

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Evaluación del crustáceo *daphnia magna* como
bioindicador en las aguas superficiales contaminadas
por metales pesados referente a Cia. Minera Arasi,
Puno, Perú-2022**

Renzo Gustavo Ccahuanihanco Mamani
Juan Alberto Fajio Sacaca

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Arequipa, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN**

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Jose Vladimir Cornejo Tueros
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 15 de Abril de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

"EVALUACIÓN DEL CRUSTÁCEO *Daphnia magna* COMO BIOINDICADOR EN LAS AGUAS SUPERFICIALES CONTAMINADAS POR METALES PESADOS REFERENTE A CIA. MINERA ARASI, PUNO, PERÚ - 2022"

Autores:

1. RENZO GUSTAVO CCAHUANIHANCO MAMANI – EAP. Ingeniería Ambiental
2. JUAN ALBERTO FAIJO SACACA – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI NO
Nº de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**):
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,



Asesor de trabajo de investigación

ASESOR

Ing. José Vladimir Cornejo Tueros

AGRADECIMIENTOS

Principalmente, agradecer al creador al permitirnos tener buena salud y sus inmensas bendiciones.

Nuestro reconocimiento a la Universidad Continental. Facultad de ingeniería, por permitirnos titularnos y desarrollar nuestra tesis.

Al asesor temático Dr. José Vladimir Cornejo Tueros.

A padres y amistades cercanas, por su pleno apoyo en cada proceso de esta nueva etapa.

Al fin y al cabo, a todos aquellos individuos que han cooperado de cualquier modo al crecimiento de esta investigación.

DEDICATORIA

Esta presente investigación está dedicada principalmente a nuestro creador quien nos salvaguarda en estos días con fortaleza y sabiduría; a nuestros progenitores y parientes más allegados por su modelo de perseverancia, además de su ánimo, que no se pierde sus costumbres y su pleno apoyo.

Dedico a mi asesor por su incansable respaldo durante la elaboración de mi tesis con miras a alcanzar mi objetivo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ANEXOS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO	14
1.1. Planteamiento y Formulación del Problema	14
1.1.1. Planteamiento del Problema	14
1.1.2. Formulación del Problema.....	16
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1. Objetivo General.....	16
1.2.2. Objetivos Específicos	16
1.3. Justificación	17
1.3.1. Aspecto Ambiental	17
1.3.2. Aspecto social.....	17
1.3.3. Aspecto tecnológico.....	17
1.4. Hipótesis y descripción de variables.....	18
1.4.1. Hipótesis	18
1.4.2. Descripción de variables.....	18
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes del Problema.....	19
2.2. Bases teóricas.....	23
2.2.1. La contaminación.....	23
2.2.2. Contaminación de aguas superficiales.....	24

2.2.3.	Tipo de contaminantes	24
2.2.4.	Contaminación por actividad minera	25
2.2.5.	Determinación de los puntos contaminantes en los recursos hídricos	26
2.3.	Bioindicadores	29
2.3.1.	Crustáceo <i>Daphnia magna</i>	30
2.3.2.	Situación de la minera ARASI S.A.C.....	32
2.4.	Marco Legal.....	33
2.5.	Definición de términos básicos	35
CAPITULO III METODOLOGIA DE INVESTIGACION		36
3.1.	Métodos y Alcance de la Investigación	36
3.1.1.	Método de la Investigación.....	36
3.1.2.	Alcances de la investigación.....	36
3.1.3.	Nivel de investigación	36
3.2.	Diseño de la Investigación.....	37
3.2.1.	Tipo de la investigación.....	37
3.3.	Población y Muestra	38
3.3.1.	Población	38
3.3.2.	Muestra	38
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	39
3.4.1.	Técnicas	39
3.4.2.	Instrumentos	39
3.5.	Metodología de experimentación.....	39
3.5.1.	Materiales y equipos utilizado	39
3.5.2.	Recolección de muestra de agua superficial del río Llallimayo	40
3.5.3.	Preparación de la muestra de agua superficial en laboratorio.....	44
3.5.4.	Preparación de los especímenes de <i>Daphnia magna</i> para los bioensayos de	

toxicidad	49
3.5.5. Aplicación de las <i>Daphnia magna</i> en las muestras de agua superficiales	50
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES	54
4.1. Resultado del tratamiento y análisis de la información	54
4.2. Prueba de hipótesis	61
4.3. Discusión de resultados.....	64
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 operacionalización de variables	19
Tabla 2 Clasificación de fuentes contaminante natural y antrópico.	28
Tabla 3 Fuentes contaminantes según el origen	29
Tabla 4 Taxonomía de <i>Daphnias magna</i>	31
Tabla 5 Materiales usados en el laboratorio de la Universidad Continental	39
Tabla 6 Coordenadas UTM, punto 1	41
Tabla 7 Coordenadas UTM, punto 2	42
Tabla 8 Coordenadas UTM, punto 3	43
Tabla 9 Resultado de la identificación de metales pesados en el río Llallimayo.	54
Tabla 10 Diferencia significativa entre los puntos de muestreo del río Llallimayo.	58
Tabla 11 Muestra el crecimiento posterior de mortalidad de los especímenes.	59
Tabla 12 Correlación entre los Concentración de metales pesados encontrados.	61
Tabla 13 Correlación entre los variables ECAs y los resultados de laboratorio.	62
Tabla 14 Prueba de ANOVA de medidas repetidas.	63
Tabla 15 Prueba de ANOVA de medidas.	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Descripción del Crustáceo <i>Daphnia magna</i>	31
Figura 2 Ubicación minera Arasi S.A.C.	32
Figura 3 Recolección de muestra del primer punto aguas arriba.	41
Figura 4 Recolección de muestra del segundo punto.	42
Figura 5 Recolección de muestra del tercer punto aguas abajo.	43
Figura 6 Vertimiento de las muestras de agua superficial a vaso precipitación.	44
Figura 7 Muestra I de agua superficial, aguas arriba subcuenca Llallimayo.	45
Figura 8 Muestra II de agua superficial, subcuenca Llallimayo.	45
Figura 9 Muestra III de agua superficial, aguas abajo subcuenca Llallimayo.	46
Figura 10 Toma de temperatura a las muestras I, II, III del agua superficial y agua destilada.	46
Figura 11 Resultados de toma de Temperatura en las muestras I, II, III y blanco.	47
Figura 12 Toma del Oxígeno Disuelto en las muestras I, II, III y agua destilada.	47
Figura 13 Resultado de toma de Oxígeno Disuelto de las muestras I, II, III y blanco.	48
Figura 14 Toma del pH en las muestras I, II, III y agua destilada.	48
Figura 15 Resultados de toma de pH de las muestras I, II, III y blanco.	49
Figura 16 Muestras de <i>Daphnia magna</i> alrededor de 100 especímenes.	49
Figura 17 Visualización de la muestra para extracción de <i>Daphnia magna</i> adultas.	50
Figura 18 Colocación de las 10 <i>Daphnia magna</i> , en las muestras de agua superficial y muestra en blanco.	50
Figura 19 Muestra I, después de 4 días de monitoreo se muestra las <i>Daphnia magna</i> muertas y sobrevivientes.	51
Figura 20 Muestra II, después de 4 días de monitoreo se muestra las <i>Daphnia magna</i> muertas y sobrevivientes.	51
Figura 21 Muestra III, después de 4 días de monitoreo se muestra las <i>Daphnia magna</i> muertas y sobrevivientes.	52
Figura 22 Muestra en blanco, después de 4 días de monitoreo se muestra las <i>Daphnia magna</i>	

sobrevivientes.	53
Figura 23 Presencia de Cu total en agua superficial del río Llallimayo	55
Figura 24 Presencia de Zn total en agua superficial del río Llallimayo	56
Figura 25 Presencia de Cd total en agua superficial del río Llallimayo	57
Figura 26 Resultados de evaluación de crustáceo Daphnia magna en bioensayos de toxicidad.	60
Figura 27 Resultado del tratamiento y análisis de la información.	61

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia	75
Anexo 2 Presupuesto de gastos del proyecto de tesis.	76
Anexo 3 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático en relación a metales pesados.	77
Anexo 4 Ficha de prestación de laboratorio de la Universidad Continental.	78
Anexo 5 Resultado de laboratorio por corrida de metales.	82
Anexo 6 Resultado de laboratorio por corrida de metales muestra I.	83
Anexo 7 Resultado de laboratorio por corrida de metales muestra II.	84
Anexo 8 Resultado de laboratorio por corrida de metales muestra III.	85
Anexo 9 Subcuenca Llallimayo río principal Llallimayo.	86
Anexo 10 Microcuencas, riachuelos de la Subcuenca Llallimayo.	87
Anexo 11 Río Llallimayo, punto de monitoreo I, aguas arriba.	88
Anexo 12 Río Llallimayo, punto de monitoreo II, aguas abajo.	89
Anexo 13 Río Llallimayo, punto de muestreo III, aguas abajo.	90

RESUMEN

La presente investigación denominada “Evaluación del crustáceo *Daphnia magna* como bioindicador en las aguas superficiales contaminadas por metales pesados referente a CIA, Minera Arasi, Puno, Perú - 2022” tuvo como objetivo general evaluar al crustáceo *Daphnia magna* como bioindicador en cuerpos de agua superficiales contaminadas por metales pesados. El diseño que se utilizó es experimento “puro”, la población se constituyó por el río Llallimayo con una longitud de 88 km y la muestra fue de 6 litros, es decir, de tres puntos seleccionados por aleatorio simple.

Como resultado, en su totalidad podemos determinar que en la muestra I, el 90% de los especímenes fenece a concentraciones de 0.260 mg/L de cobre, 0.205 mg/L de zinc y 0.00033 mg/L de cadmio; en la muestra II, el 80% de los individuos murieron a concentraciones de 0.230 mg/L de cobre, 0.180 mg/L de zinc y 0.00030 mg/L de cadmio; en la muestra III, el 60% de los especímenes fenece a concentraciones de 0.180 mg/L de cobre, 0.150 mg/L de zinc y 0.00026 mg/L de cadmio. Esto confirma la importancia de la contribución del crustáceo *Daphnia magna* en la valoración de la calidad del agua, pues los bioensayos toxicológicos con dicho crustáceo sugieren que la contaminación en las aguas superficiales del río Llallimayo aumentará con el tiempo, lo que tendrá un impacto negativo en el bioma de la zona.

Palabras claves: Evaluar, *Daphnia magna*, bioindicadores y bioensayos.

ABSTRACT

The present investigation called "Evaluation of the crustacean *Daphnia magna* as a bioindicator in surface waters contaminated by heavy metals related to CIA, Minera Arasi, Puno, Perú - 2022" had the general objective of evaluating the crustacean *Daphnia magna* as a bioindicator in surface water bodies contaminated by heavy metals. The design used was a "pure" experiment, the population consisted of the Llallimayo river with a length of 88 km and the sample was 6 liters, that is, three points selected by simple randomization.

As a result, as a whole we can determine that in sample I, 90% of the specimens died at concentrations of 0.260 mg/L of copper, 0.205 mg/L of zinc and 0.00033 mg/L of cadmium; in sample II, 80% of the individuals died at concentrations of 0.230 mg/L copper, 0.180 mg/L zinc and 0.00030 mg/L cadmium; in sample III, 60% of the specimens die at concentrations of 0.180 mg/L copper, 0.150 mg/L zinc and 0.00026 mg/L cadmium. This confirms the importance of the contribution of the crustacean *Daphnia magna* in the assessment of water quality, since toxicological bioassays with this crustacean suggest that contamination in the surface waters of the Llallimayo River will increase over time, which will have a negative impact on the biome of the area.

Key words: Evaluate, *Daphnia magna*, bioindicators and bioassays.

INTRODUCCIÓN

El agua se presenta como un elemento crucial en el progreso, procreación y supervivencia de la vida en la Tierra. Desempeña un rol significativo en las actividades humanas, y resulta complicado concebir una cierta tarea que no haga uso de ella de alguna manera. Por ejemplo, en el organismo humano promedio, es 70% de agua, y en adultos es 66% de agua (1). En general, se comprende como un recurso de la naturaleza esencial para el crecimiento de los ecosistemas y es un factor que regula el estado climático (2).

Los metales desempeñaron un papel vital en el avance de la civilización, pues se encuentran en grandes cantidades de forma natural en los minerales, presentes en los ríos y en la corteza terrestre, donde no contaminan los acuíferos debido a las cantidades mínimas de su componente natural. Los elementos metálicos de elevada densidad, como Cadmio, Zinc, Plomo, Cobre y Manganeseo, provocan la intoxicación y puede ser mortales cuando la concentración alcanza niveles muy elevados y están presentes en el agua, el aire y el suelo, teniendo efectos en la salud de los individuos. Dado que los elementos metálicos de alta densidad no pueden ser degradados química ni biológicamente, son mucho más peligrosos, además tienen la particularidad de ser bioacumulativos y biomagnificarse (acumulación en los organismos vivos que aumenta su concentración a lo largo de la cadena alimentaria de plantas a animales) (1).

La actividad minera en Perú constituye una labor importante. Sin embargo, la gestión de los pasivos ambientales es responsabilidad que recae en el ámbito de la empresa privada, siendo un ejemplo de ello la minera CIA-Arasi, situada en el distrito de Ocuvi, en la provincia de Lampa y en el departamento de Puno, adyacente a la cuenca Llallimayo. Su principal mineral extractivo es el oro diseminado y se realiza la extracción mediante un proceso económico; simple que involucra la disolución del oro en forma metálica a través del uso de una solución diluida de cianuro de sodio y la recuperación del oro disuelto en la solución, utilizado diversos métodos (3). Al finalizar su proceso, genera un efluente que se deriva a los cauces de los ríos más cercanos para finalmente terminar en el río Llallimayo.

La determinación de las aguas con presencia de metales pesados se realiza por medio de la recolección de muestras o, en su defecto, mediante el servicio analítico de laboratorio. En la actualidad, la técnica analítica preponderante para la identificación de metales tóxicos en el agua implica el empleo de la espectrofotometría de absorción atómica. Sin embargo, se destaca como desventaja que podemos mencionar es que es un sistema no portátil y es muy costoso (4).

El uso del crustáceo *Daphnia magna* como bioindicador ha tomado importancia debido a la capacidad del organismo para detectar y responder a las alteraciones ambientales mediante la adaptación. Con el paso del tiempo, se ha implicado en diferentes campos de estudio en lo que se refiere a la toxicidad. Se usan bioindicadores con el objetivo de determinar las condiciones naturales del medio ambiente, en lo cual esta especie se está aprovechando para monitorear las condiciones ambientales de un área en particular. Gracias a ello, se ha facilitado la vigilancia idónea para determinar el grado de toxicidad del agente contaminante. Existe la posibilidad de implementar modelos que ayuden a evaluar los efectos ambientales relacionados con la determinación de los niveles de alteración (5).

Con el fin de simplificar la comprensión de este trabajo de investigación, los siguientes aspectos que se detallan a continuación: En el inicio del primer capítulo se presenta y se aborda el problema general. El segundo capítulo hace referencia a los antecedentes previos más notables que funcionaron como base inicial para nuestra experimentación, así como información pertinente y relevante sobre el tema en cuestión. El tercer capítulo explica la metodología de investigación y las pruebas experimentales que se propusieron para recopilar datos que respalden la eficacia de este procedimiento. En el cuarto capítulo se describen los resultados corroborados mediante una variedad de representaciones gráficas y pruebas de hipótesis que facilitan la comprensión del nivel de metales pesados encontrados en el río Llallimayo y las consecuencias ambientales que pueda provocar en él, así como la mortalidad de la especie *Daphnia magna* causada por la contaminación. En últimas instancias, se condensan las conclusiones obtenidas de la investigación.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO

1.1. Planteamiento y Formulación del Problema

1.1.1. Planteamiento del Problema

La universalidad del agua como solvente es ampliamente aceptada, lo que significa que posee una capacidad distintiva de habilidad única para disolver una gama más extensa de sustancias en comparación con cualquier otro líquido. Este atributo fundamental del agua es relevante en el contexto de las actividades económicas. Sin embargo, cuando estas actividades generan sustancias tóxicas como resultado, estas sustancias se disuelven y encuentran su destino final en cuerpos de agua. Allí, se dispersan con facilidad, dando lugar a la polución de los recursos acuíferos. Este proceso de mezcla se convierte en una causa común de la contaminación de las aguas (6).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha lanzado una señal de alarma sobre el peligro que representa la contaminación generada por actividades antropogénicas para los recursos hídricos a nivel global. Sectores industriales como la minería, la agricultura y la producción de electricidad se destacan como los principales culpables de esta contaminación, que está teniendo y tendrá efectos devastadores en la población. Un ejemplo palpable de las consecuencias actuales de esta contaminación se relaciona con la ingesta de agua inadecuada para beber, que conduce a la mortalidad debido a dolencias como la diarrea, cobrándose la vida de más de 842,000 personas anualmente. Además, afecciones tales como la disentería, el cólera y la hepatitis A, entre otras, guardan una fuerte conexión con el uso de agua contaminada a nivel global (7).

El informe de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) señala que, a nivel global, existen dos principales generadores de desechos: las aguas residuales, que constituyen aproximadamente el 20%, y las emisiones de carbono, que representan alrededor del 10%. A pesar de los esfuerzos de las empresas por gestionar adecuadamente las aguas residuales, los efectos negativos en los ecosistemas receptores siguen en aumento (7).

A nivel mundial, se está observando un aumento constante de la inquietud en relación con la polución de los sistemas acuáticos causada por la liberación de aguas residuales sin previo tratamiento o con enfoques insuficientes. Este interés se encuentra primordialmente motivado por la peligrosidad de los elementos contaminantes, como los metales de alta densidad, originados en la industria minera y metalúrgica (8).

La explotación minera a nivel mundial se ha convertido en una fuente considerable de

contaminación que puede tener un impacto negativo en el suelo, la atmósfera y los cuerpos de agua, dependiendo de una serie de variables que incluyen los métodos empleados, los equipos, los minerales que se extraen, las cantidades producidas y el proceder en que se gestionan los materiales estériles y los desechos. Esta industria extractiva afecta de forma significativa a los cuerpos de agua dulce y a las áreas que establecen la frontera entre el agua dulce y el mar, ya que reciben no solo sedimentos inertes, sino también sustancias químicas contaminantes, tales como los sulfatos, carbonatos ácidos, metales pesados y cianuro, lo que puede dar lugar a la aparición de agua con una coloración rojiza (8).

La atención hacia la ecológica se centra en el manejo de la contaminación de las aguas costeras, especialmente aquellas que provienen de la zona de drenaje fluvial. La administración completa del agua en estas cuencas debería ser de interés prioritario, ya que el terreno cercano a las costas, tienen un gran impacto ambiental. Esto es especialmente relevante en las áreas de menor altitud de la cuenca, donde se encuentran las llanuras inundables y se produce el transporte y depósito temporal de sustancias contaminantes y la sedimentación (9).

En las diferentes regiones del Perú, mantener la estabilidad del agua es un desafío importante que incide, ya sea en la cantidad como en lo que respecta a la excelencia de este recurso hídrico. Esto tiene implicaciones en el propósito de la tarea agrícola, ganadera y la preservación del medio ambiente (9). En la actualidad, la actividad minera desempeña un papel fundamental en la economía peruana, contribuyendo significativamente al Producto Bruto Interno (PBI) nacional. Entre 2017 y 2021, la minería representó el 16% del PBI, siendo la región de Puno una parte importante de esta actividad (10).

No obstante, la empresa minera Arasi SAC ha ocasionado efectos adversos que se identificó por el INGEMMET. Este organismo ha informado sobre un elevado índice de contaminación que sobrepasa los umbrales definidos según las directrices de los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) en curso hídrico del río Llallimayo (11). Como resultado, se han producido daños desde el cauce del río Chacapalca hasta alcanzar el río Llallimayo, afectando principalmente a las comunidades cercanas, de acuerdo a lo especificado en la resolución ministerial N ° 137 del año 2020 emitida por la PCM (12). Para comprender de manera más clara la magnitud de esta contaminación, se ha realizado un estudio utilizando bioindicadores que evalúan la excelencia del agua (13).

Con el objetivo de ampliar la accesibilidad de la información al público, se ha empleado el crustáceo *Daphnia magna* como bioindicador, debido a su sensibilidad a la contaminación del agua (14); (15). En resumen, en el contexto peruano, el uso de bioindicadores ha

permitido realizar una evaluación semicuantitativa de la contaminación en entornos naturales, lo que posibilita la valoración del impacto ambiental que deriva de las operaciones mineras en cuerpos de agua, como el río Llallimayo, en las provincias de Melgar y Lampa del departamento de Puno (3).

1.1.2. Formulación del Problema

1.1.2.1. Problema general

- ¿Será posible la evaluación del crustáceo *Daphnia magna* como bioindicador en las aguas superficiales contaminadas por metales pesados?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Qué metales pesados se encontrarán en las aguas superficiales del río Llallimayo referente a la minera Arasi SAC?
- ¿Cuál será la concentración de metales pesados en relación a los estándares de Calidad Ambiental (ECA) de las muestras provenientes del cuerpo receptor del río Llallimayo?
- ¿Existe alguna diferencia significativa entre los puntos de muestreo en las aguas superficiales contaminadas por metales pesados?
- ¿Cuál es el tiempo óptimo de monitoreo y mortalidad del crustáceo *Daphnia magna* expuesto a las aguas superficiales contaminadas por metales pesados?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar al crustáceo *Daphnia magna* como bioindicador en las aguas superficiales contaminadas por metales pesados.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar los metales pesados en las aguas superficiales del río Llallimayo referente a la minera Arasi SAC.
- Determinar la concentración de los metales pesados en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de las muestras provenientes del cuerpo receptor del río Llallimayo.

- Determinar si existe alguna diferencia significativa entre los puntos de muestreo en las aguas superficiales contaminadas por metales pesados.
- Determinar el tiempo óptimo de monitoreo y mortalidad del crustáceo *Daphnia magna* expuesto a las aguas superficiales contaminadas por metales pesados.

1.3. Justificación

1.3.1. Aspecto Ambiental

La necesidad de realizar una evaluación y observación visual de la calidad del agua de forma rápida para detectar posibles signos de contaminación. Este fluido es un componente indispensable, al regular el ecosistema terrestre y esencial en el ciclo de la vida. Aunque es un recurso que cambia periódicamente a través del ciclo hidrológico, esto no quiere decir que sea ilimitado. La mala gestión de este recurso aumenta los problemas causados por la propagación de desechos generados por el ser humano. Por lo tanto, es crucial utilizar el agua de manera responsable y llevar a cabo inspecciones regulares de su calidad (16).

1.3.2. Aspecto social

En la circunstancia primordial, se encuentra el deterioro de la calidad del agua, que está influenciado por una serie de factores naturales, estos elementos ejercen su influencia, al igual que las actividades humanas (17). Las diligencias desarrolladas en las áreas próximas a las cuencas hidrográficas tienen un impacto negativo en la población cercana, ya que el aumento demográfico y las actividades económicas, están causando daños a las fuentes de agua. Esto se debe a la utilización desigual de este recurso, una gestión inapropiada de los desechos generados por la minería, así como la presencia de aguas contaminadas y residuos de actividades industriales y de la minería artesanal. Estos factores están alterando la calidad del agua y afectando a diversos usos, lo que está causando daños al ecosistema acuático (18).

1.3.3. Aspecto tecnológico

En la actualidad, se desarrollan nuevas tecnologías, metodologías y técnicas para determinar si un ambiente se halla dañado o no por los metales pesados. En esta oportunidad, se plantea utilizar nuevas alternativas para precisar el nivel de contaminación en cuerpos de agua. A través de *Daphnia* se pretende identificar la contaminación ambiental por metales pesados, al evaluar los efectos tóxicos a través del organismo y combinando tecnología y ecología para evaluar el entorno acuático.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis

1.4.1.1. Hipótesis General

- H₁: Si es posible la evaluación del crustáceo *Daphnia magna* como bioindicador en las aguas superficiales contaminadas por metales pesados.
- H₀: No es posible la evaluación del crustáceo *Daphnia magna* como bioindicador en las aguas superficiales contaminadas por metales pesados.

1.4.1.2. Hipótesis Específicos

- Es posible la identificación de los metales pesados en las aguas superficiales del río Llallimayo en relación a la minera Arasi SAC.
- Se determinó una evaluación positiva de la concentración de los metales pesados en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de las muestras provenientes del cuerpo receptor del río Llallimayo.
- Existe alguna diferencia significativa entre los puntos de muestreo en las aguas superficiales que presentan contaminación por metales pesados.
- Es posible establecer los parámetros óptimos de monitoreo y la mortalidad del crustáceo *Daphnia magna* expuesto a las aguas superficiales contaminadas por metales pesados.

1.4.2. Descripción de variables

1.4.2.1. Variable dependiente

1. Evaluación del crustáceo *Daphnia magna* como bioindicador.

1.4.2.2. Variable Independiente

2. Muestra de agua superficial contaminada por metales pesados.

1.4.2.3. Operacionalización de Variables

Tabla 1 operacionalización de variables

Variables	Tipo de variable	Conceptualización	Indicadores	Índices
-Evaluación del crustáceo <i>Daphnia magna</i> como bioindicador	-Dependiente	-Los bioensayos toxicológicos a través de la evaluación de la mortalidad del crustáceo <i>Daphnia magna</i> en respuesta a muestras recogidas del entorno acuático del río Llallimayo.	-Tiempo de monitoreo -N° de crustáceo. -Mortalidad de <i>Daphnia magna</i>	Días/h Unidad/L %
-Muestra de agua superficial contaminada por metales pesados.	- Independiente	-En las muestras provenientes del curso hídrico del río Llallimayo se encontraron altos niveles de metales pesados como Cd, Zn y Cu procedentes de la empresa minera CIA Arasi.	-Niveles de concentración de metales pesados -Temperatura -Oxígeno Disuelto pH	mg/L °C mg/L Acido/ba se

Fuente: preparado por el autor

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

Internacional

El trabajo de investigación denominado “EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD CRÓNICA DEL SECTOR MEDIO DEL RÍO ITATA EN ORGANISMOS BIOINDICADORES *DAPHNIA MAGNA* MEDIANTE TÉCNICAS DE FRACCIONAMIENTO” se llevó a cabo con el fin alcanzar el grado de Ingeniero ambiental en la Universidad de

Concepción, Chile, en 2021. El objetivo principal de esta investigación fue identificar compuestos tóxicos crónicos utilizando la técnica de fragmentos TIE y determinar la presencia de compuestos relacionados con la toxicidad. Los fraccionamientos realizados fueron los siguientes: filtración con carbón activo y purificación utilizando membranas de celulosa nitrato, con el fin de confirmar la presencia de sustancias orgánicas no polares y partículas en suspensión en las muestras. Para llevar a cabo este estudio, se emplearon organismos indicadores biológicos como *Daphnia magna* en muestras con diversas diluciones para llevar a cabo ensayos de toxicidad crónica y así evaluar y cuantificar los posibles efectos perjudiciales de la muestra. El objetivo principal consistió en registrar la reproducción de los individuos y analizar estos datos mediante software estadístico. Se compararon los análisis realizados en relación a los valores LOAEC y NOAEC en las muestras sin tratar, las muestras filtradas con carbón activado y las muestras filtradas con membrana de celulosa. Se determinó que el tratamiento con carbón activado demostró ser mucho más eficaz en la reducción de la toxicidad en su totalidad. Esto sugiere que los compuestos orgánicos no polares son los causantes de la toxicidad crónica, lo cual guarda relación con la práctica agrícola en la zona, donde se emplean grandes cantidades de pesticidas que han sido transportados y han tenido un impacto en el entorno ambiental” (19).

En la tesis “EVALUACIÓN ECOTOXICOLÓGICA DE AGUAS CONTAMINADAS CON GLIFOSATO A PARTIR DE LOS BIOINDICADORES *DAPHNIA MAGNA* Y *ARTEMIA SALINA*” con el propósito de graduarse como Ingeniero Ambiental en la Escuela Politécnica Nacional en Ecuador 2017, se estudió el impacto ecotoxicológico de ambos organismos relacionados a la concentración de herbicida comercial. Se analizó el agua dulce y marina de los especímenes en relación al componente de toxicidad del glifosato sospechoso, mediante espectrometría de masa y cromatografía de gases. Los datos conseguidos en el laboratorio revelaron que la toxicidad aguda en *D. magna* y *A. salina* fue significativa. En relación a su toxicidad sub-letal en *Daphnia magna*, se pudo determinar la afectación a nivel reproductivo (incluyendo el número de neonatos y su frecuencia correspondientemente). Se identificaron alrededor de 45 sustancias como coadyuvantes en el análisis cromatográfico, siendo las más destacadas las cadenas alifáticas con grupos éteres y ésteres. Igualmente, se identificó la presencia de ciclos galactopiranososa, glucopiranosida y glucofuranosa. En este sentido, se observó que la toxicidad de los organismos acuáticos variaba dependiendo del medio (salino o dulce) debido a las posibles formaciones de distintas sustancias o metabolitos, los cuales se establecieron en el trabajo” (20).

En la tesis “IMPLEMENTACIÓN DE UNA TÉCNICA BIOLÓGICA PARA DETERMINAR NIVELES DE TOXICIDAD APLICANDO *DAPHNIA MAGNA*

(CRUSTÁCEA: CLADÓCERA) EN EL AGUA DE VERTIENTE UTILIZADA EN EL SECTOR DE HUACHI LA LIBERTAD., ECUADOR” para obtener el grado de Ingeniero de Alimentos en la Universidad Técnica de Ambato en Ecuador en el año 2013, Se investigó el potencial de *Daphnia magna* como bioindicador en estudios de toxicidad relacionados con elementos metálicos pesados, tales como estaño, zinc, plomo, arsénico y cadmio. La investigación involucró el uso de cinco neonatos de *Daphnia magna* durante un período de 24 días, utilizando dos entornos de cría (agua potable desclorada y agua reconstruida) y tres tipos de alimentos (jugo de alfalfa, levadura fresca y una combinación de ambos). Se empleó una estructura experimental para optimizar el desarrollo de *Daphnia magna*, encontrando que la combinación A2B2 producía los mejores resultados. En otras mezclas, la supervivencia de las crías se vio comprometida durante el inicio del experimento. Luego, se realizaron tres grupos de bioensayos toxicológicos con dicromato de potasio en nueve concentraciones diferentes. Cada grupo se replicó tres veces, utilizando crustáceos de *Daphnia magna* del medio de cultivo más adecuado que el anterior. Se empleó la técnica probit para calcular la concentración letal media (CL50), considerando la mortalidad y cambios en la población. Los resultados revelaron valores de CL50 para el dicromato de potasio entre 0,0786 y 0,0847 mg/L. Además, se realizaron pruebas similares utilizando agua de vertiente de Huachi La Libertad con concentraciones de arsénico en un intervalo del 12,5%. Los valores de CL50 resultantes estaban entre 0,0806 y 0,0837 mg/L, excediendo la restricción establecida por las regulaciones de INEN para el arsénico en agua potable (0,01 mg/L). Como respuesta, se propuso un tratamiento adecuado para neutralizar las aguas de vertiente con metales pesados, incluyendo el arsénico. En resumen, se concluye que, en concentraciones bajas, los metales pesados no tuvieron un impacto significativo en los resultados de las pruebas biológicas, sugiriendo que son inofensivos. Este estudio destaca la importancia de utilizar *Daphnia magna* como indicador en el análisis de la calidad del agua y la necesidad de tomar medidas correctivas cuando los niveles de contaminantes superan los límites establecidos” (21).

Nacional

En la tesis titulada “VALIDACIÓN DE UN ENSAYO TOXICOLÓGICO CON *DAPHNIA MAGNA* PARA EVALUAR LA CALIDAD DE AGUA EN CAJAMARCA” para obtener el grado de Ingeniero Ambiental y Prevención de Riesgos en la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, en Perú, en 2021, en esta investigación, se utilizaron 18 frascos de 2 litros para investigar diferencias significativas en el cultivo y aplicación de *Daphnia magna* como bioindicadores biológicos. Se emplearon dos tipos de sustratos para

el cultivo, agua de clorada (A1) y agua reconstruida (A2), en 9 frascos para cada tipo de agua. Los organismos se alimentaron con tres dietas diferentes: Levadura de pan disuelta en agua, jugo de espinaca y una combinación de ambas. Durante 24 días, se evaluó la población de *Daphnia magna*, considerando su sensibilidad. El experimento incluyó 4 grupos con concentraciones tóxicas que variaba de 0.015 mg/L hasta 0.160 mg/L y se crearon cuatro conjuntos de mezclas con concentraciones que variaron desde el 12.5% hasta el 100%. Utilizando Excel, se calculó el valor de la CL50, que relaciona la concentración con la respuesta a la contaminación. Los resultados indicaron que *Daphnia magna* desempeña un papel crucial en la evaluación de la pureza del agua debido a su sensibilidad a sustancias tóxicas, lo que permite detectar su influencia en la salud y supervivencia de estos organismos. En resumen, el estudio demostró estadísticamente diferencias significativas en el ensayo toxicológico y subrayó la importancia de *Daphnia magna* como indicadores biológicos en la monitorización de la pureza del agua, resaltando su capacidad para detectar la presencia de contaminantes y contribuir a la protección del ecosistema acuático” (22).

En la tesis “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”, presentada para optar al grado de Ingeniero Ambiental en la Universidad Científica del Sur, en Perú, en 2019, el estudio se centró en evaluar los riesgos ambientales asociados con dos antiinflamatorios no esteroides ampliamente utilizados en el Perú: Ibuprofeno (IBU) y Diclofenaco (DFC), que están disponibles sin restricciones de venta. Para este propósito, se emplearon tres organismos indicadores: *Daphnia magna*, *Lemna gibba* y *Paracheirodon innesi*, para definir el objetivo de establecer estándares de calidad ambiental que permitan conservar los ecosistemas acuáticos. Se llevaron a cabo pruebas siguiendo las pautas de la OECD y utilizando la aplicación informática TRAP v.1.30 (EPA) con un nivel de confiabilidad del 95% para calcular la CL(E)50. El hallazgo de los resultados reveló que el Diclofenaco demostró una toxicidad superior en comparación con el Ibuprofeno en las tres muestras biológicas evaluadas. Mientras que el Diclofenaco solo planteó un riesgo ambiental para las plantas acuáticas según el Coeficiente de Riesgo. En contraste, el Ibuprofeno presentó un riesgo significativamente mayor y afectó a las tres capas tróficas analizadas: peces, plantas acuáticas y zooplancton. Como consecuencia de la investigación, se propone una categorización para la conservación del entorno acuático, con límites de 0,007 mg/L de ECA

para el Diclofenaco y 0,021 mg/L de ECA para el Ibuprofeno. Estos valores se consideran críticos, ya que superar estas concentraciones podría tener consecuencias adversas en las especies de agua dulce. En resumen, se destacan los riesgos medioambientales del Ibuprofeno en comparación con el Diclofenaco y se proponen directrices para proteger la calidad de los ecosistemas acuáticos” (23).

En este estudio “LA EVALUACIÓN BIOTOXICOLÓGICA DE *DAPHNIAS* UTILIZANDO CONTAMINANTES QUE PROVIENEN DE LA ACTIVIDAD MINERA. La revista del Instituto de Investigación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – en Perú 2016. El objetivo del autor fue evaluar el impacto del organismo de ecosistemas acuáticos como pulgas de agua (*Daphnias*) en relación a la contaminación causada por la actividad minera, mediante ensayos biotoxicológicos debido a la presencia de contaminantes como es caso de metales pesados. Se eligió a las *Daphnias* debido a su relevancia en los ecosistemas acuáticos, dado que son sensibles y vulnerables a la contaminación y también actúan como fuente de nutrición para otros seres vivos, como los peces. Se llevaron a cabo dos casos de ensayos biotoxicológicos con *Daphnias*, ambos de duración de pruebas cortas de 96 horas, con el propósito de calcular la concentración letal media (CL50). Para analizar los resultados, se utilizó la metodología de la curva de análisis Probit. En la primera instancia, se evaluó un solo contaminante, una solución que contenía cobre con una concentración de 1000 ppm, y se encontró que la CL50 fue de 3,3 µg/L. En el segundo escenario, se analizaron diversos agentes contaminantes en el cuerpo receptor del agua, y se observó que la CL50 representaba el 59% del cuerpo receptor del agua, mientras que el 41% restante correspondía al agua destilada” (24).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. La contaminación

La expresión de la contaminación ambiental del entorno hace alusión a la presencia de elementos o sustancias perjudiciales debido a sus particularidades físicas, químicas y biológicas, que ingresan al medio ambiente, ya sea en el suelo, el agua o la atmósfera, y que bajo circunstancias naturales no deberían estar presentes. Esta contaminación altera el equilibrio de los ecosistemas y tiene consecuencias graves para la salud humana, ya que provoca el aumento y la propagación de enfermedades. Además, afecta de manera negativa al crecimiento de las plantas y modifica los hábitats de los animales. En los casos más extremos, puede llevar a la extinción de especies (25). Toda esta problemática es causada por la actividad antropogénica, poniendo en peligro y perturbando el estado natural y la pureza del medio ambiente.

2.2.2. Contaminación de aguas superficiales

Cuando un agente perjudicial se introduce en un entorno acuático, en general provocado por la acción humana, esto se vuelve inadecuado y peligroso para la eficacia de diversas actividades, como la agricultura, la pesca, la industria y otras relacionadas con la preservación de la vida natural y el sustento de animales domésticos (26). La contaminación de las aguas superficiales se produce cuando se acumulan o integran materiales extraños, como líquidos residuales, productos químicos, microorganismos y residuos industriales, entre otros. Estas adiciones pueden tener una serie de consecuencias negativas, como el deterioro del recurso hídrico en cursos de los ríos, lagos, mares y océanos, lo que hace que resulten inutilizables para los fines previstos (27). La presencia de metales pesados en la contaminación de masas de agua se origina por la escorrentía o arrastre de sedimentos residuales de las minas, y es fundamental señalar que la presencia de estos metales se debe a su liberación directa en los cuerpos de agua en forma de líquidos residuales con tratamientos ineficientes o nula de ello (28).

2.2.3. Tipo de contaminantes

- **Contaminación puntual:** Se convierte en esta clase cuando se derrama sus aguas en el cuerpo acuífero, por lo tanto, se puede identificar y localizar. Al ser un punto de emisión concreto, son fácilmente medibles, tratables o controlables. Por lo general, están relacionadas con actividades industriales y fluidos cloacales (29).

Las fuentes de contaminación puntuales se denominan aguas residuales contaminadas o los agentes generadores y materiales con características físicas, químicas y bacterianas que alteran las particularidades de la trayectoria acuática (27). esto se puede describir en la siguiente manera:

- Liberación de aguas cloacales a los ríos, océanos, estanques y lagos.
- Vertido de desperdicios diversos en las orillas del mar, cursos de agua y lagos.
- Trabajos no regulados en las costas de los ríos, como vertimiento de productos químicos de la industria del cuero y la descomposición de baterías.

- **Contaminación difusa:** Se define sin un punto de origen específico y es generada en un área abierta. Se origina por una amplia gama de actividades de uso de tierra (agrícolas, lodos, depurados, pesticidas...). En el caso del agua, se da a través de procesos hidrológicos y las centrales eléctricas alimentadas con combustibles fósiles. Al no ser un punto fijo cuyo

control y detección son complicados (29).

Los residuos contaminantes pueden ser recuperados de los ríos mediante cabida depurativa. Esto se logra a través de la combinación de dilución y descomposición bacteriana. Está relacionada con el curso del agua que no reduce el caudal en las sequías y no se encuentra saturado con los contaminantes, con el fin de darse un proceso natural de restauración, embalses o captaciones para la agricultura o la industria. A pesar de ello, la dilución y biodegradación por medio de proceso natural no van a volatilizarse ni a eliminarse, ya que su degradación es lenta. Esto reduce el oxígeno disuelto y la descomposición por las bacterias de residuos degradables, lo que resulta en una disminución o exterminio de la población de organismos con alta demanda de oxígeno (28).

2.2.4. Contaminación por actividad minera

-Metales Pesados

Es conocido como metales pesados los elementos o sustancias propias de la naturaleza con alto peso molecular y densidad elevada, como el oro, el cadmio, el arsénico, el mercurio, el plomo, etc. A pesar de su toxicidad, tiene una demanda significativa en la industria debido a sus propiedades. Por ejemplo, el plomo es utilizado en la manufactura de tuberías y soldaduras, mientras que el arsénico se emplea en la industria como semiconductores, y el oro termina como joyería, entre otros usos... (30).

Cuando se trata de contaminación, estos metales pesados reaccionan con las enzimas del organismo, alterando o cambiando su función vital en las células, lo que provoca perjuicios en la salud y afecta de manera progresiva a los órganos. En lo concerniente a los vegetales y los seres vivos del reino animal, se puede mencionar que son más tóxicos para los animales que en las plantas, ya que se acumulan en los tejidos vegetales en concentraciones perjudiciales para los animales (30).

-Vertimiento Ácido de Mina

Las actividades mineras, ya sean históricas u operativas, generan o generaron el vertimiento ácido de mina (DAM), considerando como la principal fuente de contaminación del agua en lugares donde se llevan a cabo en las operaciones de extracción de minerales. El vertimiento ácido de mina (DAM) consiste en la descarga de agua residual muy ácida, tanto los sulfatos ferrosos como no ferrosos, con una elevada concentración de metales pesados, en su mayoría hierro, manganeso y aluminio. Los efectos secundarios de la contaminación de aguas superficiales y subterráneas pueden causar diversas intoxicaciones y daños irreparables en especies marinas, plantas, animales y seres humanos. Este tipo de contaminación se origina

debido a la actividad minera en curso o abandonada, que incluye tajos abiertos, pozos, túneles subterráneos y la deposición de material de relaves y desmonte (27).

Es importante señalar que el proceso de oxidación de minerales que contienen azufre, como la perita y la marcasita, es la causa principal. Esta oxidación ocurre de forma natural, pero la actividad minera acelera la exposición de los sulfuros al aire, al agua y a los microorganismos (31). En resumen, el drenaje ácido de una mina contiene abundantes tóxicos y sustancias disueltas, y esta mezcla tóxica se libera en el suelo, en ríos y arroyos, creando influencias ambientales que destruyen los ecosistemas y contaminan el agua (32). Este proceso es esencial para la obtención de concentrados de cobre (Cu), zinc (Zn) y plomo (Pb) dentro de las minas polimetálicas (27).

-Pasivos Mineros

Los pasivos mineros (PAM) se definen como todos aquellos elementos, así como instalaciones, edificaciones, emisiones, efluentes, depósito de residuos mineros, superficies afectadas por residuos, tramos de cauce perturbados que se pueden observar en relación a la explotación minera, ya sea activa o abandonada. Estos representan una amenaza de riesgo potencial permanente para el bienestar del ser humano que viven cerca de ellos y al ecosistema acuático local (33). Los pasivos ambientales se pueden clasificar según la normativa peruana en: i) bocaminas y chimeneas (labores mineras), ii) relaves y desmonte (residuos mineros), iii) campamentos, oficinas y talleres (infraestructura), y iv) Otros elementos derivados de las operaciones mineras, localizados en lugares específicos. Estos pueden estar en estado activo o inactivo, y representan un riesgo continuo para el equilibrio del ecosistema (27).

2.2.5. Determinación de los puntos contaminantes en los recursos hídricos

- **Contaminantes**

Los elementos más frecuentes presentes en el agua contaminada incluyen materia orgánica y bacterias, desechos industriales, hidrocarburos, productos pesticidas, desechos radioactivos y productos químicos domésticos (34). En cuanto a los contaminantes físicos, como vidrio, cartón, restos de madera, palillos y otros elementos, alteran la apariencia del agua, ya sea flotando o sedimentándose, lo que perturba el equilibrio natural y afecta de manera importante a la vida acuática y la flora. Estos contaminantes consisten en sustancias no solubles en líquidos o materiales sólidos, algunos de origen natural y otros artificiales, que se depositan en cuerpos de agua, además de productos derivados de la actividad humana,

como la contaminación térmica, espumas y residuos de petróleo (34).

Por otra parte, la contaminación química comprende sustancias químicas que abarcan compuestos de origen orgánico y otros de origen inorgánico que se dispersan o disuelven en el entorno acuático, provenientes de diversas fuentes como la agricultura, la industria y las actividades domésticas. Los efectos perjudiciales están relacionados con la naturaleza de los agentes químicos, la diversidad de contaminantes y la resistencia del entorno (35).

Estos contaminantes también se generan por la liberación de agentes químicos nocivos en la corteza terrestre, que luego son arrastrados hacia cuerpos de agua. Los principales agentes incluyen vertidos industriales y ganaderos, líquidos residuales y lixiviados (35). Además, se observa la presencia de alcalinos, desechos ácidos y óxidos de azufre, que actúan como gases tóxicos disueltos en el agua, como el amoníaco, el óxido de nitrógeno, el cloro y el ácido sulfhídrico (sulfuro de hidrógeno). Estos contaminantes suelen ser liberados directamente en la litosfera y, mediante las precipitaciones, son arrastrados, contribuyendo a la emisión de gases (34).

Por último, los contaminantes orgánicos son compuestos químicos que contienen carbono y están dispersos o disueltos en el agua, que provienen de residuos de hogares y acción agrícola, industriales, entre otros, y son generados tanto por la diligencia humana como por la actividad animal, así como diversos productos químicos industriales. Estas sustancias pueden afectar la vida acuática, causando la eutrofización al agotar los niveles de oxígeno que se encuentran en estado disuelto en el agua (34).

- **Origen del contaminante**

El origen del punto contaminante del acuífero tiende a ser de forma sólida o líquida para los recursos hídricos, ya sea de manera directa o indirecta, en fuentes de agua superficiales o subterráneas. Esto puede generar incertidumbre en términos de calidad natural (física, química y biológica), así como en su viabilidad a corto, medio o largo plazo. Además, es importante evaluar en qué medida los cambios en el comportamiento de los ecosistemas acuáticos representan una amenaza (18).

Tabla 2 Clasificación de fuentes contaminante natural y antrópico.

POR EL PUNTO DE ORIGEN	POR EFECTO DE LA NATURALEZA	POR EL TIPO DE CONTAMINANTE
------------------------	-----------------------------	-----------------------------

<i>F.C. Natural</i>	Aguas naturales	Por el punto de origen se pueden dar aguas de origen de fuente volcánicas (termales, minerales, termo mineral), procedentes de la desglaciaciones y aguas de drenajes pluviales.
	Depósitos de fuentes naturales	También depósitos no minerales, de sal y de carbón.
	Aguas negras	Se identifican en el punto agroindustrial por pesticidas y desinfectantes varios que se usan en su proceso. Agropecuaria que el más afectado en la ganadería, hospitalaria siendo este el punto excesivo contaminante en las aguas servidas, industrial en este aspecto el más destacado el del cuero con una gran afectación a las aguas servidas y por último el minero – metalúrgica la más conocida por ser depredadora de ecosistemas.
<i>F.C. Antropogénica</i>	Residuos sólidos	Su punto de origen más común de gestión municipal por su manejo inadecuado y también de gestión no municipal que son los peligrosos los cuales tienen que ser tratados por empresas adecuadas e implementadas para el recojo de estos residuos.
	Sustancias descargadas “in situ”	Estos proceden de actividades comunes cotidianas que se realizan en un mismo punto como lavado de: ropa, vehículos, también los agregados no metálicos como escombros vertidos vidrios y plásticos, los alimentos los cuales se terminan de degradar cuando son vertidas en las aguas, incorporación y descarga del trasegado de combustibles este último difícil de remediar en aguas y finalizando con las descargas fortuitas también llamados derrames.

Fuente: fuente proporcionada por (18).

Tabla 3 Fuentes contaminantes según el origen

Naturaleza	Tipo	Ejemplo
------------	------	---------

Aguas (A.R)	Residuales	A.R. Pecuaria		Son aguas arrastradas de las granjas por actividad ganadera y riego.
		A.R Agroindustrial		Se trata de agua empleada en el lavado de jabas, empaques, vegetales y frutas en la industria agroalimentaria.
		A.R Domésticas		Son aguas utilizadas en las viviendas que llevan impurezas y necesitan ser tratadas previo a su descarga al entorno.
		A.R Municipal		Aguas residuales producidas por una población distrital que pueden incluir una combinación de aguas pluviales e industriales.
		A.R Industrial		Aguas residuales líquidos contaminados de la manufactura, para proteger el entorno y la salud pública.
		AR. Minero metalúrgico		Aguas de mina, aguas residuales se mencionan las aguas de minas y las aguas residuales generadas por operaciones mineras.
Residuos (R.S.)	sólidos	R.S. de gestión municipal		Residuos domésticos, comerciales y urbanos incluyen alimentos, papel, botellas, latas y otros similares.
		R.S. Peligrosos de gestión no municipal		Los residuos metálicos que contengan estos metales como el plomo o el mercurio. Los residuos generados en el domicilio y de establecimientos de salud también se consideran peligrosos. Los pasivos mineros provenientes estos de actividades mineras ya sean legales e ilegales. Los residuos de plaguicidas, pesticidas, fungicidas y herbicidas provenientes de actividades ganaderas y agrícolas.
		R.S. peligrosos de gestión municipal	No de no	Esto se debe a las actividades que tienen lugar en las orillas del curso de agua, como la extracción de materiales, el lavado de vehículos, lavado ropa con detergentes y los posibles derrames de sustancias químicas y a la alta contaminación causada por hidrocarburos.
Sustancias descargadas in situ (I.S)				

Fuente: fuente proporcionada por (18).

2.3. Bioindicadores

Los bioindicadores pueden ayudar a comprender los cambios en los ecosistemas. Esto nos

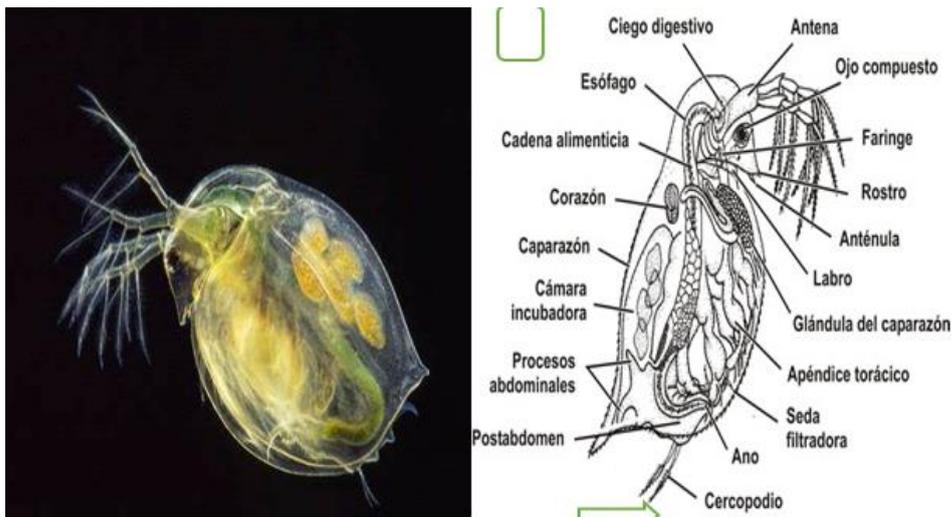
permite identificar las fuentes de impacto y mostrar rutas de acción, gracias a que en su mayoría son sensibles a la perturbación o estrés, y a los diferentes cambios ambientales. Las algas y los invertebrados se encuentran entre los grupos recomendados, con el fin de estudiar la evolución del ambiente en el medio marino y para permitir el análisis espacio-temporales de los efectos de sus propiedades sobre el cambio ambiental. Los organismos pueden determinar la condición y los efectos de las variables ambientales a través de los ciclos de vida, tasas de colonización y la densidad ecológica (36).

Viene a ser manejo de las especies para controlar o vigilar si un ambiente tiene alteraciones adversas o no. Esto se debe a su fácil control. Algunos de estos espécimen ya se han establecido como especies “indicadoras”, porque su presencia está relacionada con la contribución antropogénica de la materia orgánica (19). Por lo general sirven como una herramienta biológica para evaluar todo un sistema ecológico. El tipo de especie o comunidad indicadora, debe tener una tolerancia moderada a las fluctuaciones ambientales. El uso de los bioindicadores se establece como una herramienta de gran excelencia, a la hora de guiar la toma de decisiones en la formulación de políticas públicas, para la identificación espacio-temporal de áreas prioritarias, en fin de la restauración, conservación, protección y las políticas enfocadas al manejo de recursos naturales. Del mismo modo, se considera prioritario como tema de estudio con el propósito de tomar decisiones, mejorar los entornos degradados y establecer condiciones óptimas para el desarrollo del ecosistema (36).

2.3.1. Crustáceo *Daphnia magna*

Las *Daphnias magna* son microcrustáceos comúnmente conocidas como pulga de agua, desempeñan una función importante en los ecosistemas acuáticos, asumen como alimento del fitoplancton y zooplancton al filtrar el agua, además de consumir organismos más pequeños como algas (agua verde), bacterias y levaduras. Son transparentes y pueden llegar a medir en la edad adulta entre 5 y 6 mm. Además, se utilizan como alimento en la piscicultura, y en estado natural sirven de alimento a muchos peces en estado salvaje (21).

Figura 1 Descripción del Crustáceo *Daphnia magna*



Fuente: preparado por el autor y imágenes proporcionado por Asturnatura.com

Su cuerpo se divide en secciones que a primera vista no se aprecian. La cabeza se proyecta mayormente hacia la parte inferior, conectándose con el cuerpo y mostrando la división entre la parte superior y el cuerpo está cubierto por un exoesqueleto, con una abertura ventral en los 5 o 6 pares de patas, de ahí el nombre de braquiópodos, Esto les permite capturar el alimento (24).

Este crustáceo, de manera similar a ciertos otros seres vivos, es susceptible a la exposición a sustancias contaminantes como los alcoholes, pero es un excelente sujeto de prueba para los depresores del sistema nervioso debido a su exoesqueleto translúcido y la visibilidad de la variabilidad del ritmo cardíaco. Pueden usar cafeína, nicotina o adrenalina, con el fin de aumentar su ritmo cardíaco. Tienen la posibilidad de ser utilizados en determinados ambientes, al atestiguar la reacción de las toxinas en el ecosistema, lo que los convierte en bioindicadores especialmente útiles en esta zona gracias a su corta vida útil y capacidad reproductiva (22).

Tabla 4 Taxonomía de *Daphnias magna*

TAXONOMÍA	
<u>Reino:</u>	<u>Animalia</u>
<u>Filo</u>	<u>Arthropoda</u>
<u>Subfilo</u>	<u>Crustacea</u>

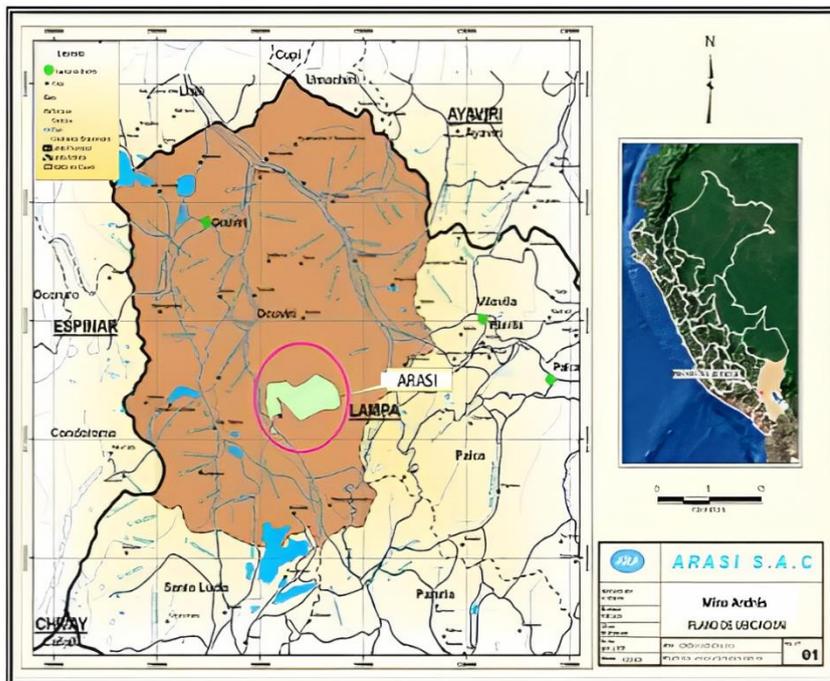
<u>Clase</u>	<u>Branchiopoda</u>
<u>Orden</u>	<u>Cladocera</u>
<u>Familia</u>	<u>Daphniidae</u>
<u>Género</u>	<u>Daphnia</u>
<u>Especie</u>	<u>D. magna</u>

Fuente: Validación de un ensayo toxicológico con *Daphnia magna* para Evaluar la Calidad de Agua en Cajamarca (22).

2.3.2. Situación de la minera ARASI S.A.C.

La mina esta ubicada en el distrito de Ocuwiri, perteneciente a la provincia de Lampa, ubicada en el departamento de Puno, Perú. Sus operaciones se desarrollan en las áreas de mayor altitud dentro de las microcuencas y de la subcuenca del río Chacapalca, es su afluente y desemboca en la subcuenca del río Llallimayo, en donde predomina también actividades principales como cría ganado ovino, vacuno y camélidos que se produce leche y queso. Puedes ubicarla utilizando coordenadas UTM promedio: 300871.8 E y 1687439.9 N. ZONA 19 SUR (37), con coordenadas en grados de latitud 15° 15' 20" N; 70° 51' 15" W.

Figura 2 Ubicación minera Arasi S.A.C.



Fuente: fuente proporcionada por (37)

Su metodología de extracción en el proceso de lixiviación en pilas se trabaja con soluciones cianuradas que recorren el circuito de mezcla. Asimismo, se mantiene un itinerario cerrado, y debido a las precipitaciones, equivalentes a las captadas en toda el área impermeabilizada del PAD lixiviación, aumentan los inventarios de soluciones en el itinerario, para conservar el balance hídrico. En los 18 procesos, se descende cualquier excedente de agua que se tenga como efecto de las precipitaciones a una poza de coyuntura, estas descargas se realizan hacia el río (38).

En los procesos donde se determina la liberación de las descargas de drenaje ácido de mina (DAM), se transportan una variedad de metales pesados disueltos. Esto puede afectar el estado natural del medio ambiente, primero el agua, luego el suelo y el aire, ya sea por fallas en el mantenimiento del proceso de drenaje y/o vertimientos imprevistos (39). Estos vertederos se sedimentan lentamente mediante la lixiviación con la presencia de los metales pesados provenientes de la actividad minera, y a su vez pueden volver a manifestarse la toxicidad en etapas posteriores cuando hay contacto de los relaves con el agua y se produce la reacción, solubilizan sus tóxicos y a su vez transportándolos como disueltos en el agua (40).

La empresa Arasi S.A.C. está siendo señalada como la responsable de la contaminación en la cuenca Chacapalca, que a su vez desemboca en la subcuenca del río Llallimayo. Este escenario ocurre debido a la existencia de metales, los cuales provienen de las descargas de aguas residuales o la acumulación de residuos excedentes del proceso minero en ubicaciones inadecuadas, de acuerdo con lo establecido en la RESOLUCIÓN N° 285-2018-ANA/TNRHCH emitida por el ANA (41).

Se ha constatado la existencia de metales pesados en niveles alarmantemente elevados, que exceden los estándares de calidad ambiental (ECA), según lo confirmado tanto por la ANA (41), así como por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). Por consiguiente, los distritos más afectados por la liberación de desechos mineros por parte de esta empresa son Llalli y Ocuwiri (42).

2.4. Marco Legal

La misión primordial del Estado es fomentar el Bien Común, que equivale al bienestar general. Por lo tanto, su responsabilidad principal es resguardar el medio ambiente, que es vital para la vida, así como los recursos naturales que atienden las necesidades esenciales de todos los ciudadanos peruanos. No obstante, también deben preservar el bienestar de las futuras generaciones. En la actualidad, utilizamos lo que en realidad pertenece a las generaciones venideras (43).

El texto se enfoca en la política medioambiental para mejorar la calidad de vida, respaldar la economía y preservar el entorno natural. La Autoridad Ambiental supervisa Estudios de Calidad del Aire (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) según directrices de la OMS, así como Estudios de Impacto Ambiental y planes de cumplimiento. La colaboración entre organismos nacionales es clave en la prevención de daños ambientales. Además, el Sistema Nacional de Información Ambiental difunde datos relevantes sobre el entorno. En resumen, se destaca la importancia de la política ambiental en el equilibrio entre el progreso económico y la protección del entorno (44).

Las entidades, ya sean de carácter público o privado, que no dispongan de un Plan de Adecuación y Administración Ambiental (PAMA), particularmente en relación con la liberación de aguas residuales, y que no cumplan con los requisitos establecidos en el Título V de la legislación, están requeridas a entregar su PAMA a la entidad de supervisión ambiental correspondiente. Esto conlleva la necesidad de establecer plazos para la ejecución de medidas destinadas a corregir, mitigar y controlar los impactos ambientales (45).

Se establece el concepto de "Nivel Máximo Permissible" se refiere al límite máximo de contaminantes que no representa una amenaza para la salud y el entorno, y esta medida se establece en conformidad con la legislación actual. El "Plan de Cierre" consiste en un conjunto de medidas diseñadas para prevenir impactos ambientales al concluir una operación. El "Programa de Adecuación y Gestión Ambiental (PAMA)" se concentra en reducir emisiones y vertidos para cumplir con los límites autorizados. La "Protección Ambiental" involucra la aplicación de acciones destinadas a evitar la decaída del entorno natural. El "Programa de Monitoreo" evalúa la presencia de sustancias contaminantes. La "Evaluación Ambiental Preliminar" identifica problemas ambientales. Un "Auditor Ambiental" verifica el cumplimiento de las regulaciones ambientales. Las "Guías de Manejo Ambiental Minero" proporcionan directrices para fomentar un desarrollo sostenible en la industria minera (46).

La presencia de metales pesados en el agua, con su potencial para causar efectos perjudiciales tanto en la salud humana como en los ecosistemas acuáticos, constituye un asunto de gran gravedad. Por lo tanto, resulta de vital importancia disponer de un mecanismo de gestión ambiental como el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), que se establece con el propósito de evaluar la calidad del entorno en el ámbito nacional. El ECA establece los niveles de concentración de elementos o sustancias en el medio ambiente que no conllevan riesgos para la salud y el ecosistema. Esto se aplica de manera particular a cuerpos de agua superficiales naturales que forman parte de ecosistemas delicados, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, que presentan características que merecen ser preservadas

(47).

2.5. Definición de términos básicos

- **pH:** Es una medida que evalúa el nivel de alcalinidad o acidez en una sustancia o soluciones que contienen iones de hidrógeno. Se utiliza una escala de 0 a 14, donde un pH de 7 se considera neutro, por debajo de 7 indica acidez, y por encima de 7 señala alcalinidad. En consecuencia, la acidez de una solución variará según la concentración de iones de hidrógeno que contenga (48).
- **Temperatura:** Se refiere a la evaluación del nivel de energía térmica o el calor presente en un cuerpo, un objeto o de un organismo. Se definen como una propiedad termodinámica que describe un estado macroscópico, se mide mediante la energía cinética de las moléculas y se expresa en escalas termométricas como Celsius, Fahrenheit y Kelvin (49).
- **Conductividad Eléctrica:** Evalúa la aptitud de una sustancia, como el agua, para permitir el paso de electricidad debido a la presencia de iones disueltos. El agua extremadamente pura, como la destilada, presenta una conductividad baja debido a la ausencia de iones, mientras que el agua con sales disueltas en su forma natural actúa como un conductor más efectivo (50).
- **Oxígeno Disuelto:** En hábitats acuáticos, la presencia de oxígeno disuelto es esencial para la vida, ya que resulta necesario en el proceso de respiración de los organismos. Su nivel puede variar debido a factores como la temperatura y la presión, siendo un indicador crucial de la calidad del agua y estando vinculado al suministro de oxígeno desde la atmósfera (51).
- **Cuenca Hidrográfica:** Una cuenca hidrográfica de un río es un área superficial donde se acumula el flujo del agua que drenan todas las corrientes y las precipitaciones hacia desembocaduras, estuario o delta, lo que permite que la morfología de la tierra se concentre en el canal de arroyos y ríos hacia un mar o lago. Estas extensiones territoriales pueden ser tanto grandes como pequeñas, con pendientes por donde fluyen los ríos. Por lo consiguiente, estas cuencas se pueden identificar por el nombre de un río o un canal más importante que predomina en el área. Hay cuencas que no tienen salida fluvial hacia el mar, y se les conoce como cuencas cerradas o endorreicas. En su mayoría, son lagos atrapados en grandes cadenas montañosas, donde las filtraciones subterráneas y la evaporación sustituyen las funciones del drenaje de los ríos. Un ejemplo de

esto es el lago Titicaca (52).

- **Subcuenca:** se caracteriza a estas áreas que desembocan en una cierta parte del río de mayor tamaño a través de escorrentía y generalmente en un río principal o lago específico (53).
- **Microcuenca:** Es una región más pequeña donde el drenaje se dirige hacia el cauce principal de una subcuenca, lo que significa que son afluentes terciarios e incluye directamente como una cuenca en miniatura. (53).

CAPITULO III METODOLOGIA DE INVESTIGACION

3.1. Métodos y Alcance de la Investigación

3.1.1. Método de la Investigación

La finalidad de este estudio es experimentar, evaluar y cuantificar, ya que tiene como objetivo la manipulación de las variables experimentales no comparadas. También puede establecer la conexión de origen y consecuencia o por qué causa ocurre una situación en particular, y determinará los procedimientos, materiales y equipos técnicos que ayudarán a cumplir con los objetivos y darán validez a las hipótesis (54).

A continuación, destacamos la aplicación sistemática con un enfoque general o teórico en la investigación, lo cual está en consonancia con:

Método analítico, utilizado en ciencias e investigaciones, implica ensayos directos y lógicos, es decir, analiza fenómenos de estudio que descomponiéndolos en sus elementos básicos y dividiendo todas las partes individuales que deben estudiarse por separado. Es un estudio científico que se centra directamente en el experimento y las consideraciones prácticas (15).

3.1.2. Alcances de la investigación

La tesis llevada a cabo es aplicada y, por consiguiente, está estrechamente relacionada con la investigación que se enfoca en entregar soluciones de un determinado problema o planteamiento específico. Aquí se intenta resolver una incógnita en concreto o proponer soluciones innovadoras a problemas enriquecidos, al afectar a un individuo grupo o comunidad en particular, la aplicación del conocimiento está interesada en resultados prácticos (55).

3.1.3. Nivel de investigación

Correlacional en donde se enfoca en analizar dos o más variables sin manipularse, estableciendo el grado de relación estadística a través de ellas. Esto nos permite explicar

cómo es la correlación entre las dos variables estudiadas, sin necesidad de definir variables externas con el fin de obtener una conclusión apropiada (55). En esta tesis, se busca determinar una correlación entre el nivel de concentración de metales pesados de las muestras recolectadas del entorno acuático del río Llallimayo, referente a la fuente emisora de la CIA minera Arasi. Y así mismo, se realizará la evaluación del crustáceo *Daphnia magna* como bioindicador.

3.2. Diseño de la Investigación

3.2.1. Tipo de la investigación

El diseño propuesto es un experimento “puro” es una investigación científica controlada que implica la manipulación intencional de variables independientes, con el objetivo de observar su efecto en condiciones estrictamente controladas para lograr el control y la validez. En este diseño, se incluye un grupo de control, con el fin de hacer las comparaciones tanto con presencia como sin presencia de concentración de metales pesados.

Esquematación del diseño de investigación

[R] = Control de aguas

O1 = Uso de un vaso de precipitación de 1000 mL con la adición de una muestra de agua de 1000 mL y 10 unidades de crustáceo *Daphnia magna*.

\bar{X} = Muestra de agua del río Llallimayo con un grado de concentración de metales pesados que excede los ECAs, categoría 4 de conservación de un ambiente acuático (Cu, Zn y Cd).

O2 = Medición del grado de reducción y mortalidad durante un periodo de monitoreo de 4 días consecutivos del crustáceo *Daphnia magna*.

- = Agua destilada sin concentración de metales pesados.

O3 = La medición de parámetros de interferencia de factores externos a los ensayos practicados.

[R] → O1 → \bar{X} → O2

[GR] → O1 → - → O3

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

El estudio se centrará en analizar la presencia de metales pesados en los cuerpos de agua contaminados que están asociados con la empresa minera Arasi S.A.C. Este volumen de agua se encuentra en el río Llallimayo, que abarca un espacio de 1504.5 km², tiene una extensión de 88 kilómetros y una media anual de 13.262 metros cúbicos por segundo en términos de caudal.

3.3.2. Muestra

Se eligieron tres puntos a lo largo del río Llallimayo para representarlos en la muestra. Se tomaron muestras de agua, obteniendo 6 litros de muestra completa en cada punto (I, II y III) y se recolectaron 2 litros de cada ubicación, siguiendo el protocolo establecido para el levantamiento de muestras de aguas superficiales. (56).

- Primer punto coordenadas UTM. Este (UTMX) 295477 Norte (UTMY) 8337002
- Segundo punto coordenadas UTM. Este (UTMX) 293858 Norte (UTMY) 8338924
- Tercer punto coordenadas UTM. Este (UTMX) 293458 Norte (UTMY) 8343228

Figura 2 Ubicación coordenadas UTM



Fuente: elaboración propia mediante ArcGis Pro

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas

- Inspección: se registraron por la percepción de los fenómenos de forma natural, y consiste básicamente en visualizar el objetivo, registrar lo observado durante las interacciones con los participantes, siguiendo las reglas a seguir sin permiso previo.

3.4.2. Instrumentos

- Ficha de recolección de la muestra: ha sido utilizado este instrumento por la simplicidad en el registro y utilización de la información en atribución a la variable expuesta en la investigación.

3.5. Metodología de experimentación

3.5.1. Materiales y equipos utilizado

Tabla 5 Materiales usados en el laboratorio de la Universidad Continental

MATERIALES			
Nº	Inventario	Cuantía	Unidad
1-	Vaso precipitado de 1L	8	Unid
2-	Varilla de vidrio	8	Unid
3-	Pipeta	2	Unid
4-	Cuchara metálica	1	Unid
5-	Lunas de reloj	4	Unid
6-	Olla	1	Unid
7-	Vara de madera	1	Unid
EQUIPOS			
1-	pH metro	1	Unid
2-	Balanza de vacío	1	Unid

3-	Multiparámetro	1	Unid
4-	GPS móvil	1	Unid
5-	Balanza digital	1	Unid

Fuente: Elaboración propia

En la Universidad Continental, la revisión y calibración de los equipos de laboratorio son esenciales. Estos procedimientos garantizan la precisión y el funcionamiento adecuado de los dispositivos en experimentos, asegurando resultados científicos y académicos de alta calidad. En relación a los equipos de laboratorio, se realizan inspecciones mecánicas, que incluyen calibración, alineación y ajustes, de manera semestral.

3.5.2. Recolección de muestra de agua superficial del río Llallimayo

- Criterios determinar la ubicación (56)
 - a. Accesibilidad: Al ingresar a la subcuenca Llallimayo se ubicó los puntos de recolección de muestra al ser seguros y rápidos.
 - b. Representatividad: A la hora de examinar el lugar de partida del vertimiento de aguas residuales y el transcurso del curso de agua del río Llallimayo, se identificó puntos con flujo constante y sin turbulencias. Como resultado, se observó una uniformidad en la profundidad, lo que facilitó la recolección de muestras de agua superficial, al establecer una base de referencia para investigaciones futuras en el curso del río.
 - c. Importancia debido a la ubicación de la fuente contaminante: La minera CIA ARASI SAC. Se ubica aguas arriba, cuyos contaminantes mineros son mayores, sin embargo, a lo largo de la corriente de agua se dispersan y terminan diluyéndose debido a que se unen otros ríos adyacentes a este.

-Se previsto realizar un muestreo en tres (03) puntos. La recolección o muestreo de agua superficial del cuerpo receptor de agua del río Llallimayo se llevó a cabo en el mes de enero.

Figura 3 Recolección de muestra del primer punto aguas arriba.



Fuente: Cámara fotografía y elaboración propia mediante ArcGis Pro

- **Lugar de muestreo.** – Desde la cabecera de la subcuenca Chacapalca, un afluente de la subcuenca Llallimayo (ver **figura 3**), que abarca los sectores del distrito de Ocuvi-Lampa con el de Llalli - Melgar, seguimos el curso hasta llegar al río Llallimayo. En este punto, se tomó la primera ubicación (MUESTRA, I) del cuerpo de agua receptor del río Llallimayo, ubicado a una distancia de 38 kilómetros de la fuente emisora de la minera CIA Arasi. Es importante destacar que la Autoridad Nacional del Agua-ANA impuso sanciones debido a la evidencia de que el efluente minero excedía los límites máximos permisibles (LMP) y se realizaban vertidos no autorizados (41). La recolección de esta muestra se consideró puntual y sesgada, y el agua presentaba una coloración muy turbia. La profundidad se mantuvo uniforme durante la recolección (56).

Tabla 6 Coordenadas UTM, punto 1

COORDENADAS UTM	
Este (UTMX)	295477
Norte (UTMY)	8337002
4028 msnm	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4 Recolección de muestra del segundo punto.



Fuente: Cámara fotográfica y elaboración propia mediante ArcGis Pro

- **Lugar de muestreo.** – Desde la cabecera de la subcuenca Chacapalca, un afluente de la subcuenca Llallimayo (ver **figura 4**), que abarca los sectores del distrito de Ocuvi - Lampa y Llalli - Melgar, seguimos el curso hasta llegar al río Llallimayo. En este punto, se tomó el segundo punto (MUESTRA, II) del cuerpo de agua receptor del río Llallimayo, ubicado a una distancia aproximada de 3.5 kilómetros del primer punto de muestreo. Además, este segundo punto se encuentra a unos 41.5 kilómetros del lugar de emisión de contaminantes de la minera CIA Arasi, como se evidencia en la sanción impuesta por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) debido al exceso de los límites máximos permisibles (LMP) y a la realización de vertidos no autorizados (41). En este punto, se identificó un flujo regular del río que resultó óptimo para la toma de muestras.

Tabla 7 Coordenadas UTM, punto 2

COORDENADAS UTM	
Este (UTMX)	293858
Norte (UTMY)	8338924
4022 msnm	

Fuente: Elaboración propia

Figura 5 Recolección de muestra del tercer punto aguas abajo.



Fuente: Cámara fotográfica y elaboración propia mediante ArcGis Pro

- **Lugar de muestreo.** – La cabeza de la subcuenca Chacapalca, que es un afluente de la subcuenca Llallimayo según la **figura 5**, atraviesa varios sectores, incluyendo el distrito de Ocuwiri - Lampa con Llalli - Melgar. Siguiendo desde la cabeza de la subcuenca hasta llegar al río Llallimayo, se seleccionó el tercer punto (MUESTRA, III) de muestreo para analizar la calidad del agua. Este punto está aproximadamente a 6 kilómetros del segundo punto de muestreo y a una distancia de unos 47.5 kilómetros de la fuente de contaminación de la minera CIA Arasi. Se ha observado que, según la sanción impuesta por la Autoridad Nacional del Agua-ANA, el efluente minero supera los límites máximos permitidos y se han realizado vertidos no autorizados (41). En esta ubicación, se ha notado un cambio en la coloración del agua, que es más clara y se encuentra más cerca de la población del distrito de Llalli.

Tabla 8 Coordenadas UTM, punto 3

COORDENADAS UTM	
Este (UTMX)	293458
Norte (UTMY)	8343228
4015 msnm	

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3. Preparación de la muestra de agua superficial en laboratorio

Figura 6 Vertimiento de las muestras de agua superficial a vaso precipitación.



Fuente: Cámara fotográfica

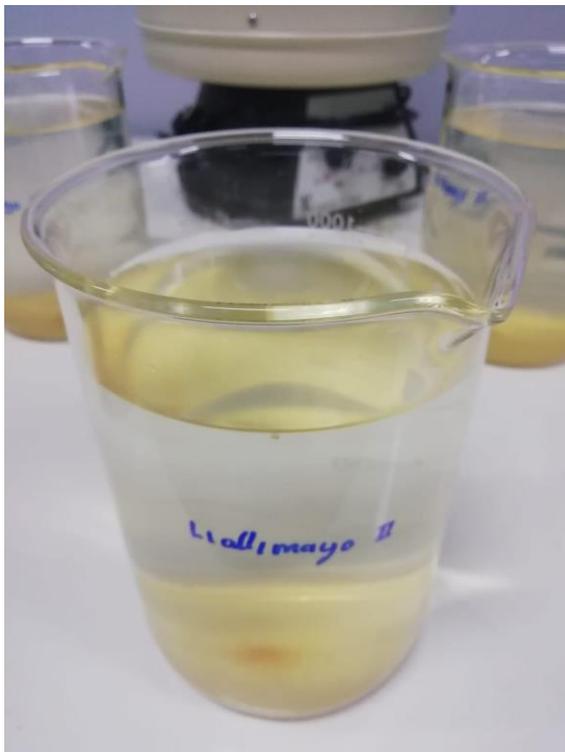
Durante esta fase del experimento, se adicionó cuidadosamente 1 litro de muestra de agua superficial del río Llallimayo a cada recipiente de precipitación, evidenciando la presencia de metales; Los resultados del análisis de laboratorio revelan valores que exceden los límites establecidos por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para el agua superficial. En el caso de la Muestra I, los niveles registrados son de 0,26 mg/L de cobre, 0,20 mg/L de zinc y 0,00033 mg/L de cadmio. En la Muestra II, se detectaron 0,23 mg/L de cobre, 0,18 mg/L de zinc y 0,00030 mg/L de cadmio. Por último, la Muestra III exhibió concentraciones de 0,18 mg/L de cobre, 0,15 mg/L de zinc y 0,00026 mg/L de cadmio, en comparación con el control que utilizó agua destilada.

Figura 7 Muestra I de agua superficial, aguas arriba subcuenca Llallimayo



Fuente: Cámara fotográfica

Figura 8 Muestra II de agua superficial, subcuenca Llallimayo.



Fuente: Cámara fotográfica

Figura 9 Muestra III de agua superficial, aguas abajo subcuenca Llallimayo.



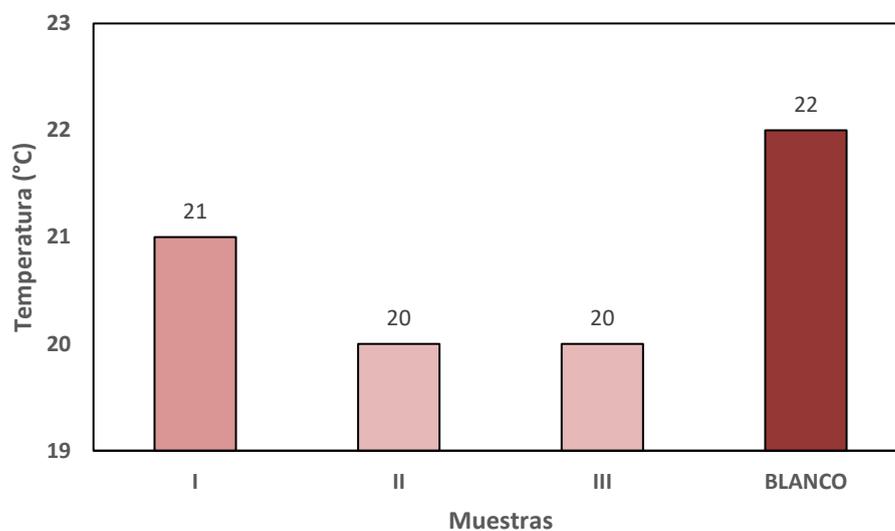
Fuente: Cámara fotográfica

Figura 10 Toma de temperatura a las muestras I, II, III del agua superficial y agua destilada.



Fuente: Cámara fotográfica

Figura 11 Resultados de toma de Temperatura en las muestras I, II, III y blanco.



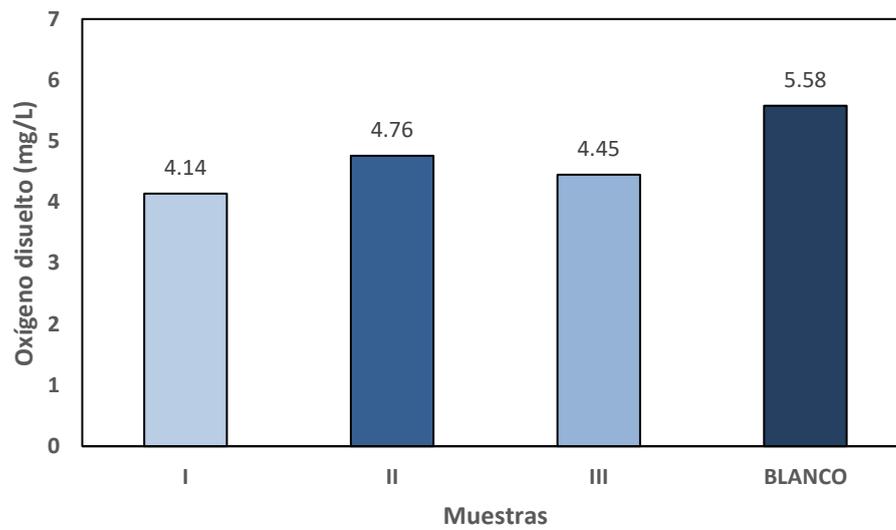
Fuente: elaboración propia mediante Excel.

Figura 12 Toma del Oxígeno Disuelto en las muestras I, II, III y agua destilada.



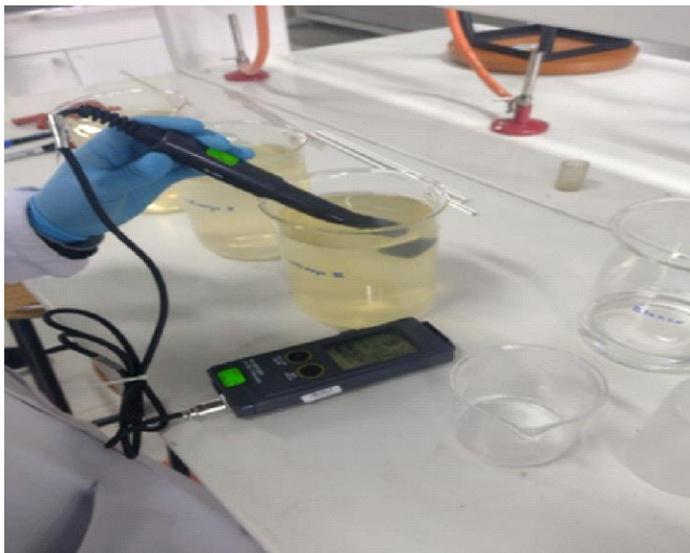
Fuente: Cámara fotográfica

Figura 13 Resultado de toma de Oxígeno Disuelto de las muestras I, II, III y blanco.



Fuente: elaboración propia mediante Excel.

Figura 14 Toma del pH en las muestras I, II, III y agua destilada.



Fuente: cámara fotográfica.

Figura 15 Resultados de toma de pH de las muestras I, II, III y blanco.



Fuente: elaboración propia mediante Excel.

3.5.4. Preparación de los especímenes de *Daphnia magna* para los bioensayos de toxicidad

Figura 16 Muestras de *Daphnia magna* alrededor de 100 especímenes.



Fuente: Cámara fotográfica

-Los crustáceos (*Daphnia magna*) se recolectaron en el día de inicio del experimento y se transfirieron a vasos precipitados previamente elegidos. Se seleccionaron individuos adultos para el bioensayo, donde se les suministró microalgas como fuente de alimento.

Figura 17 Visualización de la muestra para extracción de *Daphnia magna* adultas.



Fuente: Cámara fotográfica

3.5.5. Aplicación de las *Daphnia magna* en las muestras de agua superficiales

Figura 18 Colocación de las 10 *Daphnia magna*, en las muestras de agua superficial y muestra en blanco.



Fuente: Cámara fotográfica

- En la **Figura 18**, se aprecia la minuciosa disposición de 10 ejemplares del crustáceo *Daphnia magna* en vasos de precipitación de 1 litro, previamente llenos con agua que contiene concentraciones de metales pesados como cobre,

zinc y cadmio. Para lograr una colocación precisa y segura, sin causar ningún daño previa a la experimentación y se emplea una espátula con extrema precaución.

Figura 19 Muestra I, después de 4 días de monitoreo se muestra las Daphnia magna muertas y sobrevivientes.

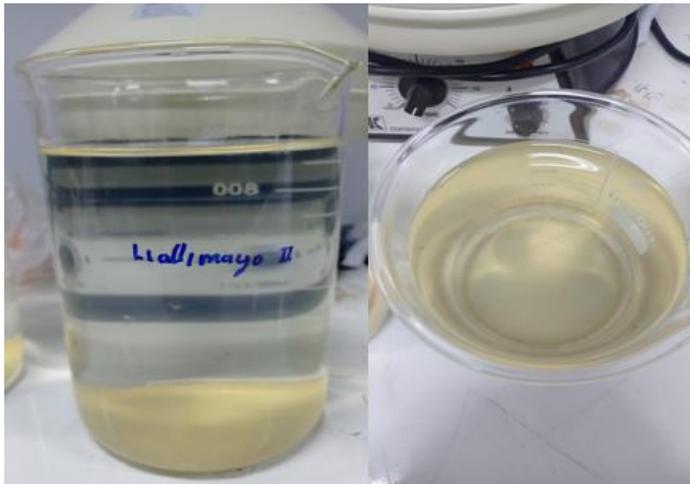


Fuente: Cámara fotográfica

- En la **figura 19** se muestra que, en el primer día, no se registró la muerte de *Daphnia magna*, mientras que en el segundo día fallecieron 2 de estos organismos. El tercer día, la cifra de *Daphnia magna* muertas aumentó a 5, y en el cuarto día, se contabilizaron 9 *Daphnia magna* fallecidas en total. Esto significa que solo 1 *Daphnia magna* logró sobrevivir a lo largo de los cuatro días de exposición a las aguas superficiales contaminadas por metales pesados en el río Llallimayo.

Figura 20 Muestra II, después de 4 días de monitoreo se muestra las Daphnia magna

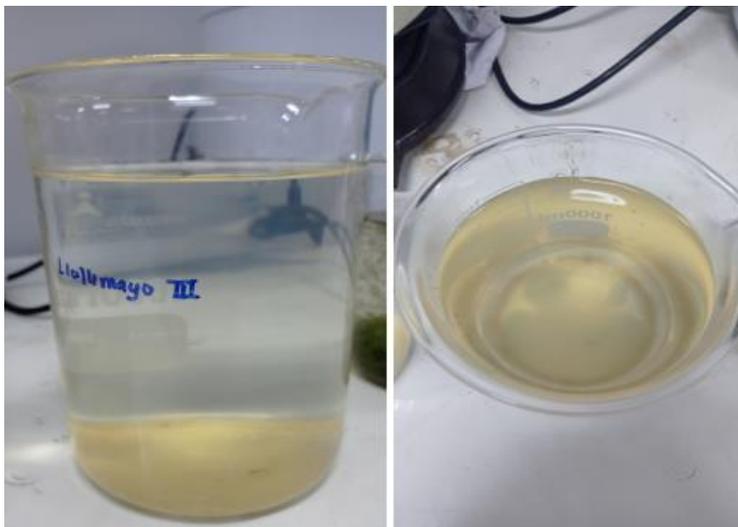
muertas y sobrevivientes.



Fuente: Cámara fotográfica

- La **figura 20** muestra en el primer día, no se registró ninguna muerte de *Daphnia magna*, pero en el segundo día hubo una muerte, seguida de tres muertes en el tercer día, y un total de ocho muertes en el cuarto día. Esto significa que, de los *Daphnia magna* expuestos a las aguas superficiales contaminadas por metales pesados en el río Llallimayo durante cuatro días, lograron sobrevivir solamente dos de ellos.

Figura 21 Muestra III, después de 4 días de monitoreo se muestra las Daphnia magna muertas y sobrevivientes.



Fuente: Cámara fotográfica

- En la **figura 21** ilustra que en el primer día no se observó ninguna mortalidad entre los *Daphnia magna*, y el segundo día tampoco hubo fallecimientos. Sin embargo, en el tercer día, se registraron dos *Daphnia magna* muertas, y el cuarto día se

contabilizaron seis muertes en total. Esto implica que, de los *Daphnia magna* expuestos durante cuatro días a las aguas superficiales contaminadas por metales pesados en el río Llallimayo, lograron sobrevivir únicamente cuatro individuos.

Figura 22 Muestra en blanco, después de 4 días de monitoreo se muestra las Daphnia magna sobrevivientes.



Fuente: Cámara fotográfica

- En la **figura 22**, el medio utilizado consiste en agua destilada que carece de la presencia de metales pesados, como el cobre (Cu), zinc (Zn) y cadmio (Cd). De hecho, no se observó ninguna interferencia durante las 96 horas de prueba, ya que no se produjo ninguna muerte. En su totalidad, los 10 ejemplares de *Daphnia magna* sobrevivieron a los cuatro días de exposición al agua destilada. Esto nos facilita comprobar la confiabilidad de los bioensayos toxicológicos al discernir si los cambios detectados en el grupo experimental se deben a la intervención o si podrían haber ocurrido de forma natural. Este proceso contribuye a evaluar la credibilidad y precisión de los resultados.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultado del tratamiento y análisis de la información

Cuando se llevó a cabo la fase de establecer el grado de concentración de los metales pesados, se registraron los siguientes hallazgos, los cuales se presentan a continuación en las líneas posteriores.

Tabla 9 Resultado de la identificación de metales pesados en el río Llallimayo

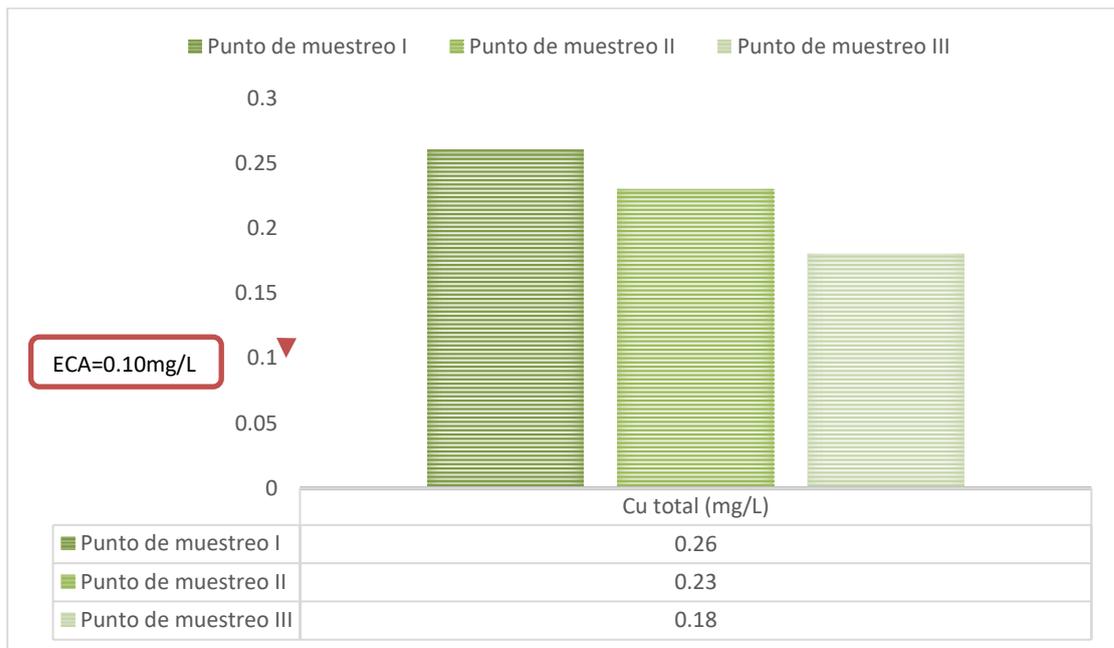
Identificación de metales pesados encontrados en las muestras de agua superficial por el laboratorio BHIOS (acreditado por INACAL).	Parámetros estándar para calidad de aguas superficiales.	Parámetros que sobrepasaron la calidad de aguas superficiales
Cobre (Cu)		
Cromo (Cr)		
Cadmio (Cd)		
Arsénico (As)		
Plomo (Pb)		
Níquel (Ni)		
Zinc (Zn)		
Mercurio (Hg)		

Fuente: Cuadro creado por el autor.

- **La tabla 9** Exhibe los resultados obtenidos por el laboratorio BHIOS, que cuenta con la acreditación de INACAL. A este, se llevó la muestra de agua superficial del río Llallimayo. Se dio como resultado metales pesados presentes, tales como el Níquel (Ni), Plomo (Pb), Mercurio (Hg), Arsénico (As), Cromo (Cr), Cobre (Cu),

Zinc (Zn) y Cadmio (Cd). Estos tres últimos presentan niveles de concentración que sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de agua. El método utilizado para la detección, fue mediante la técnica de Metales Totales por ICP-MS. Es así que con estos tres últimos metales pesados se proseguirá la evaluación del crustáceo *Daphnia magna* como bioindicador.

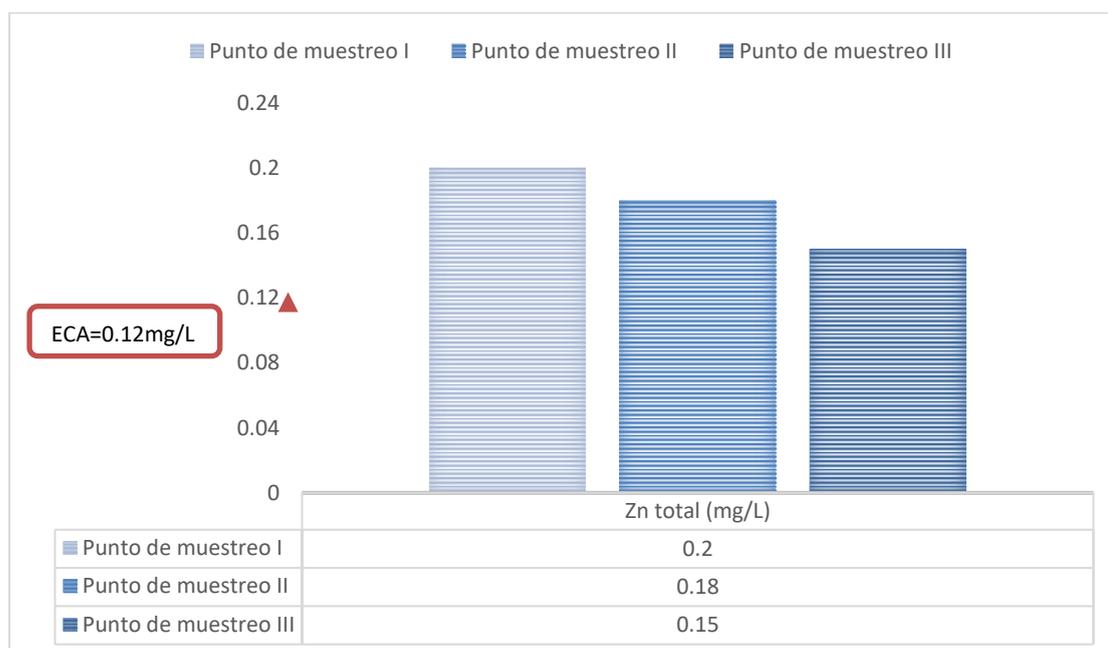
Figura 23 Presencia de Cu total en agua superficial del río Llallimayo.



Fuente: Elaboración propia mediante office Excel.

- La **figura 23** Se exhibe el gráfico que representa los datos relativos a la existencia de cobre (Cu) en los puntos de muestreo I, II y III, realizado en el laboratorio. En estos resultados, se observa que los niveles de cobre superan el estándar de calidad ambiental (ECA), categoría 4, que se refiere a la conservación del ambiente acuático en ríos de las regiones costeras y de la sierra. El valor límite establecido es de 0.10 mg/L. Estos altos niveles de cobre están principalmente relacionados con la actividad minera, específicamente con la Unidad minera-CIA Arasi SAC. La evaluación y supervisión llevada a cabo por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) ha revelado que los efluentes de residuos mineros exceden los límites máximos permitidos (LMP) y se están realizando vertimientos no autorizados en el cuerpo de agua. Como resultado, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) ha impuesto sanciones en este contexto (41).

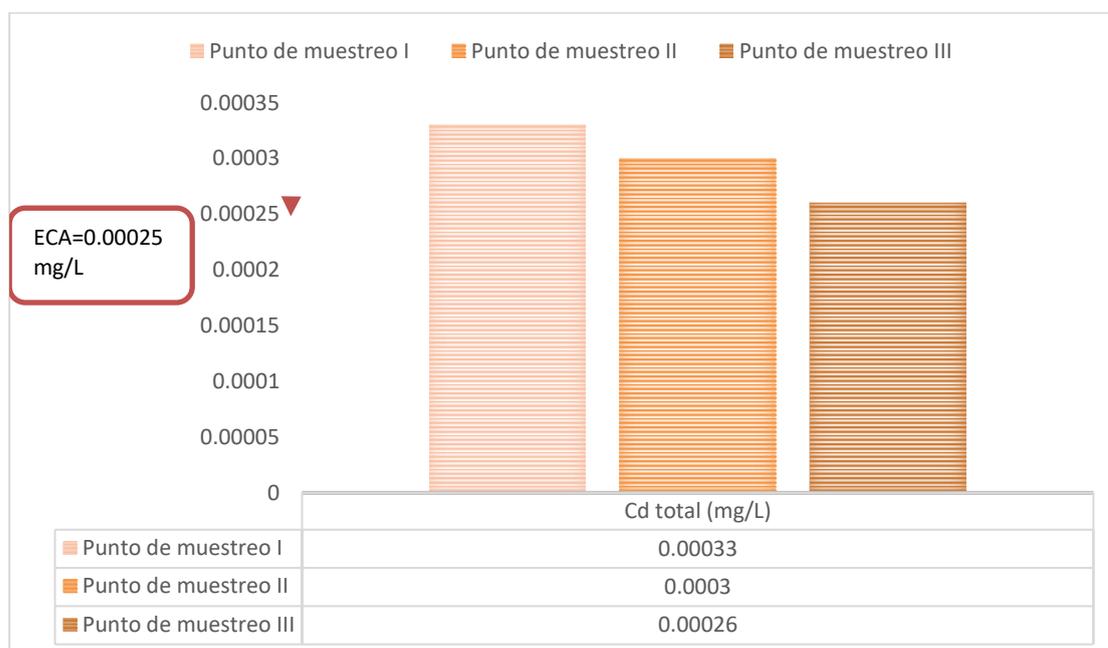
Figura 24 Presencia de Zn total en agua superficial del río Llallimayo.



Fuente: Elaboración propia mediante office Excel

- La **Figura 24** se exhibe el gráfico que muestra los resultados de la presencia de Zinc (Zn) en los puntos de muestreo I, II y III, los cuales indican que los niveles de Zinc excedieron el estándar de calidad ambiental (ECA) de la categoría 4, en lo que concierne a la preservación del ambiente acuático en ríos de las regiones costeras y de la sierra. El valor límite establecido es de 0.12 mg/L. Esta alta concentración de Zinc se asocia principalmente a la actividad minera y se relaciona con la Unidad minera-CIA Arasi. La síntesis de los resultados de la evaluación y supervisión realizada por la entidad de Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) ha evidenciado que los vertidos de residuos mineros superan los límites máximos permitidos (LMP) y se han efectuado vertidos no autorizados en el cuerpo de agua. En consecuencia, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) ha aplicado sanciones en relación con este problema (41).

Figura 25 Presencia de Cd total en agua superficial del río Llallimayo.



Fuente: Elaboración propia mediante office Excel.

- En la **figura 25** se revela la presencia de Cadmio (Cd) al analizar la muestra tomada en los puntos I, II y III en un laboratorio. Este resultado muestra que los niveles de Cadmio superan el estándar de calidad ambiental (ECA) de la categoría 4, especialmente en ríos de las regiones costeras y de la sierra. El valor límite establecido es de 0.00025 mg/L. Esta presencia de Cadmio se debe primeramente a la actividad minera que se vincula a la Unidad Minera-CIA Arasi. Los resultados de la evaluación y fiscalización realizados por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) han llevado a la imposición de sanciones por parte de la Autoridad Nacional del Agua-ANA, debido a que los vertidos de residuos mineros exceden los límites máximos permitidos (LMP) y se realizan vertimientos no autorizados en los cuerpos de agua (41).

Tabla 10 Diferencia significativa entre los puntos de muestreo del río Llallimayo.

Determinación de metales pesados identificados Por BHIOS laboratorio, acreditado por INACAL	Cu (cobre)	Zn (Zinc)	Cd (Cadmio)	Unidad
Punto de muestreo I (aguas arriba)	0.260	0.205	0.00033	mg/L
Punto de muestreo II (aguas abajo)	0.23	0.18	0.00030	
Punto de muestreo III (aguas abajo)	0.18	0.15	0.00026	

Fuente: Elaboración propia

- Se exhibe en la **Tabla 10**, es claramente visible que hay diferencias notables entre cada ubicación. En el punto inicial, situado aguas arriba, los niveles de cobre son marcadamente elevados, registrando una concentración de 0,026 mg/L, y a medida que avanzamos aguas abajo, los niveles disminuyen gradualmente, llegando a 0,230 mg/L en el segundo punto y finalmente a 0,180 mg/L en el último lugar de muestreo. De manera similar, en lo que respecta al zinc, los niveles son más altos en el punto aguas arriba, comenzando con 0,20 mg/L y decreciendo a 0,180 mg/L en el segundo punto, culminando en 0,150 mg/L en el último punto. En cuanto al cadmio, la concentración inicial es alta aguas arriba, registrando un valor de 0,00033 mg/L, y disminuye de manera progresiva a 0,00030 mg/L en el segundo punto, para finalmente alcanzar 0,00026 mg/L en la última ubicación. La variación en la concentración de metales pesados en el río es notoria, presentando niveles superiores aguas arriba y una disminución gradual a medida que el río avanza,

aunque esta reducción apenas es perceptible.

Tabla 11 Muestra el crecimiento posterior de mortalidad de los especímenes.

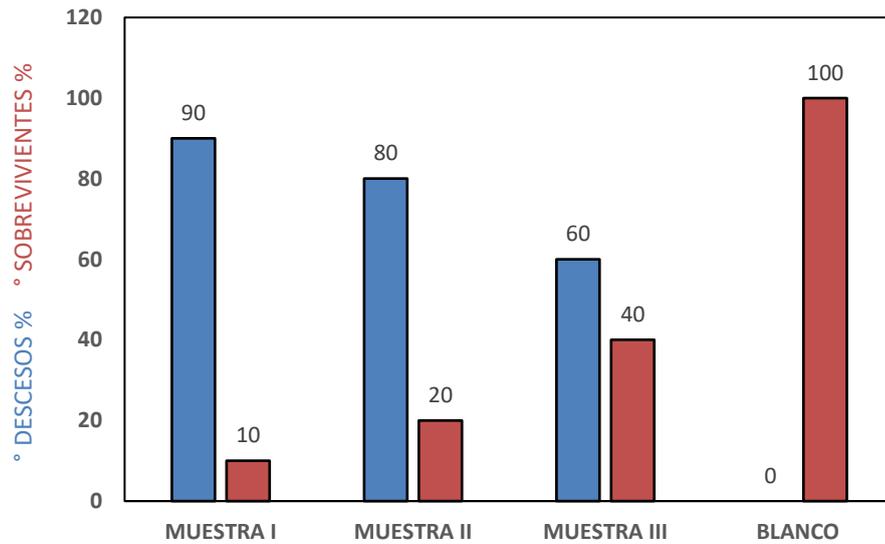
Agua superficial con metales pesados (Caracterizado por BHIOS laboratorio, acreditado por INACAL)	10 <i>Daphnia magna</i> utilizadas en los bioensayos cuantitativos	Nro. De muestras	Tiempo				Total
			<i>Daphnia magna</i> muertas				
		Día 1	Día 2	Día 3	Día 4		
		Muestra I	0	2	3	4	9
		Muestra II	0	1	3	4	8
		Muestra III	0	0	2	4	6
		Blanco o control	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

- La **Tabla 11** presenta los resultados de la exposición del crustáceo *Daphnia magna*, a las aguas superficiales contaminadas por metales pesados del río Llallimayo. En la Muestra I, durante el primer día, no se observaron muertes, pero en el segundo día se registraron 2, seguidas de 5 muertes en el tercer día y 9 muertes en el cuarto día. Del total, solo 1 *Daphnia magna* sobrevivió después de cuatro días de exposición. En la Muestra II, el primer día no hubo muertes, pero en el segundo día se registró una, seguida de 3 muertes en el tercer día y 8 muertes en el cuarto día. Sobrevivieron

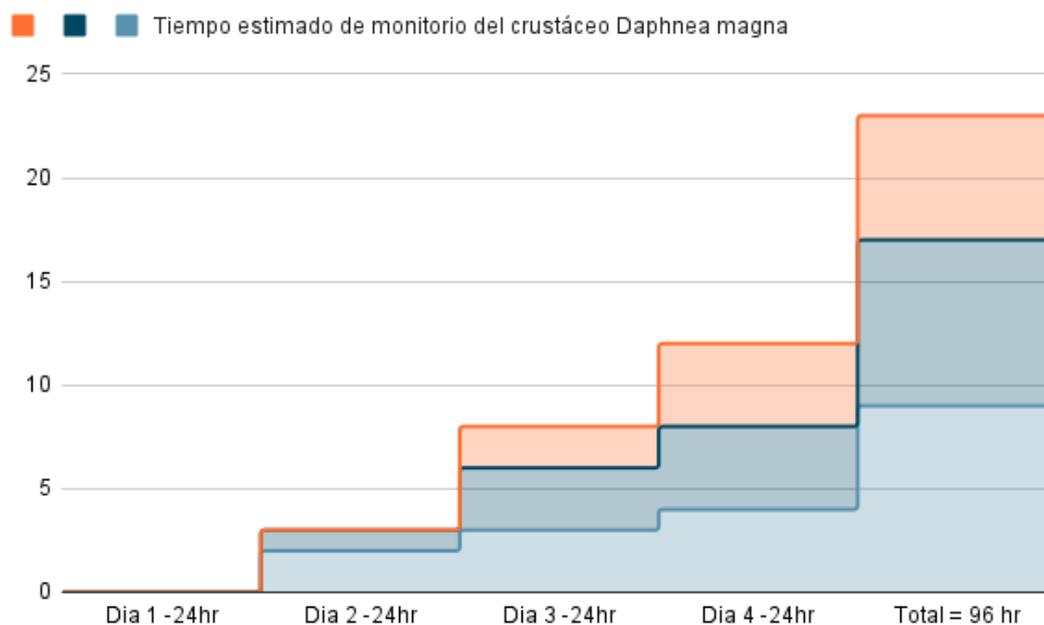
2 *Daphnia magna* en total después de cuatro días. En la Muestra III, no se registraron muertes en el primer ni en el segundo día, pero en el tercer día se reportaron 2 muertes, seguidas de 6 muertes en el cuarto día. En este caso, 4 *Daphnia magna* sobrevivieron después de cuatro días de exposición. No se realizaron intervenciones experimentales en el grupo en blanco, ya que no se registró ninguna muerte de *Daphnia magna* durante los cuatro días de ensayo.

Figura 26 Resultados de evaluación de crustáceo *Daphnia magna* en bioensayos de toxicidad.



Fuente: elaboración propia mediante Office Excel

Figura 27 Resultado del tratamiento y análisis de la información.



Fuente: elaboración propia mediante office Excel

- En las **figuras 26 y 27**, se presenta una línea de tendencias relacionada a cada una de las muestras I, II y III en función del porcentaje de deceso del crustáceo *Daphnia magna* expuestos durante un período de 96 hr. Como resultado, podemos mencionar que en la muestra I hubo un 90% individuos muertos, en la muestra II un 80% de individuos muertos y muestra III un 60% de individuos muertos. Dando como válido la determinación del tiempo óptimo de monitoreo del crustáceo *Daphnia magna*.

4.2. Prueba de hipótesis

Hipótesis

H₁.-Si es posible la identificación de los metales pesados en las aguas superficiales del río Llallimayo en relación a la minera Arasi S.A.C.

Tabla 12 Correlación entre la concentración de metales pesados encontrados.

Correlaciones		Concentración de metales pesados.	Desplazamiento de los metales pesados.
Concentración de metales pesados.	Correlación de Pearson Sig. (bilateral)	1	-1.000** <.001

	N	22	22
Desplazamiento de los metales pesados.	Correlación de Pearson	-1.000**	1
	Sig. (bilateral)	<.001	
	N	22	22

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a los datos en la **Tabla 12**, el coeficiente de correlación Pearson muestra un valor de -1.000, lo que indica una interrelación negativa perfecta. Esta correlación es altamente significativa, ya que el valor del p (bilateral) es menor de 0.001, por lo que cumple con el umbral requerido de 0.01. Por consiguiente, con un nivel de confianza del 99%, podemos afirmar que existe una fuerte relación inversa entre la concentración de metales pesados y el desplazamiento de metales pesados en el ámbito de estudio, específicamente en las aguas superficiales del río Llallimayo, en relación a la actividad de la minera Arasi S.A.C.

Hipótesis

H₁.- Si se determinó una evaluación positiva de la concentración de los metales pesados en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de las muestras provenientes de cuerpo receptor del río Llallimayo.

Tabla 13 Correlación entre las variables ECAs y los resultados de laboratorio.

		Correlaciones	
		ECAs	Resultados de Laboratorio.
ECAs	Correlación de Pearson	1	.728*
	Sig. (bilateral)		.040
	N	8	8
Resultados de Laboratorio.	Correlación de Pearson	.728*	1
	Sig. (bilateral)	.040	
	N	8	8

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la **tabla 13**, se observa que el estadístico r de Pearson tiene un valor de 0.728, lo que indica una correlación significativa. Con un nivel de confianza del 95%, se puede

concluir que en el área de estudio existe una "correlación positiva alta" entre la variable ECAs y los resultados de laboratorio. Esto se respalda por el valor del Sig. (bilateral) de 0.040, el cual está por debajo del umbral de 0.05 necesario. En consecuencia, se confirma de manera positiva la presencia de metales pesados en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en las muestras obtenidas del cuerpo receptor del río Llallimayo.

Hipótesis

H₁.-Si existe alguna diferencia significativa entre los puntos de muestreo en las aguas superficiales que presentan contaminación por metales pesados.

Tabla 14 Prueba de ANOVA de medidas repetidas.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Distancia	0.0429	3.0000	0.0143	3.8294	0.0761	4.7571
concentraciones	0.0623	2.0000	0.0311	8.3322	0.0186	5.1433
Error	0.0224	6.0000	0.0037			
Total	0.1276	11				

Fuente: elaboración propia mediante office Excel

Según los resultados presentados en la **Tabla 14** del análisis ANOVA, se observa que el valor p es superior al umbral de significancia establecido en 0.05. En consecuencia, se rechaza la hipótesis alternativa (H₁). Esto implica que no se encuentra evidencia de una diferencia significativa sustancial en los puntos de muestreo, que están separados por 500 metros, en cuanto a la presencia de metales pesados en las aguas superficiales del cuerpo receptor del río Llallimayo. Esto sugiere que las variaciones en las muestras son mínimas y podrían deberse a otras causas.

Hipótesis

H₁.-Si es posible establecer los parámetros óptimos de monitoreo y la mortalidad del crustáceo *Daphnia magna* expuesto a las aguas superficiales contaminadas por metales pesados

Tabla 15 Prueba de ANOVA de medidas.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
----------------------	--	--	--	--	--	--

Origen de las variations	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para-F
Días	21.1875	3	7.0625	7.423 4	0.0083	3.8625
Muestras	12.1875	3	4.0625	4.270 1	0.0392	3.8625
Error	8.5625	9	0.9514			
Total	41.9375	15				

Fuente: Elaboración propia mediante office Excel.

En la **tabla 15** del análisis ANOVA, se observa que el valor calculado de F supera el valor crítico de F. Por lo tanto, en relación al origen de las variables, se revela un margen de error mínimo del 8.5% en el período de tiempo transcurrido. Esto indica la factibilidad de determinar de manera efectiva los parámetros ideales para supervisar la mortalidad de los crustáceos *Daphnia magna* cuando se exponen a aguas superficiales contaminadas por metales pesados.

4.3. Discusión de resultados

En la investigación, se obtuvieron resultados que buscaban medir el nivel de concentración de los metales pesados en las muestras recolectadas del cuerpo receptor de agua del río Llallimayo. Estas muestras fueron llevadas a BHIOS LABORATORIOS S.R.L., presta servicio en la ciudad Arequipa, donde se identificó la presencia de metales pesados, destacándose principalmente el zinc, cobre y cadmio. Estos resultados arrojaron datos alarmantes sobre la contaminación generada por la fuente emisora, en este caso, la minera Arasi SAC. Este hallazgo se asemeja a los resultados de una investigación realizada por Ricardo Javier Garcés Veloz, titulada “IMPLEMENTACIÓN DE UNA TÉCNICA BIOLÓGICA PARA DETERMINAR NIVELES DE TOXICIDAD APLICANDO *DAPHNIA MAGNA* (CRUSTÁCEA: CLADÓCERA) EN EL AGUA DE VERTIENTE UTILIZADA EN EL SECTOR DE HUACHI LA LIBERTAD., ECUADOR”. El propósito del autor consistió en examinar la idoneidad de *Daphnia magna* como un indicador biológico en pruebas de toxicidad relacionadas con diversos metales pesados, incluyendo el estaño, zinc, plomo, arsénico y cadmio. En el desarrollo de esta evaluación, se utilizaron cinco neonatos de *Daphnia magna*, y la evaluación se extendió durante un período de 24 días para llevar a cabo el recuento de individuos que experimentaron desarrollo. Para esta evaluación, se emplearon dos tipos de medios de cultivo: el primero, denominado medio A1, consistió en agua potable desclorada, mientras que el segundo, denominado medio de

cultivo A2, se preparó utilizando agua destilada mezclada con sales esenciales. En cuanto a la alimentación de los organismos, se ofrecieron tres alternativas: B1 (jugo puro de alfalfa), B2 (levadura fresca disuelta) y B3 (una combinación de jugo de alfalfa y levadura disuelta) (21). En este contexto, el autor destacó que la presencia de arsénico tuvo una relevancia particular en la detección de contaminantes por metales pesados, lo que guarda similitud con la situación observada en el presente estudio.

En el transcurso de la investigación, se logró obtener el resultado que se había planteado originalmente al llevar a cabo el estudio. A través de los puntos de monitoreo I, II y III, se pudo determinar con éxito los niveles de concentración de metales pesados. Estos niveles se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) establecidos para el agua en el cuerpo receptor de contaminantes del río Llallimayo. Asimismo, en el estudio realizado por el autor Sánchez González Matvery, titulado “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” para optar al título de Ingeniero Ambiental en la Universidad Científica del sur – en Perú 2019. Se realizó una investigación focalizada en la evaluación del riesgo ambiental y la ecotoxicidad de dos antiinflamatorios comúnmente usados: Ibuprofeno (IBU) y Diclofenaco (DFC) en Perú, donde su venta es de libre acceso. El estudio se apoyó en tres bioindicadores: *Daphnia magna*, *Lemna gibba* y *Paracheirodon innesi*, con el propósito de establecer estándares de calidad ambiental para la protección de ecosistemas acuáticos. Se realizaron ensayos específicos para cada especie, siguiendo directrices de la OECD, utilizando el software TRAP v.1.30 (EPA) con un nivel de confianza del 95% para determinar la CL(E)50. Durante los ensayos, se observó que el Diclofenaco mostró una toxicidad significativamente mayor que el Ibuprofeno. No obstante, el Diclofenaco solo planteó riesgos ambientales para las plantas acuáticas según el Coeficiente de Riesgo. Por otro lado, el Ibuprofeno presentó riesgos más amplios abarcando a los tres niveles tróficos: peces pequeños, plantas acuáticas y zooplancton. Basándose en estos hallazgos, se propuso categorizar la conservación del medio acuático con límites de 0,007 mg/L de ECA para el Diclofenaco y 0,021 mg/L de ECA para el Ibuprofeno. Estos valores buscan asegurar la protección efectiva de los ecosistemas acuáticos ante la exposición a estos medicamentos (23).

Los bioensayos toxicológicos con *Daphnia magna* arrojaron resultados que involucraron la

selección de tres puntos de muestreo estratégicos. En cada uno de estos puntos, se recolectaron muestras de agua superficial, con una cantidad aproximada de 2 litros tanto aguas arriba como aguas abajo, y un punto intermedio de 2 litros. Estos puntos de muestreo se distribuyeron a distancias considerablemente notables entre sí, con una separación de 3.5 kilómetros entre el primero y el segundo, y una distancia de 6 kilómetros entre el segundo y el tercero. Cabe destacar que un enfoque análogo se aplicó en una investigación subsiguiente llevada a cabo por los autores Melissa Isamar Cruzado Tarrillo y Franklin Alexander Zambrano Alcantara. El título de su tesis fue: “VALIDACIÓN DE UN ENSAYO TOXICOLÓGICO CON *DAPHNIA MAGNA* PARA EVALUAR LA CALIDAD DE AGUA EN CAJAMARCA”. Se emplearon 18 frascos de 2 litros de capacidad para llevar a cabo los ensayos toxicológicos. Tres tipos de dietas se utilizaron para alimentar a los organismos indicadores (*Daphnia Magna*): levadura de pan diluida en agua, jugo de espinaca y la combinación de ambas (levadura de pan diluida y espinaca). La evaluación se extendió a lo largo de 24 días y consistió en el seguimiento y conteo total de los individuos en la población. Durante este proceso, se tuvo en cuenta la sensibilidad de los organismos de *Daphnia Magna*, los cuales fueron obtenidos de cultivos óptimos. Para llevar a cabo el experimento, se añadieron 10 neonatos en cada unidad, dividiéndolos en cuatro grupos con nueve concentraciones diferentes. Estas concentraciones variaron desde 0.015 mg/L hasta 0.160 mg/L, con intervalos de 0.02 mg/L. Además, se crearon cuatro grupos adicionales para las diluciones con ocho porcentajes distintos, que iban desde 12.5 % hasta 100 % (22). Este diseño experimental permitió reflejar un gradiente de contaminantes de metales pesados que se encontraban presentes en los tres puntos de monitoreo. En estas circunstancias, el estudio arrojó resultados favorables.

Como resultado, se determinó que el período óptimo de monitoreo para el crustáceo *Daphnia magna* es de 96 horas. Se observó un aumento gradual en la mortalidad a medida que pasaban los días, y se atribuyó esta mortalidad al hecho de que los especímenes estuvieron expuestos a aguas superficiales contaminadas con metales pesados. De manera similar, en el estudio realizado por Salva Berren y M. Andel, titulado “LA EVALUACIÓN BIOTOXICOLÓGICA DE *DAPHNIAS* UTILIZANDO CONTAMINANTES QUE PROVIENEN DE LA ACTIVIDAD MINERA” En el marco de este estudio, el autor se propuso evaluar organismos de ecosistemas acuáticos, específicamente la pulga de agua (*Daphnias*). Los ensayos biotoxicológicos fueron empleados en relación a la actividad minera debido a la presencia de contaminantes en dichos entornos. La elección de *Daphnias* para este análisis se justifica por su alta sensibilidad y vulnerabilidad a la contaminación, además de su papel crucial como fuente de alimento para otros organismos, en particular

para los peces. En los ensayos biotxicológicos realizados con *Daphnias*, se llevaron a cabo dos escenarios de evaluación, ambos con una duración de 96 horas, llamándose concentración letal media (CL50). Para llevar a cabo este análisis, se utilizó la curva Probit. En el primer escenario, se evaluó un único contaminante, una solución de cobre con una concentración de 1000 ppm, y se observó que la CL50 fue de 3,3 µg/L. En el segundo escenario, se evaluaron varios contaminantes presentes en el cuerpo receptor del agua, y se determinó que la CL50 correspondía al 59% del cuerpo receptor, mientras que el 41% restante correspondía al agua destilada (24). Se llevaron a cabo ensayos biotxicológicos durante el mismo período de tiempo.

CONCLUSIONES

En esta investigación se empleó el crustáceo *Daphnia magna* como bioindicador en bioensayos toxicológicos realizados en un laboratorio; igualmente, se determinó la presencia de metales pesados en aguas superficiales procedentes del río Llallimayo de la fuente emisora de los metales pesados de la minera CIA Arasi. Estos niveles de metales pesados se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) del agua para evaluar el grado de contaminación en las muestras del cuerpo receptor de agua del río Llallimayo. Durante estas evaluaciones se expuso al crustáceo *Daphnia magna* como bioindicador posteriormente se observó un aumento en la mortalidad de estos especímenes a medida que transcurrían las horas. La duración de los bioensayos fue de 96 horas y se registraron los decesos cada 24 horas.

Se realizó un análisis utilizando la prueba de correlación de Pearson, seguidamente los resultados indicaron una interrelación negativa perfecta del 99%. Este hallazgo sugiere que a medida que la distancia a lo largo del curso de agua aumenta, la concentración de metales pesados tiende a disminuir, los cuales se sedimentan en el lecho de los cuerpos de agua. Se observó que la zona más cercana al vertimiento de líquidos residuales de la minera CIA Arasi presentaba una concentración significativamente mayor de metales pesados en comparación con el resto del cuerpo de agua.

El análisis de correlación de Pearson arrojó una sólida interrelación positiva del 95%, evidenciando una notable presencia de metales pesados en relación a los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA ctg 4, enfocado en la conservación del ambiente acuático específicamente en ríos costa y sierra). Exactamente, destacaron los metales zinc, cobre y cadmio.

La prueba ANOVA, con un nivel de significancia de 0,05, indicó que no existe una diferencia significativa considerable en relación con la procedencia de las variables. Lo cual se debe en parte a las distancias relativamente cortas en los puntos de muestreo: 3.5 km entre el primero y el segundo, y 6 km del segundo al tercero. La variación en la concentración de contaminantes de metales pesados es baja debido a causa de estas distancias reducidas.

En la conclusión de la prueba ANOVA, se observó un valor crítico F que identificó el origen de las variables y señaló un error mínimo del 8,5% en el lapso de tiempo de la mortalidad de *Daphnia magna*. Esto llevó a la conclusión de que las 96 horas de exposición fueron óptimas, ya que se observó un aumento gradual en la mortalidad de los especímenes. Asimismo, los bioensayos toxicológicos con *Daphnia magna* sugieren que la contaminación en las aguas superficiales del río Llallimayo aumentará con el tiempo, lo que tendrá un

impacto negativo en el bioma de la zona.

RECOMENDACIONES

Se recomienda llevar a cabo bioensayos toxicológicos utilizando diversas fuentes de alimentos vegetales mezclados con levaduras de pan en las muestras de agua. Durante la ejecución de los bioensayos, es de vital importancia mantener una estrecha vigilancia sobre posibles alteraciones en las especies presentes, lo cual podría proporcionar valiosa información para evaluar la capacidad de tolerancia de *Daphnia magna* ante metales pesados y otras sustancias perjudiciales.

Se sugiere extender la duración de los experimentos en relación a los bioensayos toxicológicos relacionados con metales pesados, al prolongar el período de observación y emplear diversos organismos indicadores. Lo que tendrá un impacto positivo en la capacidad de supervisar de manera eficaz los ecosistemas acuáticos, permitiendo así evaluar la presencia de metales pesados, igualmente determinar su nivel de concentración en dichos entornos.

Dentro del contexto de la subcuenca del río Llallimayo, surge la necesidad de llevar a cabo investigaciones adicionales con el propósito de obtener una comprensión más precisa de los acontecimientos ambientales en la zona. Es fundamental considerar una variedad de puntos de referencia que vayan más allá de los que se han explorado en el presente estudio.

Una investigación adicional podría enfocarse en los puntos de encuentro entre fuentes de agua natural y aquellas que están contaminadas con metales pesados, con el fin de analizar las fluctuaciones en los niveles de concentración de estos elementos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. TORRES, R., y otros. *El Agua*. s.l. : DSpace, Corporación Universitaria Rafael Núñez, 2019.
2. Comunicaciones, Unidad Funcional de. IGP recuerda la importancia del agua. *El agua, el recurso natural más elemental para la vida, por ello, es importante concientizarnos con un adecuado uso*. [En línea] Unidad Funcional de Comunicaciones, 22 de Marzo de 2022. [Citado el: 07 de enero de 2023.] <https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/593963-igp-recuerda-la-importancia-del-agua>.
3. RAMOS MAMANI, Yessica Beatriz. *Evaluación de la planta de destrucción de cianuro y metales pesados - Proyecto Jessica*. Universidad Nacional de San Agustín , Arequipa : 2018.
4. SEVERICHE SIERRA, Carlos Alberto; GONZÁLES GARCIA, Humberto. Verificación analítica para las determinaciones de cromo hexavalente en aguas por espectrofotometría. Cartagena : Ingenierías USBMed, 2013.
5. ORTIZ GALARZA, Pablo Mateo y SAAVEDRA BERNAL, Erick Mateo. *Evaluación del uso de bioindicadores, Daphnia magna, en la determinación de la toxicidad de efluentes provenientes de una industria serigráfica textil, ubicada en la ciudad de Cuenca*. Universidad de Cuenca, Cuenca : 2022.
6. Water Pollution: Everything You Need to Know. [En línea] [Citado el: 10 de enero de 2023.] <https://www.nrdc.org/stories/water-pollution-everything-you-need-know#whatis>.
7. ORGANISMO MUNDIAL DE LA SALUD. [En línea] [Citado el: 10 de mayo de 2023.] <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.
8. *Los contaminantes de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. Santiago de Chile : CEPAL-ECLAC, 2002.
9. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA, ANA. *Lineamientos para la identificación y seguimiento de fuentes contaminantes relacionadas con los recursos hídricos*. Lima : s.n., 2013.
10. Minera, una actividad que aporta significativamente a la economía peruana. [En línea] [Citado el: 11 de enero de 2023.] <https://peru.angloamerican.com/moquegua/impulso-minero/mineria-una-actividad-que-aporta-significativamente-a-la-economia->

peruana.aspx#:~:text=El%20desarrollo%20de%20la%20actividad,Bruto%20Interno%20(PBI)%20nacional..

11. *ANALISIS TECNICO DE LINEA BASE GEOAMBIENTAL DE LA SUBCUENCA LLALLIMAYO*. Puno : s.n., 2021. N°A7176.

12. Conforman Grupo de Trabajo denominado “Mesa de Trabajo para abordar la problemática socio ambiental de la cuenca Llallimayo, que comprende los distritos de Ayaviri, Cupi, Llalli y Umachiri, de la provincia de Melgar, departamento de Puno”. El Peruano, 2020, N° 137-2020-PCM.

13. JIMENEZ, B. y GALIZIA, J. *Diaagnóstico del Agua en las Américas*. México : s.n., 2012.

14. *Evaluación Espacio - Temporal de la calidad del agua del río San Pedro en el estado de Aguascalientes*. GUZMAN G., THALASSO F., RAMIREZ E., RODRIGUEZ S., GUERRERO A., & AVELAR F. 90, México : s.n., 2011.

15. *El Método Analítico como Método Natural*. Lopera Echavarría, Juan Diego, y otros. Antioquia : Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas, 2010, Vol. 25.

16. *Calidad de agua como herramienta para la Gestion de los Recursos Hídrico*. VALCARCEL, Lino, ALBERRO, Nancy y FRIAS, Daniel. La Habana : s.n., 2009.

17. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, ONU. *Renovar los Compromiso con la Salud y los Derechos de las Mujeres y los Jóvenes*. 2014.

18. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA, ANA. *Lineamientos para la identificación y seguimiento de fuentes contaminantes relacionadas con los recursos hídricos*. Lima : s.n., 2018.

19. Jara Miranda, Camila Monserrat. *Evaluacion de la toxicidad crónica del sector medio del río Itata en organismos bioindicadores Daphnia magna mediante tecnicas de fraccionamiento*. Universidad de Concepción, Concepción, Chile : 2021.

20. HUARACA, L. *Evaluación Ecotoxicología de Aguas Contaminadas con Glifosato a partir de los Bioindicadores Daphnia magna y Artemia salina*. Escuela Politécnica Nacional, México : 2017.

21. Garcés Veloz, Ricardo Javier. *Implementacion de una Técnica Biologica para Determinar Niveles de Toxicidad Aplicando Daphnia magna (Crustácea: Cladócer) en el Agua de Vertiente utilizada en el Sector de Huachi la Libertad*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato : 2013.

22. Cruzado Tarrillo, Melissa Isamar y Zambrano Alcantara, Franklin Alexander. *Validación de un ensayo toxicológico con Daphnia magna para Evaluar la Calidad de Agua en Cajamarca - 2021*. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Cajamarca, Perú : 2021.
23. Sanchez Gonzales, Matvey. *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), para la estimación de estándares de calidad ambiental*. Universidad Científica del Sur, Lima, Perú : 2019.
24. SALVA, M. *Evaluación biotoxicologica de Daphnias utilizando contaminantes que provienen de la actividad minera*. Revista del Instituto de Investigación, FIGMMG-UNMSM, Lima : 2016.
25. FLORES, H. *Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera*. Cajamarca : 2016.
26. *Contaminacion de Aguas Superficiales*. CARRANZA Peña ALeicer Moreno, Luis. 2011.
27. YAÑEZ, S. *Evaluación de la contaminación del agua mediante parámetros físico químicos en las desembocaduras de los principales afluentes y efluentes del lago San Pablo, provincia de Imbadura*. Quito : 2018.
28. ZAFRA MEJIA, Carlos Alfonso, PEÑA VALBUENA, Nancy Ángela y ÁLVAREZ PRIETO, Santiago. *Contaminación por metales pesados en los sedimentos acumulados sobre el corredor vial Bogotá-Soacha*. Bogotá : Cundinamarca (CAR), 2013.
29. PINEDA, José. *Contaminación de Fuente Puntual, Difusa y Lineal*. s.l. : T. S. U. En Evaluación Ambiental.
30. *Metales pesados y la importancia de su análisis rutinario*. Martinez, Estrella. s.l. : MICROLAB INDUSTRIAL, 2018.
31. CORZO, A. *Impactos de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca quebrada Párac, distrito de San Mateo de Huanchor, Lima*. Lima : 2015.
32. TRUJILLO, L. *Evaluación ambiental de los pasivos ambientales mineros determinados en el sector comprendido entre Pacococha y Buenavista - Huancavelica*. Arequipa : 2018.
33. *Minería Medio Ambiente y Gestión territorio*. Arranz, J.C. y Alberruche, E. 95, Madrid : RED DESIR, 2008.
34. MEDINA, M. y ANDRADE, M. *Determinación de la calidad del agua del río*

Malacatos mediante fauna bentónica como bioindicador y alternativas de mitigación de la contaminación. Loja : s.n., 2009.

35. NOVILLO, Cristina. *Contaminación química: qué es, causas y consecuencias.* s.l. : Ecología verde, 2021.

36. *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental.* GONZALES, A., y otros. 2014, pág. 173.

37. Leon Torres, Mario Eduardo. *Desarrollo del sistema de gestión OHSAS 18001:2007 en la unidad minera acumulación andres de Arasi SAC.* Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa : 2018.

38. NEYRA PERALTA, Sergio Yuberth. *Optimización del consumo de peróxido de hidrógeno en distribución de cianuroy remoción de cobre en solución de lavado de PAD lixiviación en proyecto Jessica.* Universidad Nacional de San Agustín , Arequipa : 2021.

39. PATIÑO TIPACTI, JULIO CÉSAR. *SISTEMA DE TRATAMIENTO ACTIVO MEDIANTE NEUTRALIZACIÓN CON ÓXIDO DE CALCIO EN SOLUCIÓN, PARA LA REMOCIÓN DE CONCENTRACIONES DE HIERRO Y ALUMINIO DEL DRENAJE ÁCIDO DE MINA DE LA UNIDAD MINERA ARASI.* UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, OCUVIRI, PUNO : 2019.

40. Jimenez Huallpa , Cynthia Candy. *Eficiencia en la remoción del tratamiento de aguas ácidas de mina, mediante neutralización activo con lechada de cal de la Unidad Minera Arasi_Puno.* UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN, Lima : 2017.

41. AGUA, AUTORIDAD NACIONAL DEL. *RESOLUCION DIRECTORAL Nro. 110-2021-ANA-AAA. TIT.* Puno : 19 de marzo, 2021. pag 3.

42. RPP, Redacción. Gobierno anuncia cierre inmediato de mina Arasi de la empresa Aruntani en Puno. [En línea] RPP Noticias, 26 de julio de 2019. [Citado el: 01 de febrero de 2023.] <https://rpp.pe/noticias/aruntani>.

43. Constitución política del Perú. *Artículo 67° y 2, inciso 22.* Lima : Congreso de la República, 1993.

44. Ley General del Ambiente N° 28611. *Capítulo 3: Gestion Ambiental.* Lima : Congreso de Republica del Perú, 2005.

45. Ley de los Recursos Hídricos Reglamento de Delimitación de Fajas Marginales N° 29338. *DÉCIMA SEGUNDO: Programa de adecuación y manejo ambiental.* Lima : Congreso de la Republica del Perú, 2017.

46. Reglamento Sobre Protección del Medio Ambiente . D. S. N.° 016-EM de 28-ABR-93 del Perú. Lima : Congreso de Republica del Perú, 1993.
47. Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para Agua . *DECRETO SUPREMO N°004-2017-MINAM*. Lima : El PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA, 2017.
48. AILMECIGA, MUÑOZ. pH, Historia de un concepto en textos de educacion superior. Bogota : encontrado en :, 2013. <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/297>.
49. RODRIGUEZ, RUIZ. La Formacion del concepto de Temperatura a partir del aprendizaje experimental. *Pontificia Univerisdad Javeriana*. Bogota D.C : encontrado en:, 2018. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/35310>.
50. BOYD, CLAUDE. "Conductividad electrica del agua, parte 1 ". s.l. : encontrado en :, 2017. <https://www.globalseafood.org/advocate/conductividad-electrica-del-agua-parte-1/#:~:text=La%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20del%20agua,medida%20en%20los%20sistemas%20acu%C3%ADcolas>.
51. *Relación entre oxígeno disuelto, precipitación pluvial y temperatura: río Zahuapan, Tlaxcala, México*. Muñoz, Orozco, Vera, Suarez, Garcia, Neria, Jimenez. 5, Mexico : s.n., 2015, Vol. 6. encontrado en : https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222015000500005&script=sci_arttext.
52. Holfmann, Castro. *Nuevo estudio sobre el espacio representacion y formas de apropiacion*. Mexico : Ediciones de la Casa Chata, 2006. encontrado en : https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=a_bRJrc3Uc0C&oi=fnd&pg=PA77&dq=concepto+cuenca&ots=qWwamtXdJi&sig=1zd5FbG9L4XqQ4kDAD6i04DP2EA#v=onepage&q=concepto%20cuenca&f=false.
53. TOYCEN. *Manual de Manejo de Cuencas*. Canada : World Vision, 2018. encontrado en: <https://www.actswithscience.com/Descargas/manual%20de%20manejo%20de%20cuencas.pdf>.
54. Klimovsky, Gregorio. *El metodo hipotetico deductivo y la Lògica* . La Plata : UNLP.FAHCE. Instituto de Lògica y Filosofia de las Ciencias , 1971. Serie Celeste;1.
55. *Tipos de la Investigación*. GRAJALES, Tevni. 2000.
56. Agua, Autoridad Nacional del. *PROTOCOLO NACIONAL PARA EL, MONITOREO DE CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES*. Lima : s.n., 2016. pag 32.

57. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS, ONU. *Agua para todos Agua para la vida; Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*. 2003.

58. BENEDETTI Roja, Luis. *Contaminación de Aguas por Actividad Minera*. Universidad de los Andes, Bogota : 2004.

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Problema Principal</p> <p>¿Será posible la evaluación del crustáceo <i>Daphnia magna</i> como bioindicador en las aguas superficiales contaminadas por metales pesados?</p> <p>Problema Específico</p> <p>¿Qué metales pesados se encontrarán en las aguas superficiales del río Llallimayo referente a la minera Arasi SAC?</p> <p>¿Cuál será la concentración de metales pesados en relación a los estándares de Calidad Ambiental (ECA) de las muestras provenientes del cuerpo receptor del río Llallimayo?</p> <p>¿Existe alguna diferencia significativa entre los puntos de muestreo en las aguas superficiales contaminadas por metales pesados?</p> <p>¿Cuál es el tiempo óptimo de monitoreo y mortalidad del crustáceo <i>Daphnia magna</i> expuesto a las aguas superficiales contaminadas por metales pesados?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Evaluar al crustáceo <i>Daphnia magna</i> como bioindicador en las aguas superficiales contaminadas por metales pesados.</p> <p>Objetivo específico</p> <p>Identificar los metales pesados en las aguas superficiales del río Llallimayo referente a la minera Arasi SAC.</p> <p>Determinar la concentración de los metales pesados en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de las muestras provenientes del cuerpo receptor del río Llallimayo.</p> <p>Determinar si existe alguna diferencia significativa entre los puntos de muestreo en las aguas superficiales contaminadas por metales pesados.</p> <p>Determinar el tiempo óptimo de monitoreo y mortalidad del crustáceo <i>Daphnia magna</i> expuesto a las aguas superficiales contaminadas por metales pesados.</p>	<p>Hipótesis</p> <p>La evaluación del crustáceo <i>Daphnia magna</i> influirá positivamente como bioindicador en las aguas superficiales contaminadas por metales pesados.</p>	<p>Variable Dependiente:</p> <p>Evaluación del crustáceo <i>Daphnia magna</i> como bioindicador.</p> <p>Variable Independiente:</p> <p>Muestra de agua superficial con presencia de metales pesados.</p>	<p>Atributos físicos-químicos</p> <p>Cantidad <i>Daphnia magna</i>.</p> <p>Numero de mortalidad.</p> <p>96 horas – relativas</p> <p>Concentración de Cadmio, Zinc y Cobre.</p> <p>pH.</p> <p>T°.</p> <p>Conductividad eléctrica.</p> <p>Oxígeno disuelto.</p>	<p>Diseño de la investigación</p> <p>Experimento “puro”</p> <p>Esquematización del diseño de investigación</p> <p>[R] → O₁ → X̄ → O₂</p> <p>[GR] → O₁ → - → O₃</p> <p>Tipo de Investigación</p> <p>Experimental</p> <p>Nivel de investigación</p> <p>Correlacional</p> <p>Método de investigación Metodología experimental</p> <p>Campo analítico</p> <p>Población</p> <p>Río Llallimayo en una longitud de 88 km.</p> <p>Muestra</p> <p>6 litros de agua superficial</p> <p>Técnicas e instrumentos de recopilación de datos</p> <p>Observación y ficha de recolección de datos</p>

Anexo 2 Presupuesto de gastos del proyecto de tesis.

ELEMENTOS	UNIDA D	CANTIDA D	P. UNIDAD	COSTO TOTAL
Vaso precipitado 1L	-	10	S/ 20.00	S/ 200.00
Frasco de 500mL	-	4	S/ 10.00	S/ 40.00
Frascos de 100mL	-	6	S/ 5.00	S/ 30.00
Guantes Quirúrgico	-	12	S/ 2.00	S/ 24.00
Mascarillas Quirúrgicas	-	24	S/ 2.50	S/ 60.00
crustáceo <i>Daphnia magna</i> .	-	100	S/ 2.00	S/ 80.00
VIÁTICOS				
Alimentación por días de expedición	-	7	S/ 10.00	S/ 410.00
Pasaje a ARASI SAC (ida y vuelta)	-	10	S/ 100.00	S/ 1000.00
GASTOS DE LABORATORIO				
Análisis de Laboratorio	-	3	S/ 300.00	S/ 900.00
TOTAL, DE INVERSIÓN				S/ 2744.00

Anexo 3 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático en relación a metales pesados.

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Rios		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081

Anexo 4 Ficha de prestación de laboratorio de la Universidad Continental.



LABORATORIO MULTIPROPÓSITOS DE CIENCIAS BÁSICAS
FICHA DE ATENCIÓN DE RECURSOS DE LABORATORIO

CURSO:	Tesis	NRC:	-
<input checked="" type="checkbox"/> CLIENTE /DOCENTE	José Vladimiro Corrojo Tumbas	N° DE PRÁCTICA:	
<input checked="" type="checkbox"/> USUARIO/ ESTUDIANTE	Renzo Gustavo Ceballos Sánchez Juan Alberto Fajó Sacaña	HORARIO	12:00 - 20:00
NOMBRE DE PRÁCTICA:	Filtración en el vacío y su aplicación magneto como indicador de orgánicos		

EQUIPOS

ÍTEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	E	D	OBSERVACIONES
1	1	Refrigerador	✓	✓	-
2	1	Balanza electrónica	✓	✓	-
3	1	medidor de pH	✓	✓	-
4	1	Multiparametro de Campo	✓	✓	-
5	1	Medidor de oxígeno	✓	✓	-

MATERIALES

ÍTEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	E	D	OBSERVACIONES
1	3	Vasos precipitados 1000 ml	✓	✓	-
2	3	Vasos de Vidrio	✓	✓	-
3	1	termómetro	✓	✓	-
4	3	pipetas	✓	✓	-
5	3	Cucharas metálicas	✓	✓	-
6	3	Kana de reloj	✓	✓	-
7	2	Vasos de 500 ml	✓	✓	-
8	1	probeta de 1000 ml.	✓	✓	-

REACTIVOS E INSUMOS

ÍTEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	E	D	OBSERVACIONES
1	500 ml	Agua desionada	✓	✓	-
 					
 					
 					
 					
 					
 					
 					

FECHA:	HORA DE ENTREGA:	HORA DE DEVOLUCIÓN:
11-01-23	11:20	20:00

OBSERVACIONES:
Asiste de manera regular
Juan Alberto Fajó Sacaña
DNI: 47022250
Renzo Gustavo Ceballos Sánchez
72736903

*No se admite borradores, ni correcciones y/o ficha arrugada.

VºBº Técnico

VºBº Docente o jefe de prácticas

LABORATORIO MULTIPROPÓSITOS DE CIENCIAS BÁSICAS
FICHA DE ATENCIÓN DE RECURSOS DE LABORATORIO

CURSO:	Tesis	NRC:	—
<input checked="" type="checkbox"/> CLIENTE /DOCENTE	José Vladimiro Corrojo Torres	N° DE PRÁCTICA:	
<input checked="" type="checkbox"/> USUARIO/ ESTUDIANTE	Renzo Gustavo Cahuaribanco Juan Alberto Fajó Sacaña	HORARIO	12:00 - 20:00
NOMBRE DE PRÁCTICA:	Magna como indicador de oxígeno		

EQUIPOS					
ÍTEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	E	D	OBSERVACIONES
1	1	Refrigerador	✓	✓	—
2	1	Balanza electrónica	✓	✓	—
3	1	medidor de pH	✓	✓	—
4	1	Multiparametro de Campo	✓	✓	—
5	1	Medidor de oxígeno	✓	✓	—

MATERIALES					
ÍTEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	E	D	OBSERVACIONES
1	3	Vasos precipitados 1000 ml	✓	✓	—
2	3	Vasos de Vidrio	✓	✓	—
3	1	termómetro	✓	✓	—
4	3	pipetas	✓	✓	—
5	3	Cuchetas metálicas	✓	✓	—
6	3	luna de reloj	✓	✓	—
7	2	Vasos de 500 ml	✓	✓	—
8	1	probeta de 1000 ml.	✓	✓	—

REACTIVOS E INSUMOS					
ÍTEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	E	D	OBSERVACIONES
1	500 ml	Agua desionada	✓	✓	—

FECHA:	HORA DE ENTREGA:	HORA DE DEVOLUCIÓN:
24-01-23	14:20	20:00

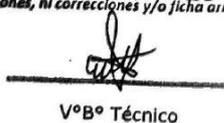
OBSERVACIONES:

Maria de Abaerayú

Juan Alberto Fajó Sacaña
Dpto. 440-232-50

Renzo Gustavo Cahuaribanco
72336902

*No se admite borrones, ni correcciones y/o ficha arrugada.



V°B° Técnico



V°B° Docente o jefe de prácticas

LABORATORIO MULTIPROPÓSITOS DE CIENCIAS BÁSICAS
FICHA DE ATENCIÓN DE RECURSOS DE LABORATORIO

CURSO:	Tesis		NRC:	-	
<input checked="" type="checkbox"/> CLIENTE /DOCENTE	Jose Vladimir Cornejo Tueros		N° DE PRÁCTICA:		
<input checked="" type="checkbox"/> USUARIO/ ESTUDIANTE	Renzo Gustavo Cahuarhuaco Juan Alberto Fajó Sacaca		HORARIO	8:00 - 17:00	
NOMBRE DE PRÁCTICA:	Evaluación de la tensión superficial Magna como indicador en aguas superficiales				
EQUIPOS					
ÍTEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	E	D	OBSERVACIONES
1	1	Redanza eléctrica	✓	✓	-
MATERIALES					
ÍTEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	E	D	OBSERVACIONES
1	3	Vasos de precipitado 1000 ml	✓	✓	-
2	1	Vaso de precipitado 500 ml	✓	✓	-
3	1	Vaso de precipitado 250 ml	✓	✓	-
4	1	Vaso de precipitado 1000 ml	✓	✓	-
REACTIVOS E INSUMOS					
ÍTEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	E	D	OBSERVACIONES
FECHA: 26-01-23 HORA DE ENTREGA: 8:00 HORA DE DEVOLUCIÓN: 17:00					

OBSERVACIONES: Asesor de Huerfano 44022850 Juan Alberto Fajó Sacaca 72736403 Renzo Gustavo Cahuarhuaco Tueros

*No se admite borriones, ni correcciones y/o ficha arrugada.


V°B° Técnico


V°B° Docente o jefe de prácticas

Anexo 5 Resultado de laboratorio por corrida de metales.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-055



INFORME DE ENSAYOS N° 0358- 2023

SOLICITANTE : RENZO GUSTAVO CCAHUANIHANCO MAMANI
DIRECCIÓN : URBANIZACIÓN HOYOS RUBIUSMZ. H.LT. 4 - ALTO SELVA ALEGRE
PRODUCTO DECLARADO : AGUA SUPERFICIAL
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido ligeramente turbio.
CODIFICACIÓN / MARCA : Sub Cuenca Llañimayo I.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE : 01/01/2023 08:15 Procedencia: Puno, Lampa
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA : 03 muestra de 1000 mL aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN : En envase PET cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.9°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA : Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN : No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO : No especificada
CONTRATO N° : 0121-2023
FECHA DE RECEPCIÓN : 26/01/2023

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

PRP-08-F-05-IE Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por : GG

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 6 Resultado de laboratorio por corrida de metales muestra I.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-055



INFORME DE ENSAYOS N° 0358- 2023

Metales Totales por ICP-MS

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUPERFICIAL Sub Cuenca Llallmayo I.	UNIDADES
FQ	Ag (Plata)	0,00001	0,00005	<0,00005	mg/L
FQ	Al (Aluminio)	0,004	0,020	4,27	mg/L
FQ	As (Arsénico)	0,000004	0,00002	0,05235	mg/L
FQ	B (Boro)	0,001	0,005	0,398	mg/L
FQ	Ba (Bario)	0,0001	0,0004	0,0488	mg/L
FQ	Be (Berilio)	0,000003	0,00002	0,00052	mg/L
FQ	Bi (Bismuto)	0,00002	0,00010	<0,0001	mg/L
FQ	Ca (Calcio)	0,010	0,050	53,28	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0,000001	0,00001	0,00033	mg/L
FQ	Ce (Cerio)	0,000003	0,00002	0,00306	mg/L
FQ	Co (Cobalto)	0,000001	0,00001	0,02662	mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0,00001	0,00005	0,00327	mg/L
FQ	Cs (Cesio)	0,000002	0,00001	0,01898	mg/L
FQ	Cu (Cobre)	0,0002	0,001	0,260	mg/L
FQ	Fe (Hierro)	0,002	0,010	1,640	mg/L
FQ	Hg (Mercurio)	0,0001	0,0005	<0,0005	mg/L
FQ	K (Potasio)	0,004	0,020	6,61	mg/L
FQ	Li (Litio)	0,00002	0,00008	0,18504	mg/L
FQ	Mg (Magnesio)	0,004	0,020	9,33	mg/L
FQ	Mn (Manganeso)	0,00003	0,0002	0,2899	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0,00002	0,0001	0,0006	mg/L
FQ	Na (Sodio)	0,010	0,050	61,26	mg/L
FQ	Ni (Niquel)	0,00001	0,00006	0,0268	mg/L
FQ	P (Fosforo)	0,004	0,020	0,05	mg/L
FQ	Pb (Plomo)	0,00004	0,0002	0,0020	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)	0,00002	0,00010	0,0002	mg/L
FQ	Se (Selenio)	0,00002	0,0001	0,0011	mg/L
FQ	Si (Silicio)	0,020	0,100	10,45	mg/L
FQ	Sn (Estafío)	0,00002	0,00010	<0,0001	mg/L
FQ	Sr (Estroncio)	0,0001	0,0004	0,7711	mg/L
FQ	Ti (Titanio)	0,00004	0,0002	0,0016	mg/L
FQ	Tl (Talio)	0,000004	0,00002	0,00055	mg/L
FQ	U (Uranio)	0,000003	0,00002	0,00121	mg/L
FQ	V (Vanadio)	0,0001	0,0004	0,0018	mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0,001	0,003	0,205	mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Totales por ICP-MS : EPAMETHOD 6020 B, Rev. 2 2014 Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (VALIDADO - Modificado) (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2020

OBSERVACIONES :

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método
LC: Límite de cuantificación del método.
LD: Límite de detección del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 26/01/2023 al 03/02/2023
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 03/02/2023



Miguel Valdivia Martínez
Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

PRP-08-F-05-IE Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 7 Resultado de laboratorio por corrida de metales muestra II.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-055



INFORME DE ENSAYOS N° 0358-2023

Metales Totales por ICP-MS

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUPERFICIAL	UNIDADES
				Sub Cuenca Llalimayo I.	
FQ	Ag (Plata)	0,00001	0,00005	<0,00005	mg/L
FQ	Al (Aluminio)	0,004	0,020	4,27	mg/L
FQ	As (Arsénico)	0,000004	0,00002	0,05235	mg/L
FQ	B (Boro)	0,001	0,005	0,398	mg/L
FQ	Ba (Bario)	0,0001	0,0004	0,0488	mg/L
FQ	Be (Berilio)	0,000003	0,00002	0,00052	mg/L
FQ	Bi (Bismuto)	0,00002	0,00010	<0,0001	mg/L
FQ	Ca (Calcio)	0,010	0,050	53,28	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0,000001	0,00001	0,00030	mg/L
FQ	Ce (Cerio)	0,000003	0,00002	0,00306	mg/L
FQ	Co (Cobalto)	0,000001	0,00001	0,02662	mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0,00001	0,00005	0,00327	mg/L
FQ	Cs (Cesio)	0,000002	0,00001	0,01898	mg/L
FQ	Cu (Cobre)	0,0002	0,001	0,235	mg/L
FQ	Fe (Hierro)	0,002	0,010	1,640	mg/L
FQ	Hg (Mercurio)	0,0001	0,0005	<0,0005	mg/L
FQ	K (Potasio)	0,004	0,020	6,81	mg/L
FQ	Li (Litio)	0,00002	0,00008	0,18504	mg/L
FQ	Mg (Magnesio)	0,004	0,020	9,33	mg/L
FQ	Mn (Manganeso)	0,00003	0,0002	0,2889	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0,00002	0,0001	0,0006	mg/L
FQ	Na (Sodio)	0,010	0,050	61,26	mg/L
FQ	Ni (Niquel)	0,00001	0,00006	0,0268	mg/L
FQ	P (Fosforo)	0,004	0,020	0,05	mg/L
FQ	Pb (Plomo)	0,00004	0,0002	0,0020	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)	0,00002	0,00010	0,0002	mg/L
FQ	Se (Selenio)	0,00002	0,0001	0,0011	mg/L
FQ	Si (Silicio)	0,020	0,100	10,45	mg/L
FQ	Sn (Estafío)	0,00002	0,00010	<0,0001	mg/L
FQ	Sr (Estroncio)	0,0001	0,0004	0,7711	mg/L
FQ	Ti (Titanio)	0,00004	0,0002	0,0016	mg/L
FQ	Tl (Talio)	0,00004	0,0002	0,00055	mg/L
FQ	U (Uranio)	0,00003	0,0002	0,00121	mg/L
FQ	V (Vanadio)	0,0001	0,0004	0,0018	mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0,001	0,003	0,18	mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Totales por ICP-MS : EPAMETHOD 6020 B, Rev. 22014 Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (VALIDADO - Modificado) (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2020

OBSERVACIONES :

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método
LC: Límite de cuantificación del método.
LD: Límite de detección del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 26/01/2023 al 03/02/2023

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 03/02/2023



Miguel Valdivia Martínez
Migo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

PRP-08-F-05-IE Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 8 Resultado de laboratorio por corrida de metales muestra III.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-055



INFORME DE ENSAYOS N° 0358 - 2023

Metales Totales por ICP-MS

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	AGUA SUPERFICIAL Sub Cuenca Llaillimayo I.	UNIDADES
FQ	Ag (Plata)	0,0001	0,0005	<0,0005	mg/L
FQ	Al (Aluminio)	0,004	0,020	4,27	mg/L
FQ	As (Arsénico)	0,000004	0,00002	0,05235	mg/L
FQ	B (Boro)	0,001	0,005	0,398	mg/L
FQ	Ba (Bario)	0,0001	0,0004	0,0488	mg/L
FQ	Be (Berilio)	0,000003	0,00002	0,00052	mg/L
FQ	Bi (Bismuto)	0,00002	0,00010	<0,0001	mg/L
FQ	Ca (Calcio)	0,010	0,050	53,28	mg/L
FQ	Cd (Cadmio)	0,000001	0,00001	0,00026	mg/L
FQ	Ce (Cerio)	0,000003	0,00002	0,00306	mg/L
FQ	Co (Cobalto)	0,000001	0,00001	0,026	mg/L
FQ	Cr (Cromo)	0,00001	0,00005	0,00327	mg/L
FQ	Cs (Cesio)	0,000002	0,00001	0,01898	mg/L
FQ	Cu (Cobre)	0,0002	0,001	0,185	mg/L
FQ	Fe (Hierro)	0,002	0,010	1,640	mg/L
FQ	Hg (Mercurio)	0,0001	0,0005	<0,0005	mg/L
FQ	K (Potasio)	0,004	0,020	6,81	mg/L
FQ	Li (Litio)	0,00002	0,00008	0,18504	mg/L
FQ	Mg (Magnesio)	0,004	0,020	9,33	mg/L
FQ	Mn (Manganeso)	0,00003	0,0002	0,2899	mg/L
FQ	Mo (Molibdeno)	0,00002	0,0001	0,0006	mg/L
FQ	Na (Sodio)	0,010	0,050	61,26	mg/L
FQ	Ni (Niquel)	0,00001	0,00006	0,0288	mg/L
FQ	P (Fosforo)	0,004	0,020	0,05	mg/L
FQ	Pb (Plomo)	0,00004	0,0002	0,0020	mg/L
FQ	Sb (Antimonio)	0,00002	0,00010	0,0002	mg/L
FQ	Se (Selenio)	0,00002	0,0001	0,0011	mg/L
FQ	Si (Silicio)	0,020	0,100	10,45	mg/L
FQ	Sn (Estaño)	0,00002	0,00010	<0,0001	mg/L
FQ	Sr (Estroncio)	0,0001	0,0004	0,7711	mg/L
FQ	Ti (Titanio)	0,00004	0,0002	0,0016	mg/L
FQ	Tl (Talio)	0,000004	0,00002	0,00055	mg/L
FQ	U (Uranio)	0,000003	0,00002	0,00121	mg/L
FQ	V (Vanadio)	0,0001	0,0004	0,0018	mg/L
FQ	Zn (Zinc)	0,001	0,003	0,15	mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Totales por ICP-MS : EPAMETHOD 6020 B, Rev. 2 2014 Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (VALIDADO - Modificado) (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2020

OBSERVACIONES :

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método
LC: Límite de cuantificación del método.
LD: Límite de detección del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 26/01/2023 al 03/02/2023

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 03/02/2023



Miguel Valdivia Martínez
Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

PRP-08-F-05-IE Versión: 02 Fecha de Emisión: 01/03/22 Elaborado por: GT / Revisado por: CAC / Aprobado por: GG

Av. Quiñones B-6 (2do. Piso) - Urb. Magisterial II Etapa - Yanahuara - Arequipa - Perú
Teléfono: ++51(0)54 273320 / 274515 Celular: 983768883 / 954068110
e-mail: bhios@bhioslabs.com y operaciones@bhioslabs.com

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

Anexo 9 Subcuenca Llallimayo río principal Llallimayo.



Anexo 10 Microcuencas, riachuelos de la Subcuenca Llallimayo.



Anexo 11 Río Llallimayo, punto de monitoreo I, aguas arriba.



Anexo 12 Río Llallimayo, punto de monitoreo II, aguas abajo.



Anexo 13 Río Llallimayo, punto de muestreo III, aguas abajo.

