

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**Programa de Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental**



**UNS**  
**ESCUELA DE**  
**POSGRADO**

---

---

**“Estudio de Ecotoxicidad en cursos de agua superficial  
de la Microcuencia del Upamayo (Tayacaja, Huancavelica,  
PERÚ)”**

---

---

**Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias en  
Gestión Ambiental**

**Autora:**

**Bach. Pantoja Tirado, Lucia Ruth**

**Asesora:**

**Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta**  
**DNI. N°. 19096335**  
**Código ORCID: 0000-0003-1659-9874**

**Nuevo Chimbote - PERÚ**  
**2023**



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

## CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE LA TESIS

Yo, Elza Berta Aguirre Vargas, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis de Maestría titulada: Estudio de ecotoxicidad en cursos de agua superficial de la microcuenca del Upamayo (Tayacaja, Huancavelica, Perú), elaborada por el (la) bachiller Lucia Ruth Pantoja Tirado, para obtener el Grado Académico de Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, 24 de agosto del 2023

.....  
**Dra. Elza Berta Aguirre Vargas**

ASESOR(A)

CODIGO ORCID: 0000-0003-1659-9874

DNI N° 19096335



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

**CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR**

Estudio de ecotoxicidad en cursos de agua superficial de la microcuenca del Upamayo (Tayacaja, Huancavelica, Perú).

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

.....  
Dr. Walter Eduardo Reyes Ávalos  
PRESIDENTE (A)  
CODIGO ORCID: 0000-0002-4277-9521  
DNI N° 17878579

.....  
Dr. Daniel Angel Sanchez Vaca  
SECRETARIA (O)  
CODIGO ORCID: 0000-0003-4326-1852  
DNI N° 18146173

.....  
Dra. Elza Berta Aguirre Vargas  
VOCAL  
CODIGO ORCID: 0000-0003-1659-9874  
DNI N° 19096335



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

### ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

A los dieciocho días del mes de agosto del año 2023, siendo las 11:00 horas, en el aula multimedia N° 02 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, designados mediante Resolución Directoral N° 162-2023-EPG-UNS de fecha 12 de julio de 2023, conformado por los docentes: Dr. Walter Eduardo Reyes Avalos (Presidente), Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca (Secretario) y Dra. Elza Berta Aguirre Vargas (Vocal), con la finalidad de evaluar la tesis titulada: **ESTUDIO DE ECOTOXICIDAD EN CURSOS DE AGUA SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA DEL UPAMAYO (TAYACAJA, HUANCVELICA, PERÚ)**; presentado por la tesista Lucia Ruth Pantoja Tirado, egresada del programa de Maestría en Gestión Ambiental.

Sustentación autorizada mediante Resolución Directoral N° 185-2023-EPG-UNS de fecha 14 de agosto de 2023.

El presidente del jurado autorizó el inicio del acto académico; producido y concluido el acto de sustentación de tesis, los miembros del jurado procedieron a la evaluación respectiva, haciendo una serie de preguntas y recomendaciones a la tesista, quien dio respuestas a las interrogantes y observaciones.

El jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como APROBADO asignándole la calificación de DIECINUEVE.

Siendo las 12:30 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando la presente acta en señal de conformidad.

  
Dr. Walter Eduardo Reyes Avalos  
Presidente

  
Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca  
Secretario

  
Dra. Elza Berta Aguirre Vargas  
Vocal

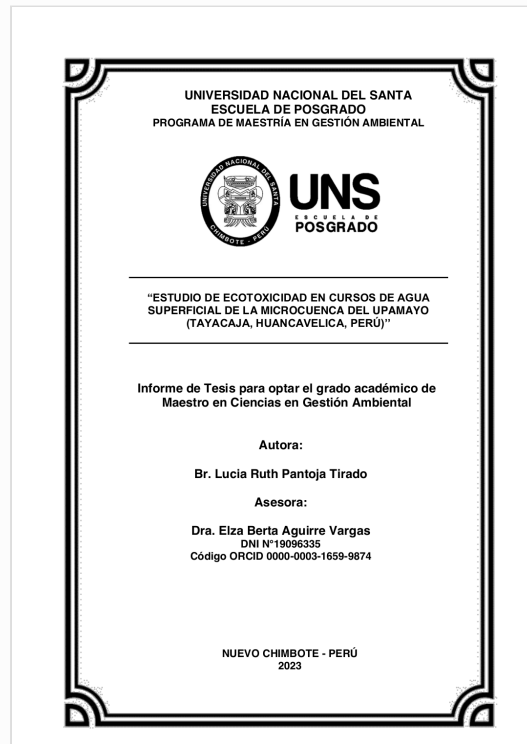


## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Lucia Ruth PANTOJA TIRADO  
Título del ejercicio: DOCTORADO 2023  
Título de la entrega: ESTUDIO DE ECOTOXICIDAD EN CURSOS DE AGUA SUPERFICI...  
Nombre del archivo: o\_Tayacaja,\_Huancavelica,\_Per.\_Lucia\_Ruth\_Pantoja\_Tirado\_1....  
Tamaño del archivo: 3.33M  
Total páginas: 53  
Total de palabras: 11,609  
Total de caracteres: 62,133  
Fecha de entrega: 24-ago.-2023 05:32p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entre... 2137271080



# ESTUDIO DE ECOTOXICIDAD EN CURSOS DE AGUA SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA DEL UPAMAYO (TAYACAJA, HUANCVELICA, PERÚ)

## INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	4%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="https://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe">revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad de San Buenaventura Trabajo del estudiante	1%
7	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="https://ambiente-sustentabilidad.org">ambiente-sustentabilidad.org</a> Fuente de Internet	1%

## DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía en cada paso que doy, por permitirme cumplir una meta más.

A mis padres, hermanos por brindarme todo su apoyo incondicional y estar siempre a mi lado.

A mi pareja, a mi hijo por acompañarme en cada etapa de mi formación profesional.

A mi abuelita y a mis abuelitos que se encuentran en el cielo, gracias por creer en mí, gracias por todos sus consejos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, a mis padres por darme la vida, la oportunidad de estar en este mundo, por brindarme la fortaleza y el apoyo incondicional para superar las dificultades que se presentan en el camino.

A mis familiares y amigos por confiar en mí, por apoyarme de una u otra manera en la realización de la tesis, por ser modelos de superación personal y lucha inquebrantable frente a las dificultades que se encuentran en el camino.

A los docentes y técnicos del laboratorio, que fueron un apoyo fundamental en la elaboración de la presente tesis y especialmente a mi mentora la Dra. Elza Berta Aguirre Vargas por sus conocimientos y por su apoyo incondicional para finalizar el presente estudio.



## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE.....	iv
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. ANTECEDENTES.....	3
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	6
2.2.1. AGUA DE RÍO.....	6
2.2.2. TRUCHA ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	6
2.2.3. ECOTOXICIDAD.....	7
2.2.4. METALES PESADOS.....	8
2.2.5. CALIDAD DEL AGUA.....	8
2.2.6. CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
a. De acuerdo al fin que se persigue.....	9
b. De acuerdo a la técnica de contrastación.....	9
c. Diseño de la investigación.....	9
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	9
a. Población.....	9
b. Muestra.....	10
3.3. TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
3.4. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	11
a. Obtención del agua del Río Upamayo.....	11

b.	Obtención del pez trucha	12
c.	Análisis del agua del Río Upamayo y de la trucha	12
3.5.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS.	12
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	13
4.1.	ANÁLISIS NUTRICIONAL DE LA TRUCHA ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	13
4.2.	ANÁLISIS DE METALES PESADOS A LA TRUCHA ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	13
4.3.	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA DEL RÍO UPAMAYO	15
4.4.	ANÁLISIS DE METALES PESADOS AL AGUA DE RÍO UPAMAYO	18
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	21
5.1.	CONCLUSIONES	21
5.2.	RECOMENDACIONES	22
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES .....	23
VII.	ANEXOS .....	33

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Análisis nutricional de la trucha ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) de las dos piscigranjas	13
<b>Tabla 2.</b> Análisis de metales pesados a la trucha ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) de las dos piscigranjas .....	14
<b>Tabla 3.</b> Tabla ANOVA para metales pesados por trucha ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) .....	15
<b>Tabla 4.</b> Pruebas de múltiples rangos para metales pesados por trucha .....	15
<b>Tabla 5.</b> Análisis físico químico del agua del río Upamayo del distrito de Acraquia (M1)	16
<b>Tabla 6.</b> Análisis físico químico del agua del río Upamayo del distrito de Acraquia (M2)	17
<b>Tabla 7.</b> Análisis de metales pesados del agua de río Upamayo del distrito de Acraquia..	19
<b>Tabla 8.</b> Tabla ANOVA para metales pesados por agua de río Upamayo del distrito de Acraquia.....	20

## INDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b> Análisis de metales pesados a la trucha (muestra1) .....	33
<b>ANEXO 2.</b> Análisis de metales pesados a la trucha (muestra2).....	34
<b>ANEXO 3.</b> Análisis de metales pesados al agua del río de Huancavelica (muestra1) .....	35
<b>ANEXO 4.</b> Análisis de metales pesados al agua del río de Huancavelica (muestra2) .....	36
<b>ANEXO 5.</b> Pruebas de Múltiple Rangos para METALES PESADOS por TRUCHA.....	37
<b>ANEXO 6.</b> Resumen Estadístico para METALES PESADOS .....	38
<b>ANEXO 7.</b> ANOVA simple - metales pesados por agua de río .....	39
<b>ANEXO 8.</b> Criaderos de trucha ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) .....	40
<b>ANEXO 9.</b> Análisis a la trucha ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	42
<b>ANEXO 10.</b> Materiales .....	44

## RESUMEN

El estudio de la ecotoxicología en cursos del agua superficial de la microcuenca del río Upamayo, se realizó utilizando al pez trucha (*Oncorhynchus mykiss*) para determinar el efecto de los compuestos químicos tóxicos presentes en el agua. La trucha estuvo expuesto por 12 meses al agua del río mencionado. Se tomaron dos puntos de muestreo (criaderos de trucha) tanto para el agua como para la trucha. El diseño de la investigación fue un diseño no experimental transversal. Los resultados se analizaron en el software estadístico STATGRAPHICS Centurion XV.II para estudiar el efecto de la variable independiente sobre la variable de respuesta, el análisis de la varianza (ANOVA), se trabajó con un nivel de significancia de 5%. Se determino el valor nutricional promedio de las dos muestras trucha (*Oncorhynchus mykiss*), de las piscigranjas: proteína 18.09g/100g, humedad 72.21g/100g, grasa 4.03g/mg y ceniza 2.96g/100g. Los resultados de los metales pesados de las dos muestras de trucha se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles (SANIPES, 2016). El análisis de metales pesados al agua del río Upamayo tiene por resultado al arsénico, cobre y hierro que se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles de acuerdo a la norma de los Estándares de calidad ambiental (MINAM, 2017) y los resultados del cadmio, mercurio y plomo, se encuentran por debajo de los Límites de Detección de acuerdo al Laboratorio de Ensayos SAT. Para determinar la ecotoxicología del agua del río Upamayo se estudió en función a los resultados de los metales pesados encontrados en la trucha, obteniendo como resultado que es un pez apto para el consumo humano.

Palabras claves: trucha, ecotoxicología, metales pesados, río.

## ABSTRACT

The study of ecotoxicology in surface water courses of the Upamayo river microbasin was carried out using trout (*Oncorhynchus mykiss*) to determine the effect of toxic chemical compounds present in the water. The trout was exposed to the river water for 12 months. Two sampling points (trout hatcheries) were taken for both water and trout. The research design was a non-experimental cross-sectional design. The results were analyzed in the statistical software STATGRAPHICS Centurion XV.II to study the effect of the independent variable on the response variable, the analysis of variance (ANOVA) was performed with a significance level of 5%. The average nutritional value of the two trout (*Oncorhynchus mykiss*) samples from the fish farms was determined: protein 18.09g/100g, moisture 72.21g/100g, fat 4.03g/mg and ash 2.96g/100g. The results of heavy metals of the two trout samples are below the maximum permissible limits (SANIPES, 2016). The analysis of heavy metals in Upamayo river water resulted in arsenic, copper and iron, which are below the maximum permissible limits according to the Environmental Quality Standards (MINAM, 2017) and the results of cadmium, mercury and lead, are below the Detection Limits according to the SAT Testing Laboratory. To determine the ecotoxicology of the Upamayo River water, the results of the heavy metals found in the trout were studied, resulting in a fish suitable for human consumption.

*Key words: trout, ecotoxicology, heavy metals, river.*

## **I. INTRODUCCIÓN**

En Perú, la contaminación del agua está en el centro de los principales conflictos socioambientales y está relacionada principalmente con la minería, la calidad del agua depende del uso que tendrá dicha agua ya que ello va depender de que, si el agua debe usarse para beber, regar los campos, transportar bienes, promover la vida de los peces, etc., y por lo tanto la evaluación de la calidad del agua será diferente, con diferentes parámetros de medición (Bastidas-Orrego et al., 2018). Los arroyos y ríos cercanos a la urbanización se han utilizado como sumideros de residuos domésticos y de los residuos industriales (Villanueva, 2021).

La ecotoxicología busca y analiza los efectos de los agentes físicos y químicos en los seres vivos (Castillo, 2004). La gran ventaja del análisis ecotoxicológico nos refleja de manera integral el estado ecológico, físico, químico y biológico, y nos suministra una visión general y ampliada de la calidad del agua a lo largo del tiempo, para que pueda reflejar las condiciones de muestreos, como la apariencia de los contaminantes cuyos efectos en el ecosistema son a un largo plazo (Ramírez & Mendoza, 2008; Pilco & Santander, 2022).

La microcuenca del Upamayo nace en las alturas del distrito de Acraquia, provincia de Tayacaja, departamento de Huancavelica, Perú; las quebradas: Llamacancha, Yanahuayjo, Lindahuayjo, Tablahuayjo, Machuhuasi y Chinchihuayjo; los arroyos Lambras y Chinchihuayjo son los principales recolectores de efluentes en Pampas, mientras que los arroyos de: Atoc, Atocjasa, Macas, Jonehuayjo son los principales efluentes del distrito de Mariscal Cáceres. Este río atraviesa los distritos de Acraquia, Ahuaycha, Pampa y Mariscal Cáceres, conduciendo a este último en el río Mantaro, donde cambia de rumbo hacia el norte (Vílchez, 2012; Suyuri, 2019). Los metales pesados se hallan naturalmente en la corteza terrestre, estos pueden convertirse en contaminantes si se cambia su repartición en el medio ambiente (Covarrubias & Cabriales, 2017).

Actualmente es notorio el incremento de las actividades humanas en las riberas de la microcuenca del río Upamayo, esto ha generado inquietud con respecto a la calidad de las aguas superficiales puesto que la mayoría de los afluentes son fuentes de

abastecimiento de agua para la población; es importante estudiar las especies químicas de los elementos para entender las reacciones químicas y bioquímicas que en estas intervienen para obtener información sobre la naturaleza esencial y tóxica de los elementos químicos (Sánchez, 2020; Yachas, 2019). En el país, los problemas más relevantes y alarmantes son básicamente de salud, la falta de centros especializados dedicados a la investigación de toxicidad y sus patologías que garanticen un correcto diagnóstico temprano y consecuentemente el tratamiento adecuado para estas patologías se traduce en la poca información relevante que garanticen un diagnóstico eficaz, volviendo difícil su tratamiento (Gómez et al., 2016).

Por el momento no existen estudios específicos sobre el contenido de metales pesados en las aguas superficiales de la microcuenca Upamayo, por lo que urge profundizar estudios que permitan saber si la calidad de las aguas superficiales es apta para su uso, por ejemplo, en la agricultura y la ganadería, ya que de no ser así, nos enfrentaríamos a un grave problema que no sólo tendría efectos fisiológicos en animales y plantas, sino que también pondría en peligro la salud de las personas, por la toxicidad de los metales pesados. Este estudio es una contribución a la provisión de información de naturaleza ambiental que ayuda al diagnóstico de la calidad del agua en la microcuenca referida. Por ello en la presente investigación se planteó la siguiente formulación del problema: ¿Cuál será la ecotoxicidad en cursos de agua superficial de la microcuenca del Upamayo (Tayacaja, Huancavelica, Perú)?

En este sentido los objetivos de esta investigación fueron: Determinar la ecotoxicidad en cursos de agua superficial de la microcuenca del Upamayo (Tayacaja, Huancavelica, Perú), a través de bioensayos. Determinar el valor nutricional del pez trucha (*Oncorhynchus mykiss*) de las dos piscigranjas. Analizar los metales pesados del pez trucha (*Oncorhynchus mykiss*) de las dos piscigranjas. Caracterizar físico químico las dos muestras de agua del río Upamayo. Analizar los metales pesados de las dos muestras del agua del río Upamayo.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES

Las actividades agrícolas, humanas e industriales llevadas a cabo alrededor del río Ebro (España), presentan un impacto ambiental, se realizó una evaluación de riesgo ecológico considerando la presencia de altos niveles de sustancias potencialmente tóxicas, como metales y compuestos orgánicos, se utilizaron extractos acuosos y orgánicos para evaluar la toxicidad en los sedimentos utilizando la bacteria fotoluminiscente *Vibrio fischeri*, se han analizado muestras de sedimentos recogidas durante 2005-2006 del río Ebro, los resultados han mostrado una fuerte correlación con los niveles de contaminantes en el área (Ocampo-Duque et al., 2008).

Los ríos Khniss y Hamdoun, ubicados en el centro este de Túnez, reciben regularmente carga de aguas residuales domésticas y textiles, se detectaron 17 metales en ambas muestras en concentraciones variables, que no superan los estándares tunecinos, el análisis ecotoxicológico reveló que los ríos Khniss y Hamdoun mostraban signos evidentes de toxicidad para los cuatro organismos vivos (la bacteria luminosa *V. fischeri*, el alga verde *S. capricornutum*, el crustáceo *D. magna* y la planta dicotiledónea *L. sativum*) (Methneni et al., 2021).

Los sedimentos del río Erren, Taiwán; están altamente contaminados con metales pesados, se realizó el estudio de la ecotoxicidad residual del sedimento remediado microbianamente donde hubo una disminución significativa de Cu, Ni y Zn en *C. elegans* y una reducción en el efecto toxicológico sobre la supervivencia, el crecimiento y la reproducción en el sedimento remediado microbianamente (How et al., 2023).

La cuenca del río Salado en Santa Fe-Argentina, recibe aguas residuales industriales, domésticas y agrícolas, el objetivo de este estudio fue evaluar la calidad de tres (3) sitios de muestreo respecto a los análisis de metales, análisis de pesticidas, parámetros fisicoquímicos y a la ecotoxicidad en las larvas de *Rhinella arenarum*, las concentraciones de los metales fueron más elevadas en los sedimentos que en las muestras de aguas, se detectaron treinta plaguicidas, se determinó la neurotoxicidad en las larvas expuestas a todas las muestras, el índice de respuesta mostró que las larvas expuestas fueron las más afectadas, de acuerdo a los resultados fisicoquímicos y de la evaluación de ecotoxicidad, por lo tanto, esta cuenca está significativamente degradada y puede representar una amenaza para la vida acuática, especialmente para Larvas de *R. arenarum* (Peluso et al., 2022).



El *Chironomus calligraphus* es una especie que habita en los ambientes acuáticos de manera natural, se evaluaron el efecto tóxico de las muestras acuosas de 3 localidades que conectan con el lago de Junín, Perú sobre la larva de *Chironomus calligraphus*, se mostró los siguientes resultados en orden de toxicidad: Represa de Upamayo (CL50 = 14,79%) > Puente de Upamayo (CL50 = 24,72%) > Pari (CL50 = 41,81%), se demostró que la utilización de *Chironomus calligraphus* en ensayos ecotoxicológicos es la más apropiada para su evaluación en muestras de aguas (Iannacone & Salazar, 2007).

Para comprender los impactos ambientales relacionados con la toxicidad y el cambio climático en la selva amazónica peruana, se utilizó la metodología de evaluación del ciclo de vida para evaluar los impactos ambientales, los resultados mostraron que la maquinaria y el uso de combustible diésel para la extracción y el transporte de minerales aumentan la ecotoxicidad del agua, también, la deforestación tiene un impacto significativo en los efectos ambientales del cambio climático (Kahhat et al, 2019).

Se evaluaron la ecotoxicidad de los metales pesados en los sedimentos del río Suches (frontera entre Perú y Bolivia) mediante el bioensayo *Daphnia pulex*, se desarrolló en tres etapas; relevamiento del área de estudio, pruebas de laboratorio para metales pesados y el bioensayo toxicológico con *Daphnia pulex*, además se analizó la concentración de los metales pesados en los sedimentos del río Suches (4 sitios de prueba) y la toxicidad de metales pesados en *Daphnia pulex*, por lo que se concluye que los sedimentos del río Suches son tóxicos (Mamani et al., 2021).

Los sedimentos que se encuentran en el lago Titicaca tienen metales pesados provenientes de la minería, lo que contamina a las granjas de peces que se encuentran en el lago; los resultados que se encontró en los filetes de las truchas recolectadas de la provincia de Puno son: Zn > Fe > Cd > Mn > Pb > Cu > Hg, y de la provincia de Huancané son: Zn > Fe > Mn. > Cu > Pb > Cd > Hg, estas concentraciones no superaron los límites recomendados por la OMS/FAO, por lo tanto, las truchas son aptas para el consumo humano (Chui et al., 2021).

El agua del río Ichu de Huancavelica es utilizada para la agricultura, para las piscigranjas, para el consumo humana, etc., por ello se evaluó la biodisponibilidad del mercurio en el ecosistema del río Ichu a partir de la contaminación, se analizó al pez trucha (*Oncorhynchus mykiss*) de mayor tamaño de la “Piscigranja”, los resultados de mercurio en la trucha se encuentran por debajo del estándar de las normas, por lo tanto, la trucha es aceptable para el consumo (Malca, 2022).

El agua es un líquido esencial para la nutrición humana y este debe cumplir con los parámetros de calidad establecidos, en este sentido se determinó las concentraciones de metales pesados en la microcuenca urbana del río Ichu en Huancavelica, los resultados fueron: arsénico = 0,0051 a 0,0066 mg/L, cadmio < 0,0004 mg/L, cromo < 0,02 mg/L, mercurio < 0,001 mg/L y plomo = 0,0004 a 0,0048 mg/L., la concentración de cadmio, cromo y mercurio supera los límites máximos del ECA, categoría 4 - E2: Ríos, excepto arsénico y plomo, que se encuentran dentro de los límites permitidos por la normatividad nacional (Vásquez, 2022).

En la región de Pasco-Perú, existen ríos y operaciones mineras, por lo que la calidad del agua es monitoreada por las autoridades correspondientes, se estudió la presencia de metales pesados en ríos de San Juan, Tingo Palca, Huallaga y en la laguna Punrún. y en las truchas *Oncorhynchus mykiss* criadas en las piscigranjas, los resultados arrojaron que las concentraciones de algunos metales superaron los límites permisibles en los ríos Tingo, Huallaga y San Juan, principalmente por la presencia de empresas mineras, en la laguna Punrún no se detectaron metales pesados y las truchas analizadas de las piscigranjas estuvieron por debajo de los límites establecidos, por lo que se pueden comer sin riesgo (Aportela y Paulino, 2020).

Se evaluaron la relación entre la concentración de metales pesados en el agua y el tejido muscular de las truchas criadas en las piscigranjas que se encuentran en las riberas del río Apacheta (Vinchos, Huamanga, Ayacucho), los resultados muestran el nivel de agregación de cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, selenio y zinc tanto en el agua como en el tejido muscular de la trucha está por debajo del "límite máximo permisible", determinaron que no existe una relación significativa entre los niveles de aglutinación de metales pesados en el agua y el tejido muscular de las truchas que viven en las piscigranjas estudiadas (De La Cruz, 2022).

Se determinó la concentración de metales pesados en los sedimentos y truchas de los ríos Opamayo y Sicra de Huancavelica-Perú y se determinó que los resultados se encuentran debajo de los niveles máximos permitidos del D.S. N° 0015-2015-MINAM, se realizó una comparación entre las concentraciones promedio de trucha del río Opamayo y Sicra y los resultados no superan los valores límite de plomo, cadmio, arsénico y cromo mencionados en la normativa, finalmente, ambos ríos tienen metales pesados, pero; las aguas del río Opamayo están más contaminadas por la minería existentes (Armas et al., 2021).

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. AGUA DE RÍO**

El agua es la base material sobre la que viven y prosperan todos los seres vivos, y es fundamental para el desarrollo social (Wu y Lu, 2021). La contaminación del agua de los ríos es causada por la urbanización acelerada, este un problema común (Cheng et al., 2023). Con el aumento de la industrialización, la urbanización y el continuo aumento de la población, el ciclo del agua se ha visto alterado y la calidad del agua se está deteriorado, y la gestión de la calidad del agua de los ríos se ha convertido en un problema global (Misra, 2011). El agua es uno de los recursos más importantes para todos los organismos vivos (Benítez et al., 2021). En diferentes regiones geográficas, se informa que existen recursos hídricos con diversas propiedades fisicoquímicas (Samboni et al., 2007). La calidad del agua en las cabeceras de los ríos es fundamental para promover la construcción ecológica y garantizar la seguridad hídrica regional (Acosta et al., 2007). Los factores naturales y antropogénicos interactúan entre sí para influir en la calidad del agua, incluido el cambio climático, las características de la vegetación, la textura del suelo, el uso de la tierra y la descarga de contaminantes (Wang et al., 2020). Debido a las muchas causas y procesos complicados que causan cambios en la calidad del agua, el control y la prevención de la degradación de la calidad del agua de los arroyos sigue siendo un desafío (Xu et al., 2019). La exploración de la variabilidad de la calidad del agua tiene una atención generalizada en los factores de caracterización del paisaje, pero generalmente se ignora la influencia de las diferencias en las características de la topografía de la cuenca (Ai et al., 2015). La evaluación y gestión de la calidad del agua es uno de los aspectos más importantes de la gestión del agua, esto ha adquirido una importancia global significativa a lo largo de los años en vista de las crecientes preocupaciones y la conciencia sobre los impactos relacionados con el medio ambiente y la salud (Xu et al., 2023).

### **2.2.2. TRUCHA (*Oncorhynchus mykiss*)**

La trucha (*Oncorhynchus mykiss*) es una de las famosas especies de peces de la acuicultura de agua fría que se cultiva ampliamente en el mundo (Rebolé et al., 2015). Aunque la especie puede tolerar un amplio rango de temperaturas diferentes, se sabe que el crecimiento se optimiza a temperaturas entre 15 y 17 °C, durante mucho

tiempo se ha descubierto que las temperaturas por encima de ese óptimo tienen efectos nocivos para los animales en términos de crecimiento (Cho y Cowey, 2017). En las regiones subtropicales, la temperatura del agua en los sitios de producción excede con frecuencia el nivel óptimo y con la evolución del cambio climático, se pronostican eventos similares incluso en regiones más templadas (De Silva y Soto, 2012). La trucha como pez carnívoro de agua fría, se ha distribuido a nivel mundial, esta especie de pescado es muy popular entre los consumidores debido a la calidad del filete y al alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (Rebolé et al., 2015). En los últimos años, la industria de cultivo de truchas se desarrolló rápidamente, lo que tiene un alto valor económico de mercado, el filete es la parte comestible principal de la trucha, y la profundidad del color del filete es un factor importante que afecta el deseo de compra de los consumidores, lo que afecta directamente al valor del mercado (Long et al., 2023). La trucha es considerada una gran fuente de proteínas, minerales, vitaminas y ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, de ahí que su consumo se asocie a una dieta sana y equilibrada, sin embargo, su disponibilidad comercial presenta algunos puntos débiles; comparado con otros productos frescos, el pescado es un alimento altamente perecedero; varios factores, incluidos el nivel de actividad del agua, el pH, los aminoácidos libres, los ácidos grasos insaturados y el contenido de proteínas y enzimas, están involucrados en el deterioro del pescado (Abedi et al., 2016). Además, diversas reacciones biológicas como la oxidación de lípidos, la degradación de proteínas o la descomposición mediada por enzimas endógenas o microbianas provocan su deterioro, los cuales finalmente tienden a acortar su vida útil (Hosseini et al., 2016). El uso de bajas temperaturas es uno de los métodos más comunes para conservar el pescado, lo que teóricamente impide cambios indeseables; sin embargo, la reducción de la calidad puede ocurrir incluso en estas condiciones (Mozaffari et al., 2022).

### **2.2.3. ECOTOXICIDAD**

La ecotoxicidad se refiere a la capacidad de un compuesto o cualquier agente químico físico para mostrar el efecto nocivo tanto en el medio ambiente como en los organismos, por ejemplo, peces, insectos, microorganismos, vida silvestre y plantas; y el objetivo de la ecotoxicología es comprender y predecir la propagación, el destino y los efectos de los contaminantes físicos, químicos (naturales o sintéticos) o

biológicos que alcanzan niveles anormales en el medio ambiente como resultado de la actividad humana (Carrquiriborde, 2021). La caracterización ecotoxicológica de todos los productos químicos relevantes requiere enfoques que sean consistentes, transparentes y reflejen el nivel de madurez de la ciencia actual (Owsianiak et al., 2023).

#### **2.2.4. METALES PESADOS**

El término metal pesado se usa en términos generales, pero generalmente se refiere a cualquier elemento químico metálico que tiene una densidad relativamente alta y es tóxico o venenoso en bajas concentraciones, e incluye Hg, Cd, As, Cr, Tl y Pb (Vullo, 2003). Los metales pesados, como Pb, Cd, Hg, As, Se y Zn pertenecen a la denominada primera clase de peligro, estos metales son constituyentes naturales de la corteza terrestre y están presentes en concentraciones variables en todos los ecosistemas (Gao et al., 2023).

#### **2.2.5. CALIDAD DEL AGUA**

La evaluación de la calidad del agua es la premisa del tratamiento y la gestión del medio ambiente, la evaluación rápida y eficiente de la calidad del agua puede ayudar a los organismos gubernamentales, las empresas y otras agencias reguladoras a comprender la condición del entorno acuático e identificar medidas críticas de control de la contaminación (Xu et al., 2023).

#### **2.2.6. CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

La contaminación del agua es la presencia de componentes o factores químicos, físicos o biológicos que producen una condición de deterioro de un cuerpo de agua determinado con respecto a algún uso beneficioso; el nivel de contaminación necesario para deteriorar un cuerpo de agua depende en gran medida del tipo de cuerpo de agua, su ubicación y los tipos de usos beneficiosos que soporta (Tyagi et al., 2022).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

**a. De acuerdo al fin que se persigue**

**Aplicada:** Con el estudio se generaron nuevos conocimientos que se utilizarán para el beneficio del consumo de la trucha.

**b. De acuerdo a la técnica de contrastación**

**Investigación descriptiva:** Los resultados obtenidos en el presente estudio permite la identificación de algún fenómeno.

**c. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación fue un diseño no experimental transversal, puesto que no se ha manipulado la variable independiente. Este se basa fundamentalmente en la observación del efecto en un momento dado y como se da en su contexto natural para luego ser analizado.

Se utilizó el software estadístico del STATGRAPHICS Centurion XV.II para analizar el efecto de la variable independiente sobre la variable de respuesta. El análisis de varianza (ANOVA), se trabajó con un nivel de significancia del 5%.

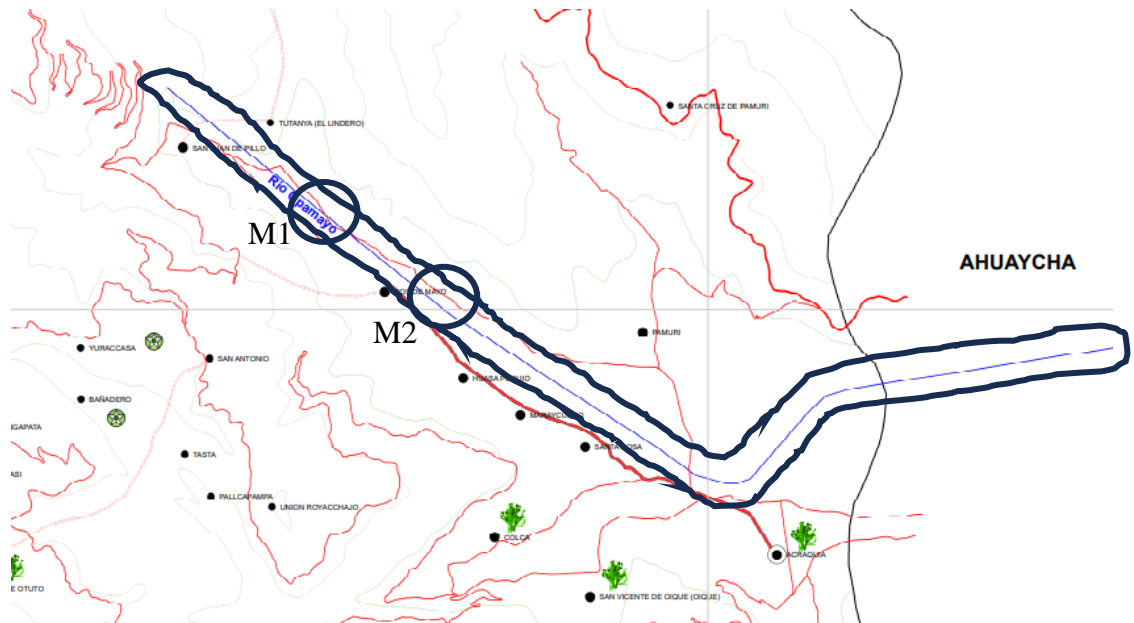
#### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

**a. Población**

La microcuenca del Upamayo nace en las alturas del distrito de Acraquia, provincia de Tayacaja, departamento de Huancavelica, Perú. El río Upamayo nace en el distrito de Acraquia a una latitud de  $-12.341171^{\circ}$ , longitud de  $-74.970485^{\circ}$  y altura de 4124 msnm; y finaliza en el distrito de Daniel Hernández con una latitud de  $-12.338028^{\circ}$ , longitud de  $-74.826365^{\circ}$  y altura de 3175 msnm.

**Figura 1**

*Mapa de la microcuenca del Upamayo*



Piscigranja San Juan: Muestra 1, Piscigranja de Turisgoca: Muestra 2.

*Nota.* Por Agrorural, 2018, con modificaciones.

### **b. Muestra**

Por la naturaleza de la investigación, el muestreo será de tipo no probabilístico intencional. Por lo tanto, la muestra estuvo conformada por 30 litros de agua de afluentes seleccionados del Río Upamayo.

## **3.3. TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **a. Análisis de metales para el agua de río**

- Arsénico: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3114 B. Arsenic An Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry. Manual Hydride Generation /Atomic Absorption Spectrometric Method. 2023 24 th Ed.
- Cadmio, Cobre, Hierro, Plomo: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3111 B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Part 3030 F. Nitric Acid-Hydrochloric Acid Digestion. 2023 24 th Ed
- Mercurio: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3112 B. Metals by Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometry. Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometry Method. 2023 24 th Ed

**b. Análisis físicos químicos para el agua de río**

- Multiparametro Hanna Instruments HI9829, marca: Hanna Instruments (Determina: Temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto).

**c. Análisis de metales para la trucha**

La trucha después de ser expuesto al agua del río Upamayo por 12 meses se realizó el análisis de metales pesados para determinar la ecotoxicidad.

- Arsénico, Cadmio, Cobre, Hierro, Mercurio, Plomo: NOM 117-SSA1 (1994) Item 7.1.1 y 9. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.

**d. Análisis para determinar el valor nutricional de la trucha**

Para realizar el análisis nutricional de la trucha se utilizaron filetes de este pez en estado fresco refrigerado (sin cabeza, sin cola y sin vísceras), se analizaron las dos muestras de truchas de las dos piscigranjas del Distrito de Acraquia.

- Ceniza: AOAC 925.51, 21st. Ed. (2019). Ash in Canned Vegetables
- Grasa: AOAC 920.177, 21st. Ed. (2019). Ether extract of confectionary
- Humedad: AOAC 971.28, 21st. Ed. (2019). Solids (Total) in Frozen Spinach
- Proteína: AOAC 920.152, 21st. Ed. (2019). Protein in fruit products. Kjeldahl Method

### **3.4. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

**a. Obtención del agua del Río Upamayo**

Para el procedimiento de la recolección de datos fue de acuerdo al Protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos autoridad nacional del agua – DGCRH-2011 y a los Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen Disposiciones Complementarias - Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Se tomaron dos puntos de muestreo para la investigación, durante 12 meses, estos dos puntos representan el agua de ingreso a las dos piscigranjas de truchas del distrito de Acraquia de la provincia de Tayacaja, región Huancavelica. Donde el agua de la piscigranja San Juan es: Muestra 1 y el agua de la piscigranja de Turisgoca es: Muestra 2.



## Figura 2

Mapa de las dos piscigranjas de truchas (*Oncorhynchus mykiss*)



Nota. Google Maps, 2023.

### b. Obtención del pez trucha

La trucha de 12 meses de edad (longitud promedio =  $23 \pm 1.25$  cm., peso promedio =  $250 \pm 1.50$  gr.), estuvo sometido por este tiempo al agua del río Upamayo de forma continua, la trucha fue obtenida el 5 de junio del 2023 de las dos piscigranjas de trucha del distrito de Acraquia de la provincia de Tayacaja, región Huancavelica; donde la trucha de la piscigranja San Juan es: Muestra 1 y la trucha de la piscigranja de Turisgoca es: Muestra 2 (figura 2).

### c. Análisis del agua del Río Upamayo y de la trucha

El agua del río y la trucha fueron analizados en el laboratorio de la Universidad Nacional del Santa, en el laboratorio de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo y en el Laboratorio de Ensayos SAT – Sociedad de Asesoramiento Técnico.

## 3.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS.

Los resultados de los metales pesados se analizaron con el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XV.II para el estudio del efecto de la variable independiente (agua del Río Upamayo) sobre la variable de respuesta (pez trucha), los resultados se analizaron en función a los metales pesados que se encuentra en cada uno de ellos. El análisis de varianza (ANOVA), se trabajó con un nivel de significancia del 95% ( $p < 0,05$ ).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ANÁLISIS NUTRICIONAL DE LA TRUCHA (*Oncorhynchus mykiss*)

Los resultados se muestran en la tabla 1, los resultados de la muestra 1 y muestra 2 con respecto al porcentaje de la proteína y la humedad se encuentran dentro del rango reportado por Karimian-Khosroshahi et al., (2016), quien mostro que la trucha tiene un contenido de 72.33g/100g de humedad, 18.59 g/100g de proteína, 3.58 g/100g de grasa y 1.07 g/100g de ceniza; y los resultados con respecto al contenido de grasa y ceniza se encuentran dentro del rango reportado por Ahmed & Ahmad (2020), quienes en su trabajo de investigación mostraron el porcentaje del contenido nutricional de la trucha con 4.30 g/100g de grasa, 3.13 g/100g de ceniza, 13.67 g/100g de proteína y 76.79 g/100g de humedad; estas significativas diferencias se deben a la ubicación geográfica en el que se encuentran las piscigranjas y a la calidad del agua (Salinas & Alarcón, 2018), además al tipo de la alimentación que reciben las truchas en las piscigranjas (Chavanne et al., 2016). Los filetes de trucha son abundantes en nutrientes, poseen importantes nutrientes para mantener la salud humana, aptos para el consumo humano (Bao et al., 2023).

**Tabla 1.** *Análisis nutricional de la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) de las dos piscigranjas*

Análisis	Valor M1	Valor M2	Promedio
Proteína ((Nx6,25) g/100g)	18.25±0.026	17.85±0.014	18.05
Humedad (g/100g)	71.61±0.013	72.81±0.018	72.21
Grasa (g/100g)	3.93±0.023	4.13±0.015	4.03
Cenizas (g/100g)	2.81±0.021	3.11±0.012	2.96

M1: Muestra 1, M2: Muestra 2, Media de 3 repeticiones ± desviación estándar

### 4.2. ANÁLISIS DE METALES PESADOS A LA TRUCHA (*Oncorhynchus mykiss*)

En la tabla 2 se muestran los promedios de los metales pesados analizados a la trucha de las dos piscigranjas, los resultados de la investigación, se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles de acuerdo al “Contenidos Máximos Permitidos de metales pesados en productos pesqueros y acuícolas de consumo humano directo” para

los “indicadores sanitarios de inocuidad y calidad para los productos pesqueros y acuícolas de consumo humano directo de Perú, Unión Europea, Unión Aduanera, China, Japón y Chile” (SANIPES, 2016). Además, en investigaciones de (Chui et al., 2021; Arriola, et al., 2021; Aportela & Paulino, 2020; Rivas, 2018; Varol et al., 2017) analizaron los metales pesados a la pulpa de la trucha determinando valores que no superan los límites máximos permisibles recomendados por la normativa, al igual que nuestros resultados, por lo tanto, las truchas de las dos piscigranjas del distrito de Acraquia, son aptas para el consumo humano. La ecotoxicidad el agua del río Upamayo está en función a los resultados de los metales pesados analizados en la trucha, debido a que la ecotoxicidad es el estudio de los efectos de los productos químicos tóxicos sobre los seres vivos (Rajpoot et al.,2022).

**Tabla 2.** *Análisis de metales pesados a la trucha (Oncorhynchus mykiss) de las dos piscigranjas*

<b>Análisis</b>	<b>Valor M1</b>	<b>Valor M2</b>
Arsénico (mg/kg)	0.12	0.18
Cadmio (mg/kg)	<0.02; Límite de detección=0.02	<0.02; Límite de detección=0.02
Cobre (mg/kg)	1.70	1.54
Hierro (mg/kg)	18.44	16.98
Mercurio (mg/kg)	<0.05; Límite de cuantificación=0.05	<0.05; Límite de cuantificación=0.05
Plomo (mg/kg)	<0.07; Límite de detección=0.07	<0.07; Límite de detección=0.07

M1: Muestra 1, M2: Muestra 2

*Nota.* Laboratorio de Ensayos SAT (anexo 1, 2)

En la tabla 3 se observa los resultados del ANOVA realizado a los metales pesados presentes en la trucha para determinar el nivel de significancia que existe entre ellos obteniendo como resultado que el valor-P es menor que 0.05, por ende, existe una diferencia estadística significativamente entre la media de los metales pesados presentes en la trucha. Para determinar la significancia de los metales se realizó las Pruebas de Múltiples Rangos, obteniendo como resultado que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el cadmio, mercurio, plomo y arsénico; y para el cobre y el hierro si existe una diferencia significativa (tabla 4).

**Tabla 3.** *Tabla ANOVA para metales pesados por trucha (Oncorhynchus mykiss)*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	504.283	5	100.857	560.11	0.0000
Intra grupos	1.0804	6	0.180067		
Total (Corr.)	505.363	11			

Anexo 6

**Tabla 4.** *Pruebas de múltiples rangos para metales pesados por trucha*

TRUCHA	Casos	Media	Grupos Homogéneos
CADMIO	2	0.02	X
MERCURIO	2	0.05	X
PLOMO	2	0.07	X
ARESENICO	2	0.15	X
COBRE	2	1.62	X
HIERRO	2	17.71	X

Anexo 5

#### 4.3. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA DEL RÍO UPAMAYO

En la tabla 5 y 6 se muestran los resultados del análisis físico químico del agua del río Upamayo (temperatura, ph, conductividad y oxígeno disuelto), tomados durante 12 meses a las 10 a.m. en los dos puntos de muestreos; los resultados obtenidos son coherentes a los resultados determinados por Iannacone & Salazar (2007), esto se debe a la zona geográfica donde se encuentra el río. Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el agua; en la Categoría 4 (Conservación del ambiente acuático); y Subcategoría E2 (Ríos) (MINAM, 2017), menciona los parámetros físicos químicos que debe tener el agua de río para la supervivencia de las especies que habitan en ella, los resultados mostrados en la tabla 5 y 6 muestran el análisis realizado al agua del río Upamayo, agua que ingresa a las dos piscigranjas del distrito de Acraquia, estos

resultados son coherentes al DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM. Gamarra & Uceda, (2017), mencionan los valores óptimos para la crianza de la trucha como lo son: temperatura (11 a 16°C), ph (7-8) y oxígeno disuelto (6.5 a 9.0 mg/L), rangos indispensables para la supervivencia de esta especie.

**Tabla 5.** *Análisis físico químico del agua del río Upamayo del distrito de Acraquia (Muestra 1)*

<b>Meses</b>	<b>Temperatura del aire (°C)</b>	<b>Temperatura del agua (°C)</b>	<b>pH</b>	<b>Conductividad <math>\mu\text{mhos cm}^{-1}</math></b>	<b>Oxígeno disuelto (mg L<sup>-1</sup>)</b>
Junio 2022	13.0	11.5	7.8	305	6.47
Julio 2022	13.1	12.0	8.2	290	5.68
Agosto 2022	15.0	13.8	8.8	285	4.51
Setiembre2022	15.4	14.0	7.7	315	6.52
Octubre 2022	17.0	14.8	9.2	278	4.88
Noviembre 2023	17.4	14.0	7.6	248	5.40
Diciembre 2022	17.0	14.2	8.8	272	4.82
Enero 2023	15.7	13.4	7.6	285	6.85
Febrero 2023	15.4	13.0	8.3	310	4.98
Marzo 2023	14.0	12.8	8.5	298	6.45
Abril 2023	14.0	12.5	9.1	258	5.38
Mayo 2023	13.5	11.3	8.8	315	4.86

**Tabla 6.** Análisis físico químico del agua del río Upamayo del distrito de Acraquia (Muestra 2)

Meses	Temperatura del aire (°C)	Temperatura del agua (°C)	pH	Conductividad $\mu\text{mhos cm}^{-1}$	Oxígeno disuelto (mg L <sup>-1</sup> )
Junio 2022	13.5	12.5	7.5	310	6.28
Julio 2022	13.2	12.0	8.1	295	5.48
Agosto 2022	15.0	13.5	8.4	275	4.32
Setiembre 2022	15.2	14.2	7.3	310	6.65
Octubre 2022	17.1	14.5	9.0	270	4.45
Noviembre 2023	17.5	14.0	7.8	228	5.48
Diciembre 2022	17.0	14.1	8.5	246	4.78
Enero 2023	15.5	13.8	7.9	280	6.64
Febrero 2023	15.0	13.5	8.0	300	5.78
Marzo 2023	14.8	12.4	8.2	285	6.25
Abril 2023	14.0	12.5	9.0	268	6.30
Mayo 2023	13.6	11.8	8.5	305	5.56

De La Cruz, (2022), analizó los factores físicoquímicos del agua del río que ingresan a las piscigranjas de truchas en Ayacucho y Tiopampa, obteniendo como resultados en promedio: Temperatura (12°C), Oxígeno Disuelto (5 mg/L), Conductividad (800 S/cm) y pH (8), valores adecuados para la crianza de las truchas en las piscigranjas; nuestros resultados también están en el rango de los resultados del autor.

#### **4.4. ANÁLISIS DE METALES PESADOS AL AGUA DE RÍO UPAMAYO**

El agua del río Upamayo que ingresa a las dos piscigranjas del distrito de Acraquia, durante los 12 meses en el cual la trucha estaba expuesta, se determinó que hay una ligera diferencia en los resultados del hierro (Tabla 7), debido a la ubicación geográfica en el que se encuentran las piscigranjas ya que el hierro es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre (Vásquez & Calderón, 2010), la presencia de hierro en el agua puede atribuirse a la mezcla de rocas y minerales, drenaje ácido de minas, lixiviados de vertederos, aguas residuales o desechos industriales (Dey et al., 2022), el hierro es un metal de transición abundante y poco tóxico (Zhu et al., 2023), acuerdo a la normas de calidad ambiental del agua (ECA) y normas complementarias - Decreto N° 004-2017-MINAM, categoría 1: población y área de esparcimiento y subcategoría A: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable y ya sea para A1: Agua que puede ser potable por desinfección, A2: Agua que puede ser potable por tratamiento convencional y A3: Agua que puede ser potable por tratamiento avanzado (MINAM, 2017); los resultados del hierro se muestran por debajo de los límites máximos permisibles; al igual como lo menciona Contreras et al., (2004) en su investigación donde encontraron los niveles de concentración del hierro estaban dentro de los estándares nacionales para aguas de ríos.

En la norma de la calidad ambiental (ECA), en la Categoría 4 (Conservación del ambiente acuático) y en la Subcategoría E2: Ríos para la costa y la sierra, se muestran los Límites Máximos Permisibles (LMP) que debe contener el agua de río (MINAM, 2017); los resultados del arsénico y cobre se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles y el cadmio, mercurio y plomo se encuentra por encima de los (LMP), pero están por debajo del límite de detección del Laboratorio de Ensayos SAT, debido a que el equipo de espectrometría de absorción atómica tiene una concentración mínima de un analito que se puede detectar. Además, la norma establece que los informes de laboratorio deben incluir límites de cuantificación y detección como parte de sus informes analíticos (MINAM, 2017), tal como se tiene los resultados en la investigación (Anexo 3 y 4). En la investigación de Chui et al., (2021) y Vásquez, (2022), demostraron que el cobre y arsénico en el agua de río no superan los límites máximos permisibles por la normativa peruana y por la OMS/FAO, como se observa en nuestros resultados (Tabla 7).

El cadmio, mercurio y plomo que superan los límites máximos permisibles de la norma se debe a que los metales pesados se encuentran como componentes naturales en la corteza terrestre, en forma de sales, minerales u otros compuestos (Rooney et al. 2006, Zhao et al. 2006), también las actividades antropogénicas como la minería, las industrias de fundición y la aplicación de pesticidas en la agricultura pueden contaminar con metales pesados el agua (How et al., 2023); las operaciones mineras no reguladas descargan sus residuos en los cuerpos del agua sin cumplir con los requisitos mínimos (Mamani et al., 2021), el uso de maquinarias y la utilización del combustible diésel para la extracción y el transporte de minerales también aumentan la contaminación del agua con metales pesados (Kahhat et al, 2019); de acuerdo a lo mencionado es posible que todas estas actividades que se realizan están contaminando las aguas del río y es por ello que en los resultados con respecto al cadmio, mercurio y plomo superan los límites máximos permisibles de la norma (Tabla 7).

La contaminación ambiental es preocupación y trabajo de muchas organizaciones, debido a que la liberación de metales pesados es uno de los problemas ocultos que se estudian debido a su persistencia y bioacumulación (Aportela y Paulino, 2020), por ello es importante realizar el análisis de metales pesados al agua ya que son altamente fatales cuando se consumen incluso en bajas concentraciones, las actividades antropogénicas son los causantes de los contaminantes del agua con metales pesados, los metales pesados representan un grave peligro para la salud de los seres humanos (Raj et al., 2023).

**Tabla 7.** *Análisis de metales pesados del agua de río Upamayo del distrito de Acraquia*

<b>Análisis</b>	<b>Valor M1</b>	<b>Valor M2</b>
Arsénico (mg/kg)	<0.015	<0.015
Cadmio (mg/kg)	<0.001	<0.001
Cobre (mg/kg)	<0.01	<0.01
Hierro (mg/kg)	<0.04	<0.01
Mercurio (mg/kg)	<0.0002	<0.0002
Plomo (mg/kg)	<0.004	<0.004

M1: Muestra 1, M2: Muestra 2,  
Fuente: Laboratorio de Ensayos SAT (anexo 3, 4)



**Tabla 8.** *Tabla ANOVA para metales pesados por agua de río Upamayo del distrito de Acraquia*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Entre grupos	0.0009184	5	0.00018368	2.45	0.1530
Intra grupos	0.00045	6	0.000075		
Total (Corr.)	0.0013684	11			

Anexo 7

La tabla 8 se muestra los resultados del ANOVA de los metales pesados presentes en el agua del río, obteniendo como resultado que el valor-P es mayor que 0.05, por lo tanto, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los metales pesados de las dos muestras de agua, cabe mencionar que las dos piscigranjas se alimentan del agua del río Upamayo.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- La ecotoxicidad del agua del río Upamayo se determinó a través de los resultados de los metales pesados en la trucha, donde se observó que estos resultados se encontraban por debajo de los límites máximos permisibles de acuerdo al DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM y por lo tanto el agua del río Upamayo no tiene un efecto significativo en este ser vivo (*Oncorhynchus mykiss*).
- El valor nutricional promedio de las dos muestras trucha (*Oncorhynchus mykiss*), de las piscigranjas son: proteína 18.09g/100g, humedad 72.21g/100g, grasa 4.03g/mg y ceniza 2.96g/100g.
- Los resultados de metales pesados en dos muestras de truchas tomadas de las piscigranjas están por debajo de las concentraciones máximas de metales pesados permitidas según las concentraciones de metales pesados de pescado y productos acuícolas destinados al consumo humano, por lo que la trucha es apta para el consumo humano.
- Los resultados físicos químicos de las dos muestras del agua del río Upamayo, se contemplan dentro del rango de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el agua; en la Categoría 4 (Conservación del ambiente acuático); y Subcategoría E2 (Ríos), determinando que es un agua adecuada para la crianza de las truchas.
- El arsénico, cobre y hierro analizados en las dos muestras del agua del río Upamayo, muestran que se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles de acuerdo a la norma de los Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen Disposiciones Complementarias - Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.
- El plomo, cadmio y mercurio, analizados a las dos muestras de agua del río Upamayo están por encima de los límites máximos permisibles del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, pero estos metales encuentran por debajo de los Límites de Detección de acuerdo a los resultados del Laboratorio de Ensayos SAT.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Continuar con la línea de investigación y determinar el estudio de ecotoxicológico en otros seres vivos como macroalgas y microalgas marinas que se encuentran en el río Upamayo.
- Concientizar a los pobladores de la provincia de Tayacaja, Huancavelica sobre el buen uso de los recursos naturales, para evitar la contaminación de las aguas del río Upamayo
- Sensibilizar a los pobladores sobre las actividades de minería informal, la utilización de combustible diésel, el uso de pesticidas en la agricultura ya que estos se encuentran contaminando las aguas del río con metales pesados por ello el cadmio, mercurio y plomo están superando los límites máximos permisibles.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

- Abedi, E., Naseri, M., Ghanbarian, GA y Vazirzadeh, A. (2016). Cobertura de película de polietileno con aceites esenciales de tomillo (*Thymus daenensis* Celak) y ajedrea (*Satureja bachtiarica* Bunge) para el control de la oxidación de lípidos en filetes de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) durante su almacenamiento a corto plazo en el frigorífico. *Revista de Procesamiento y Conservación de Alimentos*, 40 (3), 483-491. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12627>
- Acosta, C. P., Benavides, J. A., & Sierra, C. H. (2015). Análisis cualitativo del deterioro de la calidad del agua y la infección por *Helicobacter pylori* en una comunidad de alto riesgo de cáncer de estómago (Cauca, Colombia). *Salud colectiva*, 11(4), 575-590. <http://dx.doi.org/10.18294/sc.2015.796>
- Agrorural (2018). *Mapa de activos del distrito acraquia*. [https://www.agrorural.gob.pe/pdts/wp-content/uploads/mapas/02\\_09\\_MapaFinal\\_Acraquia\\_A0\\_Activos.pdf](https://www.agrorural.gob.pe/pdts/wp-content/uploads/mapas/02_09_MapaFinal_Acraquia_A0_Activos.pdf)
- Ahmed, I., & Ahmad, I. (2020). Effect of dietary protein levels on growth performance, hematological profile and biochemical composition of fingerlings rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* reared in Indian himalayan region. *Aquaculture Reports*, 16, 100268. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100268>
- Ai, L., Shi, Z. H., Yin, W., & Huang, X. (2015). Spatial and seasonal patterns in stream water contamination across mountainous watersheds: Linkage with landscape characteristics. *Journal of Hydrology*, 523, 398-408. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.01.082>
- Aportela, O. G., & Paulino, L. R. M. (2020). Evaluación de metales pesados en ríos y truchas *Oncorhynchus mykiss* de la región Pasco, Perú. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 3(2), 32-48. <https://doi.org/10.46380/rias.v3i2.93>
- Aportela, OG y Paulino, LRM (2020). Evaluación de metales pesados en ríos y truchas *Oncorhynchus mykiss* de la región Pasco, Perú. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 3 (2), 32-48. <https://doi.org/10.46380/rias.v3i2.93>

- Armas, LQ, Acharte, LM, Enríquez, A., & Asto, JM (2021). Contaminación con metales pesados en sedimentos y truchas en los ríos Opamayo y Sicra, Huancavelica-Perú. *Revista de investigación científica siglo XXI*, 1 (1), 68-78. <https://doi.org/10.54943/rcsxxi.v1i1.12>
- Arriola, M. L. M., Choquevilca, Y. C., Becerra, A. L., Loaiza, A. N. C., & Fuentes, J. S. (2021). Evaluación de la concentración de metales pesados (Pb, Hg, Cd) y As en pescados expendidos en los mercados de la ciudad del Cusco, Perú. *Q'EUÑA*, 12(2), 29-34. <https://doi.org/10.51343/rq.v12i2.975>
- Bao, S., Zhuo, L., Qi, D., Tian, H., Wang, D., Zhu, B., ... & Ma, R. (2023). Comparative study on the fillet nutritional quality of diploid and triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Reports*, 28, 101431. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101431>
- Bastidas-Orrego, L. M., Ramírez-Valverde, B., Cesín-Vargas, A., Juárez-Sánchez, J. P., Martínez-Carrera, D., & Vaquera-Huerta, H. (2018). Conflictos socioambientales y minería a cielo abierto en la Sierra Norte de Puebla, México. *Textual: análisis del medio rural latinoamericano*, (72), 35-65. <https://doi.org/10.5154/r.textual.2017.72.003>
- Benítez, EML, Verdecia, GM, & Castell, MAP (2021). Escasez y contaminación del agua, realidades del siglo XXI. *Revista 16 de abril*, 60 (279), 854. [https://rev16deabril.sld.cu/index.php/16\\_04/article/view/854](https://rev16deabril.sld.cu/index.php/16_04/article/view/854)
- Carriquiriborde, P. (2021). Principios de Ecotoxicología. *Libros de Cátedra*. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/118183/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/118183/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Castillo M., G. (2004). Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. Idr.
- Chavanne, H., Janssen, K., Hofherr, J., Contini, F., Haffray, P., Aquatrace Consortium, ... & Bargelloni, L. (2016). A comprehensive survey on selective breeding programs and seed market in the European aquaculture fish industry. *Aquaculture international*, 24, 1287-1307. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-9985-0>
- Cheng, Z., Zhao, Y., Song, T., Cheng, L. y Wang, W. (2023). ¿Elefante blanco o gallina de los huevos de oro? Una evaluación de la ruta intermedia del proyecto de desviación de agua de sur a norte desde la perspectiva de la

- eficiencia regional del uso del agua. *Gestión de Recursos Hídricos*, 37 (2), 819-834. <https://doi.org/10.1007/s11269-022-03405-9>
- Cho, CY y Cowey, CB (2017). Trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss*. En *Manual de requerimientos de nutrientes de peces (1991)* (págs. 131-144). Prensa CRC.  
<https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780203712146-15/rainbow-trout-oncorhynchus-mykiss-young-cho-colin-cowey>
- Chui, H. N., Roque, B., Huaquisto, E., Sardón, D. L., Belizario, G., & Calatayud, A. P. (2021). Metales pesados en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de crianza intensiva de la zona noroeste del lago Titicaca. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(3).  
<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i3.20398>
- Chui, HN, Roque, B., Huaquisto, E., Sardón, DL, Belizario, G., & Calatayud, AP (2021). Metales pesados en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de crianza intensiva de la zona noroeste del lago Titicaca. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32 (3).  
<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i3.20398>
- Contreras, J. B., Mendoza, C. L., & Gómez, A. (2004). Determinación de metales pesados en aguas y sedimentos del Río Haina. *Ciencia y sociedad*. Repositorio biblioteca INTEC.  
<https://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/bitstream/handle/123456789/1055/CISO20042901-038-071.PDF?sequence=1&isAllowed=y>
- Covarrubias, S. A., & Cabriales, J. J. P. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33, 7-21. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.esp01.01>
- De La Cruz Palomino, F. (2022). *Metales pesados en el agua y trucha de las piscigranjas ubicadas en el Río Apacheta, Vinchos, Huamanga, Ayacucho*. [Tesis de Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible, UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN]. Repositorio UNHEVAL. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/7236>
- De La Cruz, F. (2022). *Metales pesados en el agua y trucha de las piscigranjas ubicadas en el Río Apacheta, Vinchos, Huamanga, Ayacucho*. [Tesis de

Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio UNHEVAL. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/7236>

De Silva, SS y Soto, D. (2012). El cambio climático y la acuicultura: repercusiones potenciales, adaptación y mitigación. *Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura: visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos. Documento técnico de pesca y acuicultura*, 530, 169-236. <https://www.fao.org/3/i0994s/i0994s03.pdf>

Dey, S., Kotaru, N. S. A., Veerendra, G. T. N., & Sambangi, A. (2022). The removal of iron from synthetic water by the applications of plants leaf biosorbents. *Cleaner Engineering and Technology*, 9, 100530. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100530>

Gamarra, N. A., & Uceda, R. Y. (2017). *Determinación de metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica en truchas arcoiris "oncorhynchus mykiss" del río Chiapuquio de Ingenio-Huancayo*. [Tesis de Químico Farmacéutico y Bioquímico, Universidad Inca Garcilaso de la Vega]. Repositorio UIGV. <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/1697>

Gao, W., Qu, B., Yuan, H., Song, J. y Li, W. (2023). Movilidad de metales pesados en sedimentos contaminados bajo acidificación del agua de mar. *Boletín de contaminación marina*, 192, 115062. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115062>

Garmendia, J. M., Menchaca, I., Belzunce, M. J., & Revilla, M. I. (2009). Protocolo del test de toxicidad de sedimentos marinos con larvas del erizo de mar *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816). *Revista de Investigación Marina*, 11,1- 25. [https://www.researchgate.net/publication/275207308\\_Protocolo\\_del\\_test\\_de\\_toxicidad\\_de\\_sedimentos\\_marinos\\_con\\_larvas\\_del\\_erizo\\_de\\_mar\\_Paracentrotus\\_lividus\\_Lamarck\\_1816](https://www.researchgate.net/publication/275207308_Protocolo_del_test_de_toxicidad_de_sedimentos_marinos_con_larvas_del_erizo_de_mar_Paracentrotus_lividus_Lamarck_1816)

Gómez, C., C, Palma, S., Calvo, C., Riobó. P. & Robledo, P (2016). *Alimentación, nutrición y cáncer: prevención y tratamiento*. Editorial UNED.

Hosseini, SF, Rezaei, M., Zandi, M. y Ghavi, FF (2016). Efecto de la cobertura de gelatina de pescado enriquecida con aceite esencial de orégano sobre la

calidad del filete de trucha arco iris refrigerada. *Revista de Tecnología de Productos Alimenticios Acuáticos*, 25 (6), 835-842.  
<https://doi.org/10.1080/10498850.2014.943917>

How, C. M., Kuo, Y. H., Huang, M. L., & Liao, V. H. C. (2023). Assessing the ecological risk and ecotoxicity of the microbially mediated restoration of heavy metal-contaminated river sediment. *Science of The Total Environment*, 858, 159732.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159732>

Iannacone, J. y Salazar, N. (2007). Efecto Toxicológico de Muestras de Agua del Lago Junín, Perú, Sobre *Chironomus calligraphus* (Diptera: Chironomidae). *Revista de la Sociedad Brasileña de Ecotoxicología*, 2, 219-227.

Kahhat, R., Parodi, E., Larrea-Gallegos, G., Mesta, C., & Vázquez-Rowe, I. (2019). Environmental impacts of the life cycle of alluvial gold mining in the Peruvian Amazon rainforest. *Science of the Total Environment*, 662, 940-951. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.246>

Karimian-Khosroshahi, N., Hosseini, H., Rezaei, M., Khaksar, R., & Mahmoudzadeh, M. (2016). Effect of different cooking methods on minerals, vitamins, and nutritional quality indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *International Journal of Food Properties*, 19(11), 2471-2480. <https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1039028>

Long, X., Wang, L., Li, Y., Sun, W., & Wu, X. (2023). Effects of long-term *Haematococcus pluvialis* astaxanthin feeding on the growth, coloration, and antioxidant capacity of commercial-sized *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Reports*, 30, 101603.  
<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101603>

Malca Michaud, J. D. (2022). *Evaluación de la biodisponibilidad de mercurio en el ecosistema del río Ichu en Huancavelica, afectado por contaminación difusa*. [Tesis de Ingeniero Ambiental, Universidad Científica del Sur]. Repositorio Científica.  
<https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/2242/T-L-Malca%20J-Ext.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



- Mamani, BA, Biamont, IE, & Calsin, B. (2021). Evaluación ecotoxicológica mediante bioensayo con *Daphnia Pulex* en sedimentos del río Suches, Cojata Frontera Perú-Bolivia, 2019. *Fides et Ratio-Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 22 (22), 191-215. Recuperado en 04 de agosto de 2023, de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-081X2021000200011&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2021000200011&lng=es&tlng=es).
- Methneni, N., González, J. A. M., Van, J., Anthonissen, R., Van de Maele, J., Verschaeve, L., ... & Mansour, H. B. (2021). Ecotoxicity profile of heavily contaminated surface water of two rivers in Tunisia. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 82, 103550. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2020.103550>
- MINAN (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM*. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Misra, A. K. (2011). Impact of urbanization on the hydrology of Ganga Basin (India). *Water resources management*, 25, 705-719. <https://doi.org/10.1007/s11269-010-9722-9>
- Mozaffari, P., Pashangeh, S., Berizi, E., Majlesi, M., Hosseinzadeh, S., Salehi, S. O., ... & Giannakis, S. (2022). Potential of nanochitosan coating combined with walnut green husk to improve the preservation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during refrigerated storage. *Environmental Research*, 214, 114019. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114019>
- Ocampo-Duque, W., Sierra, J., Ferré-Huguet, N., Schuhmacher, M., & Domingo, J. L. (2008). Estimating the environmental impact of micro-pollutants in the low Ebro River (Spain): An approach based on screening toxicity with *Vibrio fischeri*. *Chemosphere*, 72(5), 715-721. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.03.055>
- Owsianiak, M., Hauschild, M. Z., Posthuma, L., Saouter, E., Vijver, M. G., Backhaus, T., ... & Fantke, P. (2023). Ecotoxicity characterization of chemicals: global recommendations and implementation in

USEtox. *Chemosphere*, 310, 136807.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136807>

- Peluso, J., Aronzon, C. M., Chehda, A. M., Boccioni, A. P. C., Peltzer, P. M., De Geronimo, E., ... & Lajmanovich, R. C. (2022). Environmental quality and ecotoxicity of sediments from the lower Salado River basin (Santa Fe, Argentina) on amphibian larvae. *Aquatic Toxicology*, 253, 106342. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2022.106342>
- Pilco, V. A., & Santander, L. V. (2022). *Influencia de nutrientes sobre la diversidad de diatomeas epilíticas en cuatro tramos de los Ríos Chagrasacha y Quillopaccha del Sistema Lacustre Pisayambo*. [Tesis de Ingeniero Ambiental, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17624>
- Raj, A. R. A., Mylsamy, P., Sivasankar, V., Kumar, B. S., Omine, K., & Sunitha, T. G. (2023). Heavy metal pollution of river water and eco-friendly remediation using potent microalgal species. *Water Science and Engineering*. ISSN 1674-2370. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2023.04.001>
- Rajpoot, K., Desai, N., Koppiseti, H., Tekade, M., Sharma, M. C., Behera, S. K., & Tekade, R. K. (2022). In silico methods for the prediction of drug toxicity. In *Pharmacokinetics and Toxicokinetic Considerations* (pp. 357-383). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-98367-9.00012-3>
- Ramírez R., P., & Mendoza C., A. (2008). *Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo: la experiencia en México*. Instituto Nacional de Ecología. [http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/ensayo\\_toxicologico.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/ensayo_toxicologico.pdf)
- Rebolé, A., Velasco, S., Rodríguez, M. L., Treviño, J., Alzueta, C., Tejedor, J. L., & Ortiz, L. T. (2015). Nutrient content in the muscle and skin of fillets from farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Chemistry*, 174, 614-620. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.072>
- Rivas, W. (2018). Determinación de arsénico y plomo en truchas (*oncorhynchus mykiss*), piensos y agua de piscigranjas del distrito de Pachangara, provincia de Oyón, Región Lima. In *Crescendo*, 9(2), 211 - 220. Recuperado de <https://revistas.uladech.edu.pe/index.php/increscendo/article/view/1982>

- Rooney, C. P., Zhao, F. J., & McGrath, S. P. (2006). Soil factors controlling the expression of copper toxicity to plants in a wide range of European soils. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 25(3), 726-732. <https://doi.org/10.1897/04-602R.1>
- Salinas, J. R., & Alarcón, E. H. (2018). *Acuicultura: trucha. Una opción para el desarrollo de comunidades andinas*. [Tesis de Máster en Dirección de Empresas, Universidad de Piura]. Repositorio PIRHUA. <https://hdl.handle.net/11042/3554>
- Samboni, N. E., Carvajal, Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e investigación*, 27(3), 172-181. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s0120-56092007000300019&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s0120-56092007000300019&script=sci_arttext)
- Sánchez, A. H. (2020). *Restauración de los canales eutrofizados de abastecimiento de agua a los Pantanos de Villa*. [Tesis de Magister en Desarrollo Ambiental, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/17439>
- SANIPES (2016). *Indicadores sanitarios de inocuidad y calidad para los productos pesqueros y acuícolas para mercado nacional y de exportación*. [https://www.sanipes.gob.pe/archivos/dhc/X\\_manual\\_indicadores\\_pre\\_publicacion.pdf](https://www.sanipes.gob.pe/archivos/dhc/X_manual_indicadores_pre_publicacion.pdf)
- Suyuri Felix, L. C. (2019). *Potencial ecoturístico de los distritos Daniel Hernandez y Acraquia Huancavelica*. [Tesis de Ingeniero Forestal y Ambiental, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7713>
- Varol, M., Kaya, G. K., & Alp, A. (2017). Heavy metal and arsenic concentrations in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farmed in a dam reservoir on the Firat (Euphrates) River: Risk-based consumption advisories. *Science of the Total Environment*, 599, 1288-1296. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.052>
- Vásquez Y. P., & Calderón D. Y. (2010). *Determinación de la concentración letal media (CL50-96) de hierro y manganeso mediante bioensayos utilizando alevinos de Trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss**. [Trabajo de pregrado de

- Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Universidad de la Salle]. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/1755](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1755)
- Vasquez, J. P. (2022). *Contaminación por metales pesados en la microcuenca urbana del Rio Ichu en la ciudad de Huancavelica, 2022*. [Tesis de Ingeniero ambiental y sanitario, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio UNH. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d4b19716-446d-47d5-974c-74925a7e57fa/content>
- Vílchez, M. S. (2012). *Evaluación de peligros geológicos en los sectores de Casay, Porvenir y Corinto en el distrito de Pampas-Accoyanca y Puentes Pilcos en el distrito de Colcabamba. Provincia Tayacaja, región Huancavelica*. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1577>
- Villanueva, E. F. (2021). *Caracterización de residuos sólidos sobre el arroyo Mollejón de la ciudad de Poza Rica, Ver.* [Proyecto para obtener el diploma de Especialista en Gestión e impacto ambiental, Universidad Veracruzana]. Repositorio Institucional. <http://cdigital.uv.mx/handle/1944/52881>
- Vullo, DL (2003). Microorganismos y metales pesados: una interacción en beneficio del medio ambiente. *Química viva*, 2 (3), 93-104. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86320303.pdf> ISSN 1666-7948
- Wang, B., Xu, G., Li, P., Li, Z., Zhang, Y., Cheng, Y., ... & Zhang, J. (2020). Vegetation dynamics and their relationships with climatic factors in the Qinling Mountains of China. *Ecological Indicators*, 108, 105719. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105719>
- Wu, J. y Lu, J. (2021). Efectos de escala espacial de las métricas del paisaje en la calidad del agua de los arroyos y sus cambios estacionales. *Investigación del agua*, 191, 116811. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.116811>
- Xu, G., Li, P., Lu, K., Tantai, Z., Zhang, J., Ren, Z., ... & Cheng, Y. (2019). Seasonal changes in water quality and its main influencing factors in the Dan River basin. *Catena*, 173, 131-140. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.10.014>
- Xu, M., Xu, G., Li, Z., Dang, Y., Li, Q., Min, Z., ... & Zhang, Y. (2023). Effects of comprehensive landscape patterns on water quality and identification of key

metrics thresholds causing its abrupt changes. *Environmental Pollution*, 333, 122097. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122097>

Yachas, L. (2019). *Aplicación del método de valoración contingente en la evaluación de la calidad ambiental del recurso natural del lago Chinchaycocha, Región Pasco-2019*. [Tesis de Ingeniero Ambiental, UNIVERSIDAD NACIONAL “DANIEL ALCIDES CARRION”]. Repositorio UNDAC. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1505>

Zhao, F. J., Rooney, C. P., Zhang, H., & McGrath, S. P. (2006). Comparison of soil solution speciation and diffusive gradients in thin-films measurement as an indicator of copper bioavailability to plants. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 25(3), 733-742. <https://doi.org/10.1897/04-603R.1>

Zhu, F., Lu, G. P., Wang, F., Ren, E., Yu, Y., & Lin, Y. (2023). Iron catalyzed organic reactions in water: A “nature-like” synthesis. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 100754. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2023.100754>

## VII. ANEXOS

### ANEXO 1. Análisis de metales pesados a la trucha (muestra 1)



#### Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISE Nº 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280  
E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com

#### INFORME DE ENSAYO Nº DT-03277-01-2023

PRODUCTO : Trucha,  
SOLICITADO POR : PANTOJA TIRADO LUCIA RUTH  
DIRECCIÓN : Jr. Colon Nº258 - Pampas - Huancavelica - Huancavelica  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-06-08  
FECHA DE ANÁLISIS : 2023-06-09  
FECHA DE INFORME : 2023-06-19  
SOLICITUD Nº : SDT-05741-2023

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Muestra 1 Trucha  
ESTADO / CONDICIÓN : Producto pescado entero / Refrigerado  
PRESENTACIÓN : Taper de plástico color rojo con tapa, con identificación manuscrita  
CANTIDAD DE MUESTRA : 300 gramos  
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
(*) Arsenico (mg/kg)	0,12
(*) Cadmio (mg/kg)	< 0,02; Límite de detección = 0,02 mg/kg
(*) Cobre (mg/kg)	1,70
(*) Hierro (mg/kg)	18,44
(*) Mercurio (mg/kg)	< 0,05; Límite de cuantificación = 0,05 mg/kg
(*) Plomo (mg/kg)	< 0,07; Límite de detección = 0,07 mg/kg

#### (\*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

##### MÉTODOS

(\*) Arsenico : NOM. 117-SSA1 (1994) Item 7.1.1 y 9. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica  
(\*) Cadmio : NOM. 117-SSA1 (1994) Item 7.1.1 y 9. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica  
(\*) Cobre : NOM. 117-SSA1 (1994) Item 7.1.1 y 9. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica  
(\*) Hierro : NOM. 117-SSA1 (1994) Item 7.1.1 y 9. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica  
(\*) Mercurio : NOM. 117-SSA1 (1994) Item 7.1.1 y 9. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica  
(\*) Plomo : NOM. 117-SSA1 (1994) Item 7.1.1 y 9. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica

##### Notas

Temperatura de recepción de la muestra: 3,4°C

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS  
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA  
C.Q.P. Nº 296



Firmado digitalmente por:  
Quím. Maria Clotilde Huapaya Herreros  
Fecha: 19/06/2023 16:35

## ANEXO 2. Análisis de metales pesados a la trucha (muestra2)



### Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280  
E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com

#### INFORME DE ENSAYO N° DT-03277-02-2023

PRODUCTO : Trucha,  
SOLICITADO POR : PANTOJA TIRADO LUCIA RUTH  
DIRECCIÓN : Jr. Colon N°258 - Pampas - Huancavelica - Huancavelica  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-06-08  
FECHA DE ANÁLISIS : 2023-06-09  
FECHA DE INFORME : 2023-06-19  
SOLICITUD N° : SDT-05741-2023

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : Muestra 2 Trucha  
ESTADO / CONDICIÓN : Producto pescado entero / Refrigerado  
PRESENTACIÓN : Taper de plástico color verde con tapa, con identificación manuscrita  
CANTIDAD DE MUESTRA : 300 gramos  
CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE : Ninguna (A solicitud del cliente)

Servicio	Vía / Resultado
(*) Arsenico (mg/kg)	0,18
(*) Cadmio (mg/kg)	< 0,02; Límite de detección = 0,02 mg/kg
(*) Cobre (mg/kg)	1,54
(*) Hierro (mg/kg)	16,98
(*) Mercurio (mg/kg)	< 0,05; Límite de cuantificación = 0,05 mg/kg
(*) Plomo (mg/kg)	< 0,07; Límite de detección = 0,07 mg/kg

(\*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

#### MÉTODOS

- (\*) Arsenico : NDM 117-SSA1 (1994) Item 7.1.1 y 9. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica
- (\*) Cadmio : NDM 117-SSA1 (1994) Item 7.1.1 y 9. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica
- (\*) Cobre : NDM 117-SSA1 (1994) Item 7.1.1 y 9. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica
- (\*) Hierro : NDM 117-SSA1 (1994) Item 7.1.1 y 9. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica
- (\*) Mercurio : NDM 117-SSA1 (1994) Item 7.1.1 y 9. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica
- (\*) Plomo : NDM 117-SSA1 (1994) Item 7.1.1 y 9. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica

#### Notas

Temperatura de recepción de la muestra: 3,4°C

-Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Válido únicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS  
JEFE DIVISIÓN TÉCNICA  
C.Q.P. N° 296



Firmado digitalmente por:  
Quim. Maria Clotilde Huapaya Herreros  
Fecha: 19/06/2023 16:36

# ANEXO 3. Análisis de metales pesados al agua del río de Huancavelica (muestra1)



## Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280  
E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com

### INFORME DE ENSAYO N° DT-03284-01-2023

**PRODUCTO DECLARADO** : Agua de Río <sup>(1)</sup>  
**MATRIZ ANALIZADA** : Agua natural  
**SOLICITADO POR** : PANTOJA TIRADO LUCIA RUTH  
**DIRECCION** : Jr. Colon N° 258-Pampas – Huancavelica – Huancavelica  
**CONTACTO** : Lucia Pantoja / Email: luciapantojatirado@gmail.com  
**FECHA RECEPCION DE MUESTRA** : 2023-06-08  
**FECHA DE ANALISIS** : 2023-06-09  
**FECHA DE INFORME** : 2023-06-15  
**SOLICITUD N° SDT** : 05997-2022

**IDENTIFICACION DE LA MUESTRA** : Muestra 1  
Lugar de toma de muestra: Río de Huancavelica  
Fecha: 07/06/23  
Hora: 10:00 am  
**ESTADO O DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA / CONDICION** : Producto Líquido / Refrigerado  
**PRESENTACION** : Botella de plástico transparente con tapa rosca, con sticker.  
**CANTIDAD DE MUESTRA** : 2500 Mililitros  
**CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMIENTE** : Ninguna (A solicitud del cliente)

ENSAYOS	Unidad	L.C. / L.D.	RESULTADOS
(*) Arsenico	mg/L As	0.015 / 0,005	<0.015
(*) Cadmio	mg/L Cd	0.003 / 0,001	<0.001
(*) Cobre	mg/L Cu	0.03 / 0,01	<0.01
(*) Hierro	mg/L Fe	0.04 / 0,01	<0.04
(*) Mercurio	mg/L Hg	0.0006 / 0.0002	<0.0002
(*) Plomo	mg/L Pb	0.012 / 0,004	<0.004

LC : Límite de Cuantificación

LD: Límite de Detección

(\*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

#### MÉTODOS

(*) Arsenico	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3114 B.Arsenic An Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry.Manual Hydride Generation /Atomic Absorption Spectrometric Method. 2023 24 th Ed.
(*) Cadmio	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3111 B.Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry.Direct Air-Acetylene Flame Method. Part 3030 F. Nitric Acid-Hydrochloric Acid Digestion. 2023 24 th Ed
(*) Cobre	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3111 B.Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry.Direct Air-Acetylene Flame Method. Part 3030 F. Nitric Acid-Hydrochloric Acid Digestion. 2023 24 th Ed
(*) Hierro	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3111 B.Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry.Direct Air-Acetylene Flame Method. Part 3030 F. Nitric Acid-Hydrochloric Acid Digestion. 2023 24 th Ed
(*) Mercurio	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3112 B.Metals by Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometry.Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometry Method. 2023 24 th Ed
(*) Plomo	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3111 B.Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry.Direct Air-Acetylene Flame Method. Part 3030 F. Nitric Acid-Hydrochloric Acid Digestion. 2023 24 th Ed

#### OBSERVACIONES:

Fecha, hora y temperatura de recepción de muestra: 2023-06-08 / 17:15 hrs. / 3.2°C

<sup>(1)</sup> SAT no es responsable de la información proporcionada por el cliente, la cual puede afectar la validez de los resultados.

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Valido unicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproducción parcial del presente informe sin la autorización escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original. Las muestras serán mantenidas en nuestro laboratorio de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado, de requerir el cliente alguna verificación de resultados deberá presentar su solicitud a SAT S.A.C. dentro de los 30 días de emitido el presente informe.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS

JEFE DIVISION TECNICA

C.Q.P N° 296



Firmado digitalmente por:  
Quim. Maria Clotilde Huapaya Herreros  
Fecha: 19/06/2023 17:19

Página 1 de 1  
F-DT-2225a/ Nov.2018



## ANEXO 4. Análisis de metales pesados al agua del río de Huancavelica (muestra2)



### Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.

JR. ALMIRANTE GUISSÉ N° 2580 - 2586 / LIMA 14 - PERÚ TELÉFONO: 206-9280

E-mail: satperu@satperu.com / web: www.satperu.com

### INFORME DE ENSAYO N° DT-03284-02-2023

**PRODUCTO DECLARADO** : Agua de Río <sup>(1)</sup>  
**MATRIZ ANALIZADA** : Agua natural  
**SOLICITADO POR** : PANTOJA TIRADO LUCIA RUTH  
**DIRECCION** : Jr. Colon N° 258-Pampas – Huancavelica – Huancavelica  
**CONTACTO** : Lucia Pantoja / Email: luciapantojatirado@gmail.com  
**FECHA RECEPCION DE MUESTRA** : 2023-06-08  
**FECHA DE ANALISIS** : 2023-06-09  
**FECHA DE INFORME** : 2023-06-15  
**SOLICITUD N° SDT** : 05997-2022

**IDENTIFICACION DE LA MUESTRA** : Muestra 2  
Lugar de toma de muestra: Río de Huancavelica  
Fecha: 07/06/23  
Hora: 09:00 am

**ESTADO O DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA / CONDICION** : Producto Líquido / Refrigerado

**PRESENTACION** : Botella de plástico transparente con tapa rosca, con sticker.

**CANTIDAD DE MUESTRA** : 2500 Mililitros

**CANTIDAD DE MUESTRA DIRIMENTE** : Ninguna (A solicitud del cliente)

ENSAYOS	Unidad	L.C. / L.D.	RESULTADOS
(*) Arsenico	mg/L As	0.015 / 0,005	<0.015
(*) Cadmio	mg/L Cd	0.003 / 0,001	<0.001
(*) Cobre	mg/L Cu	0.03 / 0,01	<0.01
(*) Hierro	mg/L Fe	0.04 / 0,01	<0.01
(*) Mercurio	mg/L Hg	0.0006 / 0.0002	<0.0002
(*) Plomo	mg/L Pb	0.012 / 0,004	<0.004

LC : Límite de Cuantificación

LD: Límite de Detección

(\*) LOS METODOS INDICADOS NO HAN SIDO ACREDITADOS POR INACAL-DA

#### MÉTODOS

(*) Arsenico	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3114 B.Arsenic An Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry.Manual Hydride Generation /Atomic Absorption Spectrometric Method. 2023 24 th Ed.
(*) Cadmio	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3111 B.Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry.Direct Air-Acetylene Flame Method. Part 3030 F. Nitric Acid-Hydrochloric Acid Digestion. 2023 24 th Ed
(*) Cobre	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3111 B.Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry.Direct Air-Acetylene Flame Method. Part 3030 F. Nitric Acid-Hydrochloric Acid Digestion. 2023 24 th Ed
(*) Hierro	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3111 B.Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry.Direct Air-Acetylene Flame Method. Part 3030 F. Nitric Acid-Hydrochloric Acid Digestion. 2023 24 th Ed
(*) Mercurio	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3112 B.Metals by Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometry.Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometry Method. 2023 24 th Ed
(*) Plomo	:	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3111 B.Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry.Direct Air-Acetylene Flame Method. Part 3030 F. Nitric Acid-Hydrochloric Acid Digestion. 2023 24 th Ed

#### OBSERVACIONES:

Fecha, hora y temperatura de recepción de muestra: 2023-06-08 / 17:15 hrs. / 3.2°C

(1) SAT no es responsable de la información proporcionada por el cliente, la cual puede afectar la validez de los resultados.

- Informe de ensayo emitido en base a resultados obtenidos en nuestro laboratorio. Valido unicamente para la muestra proporcionada. Queda absolutamente prohibida toda reproduccion parcial del presente informe sin la autorizacion escrita de SAT S.A.C. Este documento es válido solo en original. Las muestras serán mantenidas en nuestro laboratorio de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado, de requerir el cliente alguna verificación de resultados deberá presentar su solicitud a SAT S.A.C. dentro de los 30 dias de emitido el presente informe.

QUIM. CLOTILDE HUAPAYA HERREROS

JEFE DIVISION TECNICA

C.Q.P N° 296



Firmado digitalmente por:  
Quim. Maria Clotilde Huapaya Herreros  
Fecha: 19/06/2023 17:17

Página 1 de 1  
F-DT-225ta/ Nov.2018

## ANEXO 5. Pruebas de Múltiple Rangos para METALES PESADOS por TRUCHA

Variable dependiente: METALES PESADOS (mg/Kg)

Factor: TRUCHA

Método: 95.0 porcentaje LSD

<i>TRUCHA</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
CADMIO	2	0.02	X
MERCURIO	2	0.05	X
PLOMO	2	0.07	X
ARESENICO	2	0.15	X
COBRE	2	1.62	X
HIERRO	2	17.71	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
ARESENICO - CADMIO		0.13	1.03833
ARESENICO - COBRE	*	-1.47	1.03833
ARESENICO - HIERRO	*	-17.56	1.03833
ARESENICO - MERCURIO		0.1	1.03833
ARESENICO - PLOMO		0.08	1.03833
CADMIO - COBRE	*	-1.6	1.03833
CADMIO - HIERRO	*	-17.69	1.03833
CADMIO - MERCURIO		-0.03	1.03833
CADMIO - PLOMO		-0.05	1.03833
COBRE - HIERRO	*	-16.09	1.03833
COBRE - MERCURIO	*	1.57	1.03833
COBRE - PLOMO	*	1.55	1.03833
HIERRO - MERCURIO	*	17.66	1.03833
HIERRO - PLOMO	*	17.64	1.03833
MERCURIO - PLOMO		-0.02	1.03833

\* indica una diferencia significativa.

La tabla emplea un procedimiento de comparaciones múltiples para establecer cuáles medias son significativamente y diferentes de las otras. El asterisco que se observa al lado de los nueve pares muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95% de confianza. En la parte superior de la tabla, se han identificado tres grupos homogéneos según la alineación de las X's en cada columna. Por otro lado, no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de símbolo X's. El método utilizado actualmente para discriminar entre todas las medias es el modo de diferencia mínima significativa de Fisher. Con el método hay un riesgo del 5% al decir que cada par de las medias es significativamente diferente.

## ANEXO 6. Resumen Estadístico para METALES PESADOS

Variable dependiente: METALES PESADOS (mg/Kg)

Factor: TRUCHA

TRUCHA	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo
ARESENICO	2	0.15	0.0424264	28.2843%	0.12	0.18
CADMIO	2	0.02	0	0%	0.02	0.02
COBRE	2	1.62	0.113137	6.98377%	1.54	1.7
HIERRO	2	17.71	1.03238	5.82934%	16.98	18.44
MERCURIO	2	0.05	0	0%	0.05	0.05
PLOMO	2	0.07	0	0%	0.07	0.07
Total	12	3.27	6.77806	207.28%	0.02	18.44

TRUCHA	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
ARESENICO	0.06		
CADMIO	0		
COBRE	0.16		
HIERRO	1.46		
MERCURIO	0		
PLOMO	0		
Total	18.42	2.87217	1.85384

La tabla muestra diferentes estadísticos de METALES PESADOS para cada uno de los 6 niveles de la TRUCHA. El propósito primordial del análisis de varianza de un factor es la de lograr comparar las medias de diferentes niveles, enlistados bajo la columna del Promedio.

## ANEXO 7. ANOVA simple - metales pesados por agua de río

Variable dependiente: METALES PESADOS (mg/L)

Factor: AGUA DE RÍO

### Resumen Estadístico para METALES PESADOS

<i>AGUA DE RÍO</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
ARSENICO	2	0.015	0	0%	0.015	0.015
CADMIO	2	0.001	0	0%	0.001	0.001
COBRE	2	0.01	0	0%	0.01	0.01
HIERRO	2	0.025	0.0212132	84.8528%	0.01	0.04
MERCURIO	2	0.0002	0	0%	0.0002	0.0002
PLOMO	2	0.004	0	0%	0.004	0.004
Total	12	0.0092	0.0111535	121.233%	0.0002	0.04

<i>AGUA DE RÍO</i>	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
ARSENICO	0		
CADMIO	0		
COBRE	0		
HIERRO	0.03		
MERCURIO	0		
PLOMO	0		
Total	0.0398	2.97637	3.81385

Esta tabla se muestra diferentes estadísticos de METALES PESADOS para cada uno de los seis niveles del AGUA DE RÍO. El propósito primordial del análisis de varianza de un factor es la de lograr comparar las medias de diferentes niveles.

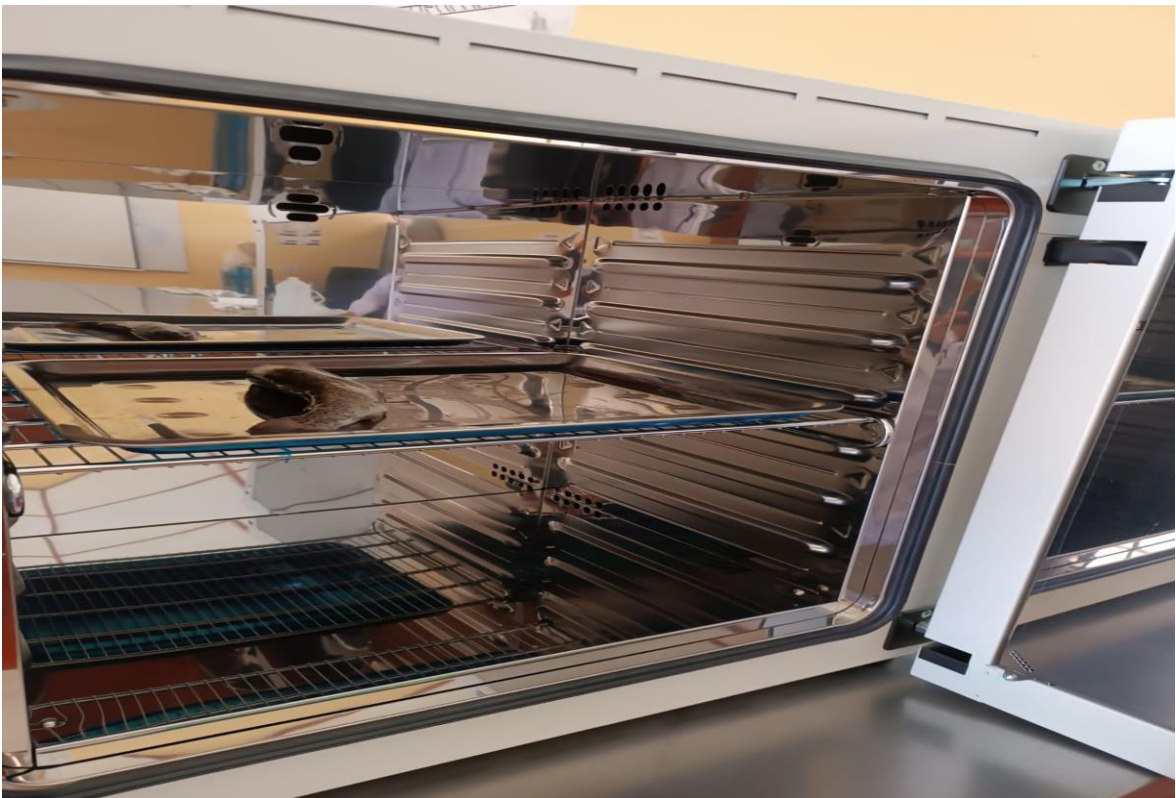
**ANEXO 8.** Criaderos de trucha (*Oncorhynchus mykiss*)





**ANEXO 9. Análisis a la trucha (*Oncorhynchus mykiss*)**







## ANEXO 10. Materiales

### MATERIALES

#### MATERIA PRIMA

- Pez trucha (*Oncorhynchus mysis*)
- Agua de río de Huancavelica

#### REACTIVOS

- Fenolftaleína.
- Agua destilada.
- Solución de hidróxido de sodio (0.255N y 0.1N).
- Ácido sulfúrico al 0.255N.
- Hexano al 98%.
- Cloroformo.
- Ácido acético glacial.
- Solución saturada de ioduro de potasio.
- Solución al 0.1N de tiosulfato de sodio.
- Almidón a 1%.

#### MATERIALES DE VIDRIO

- Matraces Erlenmeyer (250 y 500 ml).
- Pipetas (1, 5 y 10 ml).
- Probetas (50, 100 y 500ml).
- Varilla de vidrio.
- Vasos precipitados (500 y 1000ml).
- Placas Petri.
- Fiolas de 500 y 1000 ml
- Termómetro de Mercurio de -10°C a 110°C
- Buretas de 25 ml
- Crisoles
- Desecador

## **EQUIPOS**

- Espectrofotometría de Absorción Atómica, Marca Buck Scientific 210 VGA
- Mufla Thermolyne – Type Furnace1300
- Equipo de Baño María. – Marca: AquaBathTM
- Centrífuga Sigma – Laberzentrifugen 2-16. Germany
- pH metro digital, Hach.
- Cámara de bioseguridad, Biohazard Safety Cabinet.
- Balanza analítica: marca PRECISA GRAVIMETRICS AG, modelo LX 220A. SCS, sensibilidad aproximadamente de 0.0001g y capacidad 0 – 220 g.
- Incubadora, Pol-Eko Aparatura.
- Estufa: marca Blue-M, modelo SW-17TC-1, Serie SW-1990.
- Titulador digital
- Autoclave, Selecta
- Refrigeradora, Bosch.
- Mufla: Serie 34703484, marca Thermolyne.
- Espectrofotómetro: modelo: 2800 UVNIS, Marca: Único; Made in U.S.A.
- Equipo extractor de grasa Soxhlet: marca FOSS, modelo SOXTEC.
- Secador de bandejas: modelo SBT-10XL, marca Torr.
- Licuadora industrial: BERKEL LB 004 L 057164
- Equipo de proteína Kjeldahl, marca: VELP SCIENTIFICA.

## **OTROS MATERIALES**

- Cuchillo
- Mesa de acero inoxidable
- Bolsas de polipropileno de alta densidad.
- Pinzas de metal.
- Jarras plásticas.
- Termómetro.
- Licuadora.
- Material para pruebas microbiológicas: placas petrifilm 3M, mechero, algodón, alcohol, fosforo, etc.
- Micropipetas.

# ESTUDIO DE ECOTOXICIDAD EN CURSOS DE AGUA SUPERFICIAL DE LA MICROCUENCA DEL UPAMAYO (TAYACAJA, HUANCAVELICA, PERÚ)

*por* Lucia Ruth PANTOJA TIRADO

---

**Fecha de entrega:** 24-ago-2023 05:32p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2137271080

**Nombre del archivo:** o\_Tayacaja,\_Huancavelica,\_Per.\_Lucia\_Ruth\_Pantoja\_Tirado\_1.pdf (3.33M)

**Total de palabras:** 11609

**Total de caracteres:** 62133

9	<a href="http://ecotoxbrasil.org.br">ecotoxbrasil.org.br</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://fidesetratio.ulasalle.edu.bo">fidesetratio.ulasalle.edu.bo</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://fondoeditorial.unat.edu.pe">fondoeditorial.unat.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://repositorio.unh.edu.pe">repositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://revistas.unh.edu.pe">revistas.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://revistas.unsaac.edu.pe">revistas.unsaac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
18	<a href="http://journals.biologists.com">journals.biologists.com</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

<1 %

21

[www.jramoncorp.com](http://www.jramoncorp.com)

Fuente de Internet

<1 %

22

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

Fuente de Internet

<1 %

23

[riunet.upv.es](http://riunet.upv.es)

Fuente de Internet

<1 %

24

[www.isisn.org](http://www.isisn.org)

Fuente de Internet

<1 %

25

Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

26

[de.slideshare.net](http://de.slideshare.net)

Fuente de Internet

<1 %

27

[patents.google.com](http://patents.google.com)

Fuente de Internet

<1 %

28

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

Fuente de Internet

<1 %

29

Heber N. Chui, Bernardo Roque, Edilberto Huaquisto, Danitza L. Sardón, German Belizario, Alfredo P. Calatayud. "Metales pesados en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de crianza intensiva de la zona

<1 %

# noroeste del lago Titicaca", Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 2021

Publicación

---

30	<a href="http://aqa.org.ar">aqa.org.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
31	<a href="http://cdn.www.gob.pe">cdn.www.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
32	<a href="http://orcid.org">orcid.org</a> Fuente de Internet	<1 %
33	Submitted to Universidad Nacional José María Arguedas Trabajo del estudiante	<1 %
34	<a href="http://repositorio.upch.edu.pe">repositorio.upch.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
35	<a href="http://tesis.unap.edu.pe">tesis.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
36	<a href="http://alicia.concytec.gob.pe">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
37	<a href="http://repositorio.usanpedro.edu.pe">repositorio.usanpedro.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
38	<a href="http://www.jove.com">www.jove.com</a> Fuente de Internet	<1 %

---

---