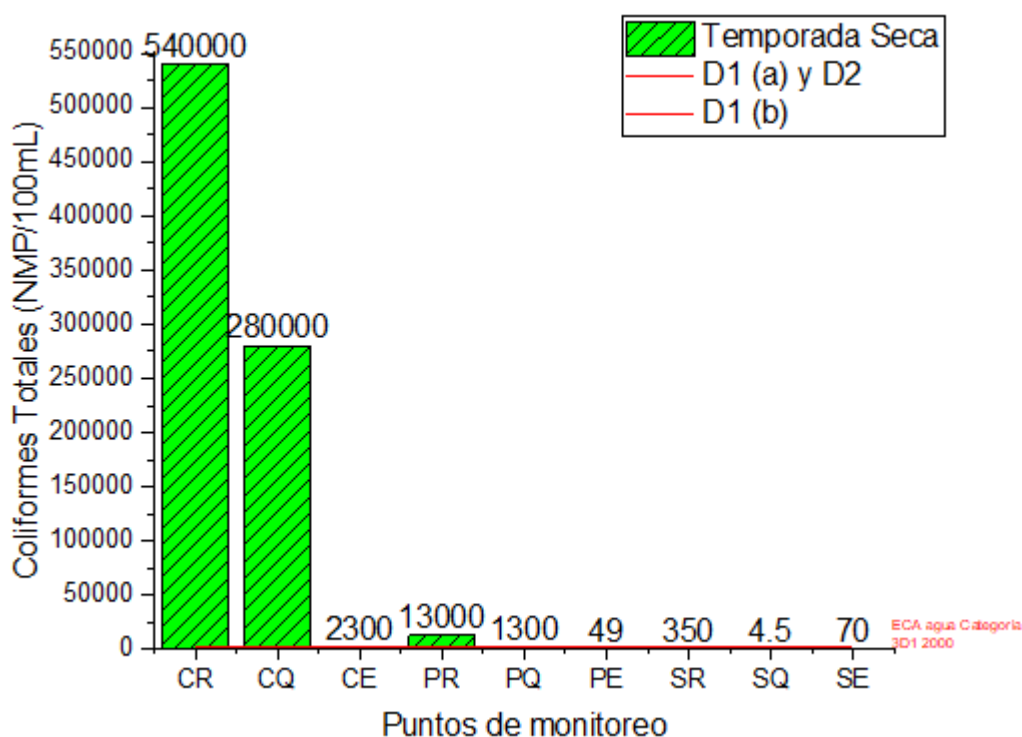
Coliformes Totales en los puntos de monitoreo (Temporada húmeda)



Los análisis de coliformes totales (NMP) en la temporada seca revelaron que los puntos de monitoreo que superaron el ECA fueron los siguientes: Chullo río 540000 NMP/100 ml, Chullo quebrada 280000 NMP/100 mL, Chullo elutriados 2300 NMP/100 ml superaron el ECA tanto para riego restringido y no restringido de vegetales, como para bebida de animales. En el punto de muestreo de Pato río, con un valor de 130000 NMP/100 ml, superaron únicamente para riego restringido y no restringido de vegetales (Figura 14).

Figura 14.

Coliformes Totales en los puntos de monitoreo (Temporada Seca)

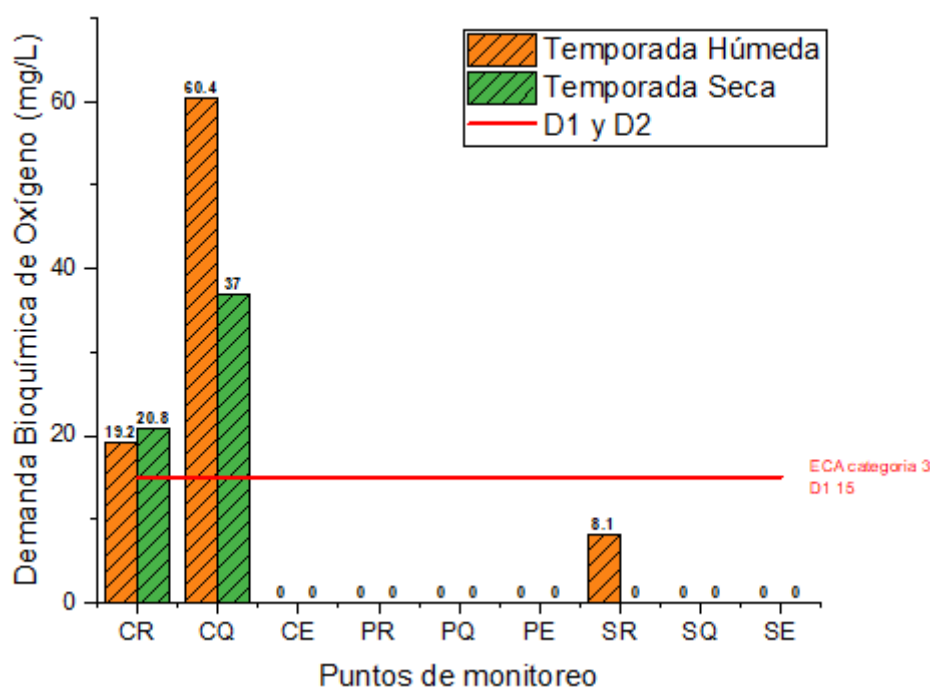


En el parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en ambas temporadas, los puntos de Chullo río (C-R) y Chullo Quebrada (C-Q), obtuvieron valores que sobrepasan los valores del ECA para agua categoría 3 D1 y D2 (Figura 15). El incremento de DBO en cuerpos de agua, provoca la disminución del contenido de

oxígeno disuelto, creando condiciones de anoxia que pueden dañar a las comunidades biológicas en ecosistemas acuáticos (Lino, 2021).

Figura 15.

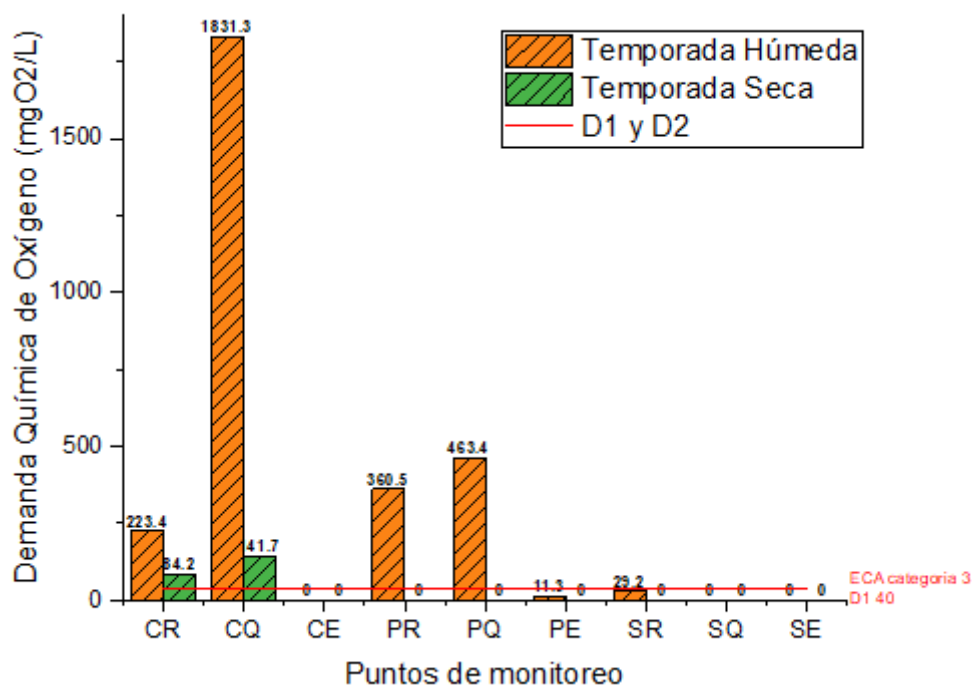
Demanda Bioquímica de Oxígeno en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda y Seca)



En temporada húmeda, los puntos de monitoreo de Chullo río (C-R), Chullo quebrada (C-Q), Pato río (P-R) y Pato quebrada (P-Q), registraron valores altos de Demanda Química de Oxígeno (DQO) superando los límites establecidos por el ECA para agua categoría 3 D1 y D2. El valor más alto se observó en la muestra Chullo quebrada (C-Q) con 1831.3 mgO₂/L. En contraste, durante la temporada seca solo se registró valores altos en la zona de Chullo en los puntos de río y quebrada (Figura 16). La alta concentración de DQO, puede señalar la existencia de contaminantes químicos que afectan negativamente ecosistemas acuáticos (Sucapuca, 2022)

Figura 16.

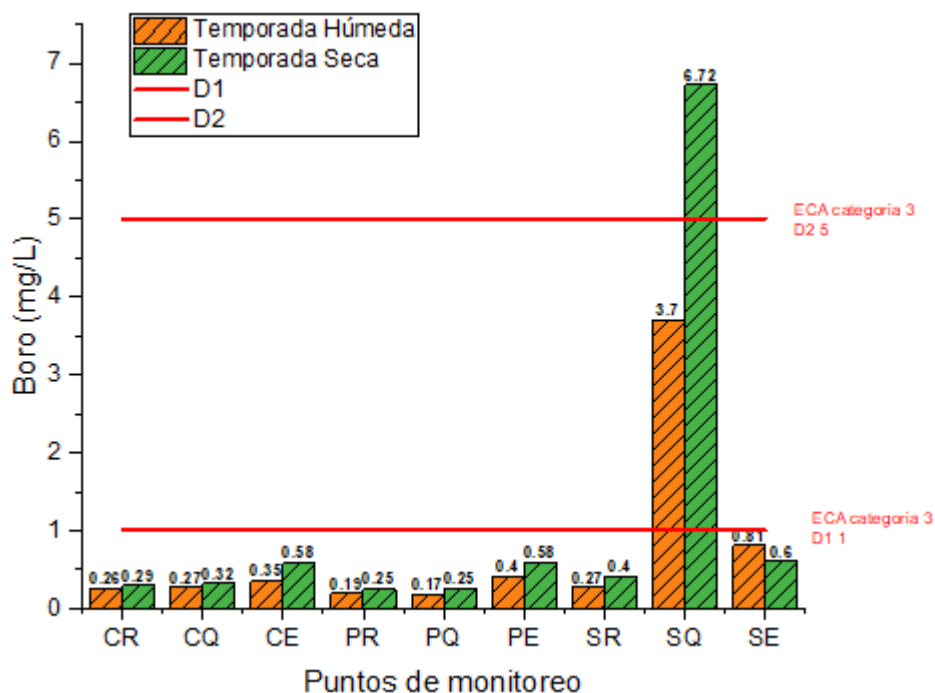
Demanda Química de Oxígeno en los puntos de monitoreo (Temporada húmeda y seca)



El Boro es usado en diferentes industrias, destacando su aplicación en detergentes, cosméticos y pesticidas. Aunque concentraciones bajas de este metaloide suele ser beneficioso para la mayoría de las plantas, en el ámbito agrícola. los valores elevados de boro pueden resultar tóxicos para cultivos sensibles, limitando su uso para consumo humano o doméstico (Muñoz & De la Fuente, 2010). La presencia de este elemento fue identificado en ambas temporadas para el punto de Socabaya quebrada (S-Q; Figura 17)

Figura 17.

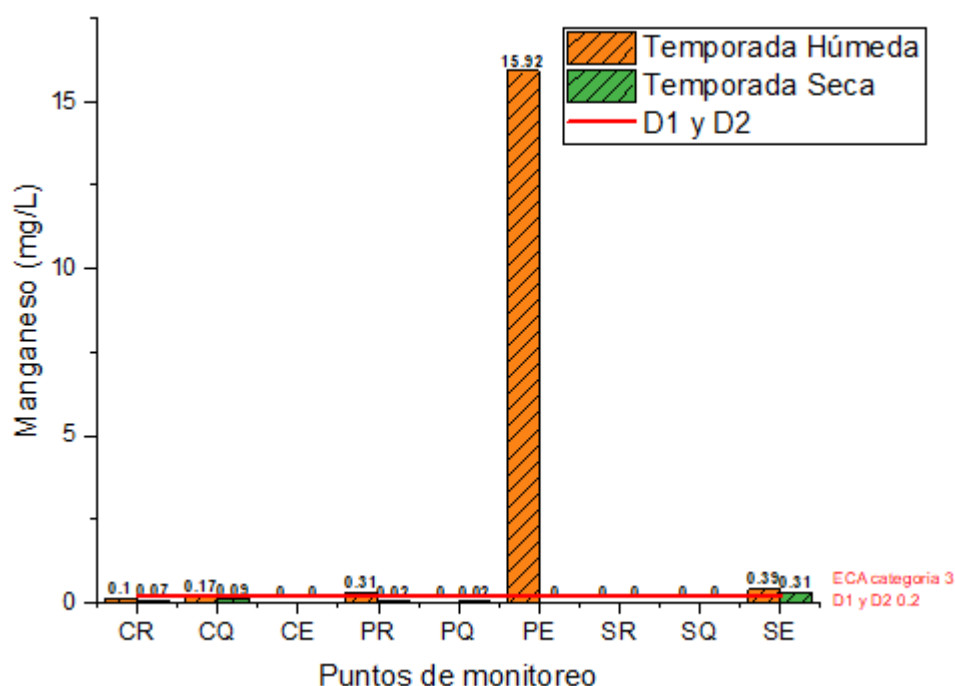
Boro en los puntos de monitoreo (Temporada húmeda y seca)



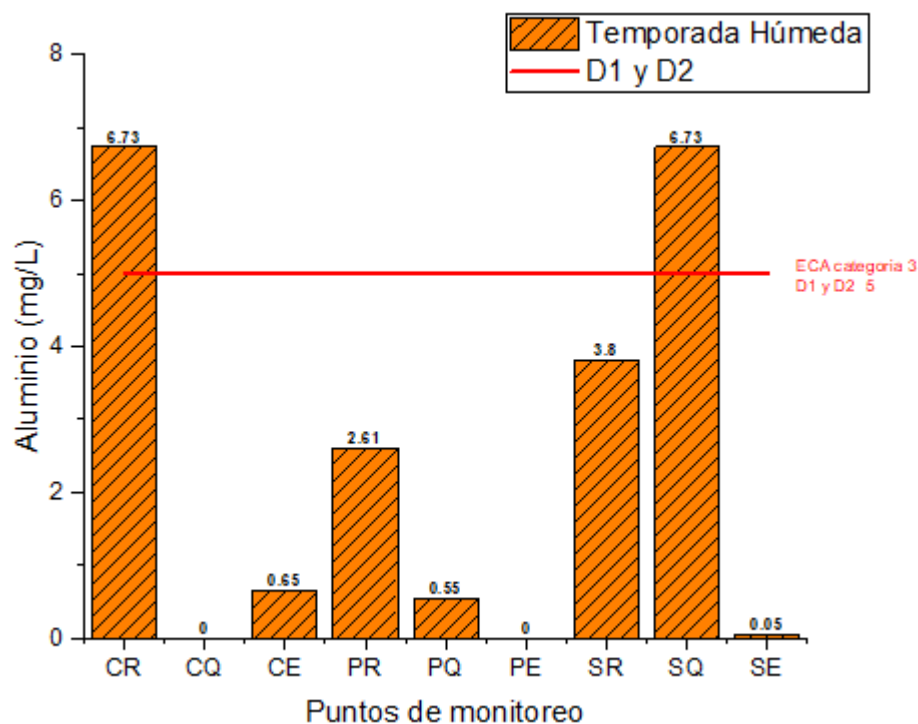
El manganeso es un elemento esencial, sin embargo altos niveles puede contribuir a la turbiedad y afectar el sabor del agua (Swistock & Sharpe, 2023), Se registraron valores elevados de manganeso en los puntos Pato río (P-R), Pato elutriados (P-E) y Socabaya elutriado (S-E) en la temporada húmeda, mientras que en la temporada seca solo se observaron niveles altos en Socabaya elutriado (S-E). Estos valores superaron el ECA categoría 3, tanto para riego restringido y no restringido de vegetales, así como para agua destinada al consumo de animales (Figura 18)

Figura 18.

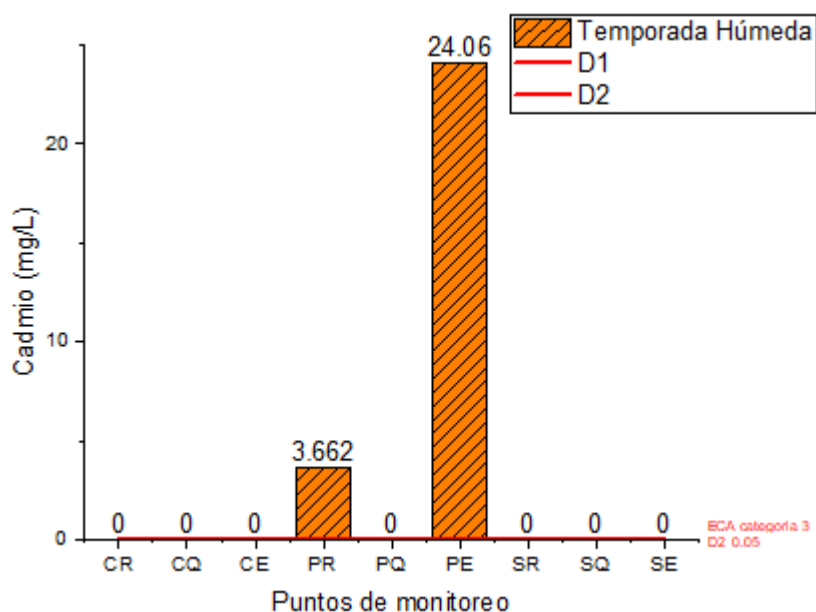
Manganeso en los puntos de monitoreo (Temporada húmeda y seca)



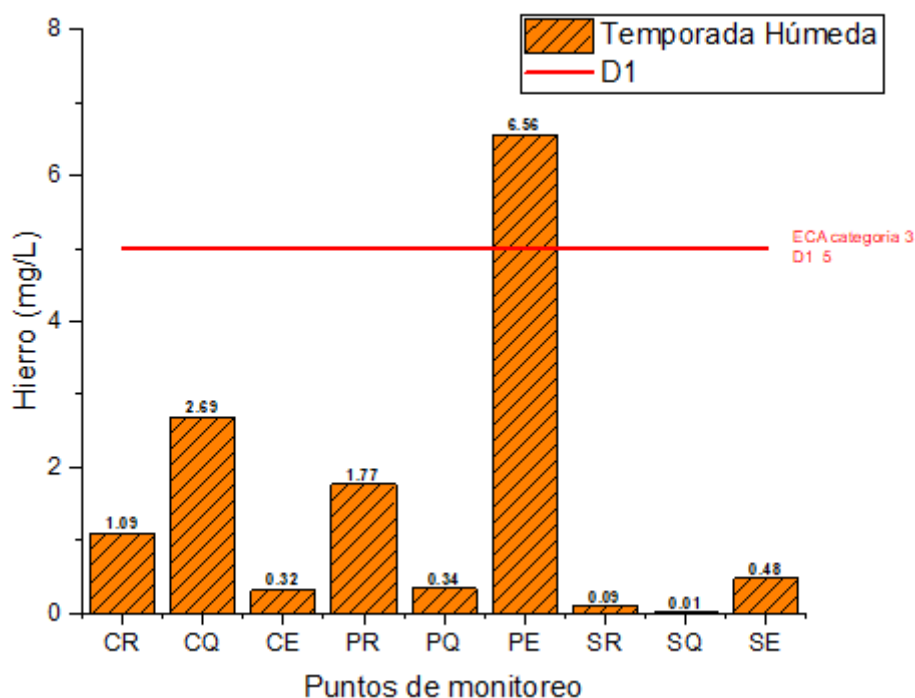
En lo que respecta al aluminio, los puntos de monitoreo que sobrepasan el ECA son Chullo quebrada (C-R) y Socabaya río (S-R), ambos con un valor de 6.73 mg/L en temporada húmeda (Figura 19). La presencia de aluminio en esta época puede deberse al incremento del caudal, lo cual genera el transporte de sedimentos y erosión de las rocas, según la evaluación realizada por OEFA, (2013). Aunque el aluminio se encuentra naturalmente en el medio ambiente, no es un elemento esencial para los organismos vivos. Sin embargo, las actividades humanas aumentan su biodisponibilidad generando impactos en los ecosistemas. A pesar de la baja solubilidad del aluminio, la acidificación del suelo, causada por la lluvia ácida, favorece al traslado del aluminio desde los sedimentos hacia los cuerpos de agua. Se ha concluido que la presencia de este metal puede contribuir en la disminución de poblaciones de peces y anfibios debido a sus efectos tóxicos en estos organismos. (Hidalgo, 2014)

Figura 19.**Aluminio en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda)**

El Cadmio (Cd) “es un metal utilizado en la industria para la fabricación de baterías, agentes anticorrosivos y pigmentos” (Guerrero et al., 2020). Una vez liberado al ambiente, el cadmio suele acumularse en los suelos, donde se vuelve accesible para las plantas, ingresando de esta manera a la cadena alimenticia. El ingreso de este metal a los cuerpos de agua se debe al vertimiento de aguas residuales, el cual se deposita en los sedimentos y puede causar una reducción en el crecimiento y reproducción de las poblaciones de peces, e incluso hay la probabilidad de extinción de algunas especies (Mero et al., 2019). Según los análisis de monitoreo realizados en ambas temporadas, solo hubo valores elevados en temporada húmeda. Los puntos de Pato Río (P-R) y Pato elutriados (P-E) superaron los valores establecidos en el ECA para la categoría 3, tanto para riego restringido y no restringido de vegetales, así como para agua destinada al consumo de animales (Figura 20).

Figura 20.**Cadmio en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda)**

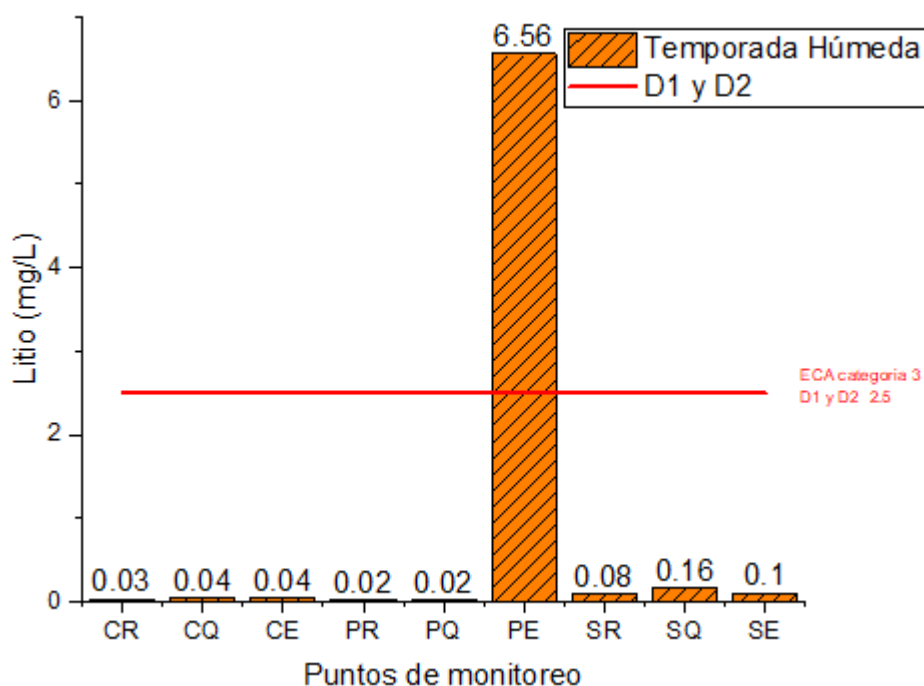
El hierro es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre, y uno de los contaminantes más comunes en cuerpos de agua, donde se considera un contaminante secundario que causa turbidez (Swistock & Sharpe, 2023). “*La formación de algunos óxidos de hierro ocurre a través de reacciones pasivas en las que las condiciones químicas in situ favorecen la precipitación de los minerales sobre superficies*” (Guzmán, 2014). En estudio efectuado en los puntos de monitoreo en ambas temporadas, se registraron valores elevados únicamente en temporada húmeda. Sin embargo, solo un punto de monitoreo presentó valores que superaron el ECA de categoría 3, tanto para riego restringido y no restringido de vegetales, así como para agua destinada al consumo de animales (Figura 21).

Figura 21.**Hierro en los puntos de monitoreo (Temporada Húmeda)**

En el análisis de los resultados de Litio, se observó que el punto Pato elutriado (P-E) presentó valores elevados que superaron el ECA de categoría 3, tanto para riego restringido y no restringido de vegetales, así como para agua destinada al consumo de animales (Figura 22). El litio no es considerado como un metal muy soluble en el agua; sin embargo, tiene reacciones fuertes con ella, formando hidróxido de litio e hidrógeno altamente inflamable. Las plantas absorben litio con facilidad, por lo que pueden ser un indicador de las concentraciones de litio en el suelo. Aunque el litio no es un nutriente esencial para las plantas, puede estimular su crecimiento en pequeñas cantidades; sin embargo, en concentraciones elevadas puede resultar tóxico (Lenntech B.V., 2020).

Figura 22.

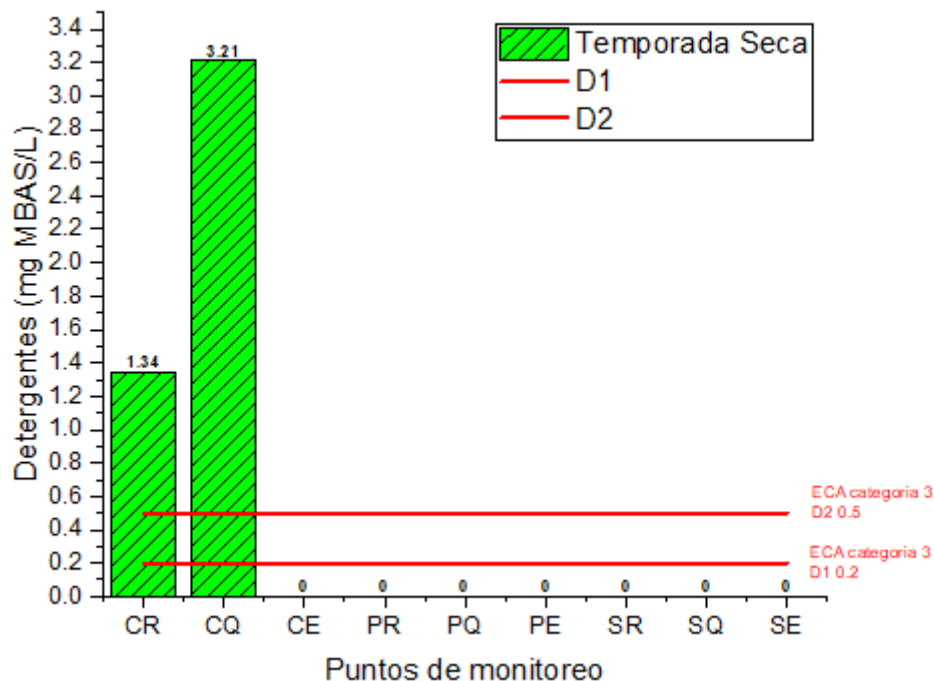
Litio en puntos de monitoreo (Temporada húmeda)



En temporada seca, los valores de detergentes superaron el ECA de categoría 3, tanto para riego restringido y no restringido de vegetales, así como para agua destinada al consumo de animales, en los puntos Chullo río (C-R) con 1.343 mg MBAS/L y Chullo quebrada (C-Q) con 3.212 mg MBAS/L (Figura 23). Solo se realizó este análisis en el segundo monitoreo debido a la presencia en la primera salida de una empresa dedicada al lavado de vegetales que vertía el agua utilizada en sus procesos a una canaleta que estaba dirigida al río a pocos metros del punto de monitoreo. En los otros puntos no hubo presencia de estos efluentes.

Figura 23.

Detergentes en puntos de monitoreo (Temporada Seca)



Se observó que durante la temporada húmeda presentó el mayor número de parámetros que exceden el ECA, siendo los puntos de Pato Peral los que registró el mayor número de excedencias. En esta temporada también se detectó una mayor presencia de metales pesados (Cadmio, Hierro, Manganeseo y Litio) en los puntos de monitoreo.

De las 3 zonas evaluadas, Chullo presentó valores altos para el parámetro de coliformes totales (NMP) tanto en la temporada húmeda como seca, logrando el valor más alto en temporada seca (540000 NMP). Sin embargo, en la temporada húmeda, de las seis muestras de agua superficial y tres de elutriados, siete puntos tuvieron valores que sobrepasaron el ECA, a excepción de dos que fueron los puntos de Chullo elutriados (C-E) y Pato elutriados (P-E).

A raíz de estos resultados, se ve una mayor presencia de coliformes totales en la temporada húmeda, el cuál puede ser asociado a la presencia de precipitación que ocasiona el movimiento grandes cantidades de agua y arrastre de contaminantes hacia las quebradas y ríos. La presencia de estos valores elevados indica la presencia de contaminación fecal (Robles, 2021).

En relación con el parámetro de metales en la zona de Socabaya durante la temporada húmeda se ha identificado la existencia de manganeso con niveles que superan el ECA en los elutriados (S-E) y en Pato Peral, tanto en el río (P-R) y elutriado (P-E). Asimismo, en la temporada seca se observó valores elevados de manganeso en los elutriados de la zona de Socabaya (S-E).

4.2.2. Determinación de la concentración efectiva media (CE₅₀) en *Poecilia reticulata* y la concentración letal media (CL₅₀) en *Daphnia magna*

Los bioensayos ecotoxicológicos son pruebas donde se somete organismos o un grupo de organismos como material de prueba seleccionados, bajo condiciones definidas para la determinación del impacto de sustancias fisiológicas (Tejada, 2022). “Los efectos de los contaminantes pueden ser observados en los diferentes niveles por encima del organismo como población, comunidad y ecosistemas.” (Delgado, 2022) Los bioensayos ecotoxicológicos realizados con *Poecilia reticulata* tuvieron un tiempo de exposición de 96 horas y para *Daphnia magna* 48 horas con el fin de determinar la mortalidad de ambas especies, y así determinar la concentración letal media (CL₅₀) respectivas en las 9 muestras estudiadas en ambas temporadas.

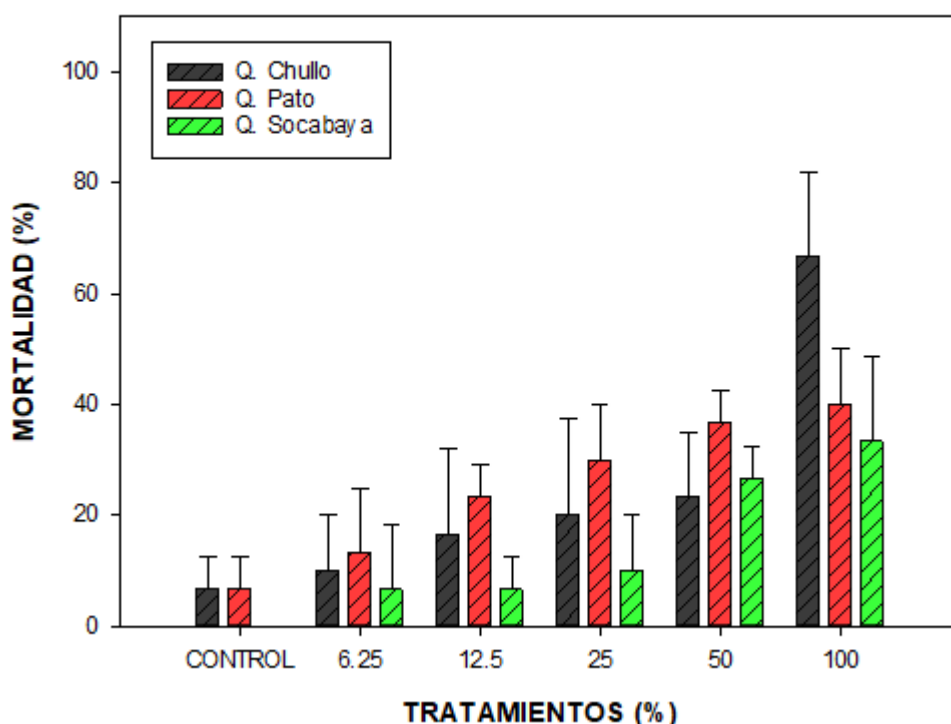
a. Bioensayo ecotoxicológico con *Daphnia magna* en temporada seca

En la Figura 24 se observa la mortalidad a las 48 horas de exposición de *D. magna* a distintas concentraciones de muestras de agua provenientes de la confluencia de las tres zonas Chullo, Pato y Socabaya (C-R, P-R y S-R) con el río Chili y un control (solo

agua declorinada) durante la época seca, se puede destacar que los tratamientos de mayor concentración (100%) en los tres puntos de monitoreo mostraron mayor letalidad resaltando el efecto de la muestra de agua proveniente del punto Chullo río (C-R) registrando un 66.67 ± 15.28 % de mortalidad de neonatos de pulgas de agua. Por otro lado, se puede mencionar que el aumento de la mortalidad fue directamente proporcional al aumento de las concentraciones de los tratamientos.

Figura 24.

Efecto de diferentes concentraciones del agua de tres quebradas y la confluencia con el río Chili, sobre el porcentaje de mortalidad de *Daphnia magna* a las 48 h de exposición.

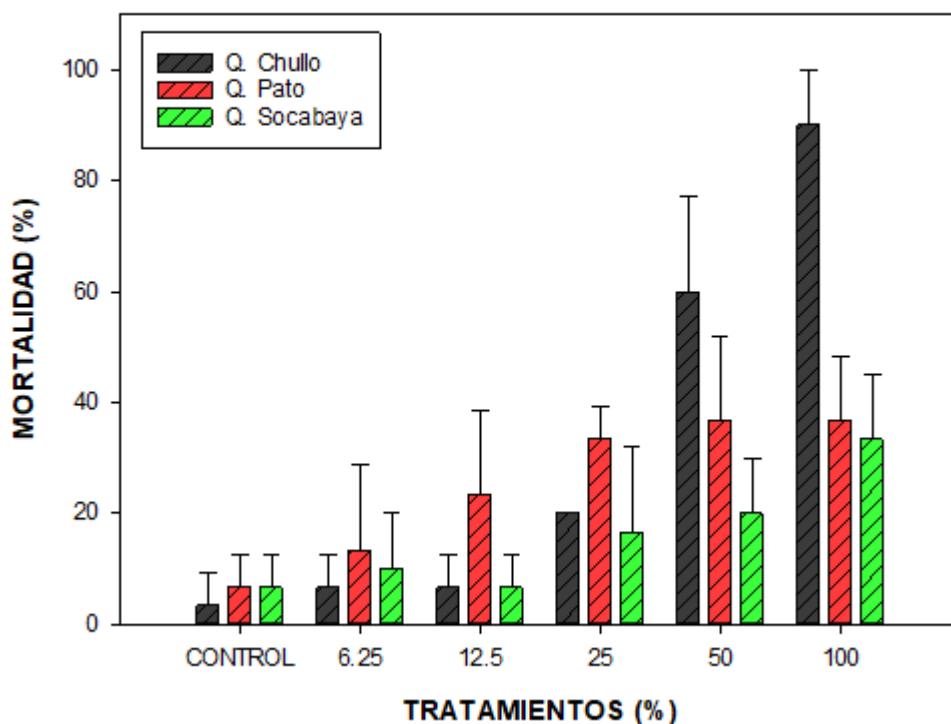


La mortalidad a las 48 horas de exposición de *D. magna* (Figura 25) frente a diferentes concentraciones de las muestras de agua superficial recolectadas provenientes de las tres quebradas: Chullo, Pato, Socabaya (C-Q, P-Q, y S-Q) y un control, durante la

época seca, determinan que el mayor tratamiento (100%) en todas los puntos de muestreo de las quebradas presentaron el mayor efecto de mortalidad sobre los organismos, se destaca que el efecto letal proveniente de la quebrada de Chullo (C-Q) fue mayor con 90.00 ± 10.00 % de mortalidad en comparación con las otras locaciones.

Figura 25.

Efecto de diferentes concentraciones del agua superficial de las tres quebradas sobre el porcentaje de mortalidad de *Daphnia magna* a las 48 h de exposición.

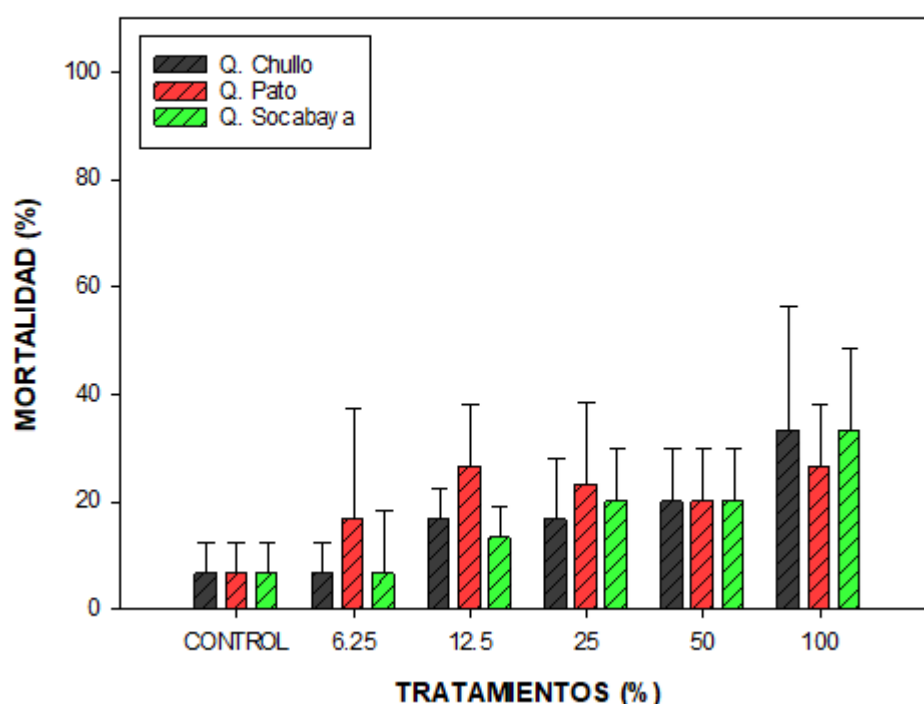


La Figura 26 muestra la mortalidad a las 48 horas de exposición de *D. magna* frente a diferentes concentraciones del elutriado de sedimentos de la confluencia con el río Chili de las tres quebradas: Chullo (C-E), Pato (P-E) y Socabaya (S-E) y un control, durante la época seca, podemos determinar que los tratamientos de mayor porcentaje (100%) en las tres quebradas provocaron mortalidad con valores menores al 50%,

destacando levemente el elutriado de la quebradas de Chullo (C-E) y Socabaya (S-E) con valores similares de mortalidad en pulgas de agua.

Figura 26.

Efecto de diferentes concentraciones del elutriado de sedimento de la confluencia de las tres quebradas y el río Chili, sobre el porcentaje de mortalidad de *Daphnia magna* a las 48 h de exposición.



Los valores determinados estadísticamente del efecto letal sobre *D. magna* en las tres quebradas evaluadas se observan en la Tabla 15, donde se registran varianzas estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre las cinco concentraciones (6.25, 12.5, 25, 50 y 100%) y un control de las quebradas (Sig. 1) y entre las muestras (confluencia con el río Chili, agua superficial de la quebrada y elutriado de sedimentos) de las tres quebradas (Sig. 2) en temporada seca. Se observa que el agua superficial de Chullo y Pato en confluencia con el río Chili y el agua superficial de la misma quebrada, expresan los valores más elevados de mortalidad con diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) con respecto a Socabaya, sin embargo, no se observa

diferencias estadísticas significativas ($p>0.05$) del efecto letal del elutriado entre las tres quebradas.

Con respecto a los resultados de los índices ecotóxicos (NOEC, LOEC y CL₅₀) en las tres quebradas, se puede destacar que en las muestras de la confluencia con el río Chili y del agua superficial de la quebrada de Chullo, se tiene el agua más nociva para los neonatos de *D. magna* reportando una CL₅₀ de 89.91 y 38.59 % respectivamente en 48 horas de exposición aguda.

Tabla 15.

Mortalidad evaluada en *Daphnia magna* expuesta a diferentes concentraciones de agua y elutriados de sedimentos de tres quebradas en el río Chili a las 48 h de exposición en época seca.

BIOENSAYO ECOTOXICOLÓGICO (48h)										
<i>Daphnia magna</i>										
TRATAMIENTOS		RIO CHILI			QUEBRADA			ELUTRIADO		
ZONA	%	PROM ± D.E	Sig. 1	Sig. 2	PROM± D.E	Sig. 1	Sig. 2	PROM ± D.E	Sig. 1	Sig. 2
CHULLO	CONTROL	6.67 ± 5.77	a		3.33 ± 5.77	a		6.67 ± 5.77	a	
	6.25	10.00 ± 10.00	a		6.67 ± 5.77	a		6.67 ± 5.77	a	
	12.5	16.67 ± 15.28	a	a	6.67 ± 5.77	a	a	16.67 ± 5.77	a	a
	25	20.00 ± 17.32	a		20.00 ± 0.00	a		16.67 ± 11.55	a	
	50	23.33 ± 11.55	a		60.00 ± 17.32	b		20.00 ± 10.00	a	
	100	66.67 ± 15.28	b		90.00 ± 10.00	c		33.33 ± 23.09	a	
PATO	CONTROL	6.67 ± 5.77	a		6.67 ± 5.77	a		6.67 ± 5.77	a	
	6.25	13.33 ± 11.55	ab		13.33 ± 15.28	a		16.67 ± 20.82	a	
	12.5	23.33 ± 5.77	abc	a	23.33 ± 15.28	a	a	26.67 ± 11.55	a	a
	25	30.00 ± 10.00	bc		33.33 ± 5.77	a		23.33 ± 15.28	a	
	50	36.67 ± 5.77	c		36.67 ± 15.28	a		20.00 ± 10.00	a	
	100	40.00 ± 10.00	c		36.67 ± 11.55	a		26.67 ± 11.55	a	
SOCABAYA	CONTROL	00.00 ± 00.00	a		6.67 ± 5.77	a		6.67 ± 5.77	a	
	6.25	6.67 ± 11.55	ab		10.00 ± 10.00	a		6.67 ± 11.77	a	
	12.5	6.67 ± 5.77	ab	b	6.67 ± 5.77	a	b	13.33 ± 5.77	a	a
	25	10.00 ± 10.00	abc		16.67 ± 15.28	a		20.00 ± 20.10	a	
	50	26.67 ± 5.77	bc		20.00 ± 10.00	a		20.00 ± 20.10	a	
	100	33.33 ± 15.28	c		33.33 ± 11.55	a		33.33 ± 15.28	a	
NOEC-C		50		25		<100				
LOEC-C		100		50		100				
NOEC-P		<6.25		<100		<100				
LOEC-P		6.25		100		100				
NOEC-S		<6.25		<100		<100				
LOEC-S		6.25		100		100				
CL ₅₀ -C		89.91		38.59		ND				
CL ₅₀ -P		ND		ND		ND				
CL ₅₀ -S		ND		ND		ND				
S-W		0.89		0.84		0.89				
p		0.00		0.00		0.00				
F										
p										
K-W		37.97		40.43		26.17				
p		0.00		0.00		0.07				

Sig.: significancia estadística; h=horas; DE: desviación estándar. Las letras que figuran en minúscula para cada columna

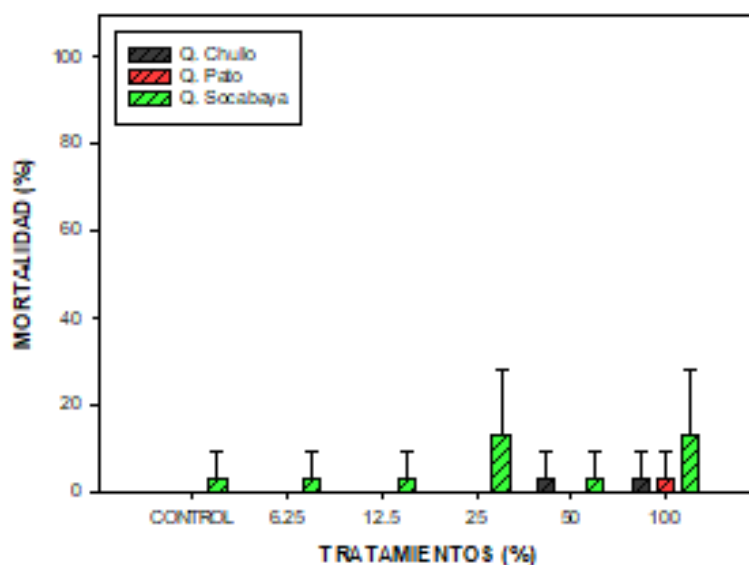
representan la variación en la significancia entre las variables de los tratamientos (prueba de Tukey $p < 0,05$). NOEC: concentración en la que no se observa efecto; LOEC: concentración más baja en la que se observa efecto; $C(E)L_{50}$: concentración efectiva/letal media; ND: valor no determinado. Los valores de las variables analizadas corresponden al promedio de las cuatro réplicas. SW: prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad. F: estadístico de Fisher del Anova; K-W prueba de Kruskal – Wallis. .C: Q. Chullo. P: Q. Pato. S: Q. Socabaya.

b. Bioensayo ecotoxicológico con *Poecilia reticulata* en Temporada Seca

En la Figura 27 se observa la mortalidad a las 96 horas de exposición de *P. reticulata* a diferentes concentraciones de muestras de agua provenientes de la confluencia del río Chili con las tres quebradas evaluadas y un control, durante la época seca, podemos destacar que los tratamientos de mayor porcentaje (100%) del sector presentaron mortalidad en menos del 10% de los organismos, además se puede destacar el efecto de la muestra de agua proveniente de la quebrada de Socabaya (S-Q) que fue la única en presentar mortalidad de peces con un 13.33 ± 15.27 % en el tratamiento mayor, en comparación con las demás quebradas. Por otro lado, se observa que la mortalidad estuvo ausente en los tratamientos iniciales de agua provenientes de las quebradas de Chullo (C-R) y Pato (P-R) y la confluencia respectiva con el río Chili.

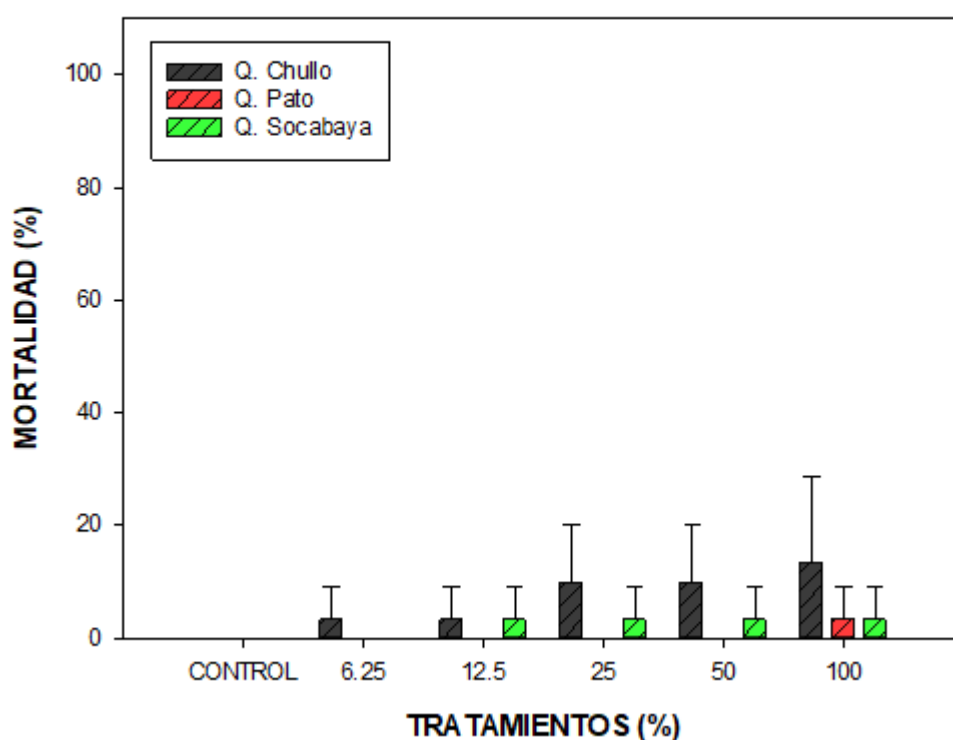
Figura 27.

Efecto de diferentes concentraciones de agua de tres quebradas y la confluencia con el río Chili sobre el porcentaje de mortalidad de *Poecilia reticulata* a las 96 h de exposición.



La Figura 28 presenta los datos de mortalidad a las 96 horas de exposición de *P. reticulata* frente a distintas concentraciones provenientes del agua superficial de las tres quebradas evaluadas y un control durante la época seca, podemos destacar que los tratamientos de mayor porcentaje presentaron mayor letalidad en las tres quebradas, tal como se observa en Chullo (C-Q) alcanzando un 13.33 ± 15.27 % de mortalidad de peces.

Figura 28. Efecto de diferentes concentraciones de agua superficial de las tres quebradas sobre el porcentaje de mortalidad de *Poecilia reticulata* a las 96 h de exposición.

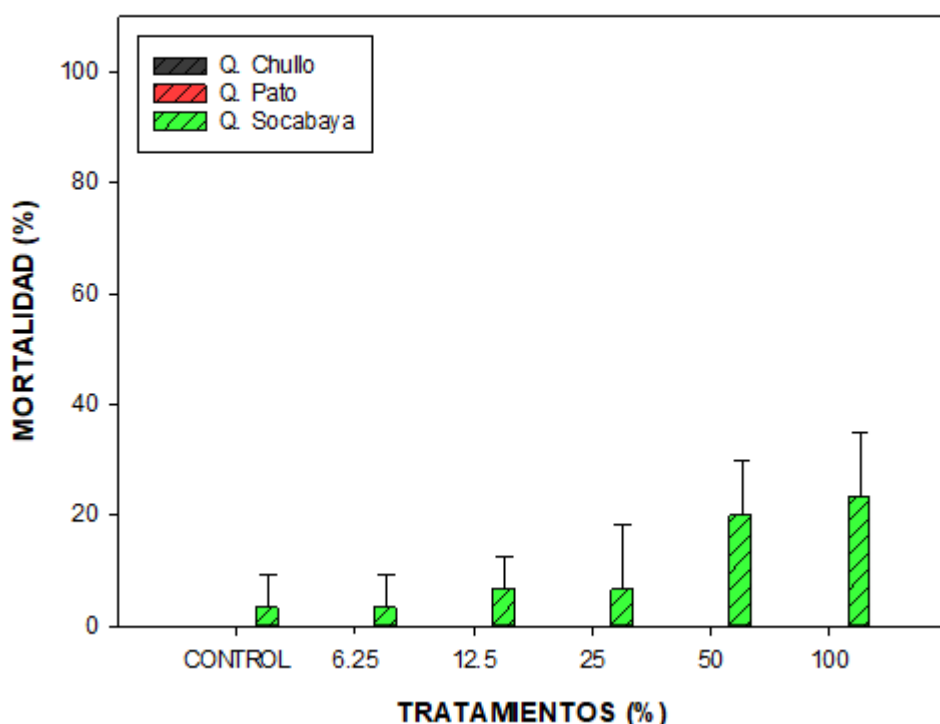


En la Figura 29 se observa la mortalidad a las 96 horas de exposición de *P. reticulata* frente a distintas concentraciones de muestras del elutriado de sedimento de la confluencia de las tres quebradas con el río Chili y un control durante la época seca, se observa que solo las muestras de elutriado provenientes de la quebrada de Socabaya

(S-E) registraron valores de mortalidad del 23.33 ± 11.55 % con el tratamiento mayor, sin embargo, en las demás quebradas no se registró mortalidad.

Figura 29.

Efecto de diferentes concentraciones de elutriado de sedimentos de la confluencia de las tres quebradas con el río Chili, sobre el porcentaje de mortalidad de *Poecilia reticulata* a las 96 h de exposición.



La Tabla 16 muestra los valores determinados estadísticamente del efecto letal de las muestras de agua recolectadas de las tres zonas muestreadas sobre *P. reticulata*, se puede destacar la quebrada de Socabaya, donde se observa que los valores de mortalidad de peces (23.33 ± 11.55 %) provocados por efecto del elutriado de sedimento, tienen diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) con respecto al agua superficial de la quebrada y las muestras de la confluencia con el río Chili.

Los resultados de los índices ecotóxicos indican poca hasta nula nocividad de las

muestras de agua en las tres quebradas, además destacar que ningún tratamiento superó el 50% de mortalidad, por lo tanto, no se calculó la CL_{50} para las tres quebradas en estudio.

Tabla 16.

Mortalidad evaluada en *Poecilia reticulata* expuesta a diferentes concentraciones de agua y elutriado de sedimentos de tres quebradas en el río Chili a las 96 h de exposición en época seca.

BIOENSAYO ECOTOXICOLÓGICO (96h)										
<i>Poecilia reticulata</i>										
TRATAMIENTOS		RIO CHILI			QUEBRADA			ELUTRIADO		
ZONA	%	PROM ± D.E	Sig. 1	Sig. 2	PROM ± D.E	Sig. 1	Sig. 2	PROM ± D.E	Sig. 1	Sig. 2
CHULLO	CONTROL	00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a	
	6.25	00.00 ± 00.00	a		3.33 ± 5.77	a		00.00 ± 00.00	a	
	12.5	00.00 ± 00.00	a	a	3.33 ± 5.77	a	a	00.00 ± 00.00	a	a
	25	00.00 ± 00.00	a		10.00 ± 10.00	a		00.00 ± 00.00	a	
	50	3.33 ± 5.77	a		10.00 ± 10.00	a		00.00 ± 00.00	a	
	100	3.33 ± 5.77	a		13.33 ± 15.27	a		00.00 ± 00.00	a	
PATO	CONTROL	00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a	
	6.25	00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a	
	12.5	00.00 ± 00.00	a	a	00.00 ± 00.00	a	a	00.00 ± 00.00	a	a
	25	00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a	
	50	00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a	
	100	3.33 ± 5.77	a		3.33 ± 5.77	a		00.00 ± 00.00	a	
SOCABAYA	CONTROL	3.33 ± 5.77	a		00.00 ± 00.00	a		3.33 ± 5.77	a	
	6.25	3.33 ± 5.77	a		00.00 ± 00.00	a		3.33 ± 5.77	a	
	12.5	3.33 ± 5.77	a	a	3.33 ± 5.77	a	a	6.67 ± 5.77	a	b
	25	13.33 ± 15.27	a		3.33 ± 5.77	a		6.67 ± 11.55	a	
	50	3.33 ± 5.77	a		3.33 ± 5.77	a		20.00 ± 10.00	a	
	100	13.33 ± 15.27	a		3.33 ± 5.77	a		23.33 ± 11.55	a	
NOEC-C		<100			<100			<100		
LOEC-C		100			100			100		
NOEC-P		<100			<100			<100		
LOEC-P		100			100			100		
NOEC-S		<100			<100			<100		
LOEC-S		100			100			100		
CL ₅₀ .C		ND			ND			ND		
CL ₅₀ .P		ND			ND			ND		
CL ₅₀ .S		ND			ND			ND		
S-W		0.47			0.55			0.50		
P		0.00			0.00			0.00		
F										
P										
K-W		17.69			18.47			38.34		
P		0.41			0.36			0.00		

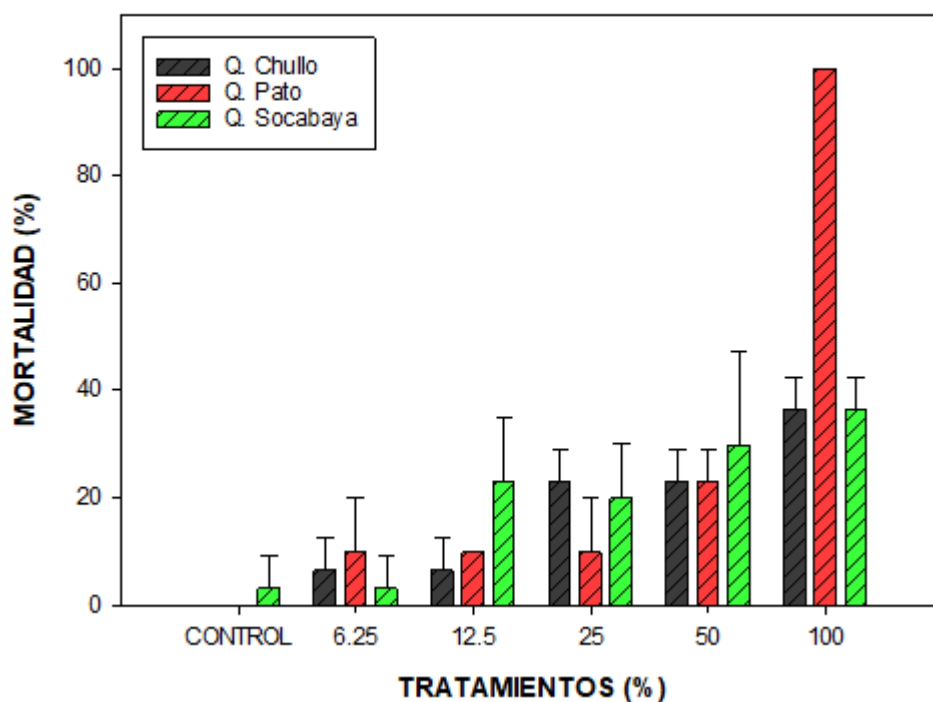
Sig.: significancia estadística; h=horas; DE: desviación estándar. Las letras que figuran en minúscula para cada columna representan la variación en la significancia entre las variables de los tratamientos (prueba de Tukey $p<0,05$). NOEC: concentración en la que no se observa efecto; LOEC: concentración más baja en la que se observa efecto; $C(E)_{L50}$ = concentración efectiva/letal media; ND: valor no determinado. Los valores de las variables analizadas corresponden al promedio de las cuatro réplicas. SW: prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad. F: estadístico de Fisher del Anova; K-W prueba de Kruskal – Wallis. .C: Q. Chullo. P: Q. Pato. S: Q. Socabaya.

c. Bioensayo ecotoxicológico con *Daphnia magna* en Temporada Húmeda

En la Figura 30 se presenta la mortalidad a las 48 horas de exposición de *D. magna* frente a diferentes concentraciones de muestras de agua provenientes de la confluencia con el río Chili de las tres quebradas y un control durante la época húmeda, se aprecia que los tratamientos de mayor porcentaje presentaron mayor letalidad, destacando el efecto de la muestra de agua proveniente de la quebrada Pato (P-R) con 100% de mortalidad, caso contrario se presenta en las muestras de agua de la quebrada Chullo (C-Q) y Socabaya (S-Q) que registraron una mortalidad de 36.67 ± 5.77 y 30.00 ± 10.00 % respectivamente.

Figura 30.

Efecto de diferentes concentraciones del agua de tres quebradas y la confluencia con el río Chili, sobre el porcentaje de mortalidad de *Daphnia magna* a las 48 h de exposición

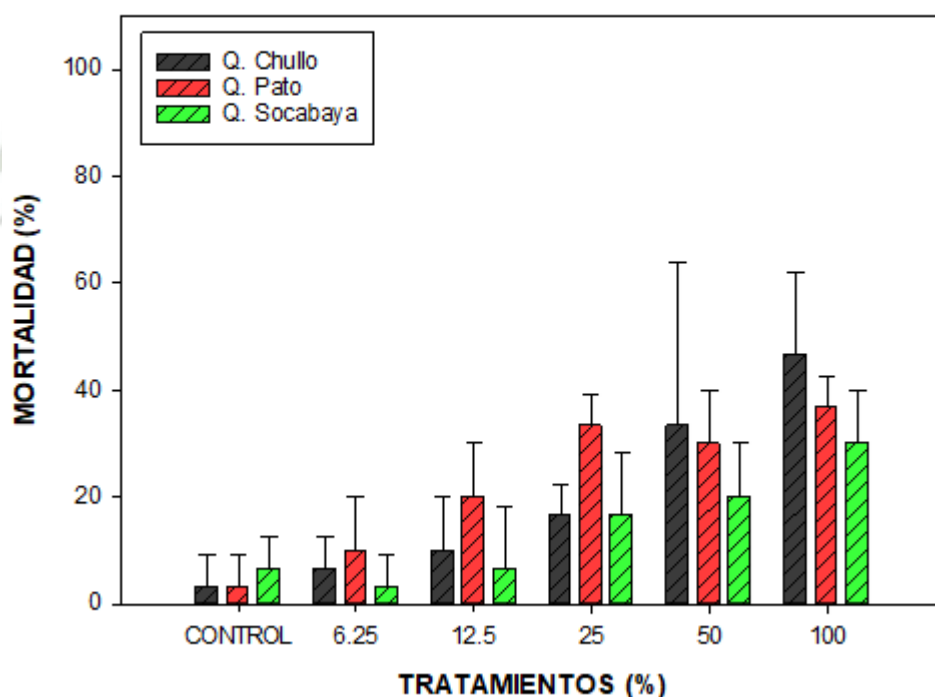


Los resultados de la mortalidad a las 48 horas de exposición en *D. magna* frente a

distintas concentraciones de muestras de agua superficial provenientes de las tres quebradas y un control durante la época húmeda se muestra en la Figura 31, demostrando que los tratamientos de mayor porcentaje de agua (50% y 100%) presentaron elevados efectos (%) de mortalidad. La muestra de agua superficial (100%) de la quebrada Chullo (C-Q) fue la que registró la más alta mortalidad de neonatos con 46.67 ± 15.28 %, con relación a las otras dos quebradas en estudio.

Figura 31.

Efecto de diferentes concentraciones del agua superficial de las tres quebradas sobre el porcentaje de mortalidad de *Daphnia magna* a las 48 h de exposición

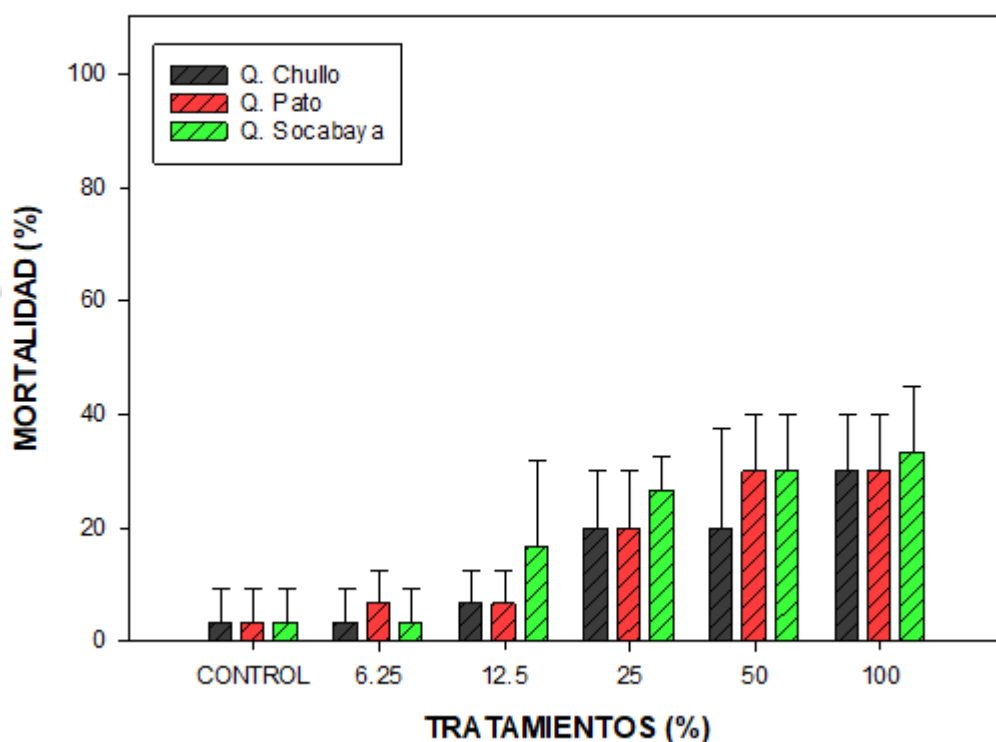


La Figura 32 presenta la mortalidad a las 48 horas de exposición de *D. magna* frente a diferentes concentraciones de muestras del elutriado de sedimento de la confluencia con el río Chili en las tres quebradas (Chullo, Pato y Socabaya) y un control, durante la época húmeda, podemos destacar que el elutriado de la quebrada Socabaya (S-E)

ligeramente supera la mortalidad (33.33 ± 11.55 %) con respecto a Chullo y Pato, ambas con igual registro de 30.00 ± 10.00 % de letalidad en el bioindicador *D. magna*. Se sigue la misma tendencia donde el aumento de la mortalidad fue directamente relacionado con el aumento de las concentraciones de los tratamientos.

Figura 32.

Efecto de diferentes concentraciones del elutriado de sedimento de la confluencia de las tres quebradas con el río Chili, sobre el porcentaje de mortalidad de *Daphnia magna* a las 48 h de exposición.



La Tabla 17, muestra los valores determinados estadísticamente del efecto letal de las diferentes muestras de agua y elutriado de las tres quebradas sobre *D. magna*. Se destaca la quebrada Pato y se determinaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) de las muestras de agua recolectadas en la confluencia con el río Chili (100 % de mortalidad de neonatos de *D. magna*) con respecto a las demás muestras de agua y elutriados de Socabaya y Chullo principalmente. Por otro lado, no se hallaron

variables estadísticas significativas ($p > 0.05$) entre las tres quebradas con respecto a las muestras de agua superficial de las quebradas y el elutriado de sedimento.

Los índices ecotóxicos calculados, en resumen, reafirman que la quebrada Pato (agua de confluencia con el río Chili) y las muestras del agua superficial de las tres quebradas presentan elevada nocividad, ya que registran valores de LOEC y NOEC iguales y menores a 6.25 % de tratamiento evaluado.

Tabla 17:

Mortalidad evaluada en *Daphnia magna* expuesta a diferentes concentraciones de agua y elutriado de sedimentos de tres quebradas en el río Chili a las 48 h de exposición en época húmeda.

BIOENSAYO ECOTOXICOLÓGICO (48h)										
<i>Daphnia magna</i>										
TRATAMIENTOS		RIO CHILI			QUEBRADA			ELUTRIADO		
ZONA	%	PROM ± D.E	Sig. 1	Sig. 2	PROM ± D.E	Sig. 1	Sig. 2	PROM ± D.E	Sig. 1	Sig. 2
CHULLO	CONTROL	00.00 ± 00.00	a		3.33 ± 5.77	a		3.33 ± 5.77	a	
	6.25	6.67 ± 5.77	a		6.67 ± 5.77	ab		3.33 ± 5.77	a	
	12.5	6.67 ± 5.77	a	a	10.00 ± 10.00	ab	a	6.67 ± 5.77	a	A
	25	23.33 ± 5.77	b		16.67 ± 5.77	ab		20.00 ± 10.00	a	
	50	23.33 ± 5.77	b		33.33 ± 30.55	ab		20.00 ± 17.32	a	
	100	36.67 ± 5.77	b		46.67 ± 15.28	b		30.00 ± 10.00	a	
PATO	CONTROL	00.00 ± 00.00	a		3.33 ± 5.77	a		3.33 ± 5.77	a	
	6.25	10.00 ± 10.00	ab		10.00 ± 10.00	ab		6.67 ± 5.77	a	
	12.5	10.00 ± 00.00	ab	b	20.00 ± 10.00	abc	a	6.67 ± 5.77	a	a
	25	10.00 ± 10.00	ab		33.33 ± 5.77	bc		20.00 ± 10.00	ab	
	50	23.33 ± 5.77	bc		30.00 ± 10.00	c		30.00 ± 10.00	b	
	100	100.0 ± 00.00	c		36.67 ± 5.77	c		30.00 ± 10.00	b	
SOCABAYA	CONTROL	3.33 ± 5.77	a		6.67 ± 5.77	a		3.33 ± 5.77	a	
	6.25	3.33 ± 5.77	a		3.33 ± 5.77	ab		3.33 ± 5.77	a	
	12.5	23.33 ± 11.55	ab	ab	6.67 ± 11.55	ab	a	16.67 ± 15.28	ab	a
	25	20.00 ± 10.00	ab		16.67 ± 11.55	ab		26.67 ± 5.77	ab	
	50	30.00 ± 17.32	ab		20.00 ± 10.00	ab		30.00 ± 10.00	b	
	100	30.00 ± 10.00	b		30.00 ± 10.00	b		33.33 ± 11.55	b	
	NOEC-C		12.5			<6.25			<100	
	LOEC-C		25			6.25			100	
	NOEC-P		<6.25			<6.25			12.5	
	LOEC-P		6.25			6.25			25	
	NOEC-S		6.25			<6.25			6.25	
	LOEC-S		12.5			6.25			12.5	
	CL ₅₀ -C		ND			ND			ND	
	CL ₅₀ -P		31.23			ND			ND	
	CL ₅₀ -S		ND			ND			ND	
	S-W		0.74			0.90			0.88	
	p		0.00			0.00			0.00	
	F									
	p									
	K-W		43.12			35.35			37.55	
	p		0.00			0.01			0.00	

Sig.: significancia estadística; h=horas; DE: desviación estándar. Las letras que figuran en minúscula para cada columna representan la variación en la significancia 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; C(E)L₅₀= concentración efectiva/letal media; ND: valor no determinado. Los valores de las variables analizadas corresponden al

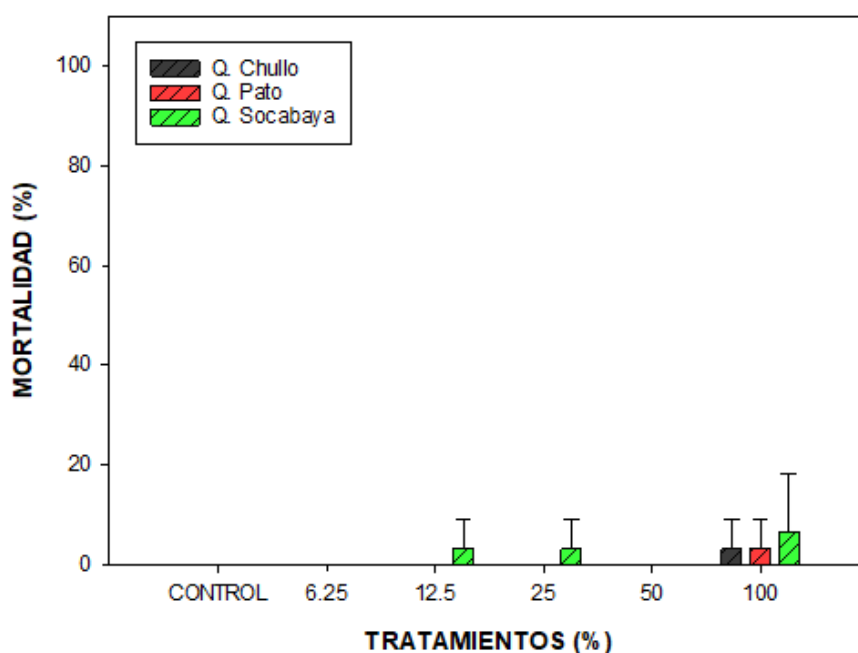
promedio de las cuatro réplicas. SW: prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad. F: estadístico de Fisher del Anova; K-W prueba de Kruskal – Wallis. .C: Q. Chullo. P: Q. Pato. S: Q. Socabaya.

d. Bioensayo Ecotoxicológico con *Poecilia reticulata*:

En la Figura 33 se observa las estimaciones de mortalidad a las 96 horas de exposición aguda de *P. reticulata* frente a distintas concentraciones de muestras de agua provenientes de las tres quebradas y la confluencia con el río Chili y un control durante la época húmeda, se observa que la mortalidad es casi nula en todos los tratamientos de la tres quebradas y muestras de agua evaluadas, registrándose el valor más alto de mortalidad en la quebrada de Socabaya (S-R) con el tratamiento mayor, alcanzando un 6.67 ± 11.55 % de efecto letal.

Figura 33.

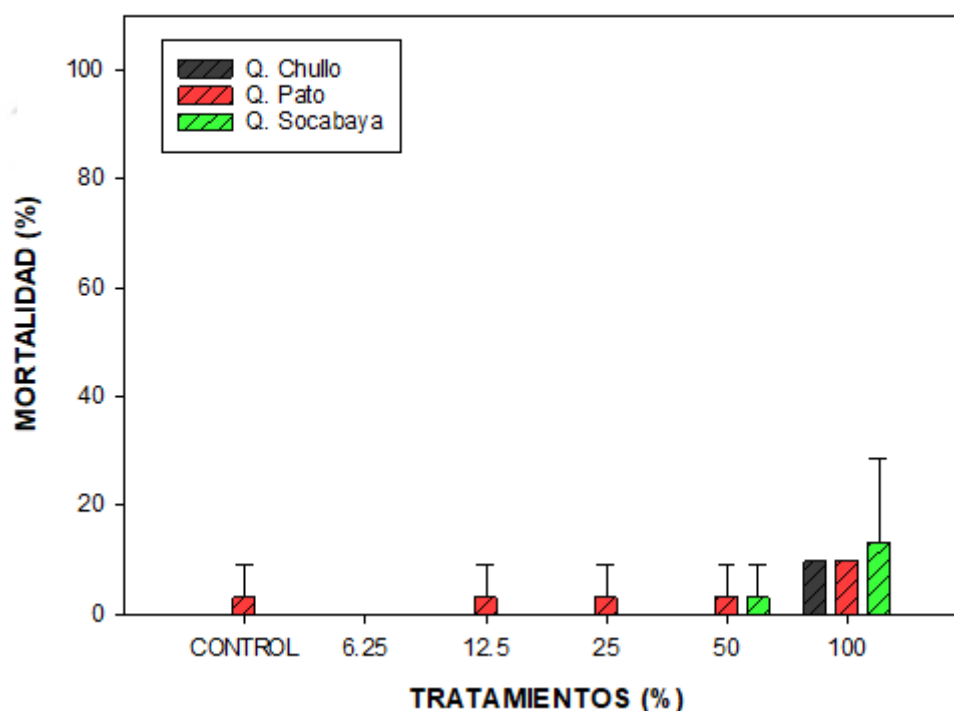
Efecto de diferentes concentraciones de agua de tres quebradas y la confluencia con el río Chili sobre el porcentaje de mortalidad de *Poecilia reticulata* a las 96 h de exposición.



En la Figura 34 se observa la mortalidad a las 96 horas de exposición de *P. reticulata* frente a distintas concentraciones de muestras de agua superficial provenientes de las tres quebradas y un control durante la época húmeda, podemos destacar que los mayores tratamientos presentaron efectos letales en los peces, destacando la quebrada de Socabaya (S-Q) con un registro de mortalidad del $13.33 \pm 15.28 \%$ y un $10.00 \pm 00.00 \%$ en las otras dos quebradas evaluadas.

Figura 34.

Efecto de diferentes concentraciones de agua superficial de las tres quebradas sobre el porcentaje de mortalidad de *Poecilia reticulata* a las 96 h de exposición.



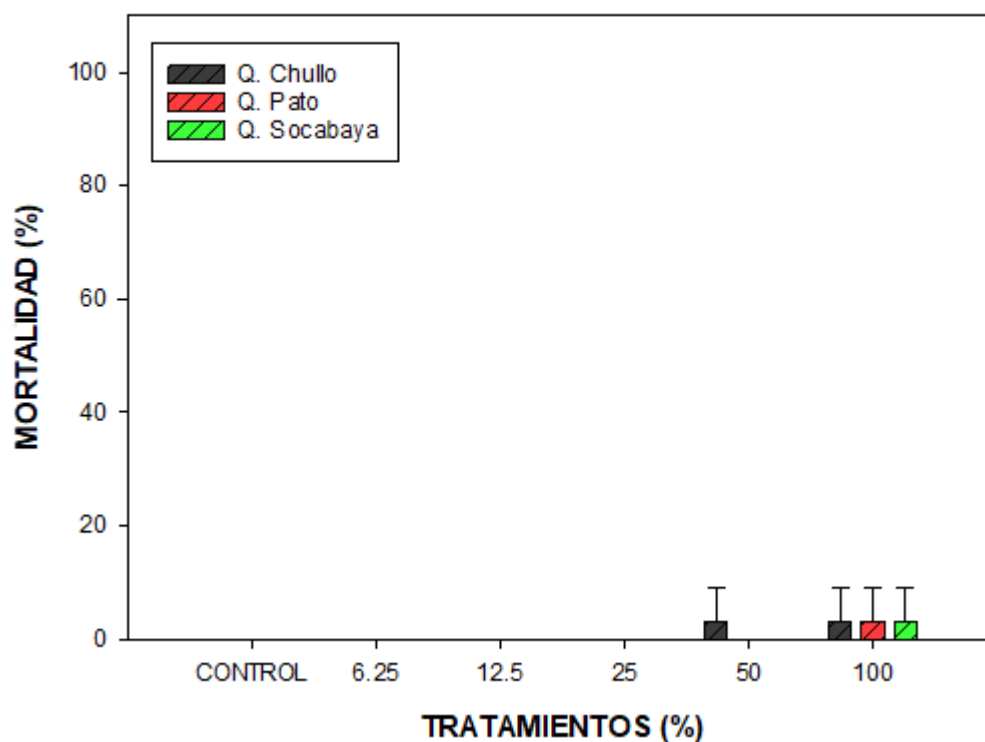
En la Figura 35 se observa los resultados de la mortalidad a las 96 horas de exposición aguda de *P. reticulata* frente a distintas concentraciones de muestras del elutriado de sedimentos de la confluencia de las tres quebradas con el río Chili y un control durante

la época húmeda. Se determinó que durante la exposición se provocaron efectos nulos y muy bajos de mortalidad (3.33 ± 5.77 %) principalmente en todos los tratamientos mayores de las tres quebradas evaluadas.

Figura 35.

Efecto de diferentes concentraciones de elutriado de sedimento de la confluencia de las tres quebradas con el río Chili, sobre el porcentaje de mortalidad de *Poecilia reticulata* a las 96 h de exposición.

+



En la Tabla 18, se detallan los resultados determinados estadísticamente del efecto letal de las diferentes muestras de agua y elutriados de las tres quebradas sobre *P. reticulata*. Se evidencia que no se existe diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre las tres quebradas y las muestras de agua y elutriado respectivamente, puesto que los valores de mortalidad fueron muy bajos o nulos en la mayoría de los tratamientos de exposición aguda.

Se observa también, que ningún tratamiento superó el 50% de mortalidad, por ende, no se pudo determinar (ND) la CL₅₀ y de acuerdo a los resultados de los índices ecotóxicos LOEC y NOEC que oscilan entre 100 % se interpreta como agua de exposición no perjudicial para los organismos vertebrados evaluados (pez Guppy).

Tabla 18.

Mortalidad evaluada en *Poecilia reticulata* expuesta a diferentes concentraciones de agua y elutriado de sedimentos de tres quebradas en el río Chili, a las 96 h de exposición en época húmeda.

BIOENSAYO ECOTOXICOLÓGICO (96h)										
<i>Poecilia reticulata</i>										
TRATAMIENTOS		RIO CHILI			QUEBRADA			ELUTRIADO		
ZONA	%	PROM ± D.E	Sig. 1	Sig. 2	PROM ± D.E	Sig. 1	Sig. 2	PROM ± D.E	Sig. 1	Sig. 2
CHULLO	CONTROL	00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a	
	6.25	00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a	
	12.5	00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a	
	25	00.00 ± 00.00	a	a	00.00 ± 00.00	a	a	00.00 ± 00.00	a	a
	50	00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a		3.33 ± 5.77	a	
	100	3.33 ± 5.77	a		10.00 ± 00.00	a		3.33 ± 5.77	a	
PATO	CONTROL	00.00 ± 00.00	a		3.33 ± 5.77	a		00.00 ± 00.00	a	
	6.25	00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a	
	12.5	00.00 ± 00.00	a		3.33 ± 5.77	a		00.00 ± 00.00	a	
	25	00.00 ± 00.00	a	a	3.33 ± 5.77	a	a	00.00 ± 00.00	a	a
	50	00.00 ± 00.00	a		3.33 ± 5.77	a		00.00 ± 00.00	a	
	100	3.33 ± 5.77	a		10.00 ± 00.00	a		3.33 ± 5.77	a	
SOCABAYA	CONTROL	00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a	
	6.25	00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a	
	12.5	3.33 ± 5.77	a		00.00 ± 00.00	a		00.00 ± 00.00	a	
	25	3.33 ± 5.77	a	a	00.00 ± 00.00	a	a	00.00 ± 00.00	a	a
	50	00.00 ± 00.00	a		3.33 ± 5.77	a		00.00 ± 00.00	a	
	100	6.67 ± 11.55	a		13.33 ± 15.28	a		3.33 ± 5.77	a	
NOEC-C		<100		<100			<100			
LOEC-C		100		100			100			
NOEC-P		<100		<100			<100			
LOEC-P		100		100			100			
NOEC-S		<100		<100			<100			
LOEC-S		100		100			100			
CL ₅₀ -C		ND		ND			ND			
CL ₅₀ -C		ND		ND			ND			
CL ₅₀ -C		ND		ND			ND			
S-W		0.33		0.52			0.29			
p		0.00		0.00			0.00			
F										
p										
K-W		14.07		31.37			14.84			
p		0.66		0.05			0.61			

Sig.: significancia estadística; h=horas; DE: desviación estándar. Las letras que figuran en minúscula para cada columna representan la variación en la significancia 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; $C(E)L_{50}$: concentración efectiva/letal media; ND: valor no determinado. Los valores de las variables analizadas corresponden al promedio de las cuatro réplicas. SW: prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad. F: estadístico de Fisher del Anova; K-W prueba de Kruskal – Wallis. .C: Q. Chullo. P: Q. Pato. S: Q. Socabaya.

4.2.3. Determinación de las Unidades Toxicológicas Agudas (UTa) y rangos de toxicidad del agua superficial y elutriados de sedimentos, de tres quebradas y del río Chili

Utilizando los valores de CL_{50} determinados a raíz de las muestras de agua de la confluencia con el río Chili y las tres quebradas, además de considerar el porcentaje de supervivencia en todos los lugares se aplicó los criterios para determinar las Unidades Toxicológicas agudas -UTa según Saldaña et al. (2002) y la clasificación ecotoxicológica de acuerdo a Roig et al. (2015).

La Tabla 19 muestra los resultados obtenidos en la temporada seca, indicando que el agua superficial de la zona de muestreo quebrada Chullo (C-Q) es la que registra una clasificación toxica y moderadamente tóxica, según la metodología de Saldaña et al. (2002) y Roig et al. (2015) respectivamente, para los neonatos del organismo invertebrado *Daphnia magna*, así mismo destacar en esa misma quebrada (Chullo) el agua de la confluencia con el río Chili (C-R) presenta una clasificación de *Ligeramente tóxica y marginalmente tóxica* para *D. magna*; sin embargo, en las demás quebradas y muestras de agua y elutriado relacionadas con el río Chili, el estado ecotoxicológico es menos nocivo para los organismos evaluados en temporada seca, con clasificaciones de *No tóxico* y *Ligeramente tóxico*

Tabla 19.

Estado ecotoxicológico de la concentración mayor (100%) de agua y elutriados de sedimentos de las tres quebradas del río Chili: Chullo, Pato y Socabaya en *Daphnia magna* y *Poecilia reticulata* en época seca.

Quebrada/Muestra	Especie	h	CL ₅₀	% S	UTa	CS	CR -%S
RIO	<i>Daphnia magna</i>	48	89.91	33.33	1.11	Ligeramente tóxico	Marginalmente tóxico
	<i>Poecilia reticulata</i>	96	-	96.67	-	-	No tóxico
CHULLO QUEBRADA	<i>Daphnia magna</i>	48	38.59	10.00	2.59	Tóxico	Moderadamente tóxico
	<i>Poecilia reticulata</i>	96	-	86.67	-	-	No tóxico
CHULLO ELUTRIADO	<i>Daphnia magna</i>	48	-	66.67	-	-	Ligeramente tóxico

PATO	RIO	<i>Poecilia reticulata</i>	96	-	100.00	-	-	No tóxico
		<i>Daphnia magna</i>	48	-	60.00	-	-	Ligeramente tóxico
	QUEBRADA	<i>Poecilia reticulata</i>	96	-	96.67	-	-	No tóxico
		<i>Daphnia magna</i>	48	-	63.33	-	-	Ligeramente tóxico
	ELUTRIADO	<i>Poecilia reticulata</i>	96	-	96.67	-	-	No tóxico
		<i>Daphnia magna</i>	48	-	73.33	-	-	Ligeramente tóxico
SOCABAYA	RIO	<i>Poecilia reticulata</i>	96	-	100.00	-	-	No tóxico
		<i>Daphnia magna</i>	48	-	66.67	-	-	Ligeramente tóxico
	QUEBRADA	<i>Poecilia reticulata</i>	96	-	86.67	-	-	No tóxico
		<i>Daphnia magna</i>	48	-	66.67	-	-	No tóxico
	ELUTRIADO	<i>Poecilia reticulata</i>	96	-	96.67	-	-	No tóxico
		<i>Daphnia magna</i>	48	-	66.67	-	-	No tóxico
		<i>Poecilia reticulata</i>	96	-	76.67	-	-	Ligeramente tóxico

h: Tiempo de exposición; CL50: Concentración letal media; % S: porcentaje de supervivencia; UTa: Unidades toxicológicas agudas; CS: Clasificación según Saldaña; CR: Clasificación según Roig.

En contraste, la Tabla 20 se muestra los resultados en temporada húmeda, del cual resalta el estado ecotoxicológico de las muestras de agua de la confluencia con el río Chili de la quebrada Pato (P-R), donde se clasifica como *Tóxico* y *Altamente tóxico* según las metodologías Saldaña et al. (2002) y Roig et al. (2015) respectivamente, para los neonatos de *Daphnia magna* en 48 horas de exposición aguda. En las demás muestras y quebradas el estado ecotoxicológico del agua es *Ligeramente tóxico* para *D. magna*, sin embargo, se puede considerar al elutriado de sedimento de la confluencia de la quebrada Socabaya con el río Chili (S-E) como la única zona con estado de *Ligeramente tóxico* para *P. reticulata*.

Tabla 20.

Estado ecotoxicológico de la concentración mayor (100%) de agua y elutriados de sedimentos de las tres quebradas del río Chili: Chullo, Pato y Socabaya en *Daphnia magna* y *Poecilia reticulata* en época húmeda.

Quebrada/Muestra	Especie	h	CL ₅₀	% S	UTa	CS	CR - %S	
CHULLO	RIO	<i>Daphnia magna</i>	48	-	63.33	-	-	Ligeramente tóxico
		<i>Poecilia reticulata</i>	96	-	96.67	-	-	No tóxico
	QUEBRADA	<i>Daphnia magna</i>	48	-	53.33	-	-	Ligeramente tóxico
		<i>Poecilia reticulata</i>	96	-	90.00	-	-	No tóxico
	ELUTRIADO	<i>Daphnia magna</i>	48	-	70.00	-	-	Ligeramente tóxico
		<i>Poecilia reticulata</i>	96	-	96.67	-	-	No tóxico
PATO	RIO	<i>Daphnia magna</i>	48	31.23	0.00	3.20	Tóxico	Altamente tóxico
		<i>Poecilia reticulata</i>	96	-	96.67	-	-	No tóxico
	QUEBRADA	<i>Daphnia magna</i>	48	-	63.33	-	-	Ligeramente tóxico
		<i>Poecilia reticulata</i>	96	-	90.00	-	-	No tóxico
	ELUTRIADO	<i>Daphnia magna</i>	48	-	70.00	-	-	Ligeramente tóxico
		<i>Poecilia reticulata</i>	96	-	96.67	-	-	No tóxico
SOCABAYA	RIO	<i>Daphnia magna</i>	48	-	70.00	-	-	Ligeramente tóxico
		<i>Poecilia reticulata</i>	96	-	93.33	-	-	No tóxico
	QUEBRADA	<i>Daphnia magna</i>	48	-	70.00	-	-	Ligeramente tóxico
		<i>Poecilia reticulata</i>	96	-	86.67	-	-	No tóxico
	ELUTRIADO	<i>Daphnia magna</i>	48	-	66.67	-	-	No tóxico
		<i>Poecilia reticulata</i>	96	-	96.67	-	-	Ligeramente tóxico

h: Tiempo de exposición; CL₅₀: Concentración letal media; % S: porcentaje de supervivencia; UTa: Unidades toxicológicas agudas; CS: Clasificación según Saldaña; CR: Clasificación según Roig.

Discusión.

La degradación de la calidad ambiental en los recursos hídricos se ha vuelto una problemática global, por lo cual es necesario implementar mecanismos que abarquen desde la prevención hasta la mitigación. La contaminación de los componentes ambientales por diferentes sustancias tóxicas pueden causar efectos diversos en la salud de las personas y los seres vivos (Delgado, 2022).

Alrededor del río Chili, se desarrollan diversas actividades productivas, que requieren de recursos hídricos, sin embargo, dichas actividades descargan indiscriminadamente cantidades desconocidas de aguas residuales con distintos contaminantes, de los cuales se pueden disolver, reaccionar y/o formar partículas más resistentes y sinérgicos que influyen directamente a la biota del cuerpo de agua (Rudolph et al., 2010).

De acuerdo con los resultados presentados, aparentemente los tramos de los cuales se obtuvo las muestras de agua se hallan en condiciones admisibles puesto que ninguno de los parámetros evaluados in situ superan el ECA categoría 3, riego de vegetales y bebida de animales, lo cual no demuestra un cambio significativo en las propiedades del cuerpo de agua, y por lo tanto no habría una afectación relevante en los organismos aledaños, lo cual coincide con los valores encontrados por Monjarás, (2021) en el último monitoreo participativo de calidad del agua superficial en la cuenca Quilca-Chili.

Cabe señalar que este estudio tuvo un enfoque de alcance general, por lo que se optó por expresar los resultados principalmente en términos porcentuales, además que no se profundizó en el detalle de las concentraciones específicas de metales u otros contaminantes debido a la limitada disponibilidad de datos exactos que señalaran la presencia de estos puesto que fueron hallados a través de los resultados obtenidos por el laboratorio.

En los resultados de los parámetros fisicoquímicos, se observa que, durante la temporada húmeda, en la mayoría de los puntos muestreados se obtuvieron valores que sobrepasaron el ECA, en comparación con la temporada seca. Destacando los parámetros de Coliformes Totales, DBO, DQO, siendo el punto de agua superficial de quebrada en Chullo el que presentó valores mayores respecto al ECA (Coliformes totales: 170000 NMP/ml, DBO:60.4 mgO₂/L; DQO: 1831.3 mgO₂/L), lo que indicaría que las condiciones de oxidación del material biodegradable y no biodegradable, son altas, lo que conlleva un elevado consumo de oxígeno debido a un alto nivel de contaminación, además Isla, (2019) señala que el vertimiento de residuos líquidos que no cuenten con tratamiento previo puede disminuir la calidad de las aguas receptoras por la descomposición de materia orgánica, asimismo la acumulación de sedimentos superficiales pueden generar una capa que promueva los procesos de degradación anaeróbica resultando en la liberación de gases con mal olor.

Se registraron altos niveles de coliformes totales durante la temporada húmeda, siendo un total de 7 de 9 muestras que sobrepasaron los límites establecidos por el ECA, en temporada seca este parámetro excedió en 5 de las 9 muestras. Esta situación está relacionada con el vertimiento de aguas domésticas e industriales en los cuerpos de agua, que se caracterizan por contener elevados niveles de materia orgánica y microorganismos de origen fecal. En esta investigación se alcanzó un rango de coliformes totales entre 130 NMP/100 mL a 540,000 NMP/100 mL lo que indica una marcada contaminación microbiológica según Arcos Pulido et al. (2014).

Se observó la presencia de detergentes, durante la temporada seca en el punto de monitoreo de agua superficial de la quebrada Chullo (C-Q), con una concentración de 3.212 mg/L, se presume que la presencia de este contaminante, se debe a que, durante

la toma de muestra, se observó a algunas personas realizaban el lavado de vegetales en un canal que desembocaba en el río a pocos metros. donde se visualizaron espumas en ciertos tramos cercanos a la orilla.

Respecto a los metales pesados, se observó mayor presencia durante la temporada húmeda en el punto elutriado de Pato-Peral (P-E) (Cd:24.06 mg/L; Fe:6.56 mg/L; Li: 6.56 mg/L; Mn: 15.92 mg/L), además en los puntos de monitoreo de agua superficial de Socabaya río y Chullo quebrada se encontró aluminio con un valor de 6.73 mg/L. Durante la temporada seca, solo se reportó la presencia de Boro en el punto de agua superficial de Socabaya quebrada con una concentración de 6.72 mg/L.

Estos resultados indican que la temporada húmeda presentó una calidad de agua inferior, lo cual coincide con los hallazgos de Sucapuca, (2022). quien, en su investigación al analizar 14 parámetros, entre ellos pH, OD, DBO, conductividad, coliformes y algunos metales en un cuerpo de agua similar al de este estudio, concluyo que, en el río evaluado presentaba una peor calidad en temporada húmeda que en la temporada seca. Estos valores concuerdan con lo reportado por el DCERH & PGIRH, (2022), que indican que en el monitoreo de calidad de agua, realizados en la Unidad Hidrográfica Quilca – Vitor – Chili, los parámetros que más transgreden el ECA son los coliformes termotolerantes, conductividad, boro y DQO, en el río Chili hasta la convergencia con el río Yura. Además, se concluye que en el periodo del 2016 al 2019 en un área cercana al punto Chullo, los valores se calificaron con un índice de calidad de “pésimo” debido a que los niveles de DQO y coliformes termotolerantes, excedían el ECA, sin embargo, no se detectaron metales pesados en concentraciones superiores a las establecidas en el ECA.

Daphnia magna, es un bioindicador de cuerpos de agua dulce, debido a que es sensible a muchos contaminantes, además de cumplir un rol importante en la comunidad

zooplanctonica como consumidor primario de fitoplancton y como alimento para consumidores secundarios (Caja & Iannacone, 2021). En la Tabla 15 y 17, se muestran los efectos letales evaluados en el bioensayo de *Daphnia magna* expuestas a diferentes concentraciones de los puntos muestreados a 48 horas de exposición tanto en temporada húmeda como seca.

En lo que respecta a temporada húmeda, el único punto muestreado donde supero el 50% de mortalidad fue en el punto de agua superficial de río de Pato – Peral (P-R) con un CL_{50} de 31.24 donde se presentó un porcentaje de mortalidad de $100.0 \pm 00.00\%$ en la dosis de 100%. En este punto sobrepasa el valor de DQO ($3605 \text{ mgO}_2/\text{L}$) superando el ECA, así como coliformes totales, cadmio y manganeso, (33000 mg/L , 3.662 mg/L , 0.31 mg/L).

Según Dirbaba et al., (2018) la mayoría de metales pesados que ingresan a los sistemas fluviales, se eliminan en la fase líquida mediante procesos de absorción o precipitación. Sin embargo, con corrientes mínimas o alta sedimentación, puede haber una mayor acumulación de metales pesados, ya que algunos como el cadmio, se acumulan en los sedimentos. El manganeso, aunque es un metal esencial para el metabolismo en los tejidos de los mamíferos, en concentraciones elevadas puede resultar tóxico para los organismos, afectando el crecimiento y la reproducción, como la tasa y cantidad de neonatos (Ferreira et al., 2022). A su vez, Herman et. Al., (2021) corrobora estos hallazgos, señalando que los *Daphnia* reaccionan de manera más pronunciada a la exposición al manganeso en comparación de los peces, debido a que el Mn tiende a acumularse en mayor medida en los organismos de niveles inferiores de la cadena trófica.

En temporada seca, se observó un patrón similar que, en temporada húmeda, ya que en el punto de agua superficial de la quebrada Chullo fue el único que superó el 50%

de mortalidad, con una CL_{50} de 31.24 y un porcentaje de mortalidad de 90.0 ± 10.00 a una concentración del 100%. En este punto también se registraron altos niveles de Coliformes Totales, DBO y DQO, así como la presencia de detergentes. Según Uc & Delgado, (2012), los detergentes son altamente tóxicos para los ecosistemas acuáticos, ya que contribuyen a la eutrofización por el aumento de niveles de fosforo, y pueden elevar las concentraciones de cloro y compuestos organoclorados. Castiglioni & Collins, (2010) señalan que los detergentes afectan principalmente a los órganos respiratorios de las especies acuáticas, alterando la permeabilidad de sus membranas celulares. La toxicidad depende del tipo de surfactante, ya sea aniónico o catiónico, y su hidrofobicidad, incrementado su efecto tóxico en consecuencia. En el caso de los dáfnidos, la toxicidad detectada podría explicarse a que la mayoría de detergentes usados están compuestos por tensoactivos, que son principalmente dañinos para la biota marina (Temara et al., 2001), Esto se debe a su carácter anfifílico que facilita la solubilización de membranas y disrupción endocrina (Rondón et al., 2007)

En los resultados de los bioensayos de *Poecilia reticulata* durante 96 horas de exposición, durante la temporada húmeda como en la seca, a una concentración del 100%, se observó que la mortalidad fue inferior al 10% en la mayoría de los organismos. La excepción fue el punto de elutriado de Socabaya, que presentó una mortalidad del 23.33 ± 11.55 % en la temporada seca, mientras que en la temporada húmeda la quebrada Socabaya registró una mortalidad del 13.33 ± 15.28 %. Estos resultados sugieren que, aunque en general la mortalidad fue baja, la calidad del agua en los puntos mencionados podría estar afectando de manera subletal a los organismos, especialmente en el punto del elutriado de Socabaya durante la temporada seca donde se identificó el mayor porcentaje de mortalidad

Se recalca que los mayores porcentajes de mortalidad se presentaron en zona de

Socabaya, donde se detectaron niveles altos en boro (6.72 mg/L) en el agua superficial de la quebrada y valores altas de manganeso (0.31 mg/L) en el elutriado de Socabaya. El Boro es de particular relevancia, ya que excede 3 veces el límite del ECA para agua destinada a riego no restringido, valor que también se supera en la temporada seca. El Boro, también está relacionado a productos utilizados en la agricultura como plaguicidas y fertilizantes, debido a su naturaleza, no se descompone en el medio ambiente, sino que se transforma, permaneciendo en los componentes ambientales como el suelo, agua, o inclusive sedimentos, lo cual incrementa su peligrosidad. Aunque autores como Delgado, (2022) indican que el boro no presenta un efecto tóxico significativo en mamíferos, aunque esto cambia cuando se trata de artrópodos. En cuanto el manganeso Ferreira et al., (2022), señala que una exposición breve a manganeso, no causó mortalidad en peces cebrá, pero sí generó comportamiento de ansiedad, lo que sugiera efectos subletales en los organismos acuáticos expuestos a este metal.

Según Delgado, (2022) la toxicidad aguda en peces varía según la especie estudiada, lo que resalta la relevancia de tener en cuenta las características específicas de cada organismos en los estudios de toxicidad. Además, nuestros resultados pueden estar relacionados con la elevada mortalidad observada en *Daphnia magna*, lo que sugiere que la presencia de diferentes contaminantes en el agua tiene un impacto mayor en los organismos acuáticos de menor nivel trófico. De acuerdo con la clasificación de unidades toxicológicas aguda, propuesta por Roig et al., (2015), la mayoría de resultados para *Daphnia magna* indicaron una clasificación de “Ligeramente toxico” en ambas temporadas, con la excepción del punto de Pato río durante la temporada húmeda, donde se clasificó como “altamente toxico” . En la temporada seca, los puntos de río y quebrada en Chullo se clasificaron como “moderadamente tóxicos”

En el caso de *Poecilia reticulata*, los resultados mostraron que, en ambas temporadas, el punto de elutriado en Socabaya fue clasificado como “ligeramente toxico”, siendo esta la clasificación más alta para la especie. Los demás puntos fueron catalogados como “no tóxicos”. Estos resultados sugieren que, si bien hay variaciones en la toxicidad entre las estaciones y los puntos de muestreo, *Poecilia reticulata* mostro una menor sensibilidad general en comparación con *Daphnia magna*.

Tal hallazgo cobra relevancia considerando que el uso de aguas contaminadas para riego de vegetales representa un riesgo bastante serio para la salud humana, debido a la presencia de patógenos, metales pesados y contaminantes orgánicos persistentes que pueden afectar tanto a quienes cultivan como a quienes consumen los productos agrícolas.

Si bien en esta evaluación no encontramos la presencia de pesticidas organoclorados ni organofosforados en ninguna de las zonas de estudio, los coliformes totales rebasaron los estándares, y estos suelen estar asociados con la presencia de patógenos como *Escherichia coli* en la materia fecal, los cuales junto con otros como *Giardia*, *Ascaris* y *Trichuris*, mencionados por Yahaya et al. (2023) suelen ocasionar enfermedades graves como diarreas, colitis hemorrágica, amebiasis, giardiasis e incluso afecciones hepáticas, cardíacas y renales.

Otro riesgo asociado a ellos es que suelen sobrevivir en la superficie de los vegetales, así como dentro de sus tejidos, lo que dificulta su eliminación con el lavado, especialmente aquellas especies que son consumidas crudas como la lechuga, apio o el rábano, inclusive Minhas et al. (2022) nos demuestra que de acuerdo al índice de riesgo para la salud (HRI) que aplicó en su estudio, no sólo vegetales sino también granos indicaban un riesgo sanitario grave para los consumidores de ejemplares contaminados. Sumado a ello, el contacto directo de los agricultores con suelos

contaminados puede desencadenar infecciones dérmicas, enfermedades intestinales y parasitarias, con alta prevalencia de anquilostomiasis y tricuriasis, afectando su calidad de vida y aumentando los gastos médicos en comparación con comunidades que utilizan agua limpia (Alegbeleye & Sant'Ana, 2021).

Por otro lado, los cultivos irrigados con aguas residuales o contaminadas pueden acumular metales tóxicos como cadmio, plomo, arsénico y mercurio en sus partes comestibles, especialmente en verduras de hoja y raíz, lo que genera un riesgo elevado de toxicidad crónica al ser ingeridos. Además, estos metales se transfieren fácilmente a la cadena alimenticia, pudiendo bioacumularse e inclusive en algunos casos biomagnificarse, afectando también a productos animales como la leche (Singh, 2021), eso sin mencionar los contaminantes emergentes y compuestos tóxicos orgánicos, como fármacos, pesticidas y productos de cuidado personal, que pueden filtrarse a fuentes de agua potable y bioacumularse en los cultivos, con efectos tóxicos a largo plazo. Esta situación pone en riesgo la seguridad alimentaria y la salud pública, especialmente en zonas periurbanas y agrícolas, que son en su mayoría de la naturaleza de nuestro estudio, por lo que es necesario evitar que el riego con agua de esta calidad se convierta en una práctica en común. Por otro lado, es pertinente tanto la propuesta como implementación de acciones que fomenten una integración regional o entre comunidades, debido a la naturaleza de los ríos y quebradas, que al ser ecosistemas transversales atraviesan diferentes territorios. Graça et. al. (2025) menciona una propuesta que obtuvo resultados positivos denominada Projeto Manuelzão en río de Janeiro, el cual demuestra la importancia del trabajo interdisciplinario desde la identificación de los problemas, así como la de las necesidades de intervención. En su caso, entre las acciones que realizaron fue la formación de comités distribuidos a lo largo de la cuenca, los cuales estaban integrados de representantes de las autoridades

públicas, usuarios del agua y población civil, los cuales discutían y proponían actividades relacionadas con las cuestiones ambientales locales relacionadas a la cuenca, como festivales donde impartían talleres y charlas de identificación de residuos sólidos, identificación de puntos de vertimientos ilegales, y eventos culturales





5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

PRIMERA: Se determinó los 6 puntos de monitoreo, de los cuales se extrajo 3 muestras de agua superficial, 3 de quebrada y 3 de sedimento en función de la identificación de diversas actividades cuyas descargas de efluentes son vertidas directa e indirectamente a las quebradas Chullo, Pato Peral y Socabaya que confluyen en el río Chili o al mismo río. Posteriormente, se procedió a determinar los parámetros in situ, de los cuales en ninguna zona sobrepasaron el estándar de calidad ambiental (ECA) de categoría 3, no obstante los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos como DBO, DQO y coliformes totales excedieron el estándar en todas las muestras de Chullo en ambas temporadas. Además se evidenciaron elevadas concentraciones de metales como manganeso (15.92 mg/L), aluminio (6.73 mg/L), cadmio (24.06 mg/L), hierro (6.56 mg/L), litio (6.56 mg/L), y el metaloide boro (6.72 mg/L). Por último, los detergentes (3.21 mg MBAS/L) superaron el ECA únicamente en temporada seca en la zona de Chullo río y quebrada, lo que refleja una alteración preocupante de la calidad del agua en las tres zonas evaluadas.

SEGUNDO: Se evaluó la ecotoxicidad realizando bioensayos con dos especies bioindicadoras, *Poecilia reticulata* y *Daphnia magna*, las cuales mostraron diferentes efectos adversos. En el caso de *Daphnia magna*, la muestra de Chullo quebrada (C-Q) fue la más nociva en temporada seca ya que presentó una CL_{50} de 38.59%, el LOEC de 6.25% en las muestras de río de Pato-Peral y Socabaya, mientras que en la húmeda, el CL_{50} más bajo fue en Pato-Peral río (P-R) con 31.23% y el LOEC fue de 6.25% en todas muestras de quebrada. Respecto a *Poecilia reticulata*, tanto en temporada seca como húmeda, ninguna de las diluciones superó el 50% de mortalidad, además se consideró el NOEC al 100%, lo que demuestra una mayor sensibilidad de *Daphnia magna* frente a *Poecilia reticulata*.

TERCERO: Se determinó el estado ecotoxicológico del agua superficial y de los elutriados mediante la Unidades de Toxicidad Aguda (UTA), los cuales respaldan los resultados hallados, ya que alcanza valores de “tóxico” y “moderadamente tóxico” para las muestras de Chullo quebrada (C-Q) y Chullo río (C-R) en temporada seca para *Daphnia magna*, mientras que en la húmeda

fueron clasificadas como “tóxico” y “altamente tóxico” en Pato rio (P-R) para pulga de agua, así como “ligeramente tóxico” en Socabaya elutriado (S-E) para *Poecilia reticulata*

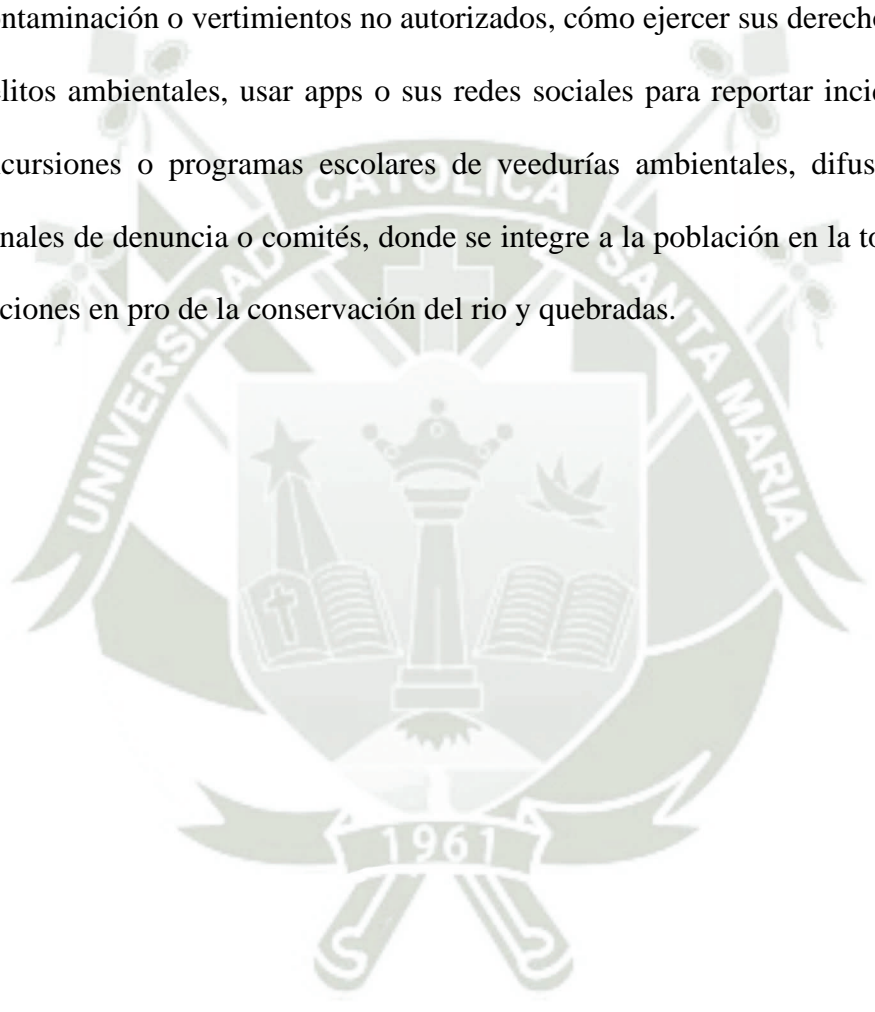


RECOMENDACIONES

- Realizar monitoreos adicionales de calidad de agua en diferentes zonas (quebradas) que confluyen con el río Chili, con la finalidad de conseguir información más integral sobre la calidad de agua de la totalidad de la cuenca.
- Realizar el análisis de efectos letales y subletales a especies de niveles tróficos inferiores y superiores expuestas a metales pesados que exceden los valores establecidos por el ECA, a fin de comprender el impacto de la contaminación en la cadena trófica
- Se sugiere investigar a nivel histopatológico y reproductivo los efectos tóxicos de los diferentes contaminantes encontrados en las muestras, con el objetivo de evaluar el impacto a largo plazo en otras especies vulnerables así como posibles riesgos para la salud humana.
- Realizar futuros estudios enfocados en el análisis toxicológico de las concentraciones específicas de los metales, metaloide y otros contaminantes como detergentes, los cuales fueron hallados en esta investigación, para tener una mayor exactitud en cuanto a los factores responsables de la mortalidad o efectos subletales en organismos bioindicadores y no destinatarios como *Daphnia magna* y *Poecilia reticulata*, lo cual contribuirá al diseño de estrategias de mitigación más eficaces.
- Desarrollar propuestas que fomenten la integración y cooperación regional entre municipios enfocados en la gestión de recursos hídricos, en especial de nuestro río Chili y quebradas, como lo son los comités técnicos regionales, acuerdos marco, discusión de la normativa actual relacionada a estándares (ECA), límites (LMP) y políticas ambientales, así como la regulación de descargas que puede ser trabajada en conjunto con la población y parte

académica al proponer el desarrollo de planes conjuntos de monitoreo, vigilancia, remediación y protección de cuerpos de agua.

- Diseñar e implementar estrategias de educación ambiental comunitaria, tanto en la región como en las comunidades aledañas al río, ya sea mediante campañas de sensibilización donde sepan cómo identificar signos de contaminación o vertimientos no autorizados, cómo ejercer sus derechos ante delitos ambientales, usar apps o sus redes sociales para reportar incidentes, excursiones o programas escolares de veedurías ambientales, difusión de canales de denuncia o comités, donde se integre a la población en la toma de acciones en pro de la conservación del río y quebradas.





6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegbeleye, O. O., & Sant'Ana, A. S. (2021). Risks associated with the consumption of irrigation water contaminated produce: on the role of quantitative microbial risk assessment. *Current Opinion in Food Science*, 41, 88-98.
- Américo, S. V. (2013). Gobernanza multidimensional del agua: La Directiva Marco del Agua europea. Dificultades de su aplicación. *Economía Informa*, 381, 74-90.
[https://doi.org/10.1016/S0185-0849\(13\)71329-X](https://doi.org/10.1016/S0185-0849(13)71329-X)
- Apaza Aquino, H. (2013). *Tratamiento ecológico, una alternativa sustentable para la urificación de aguas contaminadas destinadas al riego de cultivos en Arequipa* [Universidad Católica de Santa María - UCSM]. <https://www.cies.org.pe/es/investigaciones/medio-ambiente-recursos-naturales-y-energia/tratamiento-ecologico-alternativa>
- Aquino Espinoza, P. A. (2017). *Calidad del agua en el Perú: Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales*. Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR).
- Arcos Pulido, M. del P., Ávila de Navia, S. L., Estupiñán Torres, S. M., & Gómez Prieto, A. C. (2014). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *NOVA*, 3(4).
<https://doi.org/10.22490/24629448.338>
- Arenazas Rodriguez, A. J. (2018). Evaluación ecotoxicológica de contaminantes minero-industriales en el desarrollo embrionario de especies bioindicadoras *Carassius auratus* "Goldfish" y el caracol *Physa venustula* (Gould 1847). *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6962>
- Argota-Pérez, G., & Iannacone, J. A. (2018). ECOTOXICOLOGÍA COMO HERRAMIENTA PREDICTIVA EN LA EVOLUCIÓN SOSTENIBLE DE LOS SISTEMAS ACUÁTICOS. *Biotempo*, 15(2), Article 2. <https://doi.org/10.31381/biotempo.v15i2.2056>
- Arrascue, A., Ianacone, J., Alvariño, L., Basilio, S., & Lazcano, C. (2021). *El insecto Chririnomus calligraphus Goeldi y la bacteria Escherichia coli como ensayos ecotoxicológicos para evaluar sedimentos elutriados dulceacuícolas*. 42, 159-173.
- Autoridad Nacional del Agua. (2016, marzo). *Protocolo Nacional de Monitoreo de calidad de los recursos hídricos superficiales*.

https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf

Autoridad Nacional del Agua. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias* [Text]. SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>

Autoridad Nacional del Agua. (2018, abril 25). *Lineamientos para la identificación y seguimiento de fuentes contaminantes relacionadas con los recursos hídricos*.

<https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/R.J.%20136-2018-ANA.pdf>

Autoridad Nacional del Agua. (2022). Diagnóstico de la calidad de los recursos hídricos superficiales en la Unidad Hidrográfica Quilca-Vitor-Chili: Diciembre, 2020. *Repositorio Institucional - ANA*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/5226>

Beiras, R. (2002). Comparison of Methods to Obtain a Liquid Phase in Marine Sediment Toxicity Bioassays with *Paracentrotus lividus* Sea Urchin Embryos. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 42(1), 23-28. <https://doi.org/10.1007/s002440010287>

Bureo Veritas. (2008). *Manual para la formación de medio ambiente*. Lex Nova.

https://www.google.com.pe/books/edition/Manual_para_la_formaci%C3%B3n_en_medio_ambiente/J7rMDpW49ZQC?hl=es&gbpv=0&kptab=overview

Caja, A. V., & Iannacone, J. (2021). Evaluación del riesgo ambiental por petróleo crudo en las especies acuáticas *Lemna minor*, *Daphnia magna* y *Danio rerio*. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45(176), Article 176.

<https://doi.org/10.18257/raccefyn.1398>

Castiglioni, M., & Collins, P. (2010). Efecto de un detergente biodegradable en agua en la reproducción de *daphnia magna*. *The Biologist*, 8(1), 43-53.

Cirelli, A. F. (2012). *El agua: Un recurso esencial*. 25.

Congreso de la Republica. (2010). *Ley de los Recursos Hídricos: Ley N° 29338*. ANA web -

Autoridad Nacional del Agua. <http://www.ana.gob.pe/publicaciones/ley-no-29338-ley-de-recursos-hidricos>

- Delgado Rodriguez, N. G. (2022). Impacto ecotoxicológico del plaguicida clorpirifos en bioensayos con tres organismos acuáticos no destinatarios, Lemna Minor, Daphnia Magna y Poecilia Reticulata. Arequipa—2022. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/15164>
- Devezé Murillo, P., Reta Mendiola, J. L., & Sánchez Luna, B. (2004). Cultivo de *Poecilia reticulata* (Pisces:Poecilidae) en cuerpos de agua tropicales,Veracruz,México. *Revista de Biología Tropical*, 52(4), 951-958.
- Dirbaba, N., Yan, X., Wu, H., Colebrooke, L., & Wang, J. (2018). Occurrences and Ecotoxicological Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Sediments from Awash River Basin, Ethiopia. *Water*, 10(5), 535. <https://doi.org/10.3390/w10050535>
- El Medio Ambiente en México 2013-2014*. (2012). Secretaria de medio ambiente y recursos naturales. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_2_1.html
- Expósito, N., Carafa, R., Kumar, V., Sierra, J., Schuhmacher, M., & Giménez Papiol, G. (2021). Rendimiento de *Chlorella vulgaris* expuesta a mezclas de metales pesados: Vinculación de los puntos finales medidos y los mecanismos—PubMed. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1-19.
- Fakhri, Y., Mohseni-Bandpei, A., Oliveri Conti, G., Ferrante, M., Cristaldi, A., Jeihooni, A. K., Karimi Dehkordi, M., Alinejad, A., Rasoulzadeh, H., Mohseni, S. M., Sarkhosh, M., Keramati, H., Moradi, B., Amanidaz, N., & Baninameh, Z. (2018). Systematic review and health risk assessment of arsenic and lead in the fished shrimps from the Persian gulf. *Food and Chemical Toxicology*, 113, 278-286. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.01.046>
- Ferreira, S. A., Loreto, J. S., dos Santos, M. M., & Barbosa, N. V. (2022). Environmentally relevant manganese concentrations evoke anxiety phenotypes in adult zebrafish. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 93, 103870. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2022.103870>
- Gaevaya, E., Tarasova, S., & Bytsko, A. (2019). The Environmental Impact of Drilling Sludge and Ways of Their Utilization. *Journal of Ecological Engineering*, Vol. 20(nr 7).
<https://doi.org/10.12911/22998993/109764>
- Gao, L., Wang, Z., Li, S., & Chen, J. (2018). Bioavailability and toxicity of trace metals (Cd, Cr, Cu,

- Ni, and Zn) in sediment cores from the Shima River, South China. *Chemosphere*, 192, 31-42.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.110>
- Gholizadeh, M., & Patimar, R. (2018). Ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments from the Gorgan Bay, Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 137, 662-667.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.009>
- Graca, M. A., Wantzen, K. M., de Mello, F. T., Callisto, M., & Rodríguez-Olarte, D. (2025). An agenda for conservation of South American rivers. In *Rivers of South America* (pp. 985-1003). Elsevier.
- Guerrero, S. E. P., Benítez, R. B., Villa, R. A. S., & Corredor, J. A. G. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), Article 27. <https://doi.org/10.31908/19098367.1734>
- Guzmán Machaca, A. K. (2014). *DETERMINACIÓN DE HIERRO EN AGUAS DEL SECTOR SUR DEL LAGO TITICACA (PARTE DEL SISTEMA TDPS) MEDIANTE LA FORMACIÓN DE COMPLEJO, UTILIZANDO LA TÉCNICA ESPECTROFOTOMÉTRICA* [Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10782/EG-1416-Guzman%20Machaca%2C%20Ana%20Karem.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hidalgo, R. T. (2014). La exposición al aluminio y su relación con el ambiente y la salud. *Tecnogestión: Una mirada al ambiente*, 9(1), Article 1.
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tecges/article/view/5646>
- Hurtado de Barrera, J. (2010). *Metodología de Investigación*. <https://docer.com.ar/doc/x1vvnv1>
- Iannacone, J., Onofre, R., & Huanqui, O. (2007). Efectos ecotoxicológicos del cartap sobre poecilia reticulata "guppy" (poeciliidae) y paracheirodon innesi "neon tetra" (characidae). *Gayana (Concepción)*, 71(2). <https://doi.org/10.4067/S0717-65382007000200005>
- Incahuanaco Quispe, V. (2018). Identificación de puntos críticos por contaminación de metales tóxicos (Cadmio, Mercurio, Plomo y Arsénico) mediante análisis de sedimentos superficiales de la Subcuenca del Río Crucero, Cuenca Azángaro – Puno, 2018. *Universidad Peruana Unión*. <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/1806>
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. (2020). *Inspección geológica y evaluación*

de daños de los distritos de Paucarpata, Socabaya, Jacobo Hunter, Cerro Colorado y Yanahuara, afectados por huaicos del 23 al 25 de febrero del 2020. Región y provincia de Arequipa.

Isla Villena, C. (2019). *Evaluación ecotoxicológica de efluentes agroindustriales en el distrito de Socabaya, mediante bioensayos con Pseudokirchneriella subcapitata (Chlorophyta) y Daphnia magna (pulga de agua) Arequipa, 2018 (D:PROYECTO DE TESIS TESIS ECOTOXICOLOGIA) [Pregrado].* Universidad Nacional de San Agustín.

ISO. (2007). *ISO 24510:2007(es)*. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:24510:ed-1:v1:es>

Lenntech B.V. (2020). *Litio (Li) y agua*. <https://www.lenntech.es/litio-y-agua.htm>

Li, H., Chai, L., Yang, Z., Liao, Q., Liu, Y., & Ouyang, B. (2019). Seasonal and spatial contamination statuses and ecological risk of sediment cores highly contaminated by heavy metals and metalloids in the Xiangjiang River. *Environmental Geochemistry and Health*, 41(3), 1617-1633. <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00245-2>

Lino Riva, T. F. (2021). Determinación del índice de calidad de agua de las principales bahías del lago Titicaca lado Peruano—Puno en el periodo 2015-2020. *Universidad Católica de Santa María*. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11535>

Meoño, J. F. L.-, Taranco, C. G., & Olivares, Y. M. (2016). *Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú*. 2(2), 18.

Mero, M., Pernía, B., Ramírez-Prado, N., Bravo, K., Ramírez, L., Larreta, E., Egas, F., Mero, M.,

Pernía, B., Ramírez-Prado, N., Bravo, K., Ramírez, L., Larreta, E., & Egas, F. (2019).

CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN AGUA, SEDIMENTOS, *Eichhornia crassipes* Y *Pomacea canaliculata* EN EL RÍO GUAYAS (ECUADOR) Y SUS AFLUENTES. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(3), 623-640.

<https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.03.09>

MINAGRI. (2013). *METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN EL PERU (ICA – PE)*.

http://observatoriochirilu.ana.gob.pe/sites/default/files/Archivos/propuesta_metodologia_ica-pe.pdf

MINAM. (2015, octubre 15). *Ley N° 28611 Ley General del Ambiente*. MINAM.

<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>

MINAM. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Ministerio del Ambiente.

<https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-015-2015-minam/>

Minhas, P. S., Saha, J. K., Dotaniya, M. L., Sarkar, A., & Saha, M. (2022). Wastewater irrigation in India: Current status, impacts and response options. *Science of the Total Environment*, 808, 152001.)

Moiseenko, T. I., Gashkina, N. A., Sharova, Yu. N., & Kudryavtseva, L. P. (2008). Ecotoxicological assessment of water quality and ecosystem health: A case study of the Volga River.

Ecotoxicology and Environmental Safety, 71(3), 837-850.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.02.025>

Monjarás Mendoza, K. N. (2021). *Modelamiento de la calidad del agua superficial en la cuenca Quilca-Chili en el periodo 2016-2021*.

Moore, J. W., & Ramamoorthy, S. (1983). *Heavy Metals in Natural Waters: Applied Monitoring and Impact Assessment*. Springer Science & Business Media.

Municipalidad distrital de Socabaya. (2009). *Plan estratégico de desarrollo concertado del distrito de Socabaya*. Arequipa,.

Muñoz Camacho, E., & de la Fuente, M. del M. (2010). *Toxicidad del boro en las plantas*.

Universidad de A Coruña.

<https://www.uma.es/estudios/centros/Ciencias/publicaciones/encuentros/encuentros82/boro.htm>

Núñez, M., & Hurtado, J. (2005). Bioensayos de toxicidad aguda utilizando *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Daphniidae) desarrollada en medio de cultivo modificado. *Revista Peruana de Biología*, 12(1), 165-170.

Oberholster, P. J., Botha, A.-M., Hill, L., & Strydom, W. F. (2017). River catchment responses to anthropogenic acidification in relationship with sewage effluent: An ecotoxicology screening application. *Chemosphere*, 189, 407-417. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.09.084>

- OEFA. (2013). Evaluación ambiental de la calidad de agua de la zona de influencia de las actividades hidroeléctricas y mineras en los ríos Tulumayo, Tarma y Chanchamayo. *Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA*.
<http://repositorio.oefa.gob.pe//handle/20.500.12788/1267>
- ONU. (2015). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible – Desarrollo Sostenible*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Ordoñez Machicao, N. (2020). *Análisis de la calidad del agua en el río chili (distritos de Tiabaya y Uchumayo) antes y después de la puesta en marcha y operación de la planta de tratamiento de agua residuales “La Enlozada” aplicando un modelo matemático* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/11135>
- Palao Mamani, Y. (2017). Bioensayos de ecotoxicidad aguda de las aguas residuales de la ciudad de Puno sobre *Hyalella cuprea* (ANPHÍPODA: HYALELLIDAE) cultivada en laboratorio. *Universidad Nacional del Altiplano*. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4063>
- Picone, M., Distefano, G. G., Marchetto, D., Russo, M., Vecchiato, M., Gambaro, A., Barbante, C., & Ghirardini, A. V. (2021). Fragrance materials (FMs) affect the larval development of the copepod *Acartia tonsa*: An emerging issue for marine ecosystems. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 215, 112146. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112146>
- Pinto Paredes, M. A. (2018). *Calidad de agua superficial en el río Chili – en los sectores de Sachaca, Jacobo Hunter, Tiabaya y Uchumayo para uso de riego de vegetales y bebida de animales en la provincia de Arequipa (D:PROYECTO DE TESIS TESIS ECOTOXICOLOGIA)* [Pregrado]. Universidad Nacional de San Agustín.
- Queiroz, L. G., Silva, F. T. da, Paiva, T. C. B. de, Queiroz, L. G., Silva, F. T. da, & Paiva, T. C. B. de. (2017). Caracterização estacional das variáveis físicas, químicas, biológicas e ecotoxicológicas em um trecho do Rio Paraíba do Sul, SP, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, 12(2), 238-248. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1949>
- Quispe, J. (2016). Estudio de niveles de Pb (II) y Cd (II) en macroalgas marinas del litoral arequipeño, como propuesta de bioindicador marino, Arequipa -2015. *Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica – Concytec*.

<http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/108>

- Ramos F., C., & Saldivar C, G. (2022). *Análisis de riesgo frente a máximas avenidas con el uso del producto grillado pisco PD en las quebradas Polanco, San Lázaro, Miraflores y Mariano Melgar en la provincia de Arequipa*. Universidad Católica de Santa María.
- Robles Machaca, A. R. (2021). Diagnóstico de la calidad del agua de los principales ríos de la cuenca hidrográfica Pucara mediante el cálculo del índice de calidad de agua (ICA-PE) para el período (2012-2020) y propuesta de medidas de manejo ambiental. *Universidad Católica de Santa María*. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11307>
- 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>
- Ronco, A., Díaz Báez, M. C., & Pica Granados, Y. (2004). *Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas*. <https://www.idrc.ca/sites/default/files/openebooks/147-7/index.html>
- Rondón, I. S., Ramírez, W. F., & Eslava, P. R. (2007). *Evaluación de los efectos tóxicos y concentración letal 50 del surfactante Cosmoflux 411F sobre juveniles de cachama blanca (Piaractus brachypomus)*. 20, 431-446.
- Rudolph, A., Medina, P., Novoa, V., Ahumada, R., & Cortés, I. (2010). Calidad ecotoxicológica de sedimentos en sectores del mar interior de Chiloé, campaña Cimar 12 fiordos. *Revista Ciencia y Tecnología del Mar*, 33(1), 17-29.
- Saldaña, P., Tejada, A., Gómez, M., & López, R. (2005). *Importancia de incluir análisis de toxicidad en descargas industriales y municipales que afectan a los cuerpos receptores*.
- Sánchez Gonzales, M. (2019). Evaluación de la toxicidad y riesgo ambiental por dos contaminantes emergentes, diclofenaco e ibuprofeno, en organismos bioindicadores del ecosistema dulceacuícola: *Daphnia Magna* (pulga de agua), *Lemna gibba* (lenteja de agua) y *Paracheirodon Innesi* (pez tetra neón), para la estimación de estándares de calidad ambiental.

- Universidad Científica del Sur*. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/870>
- Sharma, S. K. (2014). *Heavy metals in water: Presence, removal and safety*. Royal Society of Chemistry.
- https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=e2ooDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR13&dq=heavy+metals+in+water&ots=z4pf97_hob&sig=1SLZdYqNv6V0sonsk7N0be_BR8g#v=onepage&q=heavy%20metals%20in%20water&f=false
- Singh, A. (2021). A review of wastewater irrigation: Environmental implications. *Resources, Conservation and Recycling*, 168, 105454.)
- Silbergeld, E. K. (2010). *Toxicologia*.
- <https://www.insst.es/documents/94886/161958/Cap%C3%ADtulo+33.+Toxicolog%C3%ADa>
- Sucapuca Leque, R. K. (2022). *Evaluación de la calidad del agua del río Crucero, aplicando el ICA-PE y CCME-WQI en proximidades de la zona urbana del distrito de Crucero, Carabaya, Puno (Perú)*. <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/5313>
- Swistock, B. R., & Sharpe, W. E. (2023, enero 10). *Hierro y Manganeso en Sistemas de Agua Privados*. Universidad del Estado de Pensilvania. <https://extension.psu.edu/hierro-y-manganeso-en-sistemas-de-agua-privados>
- Szara, M., Baran, A., Klimkiewicz-Pawlas, A., & Tarnawski, M. (2020). Ecotoxicological characteristics and ecological risk assessment of trace elements in the bottom sediments of the Rożnów reservoir (Poland). *Ecotoxicology*, 29(1), 45-57. <https://doi.org/10.1007/s10646-019-02137-8>
- Tejada, K. (2022). *Ecotoxicidad aguda y riesgo ambiental del agua residual del proceso completo de curtido de pieles empleando bioindicadores acuáticos*. Universidad Nacional de San Agustín.
- Temara, A., Carr, G., Webb, S., & Feijtel. (2001). *Marine risk assessment: Linear alkylbenzene sulfonates (LAS) in the North Sea*. 8, 635-642.
- Uc-Peraza, R. G., & Delgado-Blas, V. H. (2012). Determinación de la concentración letal media (CL50) de cuatro detergentes domésticos biodegradables en *Laeonereis culveri* (Webster 1879) (Polychaeta: Annelida). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28(2), 137-144.

UDEP. (2012). *Sedimentos*. Universidad de Piura.

http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1_132_183_85_1201.pdf

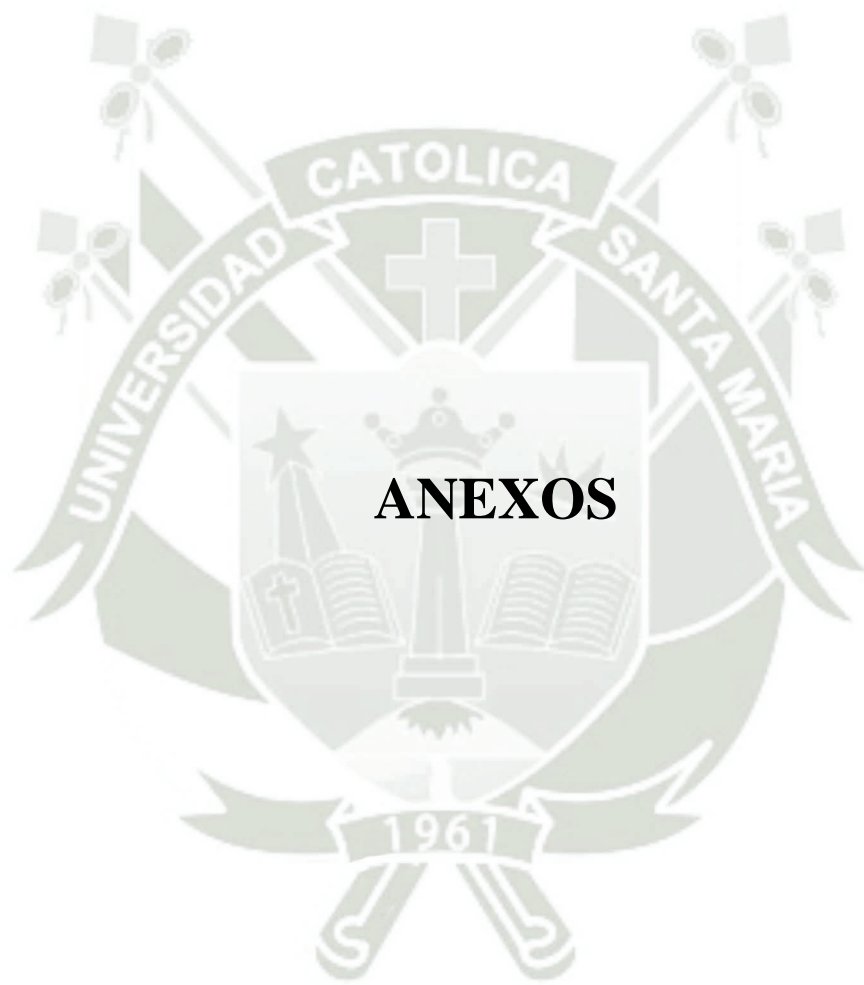
Ustaoğlu, F., & Islam, Md. S. (2020). Potential toxic elements in sediment of some rivers at Giresun, Northeast Turkey: A preliminary assessment for ecotoxicological status and health risk.

Ecological Indicators, 113, 106237. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106237>

Valera Quiroz, M. (2017). *Toxicidad del fungicida Kresoxim—Metil sobre siete bioindicadores de calidad ambiental* (D:PROYECTO DE TESIS TESIS ECOTOXICOLOGIA) [Tesis pre grado]. Universidad Ricardo Palma.

Wang, C., Wang, Y., Mo, Z., & Wang, Z. (2003). Examen ecotoxicológico de extractos de sedimentos del río Huaihe, China mediante bioensayos in vitro | SpringerLink. *Bull Environ Contam Toxicol*, 71, 782-790.

Yahaya, S. M., Mahmud, A. A., & Abdu, N. (2023). The use of wastewater for irrigation: Pros and cons for human health in developing countries. *Total Environment Research Themes*, 6, 100044.,



Anexo I
Resultado de Laboratorio- Temporada Seca



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



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4788

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
2.-DIRECCIÓN : NRO. SAN 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



Gabby 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



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-4788

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Aniones ²	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) ²	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 ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants, Anionic Surfactants as MBAS
Metales Totales ²	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 ²	EPA Method 8061B, Rev. 2, Febrero 2007	Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography
Pesticidas Organofosforados ²	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018	Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS)

¹⁾ EPA - U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

²⁾ SMEWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

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

²⁾ 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-0227364	E-0227364	E-0229253	E-0229253			
UTM WGS 84:	N-0103148	N-0103148	N-0100360	N-0100360			
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			
Coliformas Totales (NMP) ¹	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	+0,0	+2,0
Demanda Química de Oxígeno (*)	ODD as mg O2/L	2,0	5,0	223,4	1 831,3	360,5	463,4
Delegentes (*)	(mg MSAG/L)	0,010	0,025	+0,025	+0,025	+0,025	+0,025
Aniones ²							
Nitrato	mg/L	0,02	0,05	6,74	0,46	2,17	0,66
Nitró	mg/L	0,02	0,05	0,51	0,09	0,18	0,14
Metasles Totales ²							
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
Aránico	mg/L	0,0002	0,0010	0,0200	0,0224	0,0134	0,0082
Bario	mg/L	0,0001	0,0003	0,0364	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	0,1674	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
Carbo	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

¹ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² 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-21-4788

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-0227364	E-0227364	E-0228253	E-0228253			
UTM WGS 84:	N-0103148	N-0103148	N-0100360	N-0100360			
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			
Cobalto	mg/L	0,0001	0,0002	0,0128	0,0216	0,0094	0,0033
Cromo	mg/L	0,0001	0,0003	0,0026	0,0091	0,0038	0,0018
Estaño	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Estroncio	mg/L	0,00002	0,00005	0,17334	0,18070	0,13832	0,10898
Fosforo	mg/L	0,002	0,006	0,871	1,293	0,449	0,103
Hierro	mg/L	0,001	0,002	1,090	2,090	1,773	0,305
Litio	mg/L	0,00003	0,00010	0,03441	0,03890	0,03328	0,02015
Magnesio	mg/L	0,0008	0,0020	8,3637	8,8370	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	32,4859	15,5798	14,2682
Talio	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004

² 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 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:0103148	N:0103148	N:0100300	N:0100300
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			
Tiario	mg/L	0,0003	0,0010	0,0054	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	0,0394	0,0396	0,0374	0,0344
Zinc	mg/L	0,0001	0,0002	0,0105	0,0200	0,0011	0,0137
Pesticidas							
Organoclorados							
4,4'-DDT	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
4,4'-DDD	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
4,4'-DDE	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Aldrin	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Afla BHC	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Defta BHC	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Cis-Clordano	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Clordano (Total de isómeros)	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
DDT (Suma de 4,4-DDD y 4,4-DDE)	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Defta BHC	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Dieldrin	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Endosulfen I	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Endosulfen II	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010

² 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 - 098



Registro N° LE - 098

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:0103148	N:0103148	N:0103300	N:0103300			
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			
Endosulfén Sulfato	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Endrín	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Endrín Aldehído	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Endrín cetona	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Heptacloro	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Heptacloro epóxido	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Lindano	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Metolclor	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Trans-Clordano	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Pesticidas Organofosforados							
Malatión	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

² 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



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-5043

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZÓN SOCIAL : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
2.-DIRECCIÓN : NRO. 519 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 CUENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2021-08-08

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 2021-08-08

Gabry 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 ²	MVAL-LAB-36 (Validado fuera del Alcanoe)	EPA METHOD 300.0 REV.2.1, 1993, Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography (Validado fuera del Alcanoe)
Coliformes Totales (NMP) ²	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 ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Metales Totales ²	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 ²	EPA Method 8061B, Rev. 2, Febrero 2007	Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography
Pesticidas Organofosforados ²	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018	Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS)

¹EPA[®]: U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

²SMEWW[®]: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

¹ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-5043

IV. RESULTADOS

ITEM	1		2		
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-17948		M-21-17948		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	S-Q		S-R		
COORDENADAS:	E:0228028		E:0224864		
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) ¹	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
Aniones ²					
Nitrato	mg/L	0,02	0,05	32,11	37,81
Nitró	mg/L	0,02	0,05	0,96	0,44
Metales Totales ²					
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	3,9965	0,9982
Cadmio	mg/L	0,0001	0,0002	+0,0002	+0,0002
Calcio	mg/L	0,001	0,004	101,886	53,852
Ceño	mg/L	0,003	0,010	+0,010	+0,010
Cobalto	mg/L	0,0005	0,0020	+0,0020	+0,0020

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

²) Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "N/A" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "N/A" Menor que el L.D.M.

"N/A": 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-21-17948		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	S-Q		S-R		
COORDENADAS:	E-0224028		E-0224064		
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	0,0018
Estroncio	mg/L	0,00002	0,00005	1,32817	0,85170
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	55,6189	24,1305
Manganeso	mg/L	0,00002	0,00005	<0,00005	<0,00005
Mercurio	mg/L	0,000003	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	0,0006	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	61,3901
Talio	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004
Titanio	mg/L	0,0003	0,0010	0,1171	0,0308

² 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-21-5043

ITEM				1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-17948	M-21-17948
CÓDIGO DEL CLIENTE:				S-Q	S-R
COORDENADAS:				E:02245028	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.O.M.	RESULTADOS	
Toto	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003
Urato	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	0,0011
Vanado	mg/L	0,0001	0,0003	0,0045	0,0075
Zinc	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	0,0477
Pesticidas					
Organoclorados					
4,4'-DDT	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010
4,4'-DDD	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010
4,4'-DDE	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010
Aldrin	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010
Alfa BHC	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010
Beta BHC	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010
Gamma BHC	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010
Clordano (Total de isómeros)	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010
DDT(Suma de 4,4-DDD y 4,4-DDE)	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010
Delta BHC	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010
Dieldrin	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010
Endosulfen I	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010
Endosulfen II	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010
Endosulfen Sulfato	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010

² 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-21-5043

ITEM	1		2		
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-17948		M-21-17948		
CÓDIGO DEL CLIENTE:	S-Q		S-R		
COORDENADAS:	E:0224564		E:0224564		
UTM WGS 84:	N:8179018		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	
Endrín	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010
Endrín Aldehído	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010
Endrín oxona	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010
Heptacloro	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010
Heptacloro + Heptacloro Epoído	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010
Heptacloro epóido	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010
Lindano	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010
Meloxiclor	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010
Trans-Clordano	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010
Pesticidas Organofosforados					
Malatión	mg/L	0,000001	0,000002	+0,000002	+0,000002
Paratión	mg/L	0,000001	0,000002	+0,000002	+0,000002

² Ensayo acreditado por el IAS

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

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

"N": 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-21-4868

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
2.-DIRECCIÓN : NRO. SIN URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
3.-PROYECTO : EVALUACION DE RIESGO AMBIENTAL POR VERTIMIENTOS NO AUTORIZADOS 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 : 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2021-05-17
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2021-05-17 al 2021-06-04

Galby 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-21-4868

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Aniones ²	MVAL-LAB-06 (Validado fuera del Alcance)	EPA METHOD 300.0 REV.2.1, 1993, Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography (Validado fuera del Alcance)
Coliformas Totales (NMP) ²	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 ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Metales Totales ²	EPA Method 300.8 Rev. 5.4 1994	Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry
Pesticidas Organoclorados-Aguas-Rev.1 ²	EPA Method 8061B, Rev. 2, Febrero 2007	Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography
Pesticidas Organofosforados ²	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2018	Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS)

¹⁾ "EPA" : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

²⁾ "SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

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

²⁾ 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-21-4868

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-17336
CÓDIGO DEL CLIENTE:				P-R-E
COORDENADAS:				E:0227394
UTM WGS 84:				N:8188368
PRODUCTO:				Agua Natural
SUB PRODUCTO:				Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				15-05-2021 10:45
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Coliformes Totales (NMP) ¹	NMP/100mL	NA	1,8	130,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	<2,0
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	11,3
Detergentes (*)	(mg MBAG/L)	0,010	0,025	<0,025
Aniones ²				
Nitrato	mg/L	0,02	0,05	21,89
Nitrato	mg/L	0,02	0,05	0,19
Metales Totales ²				
Aluminio	mg/L	0,001	0,003	<0,003
Antimonio	mg/L	0,001	0,002	<0,002
Arsénico	mg/L	0,0002	0,0010	0,0195
Bario	mg/L	0,0001	0,0003	0,0410
Berilio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Bismuto	mg/L	0,003	0,010	<0,010
Cromo	mg/L	0,0003	0,0010	0,3976
Cadmio	mg/L	0,0001	0,0002	24,0576
Calcio	mg/L	0,001	0,004	<0,004
Cerio	mg/L	0,003	0,010	<0,010
Cobalto	mg/L	0,0005	0,0020	<0,0020

¹ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² 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-21-4868

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-17336
CÓDIGO DEL CLIENTE:				P-R-E
COORDENADAS:				E:0227394
UTM WGS 84:				N:8158368
PRODUCTO:				Agua Natural
SUB PRODUCTO:				Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				15-05-2021 10:45
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Cobre	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002
Cromo	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Estaño	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Estroncio	mg/L	0,00002	0,00005	0,27033
Fosforo	mg/L	0,002	0,006	0,171
Hierro	mg/L	0,001	0,002	<0,002
Litio	mg/L	0,00003	0,00010	6,56031
Magnesio	mg/L	0,0006	0,0020	0,0478
Manganeso	mg/L	0,00002	0,00005	15,91538
Mercurio	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000100
Molibdano	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Niquel	mg/L	0,0001	0,0004	0,0026
Plata	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Plomo	mg/L	0,0006	0,0025	0,0037
Potasio	mg/L	0,003	0,010	<0,010
Selenio	mg/L	0,001	0,002	<0,002
Silicio	mg/L	0,0002	0,0007	<0,0007
Sodio	mg/L	0,0003	0,0010	46,4550
Talio	mg/L	0,0001	0,0004	0,0051

7 Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *N* Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *N* Menor que el L.D.M.

N: 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-21-4868

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-17305
CÓDIGO DEL CLIENTE:				P-R-E
COORDENADAS:				E:0227384
UTM VIGES 84:				N:8188368
PRODUCTO:				Agua Natural
SUB PRODUCTO:				Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				15-05-2021 10:45
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Titanio	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Torio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Uranio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Vanadio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Zinc	mg/L	0,0001	0,0002	0,0006
Pesticidas Organoclorados				
4,4'-DDE	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
4,4'-DDD	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
4,4'-DDE	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Aldrin	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Alfa BHC	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Beta BHC	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Cis-Clordano	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Clordano (Total de isómeros)	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
DDT(Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Delta BHC	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Dieldrin	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Endosulfen I	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Endosulfen II	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010

¹ Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *N* Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *N* Menor que el L.D.M.

N: 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-21-4868

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-17335
CÓDIGO DEL CLIENTE:				P-S-E
COORDENADAS:				E:0227394
UTM WGS 84:				N:8182368
PRODUCTO:				Agua Natural
SUB PRODUCTO:				Superficial (Río)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				15-05-2021 10:45
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.O.M.	RESULTADOS
Endosulfan Sulfato	mg/L	0,0000003	0,0000010	+0,0000010
Endrín	mg/L	0,0000003	0,0000010	+0,0000010
Endrín Aldehído	mg/L	0,0000003	0,0000010	+0,0000010
Endrín cetona	mg/L	0,0000003	0,0000010	+0,0000010
Heptacloro	mg/L	0,0000003	0,0000010	+0,0000010
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000003	0,0000010	+0,0000010
Heptacloro apóxido	mg/L	0,0000003	0,0000010	+0,0000010
Lindano	mg/L	0,0000003	0,0000010	+0,0000010
Metoxiclor	mg/L	0,0000003	0,0000010	+0,0000010
Trans-Clordano	mg/L	0,0000003	0,0000010	+0,0000010
Pesticidas Organofosforados¹				
Malatión	mg/L	0,000001	0,000002	+0,000002
Paraatión	mg/L	0,000001	0,000002	+0,000002

¹ Ensayo acreditado por el IAS

L.O.M.: Límite de cuantificación del método, "x" Menor que el L.O.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "x" 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



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-5105

I. DATOS DEL SERVICIO

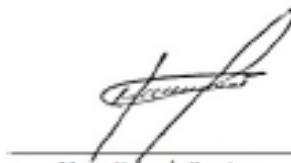
1.-RAZÓN SOCIAL	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
2.-DIRECCIÓN	: NRO. SAN URB. SAN JOSE (UMACOLLO) AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA
3.-PROYECTO	: EVALUACION DE RIESGO AMBIENTAL POR VERTIMIENTO NO AUTORIZADO DEL ESTADO
4.-PROCEDENCIA	: NO INDICA
5.-SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000002130-2021-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-06-11

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-05-22
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-05-22 al 2021-06-11



Galby 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-21-5105

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Aniones ¹	MVAL-LAS-36 (Validado fuera del Alcanca)	EPA METHOD 300.0 REV.2.1, 1993, Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography (Validado fuera del Alcanca)
Coliformes Totales (NMP) ²	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 ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes ¹	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Metales Totales ²	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 ²	EPA Method 8061B, Rev. 2, Febrero 2007	Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography
Pesticidas Organofosforados ²	EPA Method 8270 E, Rev 6, Junio 2013	Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS)

¹EPA¹: U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

²SMEWW²: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

¹ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-5105

IV. RESULTADOS

ITEM	1			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-18282			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	S-E			
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:	22-05-2021 10:50			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.O.M.	RESULTADOS
Coliformes Totales (NMP) ¹	NMP/100mL	NA	1,8	7 900,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD ₅ /L	0,4	2,0	<2,0
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O ₂ /L)	2,0	5,0	<5,0
Detergentes (*)	(mg MBAS/L)	0,010	0,025	<0,025
Aniones ²				
Nitrato	mg/L	0,02	0,05	15,80
Nitrito	mg/L	0,02	0,05	1,05
Metales Totales ³				
Aluminio	mg/L	0,001	0,003	0,649
Antimonio	mg/L	0,001	0,002	<0,002
Arsénico	mg/L	0,0002	0,0010	0,0427
Bario	mg/L	0,0001	0,0003	0,0839
Berilio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Bismuto	mg/L	0,003	0,010	<0,010
Boro	mg/L	0,0003	0,0010	0,8103
Cadmio	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002
Calcio	mg/L	0,001	0,004	46,752
Ceño	mg/L	0,003	0,010	<0,010
Cobalto	mg/L	0,0005	0,0020	<0,0020

¹ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

² Ensayo acreditado por el IAS

L.O.M.: Límite de cuantificación del método, *(*) Menor que el L.O.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-21-5105

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-10202
CÓDIGO DEL CLIENTE:				S-E
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:				23-05-2021 10:50
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.O.M.	RESULTADOS
Cobre	mg/L	0,0001	0,0002	0,0037
Cromo	mg/L	0,0001	0,0003	0,0031
Estaño	mg/L	0,0003	0,0010	+0,0010
Estroncio	mg/L	0,00002	0,00005	0,46998
Fosforo	mg/L	0,002	0,006	0,272
Hierro	mg/L	0,001	0,002	0,475
Litio	mg/L	0,00003	0,00010	0,09510
Magnesio	mg/L	0,0006	0,0020	25,3705
Manganeso	mg/L	0,00002	0,00005	0,30641
Mercurio	mg/L	0,000033	0,000100	+0,000100
Molibdeno	mg/L	0,0003	0,0010	0,0024
Niquel	mg/L	0,0001	0,0004	0,0073
Plata	mg/L	0,0003	0,0010	+0,0010
Plomo	mg/L	0,0008	0,0025	0,0452
Potasio	mg/L	0,003	0,010	12,484
Selenio	mg/L	0,001	0,002	0,003
Sodio	mg/L	0,0003	0,0010	71,7847
Talio	mg/L	0,0001	0,0004	+0,0004
Titanio	mg/L	0,0003	0,0010	0,0528

² Ensayo acreditado por el IAS

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

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

"N": 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-21-5105

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-18282
CÓDIGO DEL CLIENTE:				S-E
COORDENADAS:				NO APLICA
UTM WGS 84:				NO APLICA
PRODUCTO:				Agua Natural
SUB PRODUCTO:				Superficial (Rio)
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				22-05-2021 10:50
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.O.M.	RESULTADOS
Toto	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Uranio	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Vanadio	mg/L	0,0001	0,0003	0,0642
Zinc	mg/L	0,0001	0,0002	0,0358
Pesticidas				
Organoclorados-Agua-Rev.1¹				
4,4'-DDT	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
4,4'-DDD	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
4,4'-DDE	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Aldrin	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Alfa BHC	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Beta BHC	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Gamma BHC	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Cloridano	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Cloridano (Total de isómeros)	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
DDT(Suma de 4,4-DDD y 4,4-DDE)	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Delta BHC	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Dieldrin	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Endosulfan I	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Endosulfan II	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Endosulfan Sulfato	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010

¹ Ensayo acreditado por el IAS

L.O.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.O.M.

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

NA: 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-21-5105

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-18282
CÓDIGO DEL CLIENTE:				S-E
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:				22-05-2021 10:50
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Endrín	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Endrín Aldehído	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Endrín cetona	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Heptacloro	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Heptacloro + Heptacloro Epidrido	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Heptacloro epidrido	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Lindano	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Metolclor	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Trans-Clordano	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010
Pesticidas Organofosforados *				
Malatión	mg/L	0,000001	0,000002	<0,000002
Paratión	mg/L	0,000001	0,000002	<0,000002

* 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 de Laboratorio en Temporada Seca



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACION INACAL-DA
CON 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. SAN 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	: 2021-11-08

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 2021-11-08

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

Marleni V. Rivera Castronovo
Supervisora de Laboratorio de
Microbiología e Hidrobiología
CSP N° 16630



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,
Belavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0758
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

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

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

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

Pág 1 de 5

www.alab.com.pe



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



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13064

N° Id.: 000038079

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Coliformos Totales (NMP) ²	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2021 B, 24th Ed. 2023.	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Demanda Bioquímica de Oxígeno ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023.	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 24th Ed. 2023.	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS.
Aniones ²	EPA 300.0 Rev. 2.1, 1993, VALIDATED (Applied out of reach), 2019.	Determination of Inorganic anions by Ion chromatography
Pesticidas Organoclorados ²	EPA Method 8081 B, Rev 2. 2007.	Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography.
Metales Totales ICP-MS ²	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 ²	EPA Method 8270E / Rev.6 2018.	Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography /Mass Spectrometry.

¹⁾EPA¹⁾: U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

²⁾SMEWW²⁾: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

³⁾APHA³⁾: American Public Health Association

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

²⁾ Ensayo acreditado por el IAS

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chelaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 877 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 857 111 579 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 852 648 642 / 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 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.: 0000330079

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-8180368	N-8180368			
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) *	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
Aniones							
Nitrato *	mg/L	0,02	0,05	0,69	0,55	+0,02	0,70
Nitrato *	mg/L	0,02	0,05	0,61	0,06	+0,02	0,06
Pesticidas Organoclorados							
4,4'-DDT *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010
4,4'-DDD *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010
4,4'-DDE *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010
Aldrin *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010
Aldrin + Dieldrin *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010
Alfa BHC *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010
Beta BHC *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010
Cis-Clordano *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010
Clordano (Total de isómeros) *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010
DDT(Suma de 4,4-DDD y 4,4-DDE) *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010
Delta BHC *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010
Dieldrin *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010
Endosulfen I *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010
Endosulfen II *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010
Endosulfen Sulfato *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010
Endrin *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010
Endrin Aldehído *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010	+0,000010

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

* Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "x"/"y" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "x"/"y" Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chelaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Tel.: (+01) 713 0756
Cel.: 877 516 676 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Tel.: (+01) 713 0836
Cel.: 837 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Tel.: (+054) 616 843
Cel.: 832 646 642 / 940 598 572

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

Pág 3 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.: 0000030079

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-8183368	N-8183368			
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.O.M.	RESULTADOS			
Endrén catiónico *	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 Époxido *	mg/L	0,0000003	0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010	<0,0000010
Heptacloro époxido *	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
Meloxiclor *	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
Metales Totales ICP-MS							
Aluminio *	mg/L	0,001	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Antimonio *	mg/L	0,0006	0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020
Arsénico *	mg/L	0,0002	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Bario *	mg/L	0,00006	0,00030	<0,00030	<0,00030	<0,00030	0,03963
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	0,2850	0,3245	0,3452	0,2490
Cadmio *	mg/L	0,00010	0,00020	<0,00020	<0,00020	<0,00020	<0,00020
Calcio *	mg/L	0,001	0,004	20,947	32,483	23,455	24,790
Ceño *	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
Cobre *	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cromo *	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Estañio *	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Estroncio *	mg/L	0,00002	0,00005	0,23044	0,24962	0,21363	0,21700
Fosforo *	mg/L	0,002	0,006	0,771	2,059	0,065	0,229

* Ensayo acreditado por el IAS

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

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

NA: No Aplica

SEDE PRINCIPAL
Av. Guarcía Cholsca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 510 670 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0836
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,
Castillo - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 4 de 5



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



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13966

N° I.E.: 0000038901

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZÓN SOCIAL : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
2.-DIRECCIÓN : NRO. SAN 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° : 0000005224-2021-0001
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. Quipe Quipe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662

Marieni 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.: 977 016 675 / 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) 618 843
Cel.: 832 646 642 / 940 598 572

📍 SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castillo - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 819 470 133 / 940 598 572

Pág. 1 de 10



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



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13966

N° M.: 0000039801

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Totales (NMP) ²	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 Biológica de Oxígeno ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. 2023.	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 24th Ed. 2023.	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS.
Aniones ²	EPA 300.0 Rev. 2.1, 1993, VALIDATED (Applied out of reach), 2019.	Determination of Inorganic anions by Ion chromatography
Pesticidas Organoclorados ²	EPA Method 8081 B, Rev 2, 2007.	Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography.
Metales Totales ICP-MS ²	Method 200.8, Revisión 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 ²	EPA Method 8270E / Rev 6 2018.	Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry.

¹⁾ "EPA": U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

²⁾ "SMEWW": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

³⁾ "APHA": American Public Health Association

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

²⁾ Ensayo acreditado por el IAS

📍 SEDE PRINCIPAL

Au. Guardia Chelaca N° 1877,
Balsavieta - Callao
Telf: (+01) 710 0758
Cel: 977 010 075 / 940 598 572

📍 SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Balsavieta - Callao
Telf: (+01) 710 0600
Cel: 937 111 379 / 940 598 572

📍 SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf: (+054) 818 049
Cel: 832 040 042 / 940 598 572

📍 SEDE PIURA

Lib. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Cañete - Piura
Telf: (+073) 548 305
Cel: 819 470 133 / 940 598 572

Pág 2 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° M.: 000003661

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			
Coliformas Totales (NMP) ¹	NMP/100mL	NA	1,8	49,0	2 300,0	70,0	350,0
Demanda Biológica 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
Aniones							
Bromato ²	mg/L	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bromuro ²	mg/L	0,02	0,05	0,19	0,16	0,18	0,13
Clorato ²	mg/L	0,12	0,30	<0,12	<0,12	<0,12	<0,12
Clorito ²	mg/L	0,06	0,20	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Cloruro ²	mg/L	0,4	1,0	72,6	73,3	74,5	39,6
Dicloroacetato ²	mg/L	0,01	0,02	<0,26	<0,26	<0,26	<0,26
Fluor ²	mg/L	0,06	0,20	0,39	0,36	0,37	0,18
Fluoruro ²	mg/L	0,06	0,20	0,39	0,36	0,37	0,18
Monocloroacetato ²	mg/L	0,1	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
N-Nitrato ²	mg/L	0,004	0,011	5,343	5,449	4,734	0,890
N-Nitró ²	mg/L	0,006	0,015	0,070	0,065	0,271	0,025
N-Nitró+N-Nitrato ²	mg/L	0,004	0,011	5,413	5,513	5,005	0,914
Nitrato ²	mg/L	0,02	0,05	23,66	24,13	20,97	3,94
Nitró ²	mg/L	0,02	0,05	0,23	0,21	0,89	0,06
Nitró+Nitrato ²	mg/L	0,02	0,05	23,89	24,34	21,86	4,02
P-Fosfato ²	mg/L	0,04	0,10	0,09	0,06	<0,04	<0,04
Sulfato ²	mg/L	0,2	0,5	131,7	131,5	134,2	53,8
Pesticidas Organoclorados							
4,4'-DDT ²	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
4,4'-DDD ²	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
4,4'-DDE ²	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Aldrin ²	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010

¹ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² 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.: 977 016 675 / 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) 618 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castillo - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 470 133 / 940 598 572

Pág 3 de 10



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



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13966

N° IE.: 0000009901

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.O.M.	L.D.M.	RESULTADOS			
Aldrin + Dieldrin *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
Atr BHC *	mg/L	0,000005	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
Beta BHC *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
Cis-Clordano *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
Clordano (Total de Isómeros) *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
DDT(Suma de 4,4-DDD y 4,4-DDD) *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
Delta BHC *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
Dieldrin *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
Endosulfan I *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
Endosulfan II *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
Endosulfan Sulfato *	mg/L	0,000005	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
Endrin *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
Endrin Alderido *	mg/L	0,000005	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
Endrin oxona *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
Heptacloro *	mg/L	0,000005	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
Heptacloro + Heptacloro Epóxido *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
Heptacloro epóxido *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
Lindano *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
Meloxiclor *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
Trans-Clordano *	mg/L	0,000003	0,000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010	+0,0000010
Metasles Totales ICP-MS							
Aluminio *	mg/L	0,001	0,003	+0,003	+0,003	+0,003	+0,003

* Ensayo acreditado por el IAS

L.O.M.: Límite de cuantificación del método, *v* Menor que al L.O.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *v* Menor que al L. D.M.

NA: No Aplica

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+51) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+51) 713 0536
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 0,
Arequipa
Telf.: (+054) 818 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA

Lib. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castillo - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 473 133 / 940 598 572

Pág. 4 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.: 0000030601

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.O.M.	RESULTADOS			
Antimonio ²	mg/L	0,0006	0,0020	+0,0020	+0,0020	+0,0020	+0,0020
Arsenico ²	mg/L	0,0002	0,0010	+0,0010	+0,0010	+0,0010	+0,0010
Bario ²	mg/L	0,00008	0,00030	0,05912	0,04622	0,06696	0,01809
Berilio ²	mg/L	0,0001	0,0003	+0,0003	+0,0003	+0,0003	+0,0003
Bismuto ²	mg/L	0,003	0,010	+0,010	+0,010	+0,010	+0,010
Boro ²	mg/L	0,0003	0,0010	0,5759	0,5777	0,6016	0,3963
Cadmio ²	mg/L	0,00010	0,00020	+0,00020	+0,00020	+0,00020	+0,00020
Calcio ²	mg/L	0,001	0,004	52,886	53,413	53,651	31,034
Ceño ²	mg/L	0,003	0,010	+0,010	+0,010	+0,010	+0,010
Cobalto ²	mg/L	0,0005	0,0020	+0,0020	+0,0020	+0,0020	+0,0020
Cobre ²	mg/L	0,0001	0,0002	+0,0002	+0,0002	+0,0002	+0,0002
Cromo ²	mg/L	0,0001	0,0003	+0,0003	+0,0003	+0,0003	+0,0003
Estaño ²	mg/L	0,0003	0,0010	+0,0010	+0,0010	+0,0010	+0,0010
Estroncio ²	mg/L	0,00002	0,00005	0,38997	0,39011	0,39043	0,24210
Fosforo ²	mg/L	0,002	0,006	0,149	0,218	0,048	+0,006
Hierro ²	mg/L	0,001	0,002	+0,002	+0,002	+0,002	+0,002
Litio ²	mg/L	0,00003	0,00010	+0,00010	+0,00010	+0,00010	+0,00010
Magnesio ²	mg/L	0,0006	0,0020	26,0689	26,3294	25,6578	10,2277
Manganeso ²	mg/L	0,0002	0,0005	+0,0005	+0,0005	0,30786	+0,0005
Mercurio ²	mg/L	0,000033	0,000100	+0,000100	+0,000100	+0,000100	+0,000100
Molibdeno ²	mg/L	0,0003	0,0010	+0,0010	+0,0010	+0,0010	+0,0010
Niquel ²	mg/L	0,0001	0,0004	+0,0004	+0,0004	+0,0004	+0,0004
Plata ²	mg/L	0,0003	0,0010	+0,0010	+0,0010	+0,0010	+0,0010
Plomo ²	mg/L	0,0006	0,0010	+0,0025	+0,0025	+0,0025	+0,0025
Potasio ²	mg/L	0,003	0,010	10,458	10,622	9,536	5,490
Selenio ²	mg/L	0,001	0,002	+0,002	+0,002	+0,002	+0,002

² Ensayo acreditado por el IAS

L.O.M.: Límite de cuantificación del método, "+/-" Menor que el L.O.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
Tel: (+01) 713 0756
Cel: 977 016 075 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Tel: (+01) 713 0598
Cel: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Tel: (+054) 518 843
Cel: 832 046 042 / 940 598 572

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Tel: (+073) 542 305
Cel: 819 470 133 / 940 598 572

Pág. 5 de 10



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



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13966

N° M.: 0000030901

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 ¹	mg/L	0,0002	0,0007	32,3447	32,8306	32,2201	11,9213
Sodio ¹	mg/L	0,0003	0,0010	68,8046	72,3777	71,8117	37,4283
Silica ¹	mg/L	0,001	0,002	69,310	70,352	69,043	25,546
Talio ¹	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Titanio ¹	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Torio ¹	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Uranio ¹	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Vanadio ¹	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Zinc ¹	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0226	0,0832
Pesticidas Organofosforados							
Malatión ¹	mg/L	0,000001	0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002
Paratión ¹	mg/L	0,000001	0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002	<0,000002

¹ 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 0536
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 618 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castillo - Piura
Telf.: (+073) 542 395
Cel.: 819 470 133 / 940 598 572

Pág 8 de 10

www.alab.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 098



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE - 098

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13966

N° M.: 0000039901

ITEM		E		
CÓDIGO DE LABORATORIO:		M-21-49203		
CÓDIGO DEL CLIENTE:		S-0-3		
COORDENADAS:		NO APLICA		
UTM WGS 84:		NO APLICA		
PRODUCTO:		Agua Natural		
SUB PRODUCTO:		Superficial (Rio)		
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) ¹	NMP/100mL	NA	1,8	4,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (°)	mg DOO5L	0,4	2,0	<0,0
Demanda Química de Oxígeno (°)	(mg OOL)	2,0	5,0	<5,0
Detergentes (°)	(mg MBASL)	0,007	0,020	<0,025
Aniones				
Bromato ²	mg/L	0,01	0,01	<0,01
Bromuro ²	mg/L	0,02	0,05	0,23
Clorato ²	mg/L	0,12	0,30	<0,12
Clorito ²	mg/L	0,08	0,20	<0,08
Cloruro ²	mg/L	0,4	1,0	528,9
Dicloroacetato ²	mg/L	0,01	0,02	<0,20
Fluor ²	mg/L	0,08	0,20	0,45
Fluoruro ²	mg/L	0,08	0,20	0,45
Monocloroacetato ²	mg/L	0,1	0,2	<0,2
N-Nitrito ²	mg/L	0,004	0,011	7,088
N-Nitro ²	mg/L	0,008	0,015	0,009
N-Nitro+H-Nitro ²	mg/L	0,004	0,011	7,174
Nitro ²	mg/L	0,02	0,05	31,38
Nitrito ²	mg/L	0,02	0,05	0,29
Nitro+Nitrito ²	mg/L	0,02	0,05	31,67
P-Fosfato ²	mg/L	0,04	0,10	<0,04
Sulfato ²	mg/L	0,2	0,5	591,4
Pesticidas Organoclorados				
4,4'-DDT ²	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
4,4'-DDE ²	mg/L	0,000005	0,000010	<0,000010
4,4'-DDD ²	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010

¹ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

² 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

9 SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0758
Cel.: 977 316 675 / 940 598 572

9 SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0598
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

9 SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 0,
Arequipa
Telf.: (+054) 818 843
Cel.: 932 040 042 / 940 598 572

9 SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 470 130 / 940 598 572

Pág 7 de 10

www.alab.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACION INACAL-CA
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.: 000030901

ITEM	S
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-49203
CÓDIGO DEL CLIENTE:	S-G-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:	26-10-2021

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Aldrín *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Aldrín + Dieldrín *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Alfa BHC *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Beta BHC *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Cis-Clordano *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Clordano (Total de isómeros) *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
DDT (Suma de 4,4-DDD y 4,4-DDE) *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Delta BHC *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Dieldrín *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Endosulfán I *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Endosulfán II *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Endosulfán Sulfato *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Endrín *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Endrín Aldehído *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Endrín catena *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Heptacloro *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Heptacloro + Heptacloro Epóxido *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Heptacloro epóxido *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Lindano *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Metoxiclor *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Trans-Clordano *	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010
Metales Totales ICP-MS				

* 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
Tel.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Tel.: (+01) 713 0536
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Tel.: (+054) 618 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castillo - Piura
Tel.: (+073) 542 305
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 5 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° M.: 0000030601

ITEM		S			
CÓDIGO DE LABORATORIO		M-21-49203			
CÓDIGO DEL CLIENTE:		S-G-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:		26-10-2021			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Aluminio *	mg/L	0,001	0,003	+0,003	
Antimonio *	mg/L	0,0006	0,0020	+0,0020	
Arsénico *	mg/L	0,0002	0,0010	+0,0010	
Bario *	mg/L	0,00008	0,00030	0,06529	
Berilio *	mg/L	0,0001	0,0003	+0,0003	
Bismuto *	mg/L	0,003	0,010	+0,010	
Boro *	mg/L	0,0003	0,0010	6,7150	
Cadmio *	mg/L	0,00010	0,00020	+0,00020	
Calcio *	mg/L	0,001	0,004	192,922	
Carbón *	mg/L	0,003	0,010	+0,010	
Cobalto *	mg/L	0,0005	0,0020	+0,0020	
Cobres *	mg/L	0,0001	0,0002	+0,0002	
Cromo *	mg/L	0,0001	0,0003	+0,0003	
Estaño *	mg/L	0,0003	0,0010	+0,0010	
Estroncio *	mg/L	0,00002	0,00005	1,83379	
Fosforo *	mg/L	0,002	0,006	0,203	
Hierro *	mg/L	0,001	0,002	+0,002	
Litio *	mg/L	0,00003	0,00010	0,00170	
Magnesio *	mg/L	0,0006	0,0020	83,3306	
Manganeso *	mg/L	0,00002	0,00005	+0,00005	
Mercurio *	mg/L	0,0000033	0,000100	+0,000100	
Molibdeno *	mg/L	0,0003	0,0010	+0,0010	
Níquel *	mg/L	0,0001	0,0004	+0,0004	
Plata *	mg/L	0,0003	0,0010	+0,0010	
Plomo *	mg/L	0,0006	0,0010	+0,0025	
Potasio *	mg/L	0,003	0,010	34,623	

* Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *n* Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *n* 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 0696
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 618 843
Cel.: 932 645 642 / 940 598 572

SEDE PIURA

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

Página 10 de 10

www.alab.com.pe



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



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13966

N° Id.: 0000030901

ITEM		E		
CÓDIGO DE LABORATORIO		M-21-49203		
CÓDIGO DEL CLIENTE:		S-O-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:		26-10-2021		
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Selenio *	mg/L	0,001	0,002	<0,002
Silicio *	mg/L	0,0002	0,0007	26,3039
Sodio *	mg/L	0,0003	0,0010	347,3310
Silica *	mg/L	0,001	0,002	56,368
Talio *	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004
Titanio *	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Torio *	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Uranio *	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Vanadio *	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003
Zinc *	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002
Pesticidas Organofosforados				
Malatión *	mg/L	0,000001	0,000002	<0,000002
Paratión *	mg/L	0,000001	0,000002	<0,000002

* 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 Chislaos N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 016 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0596
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA

COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 618 843
Cel.: 832 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 385
Cel.: 919 470 133 / 940 598 572

Pág. 10 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-21-13064

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZÓN SOCIAL	: UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
2.-DIRECCIÓN	: NRO. 8/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	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-10-27

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 4
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-10-13
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-10-13 al 2021-10-27

Gabry 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-21-13064

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Aniones ²	EPA 300.0 Rev. 2.1, 1993, VALIDATED (Applied out of reach), 2019.	Determination of Inorganic anions by Ion chromatography
Coliformas Totales (NMP) ²	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 ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
Detergentes ¹⁾	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS
Metales Totales ICP-MS ²	EPA Method 200.0 Rev. 5.4 1994	Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry
Pesticidas Organoclorados ²	EPA Method 8061B, Rev. 2, Febrero 2007	Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography
Pesticidas Organofosforados ²	EPA Method 8270 E, Rev 8, Junio 2018	Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS)

¹⁾EPA¹⁾: U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

²⁾SMEWW²⁾: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

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

²⁾ 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-21-13064

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 VGS 84:	N-9183148	N-9183148	N-9188368	N-9188368			
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.Q.M.	RESULTADOS			
Coliformes Totales (NMP) ¹	NMP/100mL	NA	1,80	540 000,00	280 000,00	13 000,00	1 300,00
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)	0,010	0,025	1,343	3,212	<0,025	<0,025
Aniones ²							
Nitrato	mg/L	0,02	0,05	0,69	0,55	<0,02	0,70
Nitró	mg/L	0,02	0,05	0,61	0,06	<0,02	0,06
Metales Totales ICP-MS ²							
Aluminio	mg/L	0,001	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Antimonio	mg/L	0,001	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Arsenico	mg/L	0,0002	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Bario	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	0,0396
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	0,2650	0,3245	0,2452	0,2490
Cadmio	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Calcio	mg/L	0,001	0,004	28,947	32,483	23,455	24,790
Ceño	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

¹ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

² Ensayo acreditado por el IAS

L.Q.M.: Límite de cuantificación del método, "N/A" Menor que el L.Q.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "N/A" Menor que el L.D.M.

"N/A": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13064

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-45768	M-21-45768	M-21-45767	M-21-45768			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	C-R	C-Q	P-R	P-Q			
COORDENADAS:	E-0027364	E-0027364	E-0029293	E-0029293			
UTM YGS 64:	N-0182148	N-0182148	N-0180060	N-0180260			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Superfotal (Río)	Superfotal (Río)	Superfotal (Río)	Superfotal (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.O.M.	RESULTADOS			
Cobre	mg/L	0,0001	0,0002	+0,0002	+0,0002	+0,0002	+0,0002
Cromo	mg/L	0,0001	0,0003	+0,0003	+0,0003	+0,0003	+0,0003
Estadío	mg/L	0,0003	0,0010	+0,0010	+0,0010	+0,0010	+0,0010
Estroncio	mg/L	0,00002	0,00005	0,23244	0,24882	0,21383	0,21700
Fosforo	mg/L	0,002	0,008	0,771	2,059	0,985	0,229
Hierro	mg/L	0,001	0,003	0,186	0,204	+0,0002	0,013
Litio	mg/L	0,00003	0,00010	+0,00010	+0,00010	+0,00010	+0,00010
Magnesio	mg/L	0,0008	0,0020	8,0353	8,5982	8,3764	8,9400
Manganeso	mg/L	0,00002	0,00005	0,07053	0,09084	0,01840	0,01898
Mercurio	mg/L	0,000033	0,000100	+0,000100	+0,000100	+0,000100	+0,000100
Molibdeno	mg/L	0,0003	0,0010	+0,0010	+0,0010	+0,0010	+0,0010
Niquel	mg/L	0,0001	0,0004	+0,0004	+0,0004	+0,0004	+0,0004
Plata	mg/L	0,0003	0,0010	+0,0010	+0,0010	+0,0010	+0,0010
Plomo	mg/L	0,0008	0,0025	+0,0025	+0,0025	+0,0025	+0,0025
Potasio	mg/L	0,003	0,010	6,076	8,326	4,570	5,657
Selenio	mg/L	0,001	0,002	+0,002	+0,002	+0,002	+0,002
Silicio	mg/L	0,0010	0,0020	26,8914	32,5973	19,4734	19,2881
Sodio	mg/L	0,0002	0,0007	12,5960	15,2121	8,0076	8,9908
Sodio	mg/L	0,0003	0,0010	47,6938	53,9492	21,8507	22,2145

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, ** Menor que al L.C.M.

L.O.M.: Límite de detección del método, ** Menor que al L.O.M.

** No ensayado

NA: No Aplica



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 098



Registro N° LE - 098

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13064

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-0227364	E-0227364	E-0226253	E-0226253
UTM WGS 84:				N-0100148	N-0100148	N-0100368	N-0100368
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.O.M.	RESULTADOS			
Talio	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Tiario	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
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	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Zinc	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Pesticidas Organoclorados ¹							
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
Atré 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
Gamma BHC	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

¹ Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *% Menor que el L.C.M.

L.O.M.: Límite de detección del método, *% Menor que el L.O.M.

NA: 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-21-13064

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-0180148	N-0180148	N-0180368	N-0180368			
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			
Endosulfán I	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Endosulfán II	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Endosulfán Sulfato	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Endrín	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Endrín Aldehído	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Endrín cetona	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Heptacloro	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Heptacloro + Heptacloro Epoído	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Heptacloro epoído	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Lindano	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Meloxiclor	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Trans-Clordano	mg/L	0,000003	0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010	<0,000010
Pesticidas Organofosforados ¹							
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

¹ Ensayo acreditado por el IAS

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

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

"N": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

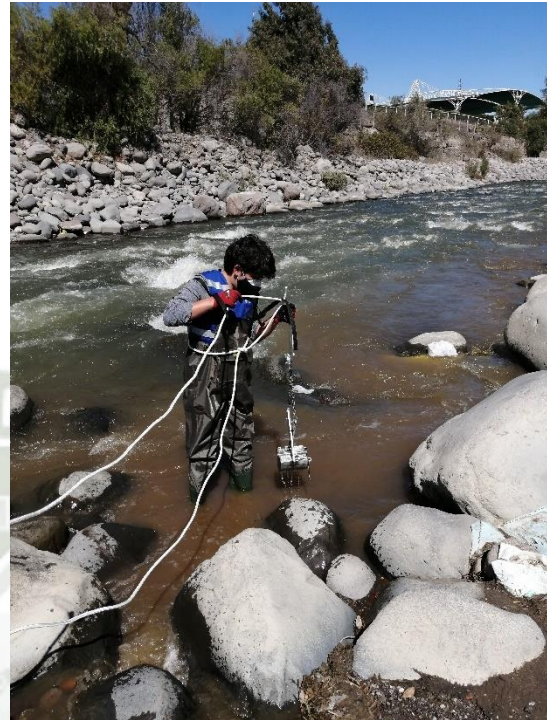
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Anexo 3
Panel fotográfico de realización de investigación



Recolección de muestra en Chullo quebrada (C-Q)



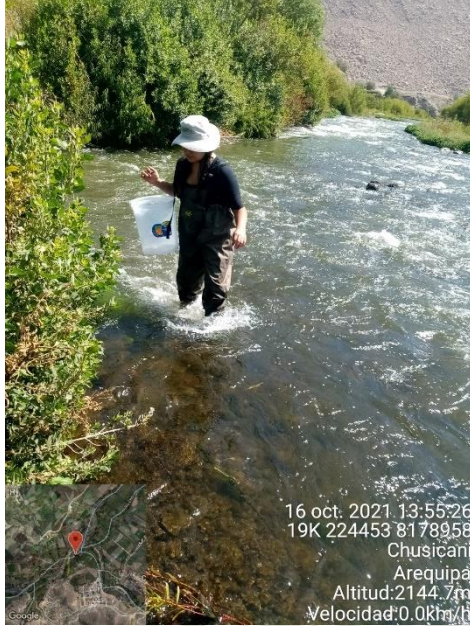
Recolección de muestra en Chullo río (C-R)



Recolección de muestra en Pato-Peral (P-R)



Recolección de muestra en quebrada de Pato-Peral (P-Q)



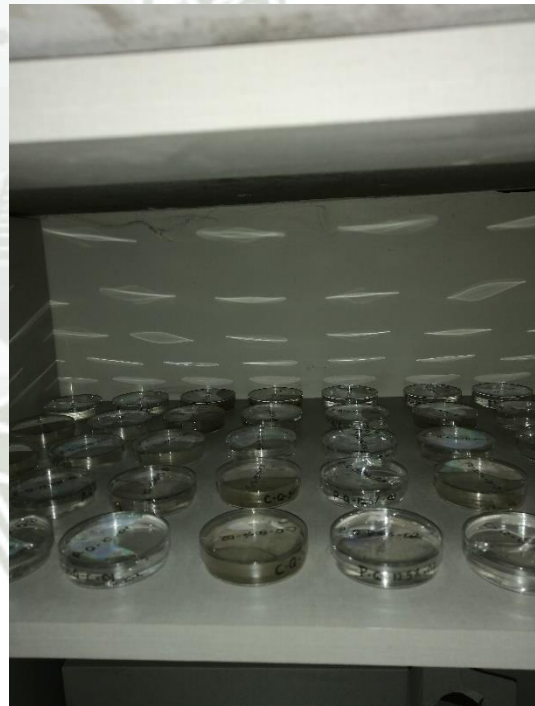
Recolección de muestra en la quebrada de Socabaya (S-Q)



Recolección de muestra en el río Socabaya (S-R)



Diseño experimental con *Poecilia reticulata*



Diseño experimental con *Daphnia magna*



Bioensayos con *Daphnia magna*



Elaboración de elutriados de sedimentos

