UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

TESIS

CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN TRUCHAS ARCO IRIS DEL RIO MOLINO - LLUSCO Y PISCIGRANJA DEL PUENTE COYO EN CHUMBIVILCAS, CUSCO 2025

PRESENTADO POR:

Br. YNDIRA EVELIN HUAMAN HUAMAN

Br. MIRIAM AYDE ENRIQUEZ SAIRE

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE QUIMICO FARMACEUTICO

ASESORA:

MAG. ZANY SIGRID FRISANCHO TRIVEÑO

CUSCO - PERÚ

2026

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor** MG. ZANY SIGRID FRISANCHO TRIVEÑOS quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesis titulada: CONCENTRACION DE METALES PESADOS EN TRUCHAS ARCO IRIS DEL RIO MOLINO-CUSCO Y PISCIGRANJA DEL PUENTE COYO EN CHUMBIVILCAS, CUSCO 2025.

Presentado por: YNDIRA EVELIN HUAMAN HUAMAN DNI N° 44209961;
presentado por: MIRIAM AYDE ENRIQUEZ SAIRE DNI N°: 72965406
Para optar el título Profesional/Grado Académico de QUIMICO FARMACEUTICO.

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6° del ***Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC*** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 7 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 18 de Septiembre de 2026

Firma

Post firma ZANY SIGRID FRISANCHO TRIVEÑOS

Nro. de DNI 40063091

ORCID del Asesor 0000-0001-7459-9675

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:624564130

Yndira Evelin Huamán Huamán

tesis Yndira Evelin Huaman Huaman, Miriam Enriquez Saire (1).pdf

Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::27259:624564130

Fecha de entrega
14 sep 2026, 7:48 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
14 sep 2026, 8:02 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
tesis Yndira Evelin Huaman Huaman, Miriam Enriquez Saire (1).pdf

Tamaño del archivo
6.7 MB

141 páginas

27.186 palabras

156.021 caracteres

7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)
- Trabajos entregados

Exclusiones

- N.º de fuente excluida

Fuentes principales

7%	Fuentes de Internet
3%	Publicaciones
0%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi torre fuerte y sendero en el transcurso de mi vida para poder llegar a este momento tan imprescindible de la carrera profesional, ayudándome a obtener mis logros y metas.

A mis padres, Flavia y Wilber por su constante apoyo moral, amor incondicional y valores inculcados en el desarrollo de mi vida, A mi hermano Adrián por su amor incondicional y ser parte esencial de mi vida. Este logro es reflejo de sus innumerables sacrificios y la confianza que siempre depositaron en mí.

A mi novio Celestino con todo cariño y gratitud. Gracias por confiar en mí, por acompañarme y apoyarme en cada etapa de mi vida.

A todas las personas especiales que formaron parte en esta etapa, haciendo que el trabajo se culmine con éxito, gracias al aporte de sus conocimientos y motivación constante.

Miriam Avde Enriquez Saire

A Dios todo poderoso por darme la vida, la sabiduría y la fortaleza para superar cada obstáculo y permitirme alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

Con profundo amor y eterna gratitud, dedico este trabajo de tesis a la memoria de mis amados padres Félix y Faustina (Q.E.P.D), quienes fueron el pilar fundamental de mi vida. Vuestra partida dejo un vacío imposible de llenar.

Pero tengo la certeza de que siguen guiando mis pasos desde el cielo.

Yndira Evelin Huaman Huaman

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser nuestro guía en cada paso de este camino. Gracias por darnos la sabiduría y la salud necesarias para alcanzar esta meta.

A nuestras familias por su apoyo incondicional. Por ser el pilar fundamental en nuestras vidas, A nuestra asesora de tesis Mg. Zany Sigrid Frisancho Triveño por su paciencia y apoyo constante durante todo el proceso. Sus recomendaciones han sido fundamentales para la realización de este trabajo. Gracias por creer en nosotras.

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de San Abad del Cusco, por habernos acogido y formado a lo largo de nuestra trayectoria académica brindándonos las herramientas necesarias para nuestro desarrollo profesional y personal.

Extendemos un agradecimiento especial a todos los docentes de la escuela profesional de farmacia y bioquimica, quienes, mediante sus enseñanzas, orientación y conocimientos, contribuyen a la formación de profesionales integros.

Las tesistas

RESUMEN

La presente investigación tuvo como **objetivo** determinar la concentración de metales pesados en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) procedentes del río Molino-Llusco y piscigranja Puente Coyo, en la provincia de Chumbivilcas, región Cusco 2025. **Se realizó** un estudio de tipo descriptivo, de corte transversal y diseño no experimental. Se analizaron 16 ejemplares de trucha arcoíris, 8 del río Molino-Llusco y 8 de la piscigranja Puente Coyo, seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. La determinación de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) se efectuó mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). **Los resultados** mostraron que las concentraciones de As, Cd, Hg y Pb en las truchas de ambas zonas de estudio se encontraron por debajo de los contenidos máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). En el río Molino-Llusco se detectaron concentraciones del orden de 10^{-3} mg/kg, mientras que en la piscigranja del Puente Coyo las truchas presentaron valores de As entre 0.20 y 0.26 mg/kg, Hg entre 0.02 y 0.04 mg/kg, Cd por debajo del límite de detección y Pb entre 0.01 y 0.02 mg/kg. Aunque las truchas de la piscigranja Puente Coyo mostraron concentraciones relativamente mayores que las del río Molino-Llusco, todas se mantuvieron dentro de los límites de seguridad para consumo humano. **Se concluye** que, durante el periodo de estudio, el consumo de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) procedentes tanto del río Molino-Llusco como de la piscigranja del Puente Coyo no representa un riesgo para la salud humana.

Palabras clave: Trucha arcoíris, Metales pesados, ICP-MS, Inocuidad alimentaria.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine heavy metal concentrations in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from the Molino-Llusco River and the Puente Coyo fish farm in the Chumbivilcas province, Cusco region (2025). A descriptive, cross-sectional, non-experimental study was conducted. Sixteen rainbow trout specimens—8 from the Molino-Llusco River and 8 from the Puente Coyo fish farm—were analyzed, having been selected via non-probabilistic convenience sampling. Arsenic, cadmium, mercury, and lead levels in the rainbow trout were determined using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The results showed that concentrations of As, Cd, Hg, and Pb in trout from both study areas were below the maximum permissible limits established by the World Health Organization (WHO). Concentrations in the order of 10^{-3} mg/kg were detected in trout from the Molino-Llusco River, whereas trout from the Puente Coyo fish farm showed As values between 0.20 and 0.26 mg/kg, Hg between 0.02 and 0.04 mg/kg, Cd levels below the detection limit, and Pb between 0.01 and 0.02 mg/kg. Although trout from the Puente Coyo fish farm exhibited relatively higher concentrations than those from the Molino-Llusco River, all values remained within safety limits for human consumption. It is concluded that, during the study period, the consumption of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from both the Molino-Llusco River and the Puente Coyo fish farm poses no risk to human health.

Keywords: Rainbow trout, Heavy metals, ICP-MS, Food safety.

ÍNDICE

Pág.

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTOS ii

RESUMEN iii

ABSTRACT iv

ÍNDICE DE TABLAS viii

ÍNDICE DE FIGURAS ix

TABLA DE ABREVIATURAS xii

INTRODUCCIÓN xiii

CAPÍTULO I 1

1. GENERALIDADES 1

1.1 Planteamiento del problema 1

1.2. Formulación del problema 4

1.2.1. Problema general 4

1.2.2. Problemas específicos 4

1.3. Objetivos 4

1.3.1. Objetivo general 4

1.3.2. Objetivos específicos 4

1.4 Limitaciones de la investigación 5

1.5. Justificación 5

1.5.1. Justificación teórica 5

1.5.2. Justificación práctica 5

1.5.3. Justificación metodológica 6

1.6. Hipótesis 6

CAPÍTULO II: 7

2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL 7

2.1 Vision histórica 7

2.2 Antecedentes del estudio 9
2.2.1 Antecedentes Internacionales 9
2.2.2 Antecedentes Nacionales 12
2.2.3 Antecedentes locales 16
2.3 Estado de la cuestión 18
2.4 Bases teórico-científicas 20
2.4.1 Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) 20
2.4.2 La Acuicultura 22
2.3.3. Acuicultura en Perú 24
2.3.4. Alteración de las cuencas hidrológicas por causas de la minería 25
2.3.5. Metales pesados 25
2.3.6. Fuentes y modos de contaminación por metales pesados en los ríos. 35
2.3.7. Acumulación de metales pesados en peces 36
2.3.8. Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) 36
2.5 Marco conceptual o definición de términos básicos 39
CAPÍTULO III: 40
3. MATERIALES Y METODO 40
3.1. Materiales 40
3.2. Diseño metodológico 41
3.2.1. Tipo de investigación 41
3.3.2. Diseño de investigación 42
3.3.3. Nivel de investigación 43
3.3. Delimitación de la investigación 44
3.3.1. Delimitación temporal 44
3.3.2. Delimitación espacial 44
3.3.3. Delimitación temática 44
3.4. Población y muestra 44
3.4.1. Población 44
3.4.2. Muestra 44
3.4.3. Criterios de selección 45
3.4.4. Tipo de Muestreo 45
3.5. Puntos de muestreo y descripción del ámbito de estudio 46

3.6. Identificación y Operacionalización de la variable 47
3.7. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos 49
3.8 Procedimientos 50
3.8.1. Método 50
3.10. Análisis e interpretación de datos 52
CAPITULO IV: 54
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 54
4.1 Toma de muestras de truchas “Arco Iris” para el análisis de laboratorio 54
4.2 Concentración de metales pesados en truchas “Arco Iris” en el río Molino-Llusco 55
4.3 Concentración de metales pesados en truchas “Arco Iris” en la Piscigranja del Puente Coyo 65
4.4 Comparación de concentración de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) en muestras de ambas zonas de estudio. 73
4.4.1 Análisis descriptivo comparativo 74
4.4.2 Análisis de varianza (ANOVA) para la comparación inferencial 74
4.4.3 Comparación con los Límites Máximos Permisibles (CMP) de la OMS y SANIPES 76
4.4.4 Discusión integrada de los hallazgos comparativos 77
CONCLUSIONES 79
RECOMENDACIONES 80
BIBLIOGRAFÍA 81
ANEXOS 88
ARCHIVO FOTOGRAFICO 118

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1: Contenidos máximos permisibles de mercurio, plomo, cadmio y arsénico... 42

Tabla 2. Operacionalización de la variable 48

Tabla 3. Procedimientos de análisis 51

Tabla 4. Toma de muestras de Truchas Arco Iris *(Oncorhynchus mykiss)*..... 54

Tabla 5. Concentración de Arsénico (As) en truchas arcoíris río Molino Llusco 55

Tabla 6. Concentración de Cadmio (Cd) en truchas arcoíris río Molino Llusco..... 57

Tabla 7. Concentración de Mercurio (Hg) en truchas arcoíris río Molino Llusco 59

Tabla 8. Concentración de Plomo (Pb) en truchas arcoíris río Molino Llusco 62

Tabla 9. Concentración de Arsénico (As) truchas arcoíris Piscigranja del Puente Coyo 65

Tabla 10. Concentración de Cadmio (Cd) truchas arcoíris Piscigranja Puente Coyo .. 67

Tabla 11. Concentración de Mercurio (Hg) truchas arcoíris Piscigranja Puente Coyo 69

Tabla 12. Concentración de Plomo (Pb) truchas arcoíris Piscigranja Puente Coyo..... 71

Tabla 13. Comparación de concentraciones de metales pesados (As, Cd, Hg, Pb) en muestras de ambas zonas de estudio..... 73

Tabla 14: Análisis de varianza (ANOVA)..... 75

Tabla 15. Resultados de la prueba t de Welch para la comparación de metales pesados entre el río Molino-Llusco y la piscigranja del Puente Coyo..... 75

Tabla 16. Verificación del cumplimiento de los CMP según OMS y SANIPES. 76

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1: Taxonomía de la trucha arcoíris 21

Figura 2. Diagrama de flujo de procedimiento de determinación de concentración de metales pesados en truchas arco iris 52

Figura 3. Concentración de Arsénico (As) en trucha arcoíris rio Molino Llusco 56

Figura 4. Concentración de Cadmio (Cd) en truchas arcoíris Rio Molino Llusco..... 58

Figura 5. Concentración de Mercurio (Hg) en truchas arcoíris río Molino Llusco 60

Figura 6: Concentración de Plomo (Pb) en truchas arcoíris río Molino Llusco 63

Figura 7. Concentración de Arsénico (As) truchas arcoíris Piscigranja Puente Coyo . 66

Figura 8. Concentración de Cadmio (Cd) truchas arcoíris Piscigranja Puente Coyo ... 68

Figura 9. Concentración de Mercurio (Hg) truchas arcoíris Piscigranja Puente Coyo 70

Figura 10: Concentración de Plomo (Pb) truchas arcoíris Piscigranja Puente Coyo... 72

ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

ANEXO 1: Rio Molino Llusco primer lugar de extracción de muestras 46

ANEXO 2: Piscigranja del Puente Coyo segundo lugar de extracción de muestras .. 47

ANEXO 3: Ficha de observación y registro 88

ANEXO 4: Certificación de inacal de para el laboratorio 89

ANEXO 5: Informe de Resultados 1891 90

ANEXO 6: Informe de resultados 1892 92

ANEXO 7: Informe de resultados 1893 94

ANEXO 9: Informe de resultados 1897 98

ANEXO 10: Informe de resultados 1898 100

ANEXO11: Informe de resultados 3748 102

ANEXO 12: Informe de resultados 3748 104

ANEXO 13: Informe de resultados 3749 106

ANEXO 14: Informe de resultados 3750 108

ANEXO 15: Informe de resultados 3751 110

ANEXO 16: informe de resultados 3752 112

ANEXO 17: Informe de resultados 3753 114

ANEXO 18: Informe de resultados 3754 116

ANEXO 19 : Letrero de entrada al puente Coyo 118

ANEXO 20: Piscigranja puente Coyo criadero de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) 118

ANEXO 21: Verificación del pozo con de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) que cumplan requisitos para nuestro estudio. 119

ANEXO 22: Zona 2 de la Piscigranja puente Coyo criadero de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). 119

ANEXO 23: Rio Molino Llusco habitad natural de la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss 120

ANEXO 24: Rio Molino Llusco elección del lugar de pesca la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss)*. 120

ANEXO 25: Pesca de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss)* en aguas del Rio Molino Llusco. 121

ANEXO 26: Muestras de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss)*. 121

ANEXO 27: Pesado de las muestras de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss)* tomadas en el Rio Molino Llusco. 122

ANEXO 28: Pesado de las muestras de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) tomadas en la piscigranja Puente Coyo..... 122

ANEXO 29: Lotes de las 8 muestras de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss)* listas para el envio..... 123

ANEXO 30: Muestra triturada y homogeneizada 123

ANEXO 31: Muestra salida de la máquina de digestión..... 124

ANEXO 32: Muestra aforadas para la lectura en el equipo de ICP-MS 124

TABLA DE ABREVIATURAS

AOAC	Asociación Oficial de Químicos Analíticos
As	Arsénico
Cd	Cadmio
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Hg	Mercurio
ICP-MS	Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente
INACAL	Instituto Nacional de Calidad
LMP	Límites Máximos Permisibles
OMS	Organización Mundial de la Salud
Pb	Plomo
SANIPES	Organismo Nacional de Sanidad Pesquera
U.E.	Union Europea

INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación global por la salud ambiental y el uso sostenible de los recursos naturales exige una evaluación constante de los contaminantes, especialmente los metales pesados, en ecosistemas vitales (1). La presencia de estos elementos en concentraciones elevadas puede afectar la salud humana, particularmente a través de la cadena alimentaria (2)

En este contexto, el río Molino Llusco, hogar de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), y la piscigranja del Puente Coyo, en Chumbivilcas, Cusco, son de particular interés. La región alberga actividades mineras que emplean metales pesados, los cuales, por arrastre estacional, pueden incorporarse a los cuerpos de agua (3). La bioacumulación de estos metales en peces es un riesgo conocido para los consumidores (4,5).

A pesar de la relevancia de la pesca y acuicultura para la economía local, y la evidencia de exposición a metales pesados en otras regiones del Perú (5, 8), no existen estudios previos en Chumbivilcas que evalúen la calidad del agua del río Molino-Llusco o la concentración de metales pesados en truchas de consumo humano, tanto en ambientes naturales como de cultivo. Esta carencia de información limita la capacidad de las autoridades para implementar medidas preventivas(6).

Por ello, el presente estudio se enfoca en determinar la concentración de arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) en truchas arcoíris del río Molino-Llusco y de la piscigranja del Puente Coyo, utilizando espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). Los resultados se compararán con los límites máximos permisibles de la Organización Mundial de la Salud (OMS), proporcionando una base científica para la vigilancia sanitaria y la gestión ambiental en la región de Chumbivilcas.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial, la contaminación por metales pesados en agua, sedimentos y organismos acuáticos se reconoce como un problema creciente de salud pública y ambiental. La expansión de la minería, la industrialización y ciertas prácticas agrícolas ha incrementado la liberación de arsénico (As), plomo (Pb), mercurio (Hg) y cadmio (Cd) hacia ríos, lagos y embalses. Estos elementos se caracterizan por su persistencia, su baja degradación y su capacidad de bioacumularse en los organismos acuáticos, especialmente en peces que forman parte habitual de la dieta humana, lo que genera preocupación por los riesgos toxicológicos asociados a su consumo (7,8).

En América Latina y el Perú, diversos estudios han demostrado que cuerpos de agua sometidos a presión minera o urbana pueden presentar concentraciones detectables de metales pesados en agua, sedimentos y peces. En regiones altoandinas con intensa actividad extractiva se han reportado poblaciones expuestas crónicamente a estos contaminantes, con posibles efectos en la salud, particularmente en grupos vulnerables como niños y gestantes. Paralelamente, la pesca y la acuicultura constituyen una fuente importante de proteína animal y sustento económico, por lo que la presencia de metales pesados en especies de consumo frecuente representa un problema de inocuidad alimentaria y de seguridad alimentaria (8).

En la región sur andina del Perú, y específicamente en el departamento del Cusco, se han desarrollado investigaciones sobre calidad del agua y bioacumulación de metales pesados en peces de ríos y piscigranjas. Muchos de estos trabajos han encontrado concentraciones de As, Cd, Hg y Pb por debajo de los límites máximos permisibles para consumo humano, mientras que otros han reportado valores elevados en zonas con fuerte influencia minera. Este panorama heterogéneo evidencia que el riesgo asociado al consumo de pescado depende de la cuenca, del tipo de actividad antrópica y de las condiciones locales de cada sistema acuático (8).

En la provincia de Chumbivilcas, departamento del Cusco, el río Molino-Llusco atraviesa una cuenca donde se desarrollan actividades ganaderas, agrícolas y mineras,

que durante la temporada de lluvias pueden aportar metales pesados a los cuerpos de agua superficiales. En este río, la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) constituye una de las principales especies de interés para la pesca y el consumo local. De manera paralela, en el mismo ámbito provincial se ubica la piscigranja del Puente Coyo, dedicada a la crianza comercial de truchas en un sistema controlado. Tanto las truchas del río Molino-Llusco como las de la piscigranja del Puente Coyo forman parte de la dieta habitual de la población de Chumbivilcas; sin embargo, se desconoce cuál es la concentración real de As, Cd, Hg y Pb en los tejidos de estos peces y si existe diferencia entre las truchas procedentes del medio natural y las criadas en piscigranja(9).

Es decir, en esta provincia la población consume con frecuencia truchas capturadas en el río Molino-Llusco y truchas producidas en la piscigranja del Puente Coyo, en un contexto donde la cuenca se ve potencialmente influenciada por actividades mineras y otras fuentes antrópicas de contaminación. No se cuenta con información local que indique si las concentraciones de metales pesados en estas truchas se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos para consumo humano, ni si el sistema de crianza en piscigranja ofrece niveles de exposición diferentes a los del ambiente natural del río. Esta ausencia de datos genera incertidumbre respecto a la inocuidad de un recurso hidrobiológico de importancia alimentaria y económica para la población de Chumbivilcas (10,11).

Las posibles causas de esta problemática se relacionan con el arrastre de sedimentos y residuos mineros durante la temporada de lluvias, el uso de insumos agrícolas que pueden contener metales pesados, el inadecuado manejo de aguas residuales domésticas o ganaderas y, en el caso de las piscigranjas, con la calidad del agua de abastecimiento y del alimento balanceado utilizado en la crianza de las truchas. Estos factores podrían favorecer la incorporación y bioacumulación de As, Cd, Hg y Pb en los peces, tanto en el medio natural del río Molino-Llusco como en el sistema de cultivo de la piscigranja del Puente Coyo (10,11).

Las consecuencias potenciales de que las truchas de consumo habitual presenten concentraciones elevadas de metales pesados son graves. Una exposición crónica a As, Cd, Hg y Pb a través de la dieta puede ocasionar alteraciones neurológicas, renales, óseas, hematológicas y aumentar el riesgo de enfermedades crónicas en la población.

Además, si se demostrará contaminación por encima de los límites permisibles, podría afectar negativamente la confianza de los consumidores, la comercialización de la trucha y la economía local basada en la pesca y la acuicultura, así como comprometer la percepción de seguridad ambiental de la cuenca.

Frente a esta situación, el presente estudio se propone determinar, mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), las concentraciones de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) procedentes del río Molino-Llusco y de la piscigranja del Puente Coyo, y comparar si existen diferencias entre ambas zonas de estudio, tomando como referencia los límites máximos permisibles establecidos para el consumo humano. De este modo, la investigación aportará evidencia científica específica para evaluar el riesgo asociado al consumo de trucha en Chumbivilcas y proporcionará insumos técnicos que permitan a las autoridades sanitarias y ambientales diseñar e implementar medidas de vigilancia, prevención y control de la contaminación por metales pesados en la región.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es la concentración de metales pesados en truchas arco iris del rio Molino-Llusco y Piscigranja del Puente Coyo, en Chumbivilcas, Cusco-2024?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuál es el nivel de concentración de metales pesados en truchas arco iris del rio Molino-Llusco?
2. ¿Cuál es el nivel de concentración de metales pesados en truchas arco iris de la Piscigranja del Puente Coyo?
3. ¿Qué diferencias existen en la concentración de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) en muestras de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) provenientes del río Molino-Llusco y de la piscigranja del Puente Coyo, en Chumbivilcas–Cusco, y cómo se comparan dichas concentraciones con los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) & Organismo Nacional De Sanidad Pesquera (SANIPES)?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la concentración de metales pesados en truchas arco iris del rio Molino-Llusco y Piscigranja del Puente Coyo, en Chumbivilcas, Cusco-2024.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Determinar el nivel de concentración de metales pesados en truchas arco iris del rio Molino-Llusco.
2. Determinar el nivel de concentración de metales pesados en truchas arco iris de la Piscigranja del Puente Coyo.
3. Establecer las diferencias de concentración de metales pesados que existen en muestras de truchas arco iris del río Molino-Llusco y la piscigranja del puente Coyo, en Chumbivilcas Cusco, en comparación con los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) & Organismo Nacional De Sanidad Pesquera (SANIPES).

1.4 Limitaciones de la investigación

Durante el desarrollo de la investigación se identificaron limitaciones geográficas, climáticas y económicas, las cuales fueron superadas con estrategias específicas:

a) Accesibilidad geográfica

El acceso al río Molino-Llusco, ubicado a 3600 m s. n. m., es accidentado y demanda tiempo prolongado de viaje. Esta dificultad se superó con planificación anticipada, coordinación con pobladores locales para conocer el estado de las vías y contratación de transporte adecuado, logrando completar la toma de muestras según el protocolo establecido.

b) Factores climáticos

Los cambios climáticos repentinos se sortearon con monitoreo del pronóstico, flexibilidad en fechas de muestreo y contenedores apropiados para conservar las muestras.

c) Factor económico

Los elevados costos de los análisis ICP-MS y del transporte se afrontaron con autofinanciamiento, presupuesto ajustado y optimización a 16 muestras, sin afectar el rigor metodológico.

1.5. Justificación

1.5.1. Justificación teórica

La presente investigación se justifica a nivel teórico porque analiza exclusivamente la literatura existente respecto a la concentración de metales pesados en Trucha Arco Iris en un medio natural de vida como es el río y un medio artificial de crianza como es la piscigranja. El acopio de teoría, así como los resultados de la investigación constituyen un antecedente para formar parte de la literatura existente en el medio, ayudando a futuros investigadores a estudiar temas afines(9).

1.5.2. Justificación práctica

La justificación práctica de la investigación está asociada a las medidas de prevención o intervención que podrían tomar las autoridades de salud respecto a las fuentes de alimentación de la personas, porque las concentraciones de metales pesados por encima de los límites máximos permisibles puede afectar la

capacidad de una persona para sobrevivir, aprender y reproducirse; también puede retrasar el crecimiento y causar múltiples lesiones en el metabolismo del cuerpo humano en general, por lo que es conveniente alertar a la comunidad y a los interesados en la temática a conocer los posibles riesgos que puede causar el consumo humano de tales especies de truchas, evitar intoxicaciones y generar consciencia sobre la contaminación de los ríos o piscigranjas de la región (Tejada, Fernández, & Mejia, 2016).

1.5.3. Justificación metodológica

A nivel metodológico, la presente investigación cumple con los preceptos de una investigación básica y descriptiva para hallar las concentraciones de metales pesados mediante el método de espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), comparando los resultados con los límites máximos permisibles establecidos por la OMS & Organismo Nacional De Sanidad Pesquera (SANIPES), y con resultados de estudios similares realizados en otras regiones o países, a fin de contribuir con el conocimiento científico existente hasta la fecha (12).

1.6. Hipótesis

La concentración de metales pesados en truchas arco iris del rio Molino-Llusco y Piscigranja del Puente Coyo, Chumbivilcas está por encima de los niveles máximos permisibles, siendo mayor en el río Molino-Llusco.

CAPÍTULO II:

2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1 Vision histórica

A nivel mundial, la contaminación por metales pesados se reconoce históricamente como un problema creciente de salud pública y ambiental, cuya magnitud se ha incrementado en paralelo a la expansión de la minería, la industrialización y ciertas prácticas agrícolas a lo largo de las últimas décadas (7, 8). Esta evolución histórica de las actividades antrópicas ha provocado la liberación constante de arsénico (As), plomo (Pb), mercurio (Hg) y cadmio (Cd) hacia los ecosistemas acuáticos. Ante este escenario, la comunidad científica y organismos internacionales han debido establecer históricamente contenidos máximos permisibles, reconociendo la persistencia de estos elementos en el medio ambiente y su capacidad para bioacumularse y biomagnificarse a lo largo de la cadena trófica, alcanzando a los seres humanos (25, 27).

En el contexto peruano, la problemática de los metales pesados en aguas continentales tiene un trasfondo histórico ligado a la intensa actividad extractiva en la sierra y la Amazonía, la cual ha documentado la exposición humana a estos contaminantes a lo largo del tiempo, motivando alertas sanitarias (29). En las regiones altoandinas, las cuencas hidrográficas han estado sometidas históricamente a presión minera, donde el arrastre de sedimentos y residuos mineros, especialmente durante la temporada de lluvias, ha sido una constante que amenaza la calidad de los cuerpos de agua superficiales (3, 10, 11). Esta dinámica histórica ha generado escenarios de exposición relevantes para las poblaciones locales, evidenciados en estudios previos en la sierra sur del país, como en Apurímac y Huancavelica, donde la convivencia entre la actividad minera y los recursos hídricos ha sido un tema de preocupación constante (21, 33).

Paralelamente a esta problemática ambiental, se desarrolló la historia de la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) en el Perú. Originalmente descrita como Salmo Gairdner en 1836 y posteriormente reclasificada, esta especie es endémica de la costa del Pacífico de América del Norte (37). Sin embargo, debido a su gran facilidad de adaptabilidad al cautiverio y a ecosistemas de aguas frías, su cría se extendió históricamente por todo el mundo, llegando a Sudamérica, incluido el Perú, donde encontró un hábitat ideal en los ríos y lagunas altoandinas (38). Con el paso del tiempo,

la piscicultura pasó de ser una actividad secundaria para constituir una fuente importante de proteína animal y sustento económico, consolidando la creación de piscigranjas como sistemas controlados de crianza frente a la extracción en medios naturales (20, 22).

En el caso específico de la provincia de Chumbivilcas, el río Molino-Llusco atraviesa una cuenca cuya dinámica histórica ha estado marcada por el desarrollo de actividades ganaderas, agrícolas y, de manera más reciente, mineras (3, 10, 11). En este contexto, la trucha arcoíris se ha constituído históricamente en una de las principales especies de interés para la pesca de subsistencia y el consumo local en este ámbito. De manera complementaria, surgió la acuicultura local, representada por iniciativas como la piscigranja del Puente Coyo, como una respuesta al desarrollo económico y a la seguridad alimentaria de la zona. Sin embargo, a pesar de la larga historia de consumo de este recurso hidrobiológico en la provincia y de la influencia potencial de fuentes antrópicas de contaminación en la cuenca a lo largo del tiempo, no se cuenta con registros históricos ni estudios previos que hayan evaluado la concentración de metales pesados en estas truchas, lo que ha mantenido una brecha de información que limita la gestión ambiental y sanitaria en la región (34, 35).

2.2 Antecedentes del estudio

2.2.1 Antecedentes Internacionales

Hedi-Indra et al (2021), en su investigación intitulada "Variación estacional de la acumulación de metales pesados en el medio ambiente y los peces de la costa de Cirebon, Indonesia", cuyo objetivo fue determinar la concentración de metales pesados según las variaciones estacionales (monzón del oeste, monzón del este y monzón intermedio) en peces de la región costera de Cirebon, Indonesia. Se tomaron tres tipos de peces (*Scatopagus argus, Siganus canaliculatus y Nibea albifor*), y se examinó el contenido de metales pesados (Cr, Co, Cu, As, Cd, Hg y Pb) mediante plasma acoplado inductivamente - espectrometría de masas (ICP-MS). Los resultados mostraron una diferencia significativa ($p<0,05$) de la variación estacional de la concentración de metales pesados en agua de mar y sedimentos. La contaminación en el agua de mar fue mayor durante la temporada del monzón del este, mientras que la contaminación en los sedimentos fue mayor durante la temporada del monzón del oeste. La observación también reveló la variación en la acumulación de metales pesados en las especies de peces. Sin embargo, este estudio no encontró una correlación significativa ($p>0.05$) entre la concentración de metales pesados en el ambiente y los peces (13)

Feng et al. (2020), en su artículo "Bioacumulación específica de metales pesados entre especies de peces de la laguna de Xincun, mar de China Meridional", cuyo objetivo fue examinar las concentraciones de siete metales (Cu, Pb, Zn, Cd, Hg, As y Cr) en dieciséis especies de peces recolectados en la laguna Xincun y su entorno expuesto (agua y sedimento). Las concentraciones de Pb y Zn en la columna de agua fueron superiores al umbral de seguridad estipulado por la legislación china, mientras que los contenidos de todos los metales examinados en el sedimento y las especies de peces fueron inferiores a los umbrales legislativos establecidos por China y las organizaciones internacionales. Los contenidos de metales trazan en las especies de peces en niveles tróficos altos o aquellos que prefieren vivir en/sobre la capa sedimentaria fueron significativamente más altos que los de otros niveles tróficos y peces pelágicos/subbentónicos, estas especies tenían fuentes de contaminación antropogénica homogéneas para Cu, Zn, Cd, Hg y As. Los resultados muestran que los contenidos de metales trazan en los peces se vieron afectados

principalmente por el nivel trófico y la preferencia de hábitat. La contribución de la exposición a metales del sedimento a la acumulación de metales en los peces fue menor que en el agua, especialmente para el Cd y el Hg en el sedimento (14).

Moiseenko y Gashkina (2020), en su estudio "Distribución y bioacumulación de metales pesados (Hg, Cd y Pb) en peces: influencia del medio acuático y el clima" en Rusia; cuyo objetivo fue identificar tendencias generales y específicas en la acumulación de metales tóxicos según el medio acuático. Los resultados demuestran que se acumulan pequeñas cantidades de metales en varios órganos funcionalmente importantes: el Hg se enriquece en el hígado y los músculos, el Cd en los riñones y las branquias, y el Pb en los riñones y el hígado. El ambiente acuático y los hábitats de los peces afectan la biodisponibilidad de los elementos. Los metales se acumulan de manera más significativa en los peces depredadores. A bajas concentraciones de Hg en el agua, se identificaron dependencias estadísticamente significativas entre el Hg acumulado en los organismos de peces depredadores y las concentraciones de materia orgánica en el agua. El Cd es más biodisponible en aguas con pH bajo. El Pb muestra la mayor dependencia de su bioacumulación en aguas de baja salinidad. Se indica que el clima afecta la intensidad de la acumulación de Hg, mientras que la acumulación de otros metales también depende de las concentraciones de Ca, con la absorción de estos metales son más significativos a bajas concentraciones de Ca. Las concentraciones de metales tóxicos en los músculos de los peces estaban por debajo de los valores críticos para el consumo de alimentos por parte de los humanos (15)

Rosli et al (2018). En su estudio "Análisis de la acumulación de metales pesados en peces de las aguas costeras de Terengganu, Malasia", cuyo objetivo fue determinar la acumulación de cuatro concentraciones de metales pesados de Cd, Cu, Mn y Zn en peces. Se recolectaron cinco especies de peces, a saber, *Epinephelus lanceolatus, Rastrelliger, Megalaspis cordyla, Bramidae y Siganus canaliculatus,* de las aguas costeras de Terengganu, Malasia. El análisis se realizó mediante la técnica de espectrómetro de masas de plasma acoplado inductivo (ICP-MS). La acumulación de los cuatro metales pesados en los tejidos musculares de los peces es menor en comparación con los tejidos del hígado y branquias. La concentración de Cd fue mayor en los tejidos hepáticos excepto en *Megalaspis*

cordyla. Mientras tanto, la concentración de Cu fue mayor en el hígado para todos los peces seleccionados. La concentración de Mn fue mayor en los tejidos branquiales de todos los peces estudiados, mientras que la concentración de Zn fue mayor en los tejidos branquiales excepto en *Epinephelus lanceolatus y Rastrelliger*. El nivel promedio más alto de metales pesados registrado en el pescado es de Zn (11,05 x 10^{-2} ± 1,44 x 10^{-2} mg kg^{-1}) seguido de Mn (1,81 x 10^{-2} mg kg^{-1} ± 0.58 x 10^{-2} mg kg^{-1}), Cu (0,70 x 10^{-2} ± 0,10 x 10^{-2} mg kg^{-1}) y Cd (0,52 x 10^{-2} ± 0,27 x 10^{-2} mg kg^{-1}). La concentración de metales encontrada en este estudio fue inferior a la Ingesta Dietética Recomendada (RDA) nacional e internacional para el consumo humano (16).

2.2.2 Antecedentes Nacionales

Ichpas (2024) "Evaluación de la presencia de metales pesados en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de la Piscigranja de Sacsamarca, Huancavelica, 2023", cuyo objetivo fue estudiar y evaluar el nivel de presencia de metales pesados en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de la piscigranja de Sacsamarca - Huancavelica, 2023, planteando la metodología de tipo aplicada, nivel explicativa, diseño no experimental, con método general científico, la población de 2 pozas de piscigranja de Sacsamarca, la muestra fue de 10 truchas extraídas mensualmente de la piscigranja, identificado mediante el muestreo no probabilístico por conveniencia. Los resultados indican que el mercurio (Hg) presenta un valor promedio de 0.37 mg/kg, el Plomo (Pb) 0.216 mg/kg, Arsénico (As) 0.150 mg/kg, concluyendo que los valores hallados en comparación con la norma SANIPES – Perú y la Norma Codex Alimentarius Commissión (PMS/FAO) indican que las truchas criadas en esta piscigranja no superan el contenido máximo permitido (17)

Churango (2020) en su estudio "Concentración de Cadmio y Plomo en Pejerrey (*Odontesthes Regia*) del Terminal Pesquero "José Olaya Balandra", de la Provincia de Pisco, 2020", realizado por la Universidad Norbert Wiener, cuyo objetivo consistió en determinar presencia de cadmio y plomo en especies de pescados como pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializado en el Muelle Pesquero de la Ciudad de Pisco Región Ica, durante el periodo enero 2020. Estudio de naturaleza Cuantitativa, utilizando Espectrofotometría de Absorción Atómica y niveles de contenido de cadmio y plomo. Según lo descubierto, los niveles de cadmio tuvieron un promedio de 0.13 partes por millón (ppm), un mínimo de 0.03 partes por millón (ppm), y un máximo de 0.25 partes por millón (ppm), los cuales no exceden los límites máximos permitidos por SANIPES. Las muestras de niveles de plomo oscilaron entre 0.15 y 0.45 partes por millón y no llegan a superar los niveles máximos permitidos por SANIPES. Conclusión: Se demostró que el pejerrey (*Odontesthes regia*) comercializado en el terminal pesquero de la Ciudad de Pisco no excedió los valores máximos permitidos de cadmio y plomo según establece SANIPES (18).

En el estudio de Arbulu (2020), denominado "Metales pesados (Pb, Hg y Cu) en hígado y músculo de los peces Orestias ispi y Orestias agassii del Lago Titicaca, Puno – Perú", desarrollado en la Universidad Científica del Sur, cuyo **objetivo** fue determinar la presencia y las concentraciones de plomo (Pb), mercurio (Hg) y cobre (Cu) en hígado y músculo de Orestias ispi y Orestias agassii capturados en la zona norte del Lago Mayor del Lago Titicaca. Para ello, se tomaron muestras de agua y se colectaron ejemplares de ambas especies en tres estaciones de muestreo ubicadas en áreas de pesca artesanal, considerando la posible influencia de relaves mineros provenientes del río Ramis. En el estudio se utilizó la técnica analítica de Espectrometría de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-MS), tanto para el análisis de las muestras de agua como de los tejidos de los peces. Los **resultados** mostraron que, en el agua, las concentraciones de Pb, Hg y Cu estuvieron por debajo del límite de detección del equipo y no superaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua establecidos por el MINAM. En los tejidos de O. ispi y O. agassii no se detectaron concentraciones cuantificables de Pb ni Hg, mientras que para el Cu se encontraron valores promedio de 0,80 mg/kg en O. ispi y 1,64 mg/kg en O. agassii, por debajo del límite permisible establecido por la FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (10 mg/kg) para consumo humano. De acuerdo con estos resultados, las especies estudiadas no presentaron bioacumulación preocupante de metales pesados y se consideran aptas para el consumo de la población de Puno (19).

En el estudio de Rivas (2018), intitulado "Determinación de arsénico, mercurio y plomo en truchas (*Oncorhynchus mykiss*), piensos y agua de piscigranjas del Distrito de Pachangara, Provincia de Oyón, Región de Lima", realizado por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, cuya finalidad consistió en definir la presencia de arsénico, mercurio y plomo en truchas, piensos y agua de piscigranjas del Distrito de Pachangara, Provincia de Oyón, Región Lima - Perú. El estudio empleó un diseño experimental observacional, analítico, transversal y un enfoque cuantitativo para estimar el contenido de metales pesados en muestras de trucha, agua y alimento animal obtenidas de piscigranjas. Se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica tipo ICE 3000 para evaluar las

muestras. Se compararon con valores establecidos por organismos internacionales como la Comisión del Codex Alimentarius y la Comunidad Europea, así como organismos nacionales como la Norma Técnica Peruana y SANIPES. Las cantidades de arsénico más grandes y pequeñas detectadas en muestras de agua de piscifactorías son 7480 y 2100 partes por billón, respectivamente. Los contenidos de arsénico más grande y pequeño en las muestras de trucha son 1140 ppb y 0,510 ppb, respectivamente. Los contenidos máximo y mínimo de arsénico en la alimentación son 18.030 y 15.010 partes por billón, respectivamente. Los valores de mercurio en muestras de agua oscilan entre 1.510 y 0,401 partes por billón. Los valores de mercurio en las muestras de trucha oscilan entre 0,600 y 0,100 partes por billón. Las concentraciones de mercurio en la alimentación están limitadas a 0,030 partes por billón (ppb) y 0,010 partes por billón (ppb), respectivamente. Los contenidos de plomo en las muestras de agua oscilan entre 0,180 y 0,040 partes por millón. Las concentraciones de plomo más altas y más bajas en las muestras de trucha son 1140 partes por billón y 0.510 partes por millón, respectivamente. Las concentraciones de plomo en la alimentación están limitadas a 2030 partes por billón (ppb) y 1910 partes por millón (ppm), respectivamente En síntesis, los niveles de arsénico y plomo en truchas, agua y alimento superan ampliamente los límites permisibles internacionales y nacionales, lo que evidencia una contaminación crítica que compromete la inocuidad del producto. En cambio, el mercurio se mantiene en rangos seguros. Se impone un monitoreo inmediato y la corrección de las fuentes de contaminación. (20).

Zevallos (2018) "Calidad del agua, bioacumulación de metales pesados y niveles de estrés en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus Mykiss*) en Challhuahuacho, Apurimac", con el objetivo de analizar el agua del río Challhuahuacho, la concentración de metales pesados en el músculo de las truchas arcoíris y la relación de estos con sus niveles de estrés. Se consideraron 4 puntos de monitoreo, se tomaron muestras de agua para analizar parámetros fisicoquímicos como pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno, fósforo total, sulfuro, amoniaco, nitrato, cromo IV, metales pesados tales somo Sb, As, Ba, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Tl, y Zn, y coliformes totales. Se tomaron muestras de músculo de truchas arcoíris de los 4

puntos para determinar la concentración de metales pesados tales como As, Cd, Hg y Pb. Finalmente se tomaron muestras de sangre de estos animales para determinar la concentración de cortisol plasmático. El análisis de agua, analizado en el laboratorio SGS de Lima, demostró que los parámetros fisicoquímicos, las concentraciones de coliformes termotolerantes y las concentraciones de metales pesados en agua del rio Challhuahuacho no presentan un riesgo para el equilibrio del ecosistema acuático. En un total de 37 ejemplares capturados de trucha arcoíris, las concentraciones de metales pesados en el músculo se encuentran por debajo de los contenidos máximos permitidos, por lo que se considera que este indicador no presenta riesgo para la salud humana. La prueba de ELISA para cortisol plasmático, analizada en el laboratorio de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, mostró bajos niveles de estrés en las truchas arcoíris(21)

En el estudio de Bautista (2018), denominado "Evaluación del contenido de metales pesados en carne y tejido óseo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) producidos en el centro poblado de Paccho Molinos, Paucará-Huancavelica" desarrollado por la Universidad Nacional de Huancavelica, cuyo objetivo fue evaluar las concentraciones de metales pesados en muestras de tejido muscular y óseo de trucha arcoíris *(Oncorhynchus mykiss*) recopiladas de la empresa "Pactan" en la Comunidad de Paccho Molinos, distrito de Paucará, provincia de Acobamba – Huancavelica. Para determinar si se encontraban en las cantidades permitidas según los criterios de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y el Estándar de Criterios de Salud Ambiental de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Se llegaron a tomar muestras de trucha en cinco estaciones establecidas, durante el viaje de reconocimiento al área de investigación de la piscifactoría de Pactan. Para el estudio utilizaron la técnica analítica de Espectrofotometría de Absorción Atómica. Si bien no se detectó contaminación química por metales pesados en muestras de tejido óseo, se detectó plomo (Pb) en muestras de carne. Las cantidades medidas están por debajo del límite permitido por la Agencia de Protección Ambiental - EPA - para cuerpos de agua dulce. De acuerdo con los estándares internacionales, las muestras de tejido muscular y óseo de la trucha no demostraron bioacumulación de elementos pesados como arsénico (As), plomo (Pb) o mercurio (Hg) (22)

2.2.3 Antecedentes locales

En el estudio de Masco et al. (2021), denominado "Evaluación de la concentración de metales pesados (Pb, Hg, Cd) y As en pescados expendidos en los mercados de la ciudad del Cusco, Perú", desarrollado por la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, cuyo objetivo fue evaluar las concentraciones de mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd) y arsénico (As) en tejidos de cabeza, piel, hueso y músculo de pescados comercializados en los principales centros de abasto de la ciudad del Cusco (Vinocanchón, Wánchaq y General Buendía), a fin de determinar el riesgo para la salud asociado a su consumo. Mediante encuestas a los consumidores se identificó que las especies más consumidas fueron la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y el jurel (Trachurus murphyi), sobre las cuales se realizó el muestreo, seleccionando al azar unidades de cada especie por mercado. Para la determinación de Pb, Cd y As se utilizó la técnica de Espectrometría de Emisión Óptica con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-OES), mientras que el Hg se cuantificó mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica con vapor frío. Los resultados mostraron que, en trucha, las concentraciones de Pb, Cd y As en todos los tejidos analizados estuvieron por debajo del límite de detección del equipo, mientras que el Hg solo se detectó en el músculo y hueso de algunas muestras con valores de hasta 0,0173 mg/kg, dentro de los límites máximos permisibles (0,5–1 mg/kg) establecidos por las legislaciones internacionales. En el jurel, las concentraciones de As y Pb también estuvieron por debajo del límite de detección, pero se encontraron niveles detectables de Cd en cabeza, piel y hueso (hasta 0,20 mg/kg) y de Hg en piel, músculo, hueso y cabeza (0,006–0,09 mg/kg), que igualmente se encuentran dentro de los valores permisibles según la normativa internacional. No obstante, debido al carácter bioacumulable del Cd y del Hg, los autores señalan que el consumo frecuente de cabeza, piel y músculo podría representar un riesgo a largo plazo para la salud, concluyéndose que, en comparación con el jurel, la trucha constituye la especie de menor riesgo para el consumo humano en la ciudad del Cusco (23).

A nivel local, se encontró el estudio de Cárdenas (2021) denominado "Bioacumulacion de Plomo y Cadmio en el Tejido Muscular de la especie *Salmo trutta* (Trucha) procedentes de tres ríos de la Provincia de Espinar, Cusco 2020" con el fin de evaluar la bioacumulación de plomo y cadmio en la musculatura de la Trucha *Salom trutta* de junio a septiembre de 2020, donde se realizó un muestreo estratificado de ejemplares de truchas adultas y pequeñas en los ríos Caipia, Salado y Pichigua de la provincia de Espinar, región Cusco. Se localizo que el promedio de concentración de plomo en el Río Caipia es de 0.0579 partes por millón (ppm), la concentración promedio de Cadmio en Río Caipia es 0.0176 partes por millón (ppm), y la concentración promedio de Cromo en Río Pichigua es 0.0146 partes por millón. La bioacumulación de plomo fue visible en el Río Pichigua, donde los individuos mayores tienen concentraciones más altas que los pequeños. Se encontró estadísticamente que no existe bioacumulación en los ríos Salado y Caipia a un nivel de significancia (=0.05). Por otro lado, se llegó a la conclusión de que la presencia de plomo en tejido muscular no superó los límites de rango permisibles(6).

2.3 Estado de la cuestión

A nivel mundial, la contaminación por metales pesados en agua, sedimentos y organismos acuáticos se reconoce como un problema creciente de salud pública y ambiental. Diversos estudios han mostrado que ríos, lagunas y presas sometidos a presión minera, urbana o agrícola presentan niveles detectables de arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb), tanto en el agua como en los peces y otros organismos acuáticos. Estos metales se caracterizan por su persistencia, su escasa degradación y su capacidad de bioacumularse y biomagnificarse a lo largo de la cadena trófica, alcanzando a los depredadores de niveles superiores, incluidos aves, mamíferos y seres humanos (24)

Desde el punto de vista toxicológico, la exposición crónica a metales pesados se ha asociado con trastornos cardiovasculares, daño neurológico, alteraciones renales, efectos sobre el sistema hematopoyético y óseo, así como con un incremento del riesgo de cáncer y otros desórdenes metabólicos (25). La Organización Mundial de la Salud (OMS), la Unión Europea y organismos técnicos como la EPA han establecido contenidos máximos permisibles en alimentos y agua de consumo, precisamente para reducir el riesgo asociado a metales como el Hg, Cd, As y Pb. Sin embargo, en muchos países en desarrollo la presencia de actividades extractivas y el control limitado de efluentes industriales y mineros generan escenarios de exposición relevantes para poblaciones (26).

En ambientes acuáticos, los peces son considerados buenos bioindicadores de contaminación por metales pesados debido a su posición en la cadena trófica y a su importancia como fuente de proteína para el ser humano. Investigaciones en diferentes regiones han demostrado que especies de interés comercial pueden acumular concentraciones detectables de Fe, Zn, Cu, Mn, Pb, Cd, Hg y As en músculo, hígado, branquias u otros tejidos, aunque no siempre superan los límites máximos permisibles para consumo humano. En varios casos se ha observado que los peces de mayor talla, edad o nivel trófico presentan contenidos más elevados, lo que confirma el proceso de bioacumulación y biomagnificación en los ecosistemas acuáticos (27)

En el contexto peruano, la problemática de metales pesados se ha documentado tanto en aguas continentales como en recursos hidrobiológicos de consumo

frecuente. Estudios en mariscos y productos pesqueros han encontrado niveles de Cd y Pb que, en general, se mantienen dentro de los rangos permitidos, aunque con variabilidad según la especie y el área de captura . En regiones con intensa actividad minera, especialmente en la sierra y la Amazonía, se ha reportado exposición humana a metales como Hg, Pb y Cd, lo que ha motivado alertas sanitarias y la recomendación de un monitoreo más sistemático de alimentos y agua (28).

Respecto a truchas y otros peces de aguas continentales, diversos trabajos nacionales muestran un panorama heterogéneo. En algunos estudios, las concentraciones de As, Cd, Hg y Pb en tejido muscular se encontraron por debajo de los contenidos máximos permisibles, concluyéndose que el consumo de estos peces no representa un riesgo significativo para la salud humana (5, 9, 16, 25, 26, 52). Sin embargo, otros trabajos han reportado bioacumulaciones relevantes, con muestras que superan los límites recomendados por la OMS, la UE o SANIPES, especialmente en zonas con influencia minera o industrial (29–31). Estos hallazgos sugieren que la seguridad del consumo de pescado no puede generalizarse y depende fuertemente del contexto ambiental y de la procedencia de las muestras (29).

En la sierra sur del Perú, varios estudios han evaluado la presencia de metales pesados en truchas de piscigranjas y cuerpos de agua altoandinos. Investigaciones en Huancavelica, Junín, Apurímac y otras regiones han determinado, en la mayoría de los casos, concentraciones de As, Cd, Hg y Pb en músculo de trucha arcoíris por debajo de los límites máximos permisibles, aunque con reportes puntuales de valores elevados, especialmente para Cd y Hg en determinados criaderos o ríos impactados por la actividad minera (32). A nivel de Cusco, el trabajo de Cárdenas en la provincia de Espinar evidenció bioacumulación de Pb y Cd en Salmo trutta, sin superar los rangos permisibles en tejido muscular, pero mostrando diferencias entre ríos y entre tallas de los individuos (6).

No obstante, este cuerpo de evidencia, persisten vacíos de información en áreas específicas de la región Cusco. En particular, no se habían identificado estudios previos que determinen la concentración de As, Cd, Hg y Pb en truchas arcoíris

(*Oncorhynchus mykiss*) del río Molino-Llusco ni de la piscigranja del Puente Coyo, en la provincia de Chumbivilcas, a pesar de que la cuenca se ve influenciada por actividades mineras y que la trucha constituye un alimento de consumo frecuente para la población local (33). Esta ausencia de datos limita la capacidad de las autoridades sanitarias y ambientales para valorar el riesgo real asociado al consumo de trucha en esta provincia, así como para implementar medidas de vigilancia y prevención(34).

En este contexto, la presente investigación se sitúa en la intersección entre la evidencia internacional, que confirma la capacidad de los peces para bioacumular metales pesados, y los estudios nacionales y regionales que muestran resultados dispares según el territorio y la intensidad de las actividades antrópicas (35). Al determinar y comparar las concentraciones de As, Cd, Hg y Pb en truchas arcoíris del río Molino-Llusco y de la piscigranja del Puente Coyo, tomando como referencia los contenidos máximos permisibles establecidos por la OMS y otras entidades reguladoras, este trabajo busca cubrir un vacío de conocimiento en Chumbivilcas y aportar evidencia científica específica para la gestión de la inocuidad alimentaria y la salud ambiental en la región.

2.4 Bases teórico-científicas

2.4.1 Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

Richardson llamó a la "trucha" arco iris Salmo Gairdner en 1836, aunque ahora lleva el nombre inicial *Oncorhynchus mykiss*, que fue propuesto por Walbaumen en 1972 (36).

La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) es una especie de salmónido endémica de la costa del Pacífico de América del Norte. Debido a su facilidad de adaptabilidad al cautiverio, su cría se ha extendido mucho por todo el mundo. Se encuentra en América del Sur, incluidos Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (37)

La siguiente figura, presenta la taxonomía de la trucha arco iris:

Figura 1: Taxonomía de la trucha arcoíris

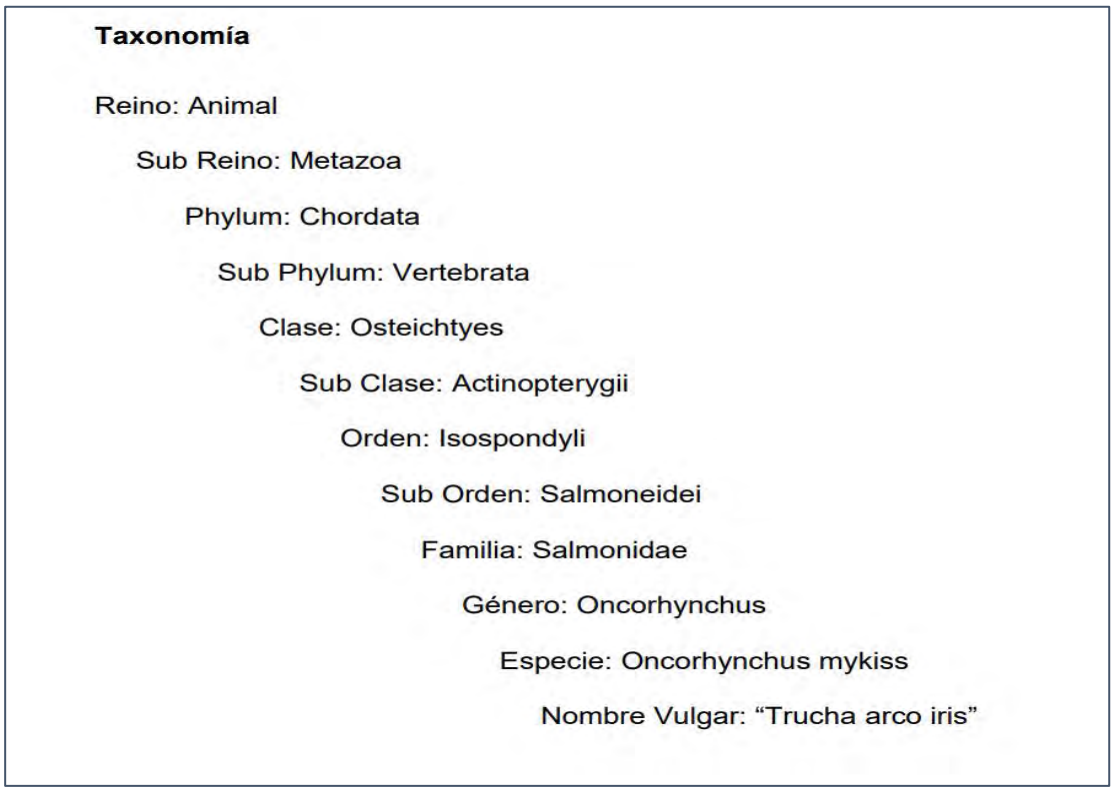


Figura 1. Cardenas G. FAO Pesca y acuicultura (38).

2.3.1.2. Composición química de la carne de trucha

El pescado es una fuente de proteínas de alta calidad, vitaminas y minerales esenciales. Son prácticamente la única fuente de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga como los de la serie Omega-3 (Jabeen & Chaundry , 2001). La información sobre la composición química del pescado es muy relevante para la estandarización de productos alimenticios en función de criterios nutricionales. Proporciona elementos para decisiones sobre características nutricionales y sobre el seguimiento de procesos industriales o investigaciones por cambios en los componentes químicos (39).

El procesamiento de la carne de pescado es básico para la agregación de valor a la materia prima y es muy apreciado por los consumidores. En el caso de la industria pesquera, la calidad de la carne de pescado es un factor necesario para definir el proceso de elaboración de los productos y cortes. Además, la información sobre el rendimiento del procesamiento puede ser de gran ayuda

para el control de calidad del pescado y para el sistema de rastreo, con un aumento de las ganancias en la cadena de procesamiento. Los estudios sobre el efecto del peso en el rendimiento, especialmente en lo que respecta a las formas de presentación del producto a los consumidores (pescado entero eviscerado, canal, filete) pueden mejorar mucho el rendimiento y la rentabilidad de la carne (40).

El rendimiento de los filetes y canales depende de varios factores, como el tamaño, la edad, el sexo, la forma anatómica del cuerpo, el tamaño de la cabeza y el peso de las vísceras, la piel y las aletas. La eficiencia de la fileteadora y la pericia en el manejo son aspectos a tener en cuenta (41).

Para determinar la composición fisicoquímica de la carne de trucha se recolectan muestras de la musculatura lateral de los peces. El establecimiento del pH de la carne de trucha en caliente y en frío (después de 24 horas) se realiza por métodos potenciométricos (electrométricos), de acuerdo con la ISO 2917 (2917:2007., 2007), trabajando con extracto elaborado a partir de los tejidos musculares proporcionados de las truchas.

La determinación de materia seca se realiza mediante el método de secado en horno, que es el método indirecto más utilizado y suponiendo el secado de la muestra en horno a +105°C, hasta alcanzar un peso constante, de acuerdo con la ISO 1442 (1442:2010, 2010). Las proteínas se identifican mediante el método Kjeldahl, descrito por la ISO 937 (937:2007, 2007). La determinación del contenido de lípidos se realiza mediante el método Soxhlet, que consiste en la extracción de grasa de la muestra analizada utilizando éter de petróleo (SRISO 1443) (1443:2008, 2008).

2.4.2 La Acuicultura

La acuicultura es la crianza de peces, mariscos, algas y otros organismos en todo tipo de ambientes acuáticos. También definido como una actividad para producir alimentos y productos comerciales, por causa del incremento de la demanda de estos productos en la cadena alimentaria y en la industria (Nacional Oceans Service, s.f.).

Hay dos tipos principales de acuicultura: marina y de agua dulce. Los esfuerzos de la NOAA's (*Servicio Nacional Oceanico*) se centran en la acuicultura marina, que se refiere a la cría de especies que viven en el océano y los estuarios.

En los Estados Unidos, la acuicultura marina se caracteriza por una producción incrementada de especies, como ostras, almejas, mejillones, camarones, algas y peces como el salmón, la lubina negra, el pez sable (*Anoplopoma fimbria*), el jurel y el pámpano. La diversidad de formas de criar moluscos marinos, incluida la "siembra" de moluscos pequeños en el lecho marino o su cultivo en el fondo o en jaulas flotantes. La piscicultura marina se realiza normalmente en granjas de red en el agua o en tanques en tierra (Nacional Oceans Service, s.f.).

NOAA's se compromete a apoyar una industria acuícola que sea económica, ambiental y socialmente sostenible. Los expertos y socios de NOAA's trabajan para comprender los efectos ambientales de la acuicultura en diferentes entornos y brindan las mejores prácticas de gestión para ayudar a reducir el riesgo de impactos negativos (Nacional Oceans Service, s.f.).

2.3.2.1. Acuicultura de truchas

La industria de la trucha en los Estados Unidos se remonta a mediados del siglo XIX. La expansión hacia el oeste de Estados Unidos creó más demanda en las poblaciones locales de peces. El desarrollo de un sistema de desove artificial para la incubación de huevos y la crianza temprana de alevines fue un logro importante. Esto revolucionó la industria de la trucha al permitir que los criaderos criaran cantidades mucho mayores de peces jóvenes, que inicialmente se sembraron en ríos, lagos y estanques(38).

En 2010 se realizaron 814 operaciones de venta de truchas y/o distribución de pescado y/o huevos con fines de conservación o recreativos (Servicio Nacional de Estadísticas Agropecuarias). La producción total de peces, reproductores y alevines del tamaño de un alimento producidos en 2010 fue de 47,5 millones de libras con un valor en la puerta de la granja de $71,3 millones. La venta de huevos representó $7.1 millones adicionales (Fornshell, s.f.).

Varias especies de truchas, incluidas la trucha de arroyo y la trucha marrón, se cultivan en piscifactorías en todo Estados Unidos, pero la trucha arcoíris constituye la mayoría de las truchas criadas en piscifactorías. Las personas de

todo el país disfrutan tanto de la comida como de las oportunidades recreativas que brindan las truchas criadas en EE. UU.

Al igual que con otras especies acuícolas exitosas, la trucha arcoíris posee características deseables que contribuyen a su cultivo. La trucha arcoíris es fácil de reproducir y los alevines son grandes en comparación con la mayoría de las otras especies acuícolas. Aceptan fácilmente alimentos preparados desde su primera alimentación, crecen rápidamente, un poco más de una pulgada por mes a la temperatura ideal del agua de 59 °F, y alcanzan un tamaño de mercado de 1 a 2 libras entre los 10 y los 15 meses de edad. La trucha arcoíris puede tolerar un rango relativamente amplio de temperaturas del agua, pero prefiere temperaturas del agua entre 50 y 60 °F. La trucha arcoíris prefiere desovar a temperaturas entre 50 y 55 °F (Fornshell, s.f.).

2.3.3. Acuicultura en Perú

En el Perú, la acuicultura se desarrolla en ambientes marinos y continentales, favorecida por la diversidad geográfica (costa, sierra y selva) y la disponibilidad de ecosistemas acuáticos con potencial productivo. De acuerdo con la información estadística oficial difundida por el Ministerio de la Producción (PRODUCE), la actividad acuícola nacional comprende etapas de cosecha, procesamiento y comercialización de recursos hidrobiológicos, con importancia variable según especie y región. En términos productivos, destacan especies como el langostino, la concha de abanico (principalmente orientadas a mercados externos), así como la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), relevante para el consumo interno y para economías locales altoandinas. Además, en la Amazonía se cultivan peces nativos con potencial de diversificación productiva (42).

En este contexto, la acuicultura de trucha en zonas altoandinas requiere especial atención a la calidad del agua y a las condiciones del entorno, ya que los contaminantes presentes en la cuenca pueden incorporarse al sistema de cultivo o al hábitat natural. Entre estos contaminantes, los metales pesados representan un riesgo relevante por su persistencia ambiental y por la posibilidad de bioacumulación en tejidos de organismos acuáticos. Por ello, la determinación de metales pesados en truchas destinadas a consumo humano constituye un aporte directo a la vigilancia sanitaria y a la gestión ambiental local. En concordancia, el

presente estudio evalúa arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) en truchas arcoíris procedentes de un ambiente natural (río Molino–Llusco) y de un sistema de crianza (piscigranja del Puente Coyo), generando evidencia aplicada para la provincia de Chumbivilcas.

2.3.4. Alteración de las cuencas hidrológicas por causas de la minería

La alteración de las cuencas hidrológicas por causas de la minería se entiende como el conjunto de cambios físicos, químicos y ecológicos que ocurren en un sistema de drenaje (río quebradas acuíferos sedimentos) debido a actividades mineras, como la exploración, extracción, beneficio y disposición de residuos. Estos cambios incluyen la modificación del relieve y del cauce (remoción de cobertura vegetal, excavaciones, desvíos y captaciones), el incremento de erosión y carga de sedimentos, y la alteración de la calidad del agua por el ingreso de drenajes mineros, efluentes o escorrentía que puede transportar metales y metaloides (p. ej., As, Pb, Cd, Hg) y aumentar la acidez o modificar el pH. En conjunto, estas presiones pueden reducir la disponibilidad de agua apta para uso humano y productivo, afectar hábitats acuáticos y favorecer procesos de movilización, transporte y deposición de contaminantes a lo largo de la cuenca, con impactos potenciales en la biota y en la salud pública (43).

2.3.5. Metales pesados

Los metales pesados (y, en sentido amplio, algunos metaloides como el arsénico) constituyen un grupo de elementos de interés ambiental y sanitario debido a que, aun cuando pueden encontrarse de forma natural en la corteza terrestre, su liberación y movilización hacia los ecosistemas acuáticos puede incrementarse por actividades antrópicas (p. ej., minería, metalurgia, descargas industriales, agricultura y aguas residuales). En el ambiente, estos elementos se caracterizan por su persistencia (no se degradan como muchos contaminantes orgánicos) y por su capacidad de acumularse en matrices como agua, sedimentos y biota, pudiendo alcanzar niveles de relevancia toxicológica cuando la exposición es sostenida en el tiempo (44).

En los sistemas acuáticos, los metales se distribuyen entre una fracción disuelta y una fracción particulada (asociada a sólidos suspendidos y sedimentos). Esta distribución depende de variables fisicoquímicas como pH, potencial redox,

dureza, salinidad, presencia de materia orgánica y procesos de adsorción/desorción. Por ello, los sedimentos pueden actuar tanto como sumidero (almacenamiento) como fuente secundaria (removilización) de metales, condicionando su biodisponibilidad para los organismos acuáticos (45).

Desde el punto de vista biológico, la incorporación de metales en peces puede ocurrir principalmente por vía branquial (contacto directo con el agua) y por vía digestiva (ingesta de alimento o partículas contaminadas). Cuando la tasa de entrada supera la capacidad de eliminación, se produce bioacumulación; y cuando el metal se incrementa a lo largo de la cadena alimentaria, puede presentarse biomagnificación, fenómeno especialmente relevante para ciertas formas químicas como el metilmercurio (45). En términos de inocuidad alimentaria, la preocupación se centra en metales sin función biológica conocida o con alta toxicidad a bajas dosis como plomo (Pb), cadmio (Cd) y mercurio (Hg) y en metaloides como arsénico (As), cuya toxicidad depende de su especiación química (46).

En la presente investigación, el interés se focaliza en As, Cd, Hg y Pb por su relevancia toxicológica, su potencial presencia en cuencas con influencia antrópica y su capacidad de incorporarse a tejidos comestibles de peces, lo cual justifica su determinación y comparación con criterios de referencia aplicables a alimentos de origen hidrobiológico.

2.3.5.1. Plomo (Pb)

a. Concepto

El plomo (Pb) es un metal pesado de color grisáceo (p.f. 327 °C). Puede formar sales solubles con ciertos ácidos (p. ej., nítrico, cítrico y acético). Sus humos/vapores en procesos térmicos son tóxicos(47).

b. Fuentes y vías de exposición

En la naturaleza, el plomo suele presentarse en forma galena (PbS). Sin embargo, las principales fuentes antropogénicas derivan de actividades como la minería y la metalurgia, la combustión de combustibles fósiles y diversos usos industriales, incluyendo la fabricación de baterías, soldaduras y municiones. La

exposición humana a este metal ocurre a través de tres vías principales. La primera es la ingesta, mediante el consumo de agua y alimentos contaminados, lo que incluye a los productos hidrobiológicos. La segunda es la inhalación de polvos y humos, una vía de exposición especialmente relevante en el ámbito ocupacional. Finalmente, el contacto ambiental se produce a través del suelo y el polvo domiciliario (48).

c. Toxicocinética

En cuanto a su toxicocinética, la absorción del plomo tiene a la vía digestiva como su principal puerta de entrada, siendo destacable que la absorción gastrointestinal es significativamente mayor en niños que en adultos. Una vez en el organismo, el metal circula en la sangre y se distribuye hacia los tejidos blandos, como el riñón, el hígado y el sistema nervioso. De manera particular, una fracción importante de este elemento se deposita en los huesos y dientes, donde actúa como un reservorio de liberación lenta. Respecto a su eliminación, esta se lleva a cabo principalmente por vía renal, aunque también se presenta una excreción menor a través de la bilis y otras rutas (48).

d. Toxicodinámica

El plomo ejerce su toxicidad a través de varios mecanismos complementarios. En primer lugar, interfiere con el metabolismo del calcio (Ca^{2+}), ya que puede "imitar" a este ion y alterar sus canales y transportadores, lo cual afecta la señalización neuronal y la liberación de neurotransmisores. Asimismo, inhibe enzimas clave en la síntesis del hemo, especialmente la ALA-deshidratasa (ALAD) y la ferroquelatasa, lo que reduce la producción de hemo y favorece tanto la anemia como la acumulación de precursores. Otro mecanismo importante es la inducción de estrés oxidativo y disfunción mitocondrial, mediante el aumento de especies reactivas de oxígeno y la alteración de las defensas antioxidantes, causando daño en membranas y proteínas. A nivel renal, provoca nefrotoxicidad tubular al afectar los túbulos con disfunción tubular e intersticial, lo que conlleva un riesgo de daño crónico dependiente de la intensidad y duración de la exposición. Por último, su neurotoxicidad es

particularmente crítica en niños, ya que altera procesos fundamentales del neurodesarrollo como la sinaptogénesis y la plasticidad, lo que se asocia a una disminución del rendimiento cognitivo y a trastornos conductuales (48).

e. Efectos en salud

Los efectos del plomo en la salud varían según el tiempo y la magnitud de la exposición. En casos de exposición aguda, los síntomas incluyen dolor abdominal, vómitos y manifestaciones neurológicas cuando las dosis son elevadas. Por otro lado, la exposición crónica produce saturnismo, una condición caracterizada por anemia, alteraciones neurocognitivas, neuropatía periférica, compromiso renal e hipertensión. En este contexto, los niños sufren un mayor impacto neurológico debido a la vulnerabilidad inherente de su proceso de neurodesarrollo (48).

f. Indicadores de evaluación (útil para contexto de inocuidad)

El biomarcador de referencia es el plomo en sangre (PbB). Para inocuidad alimentaria, la evaluación se complementa con límites máximos para Pb en alimentos (p. ej., regulaciones/estándares aplicables según país/mercado) y con estimaciones de exposición dietaria cuando corresponde(49).

2.3.5.2. Arsénico (As)

a. Concepto

El arsénico (As) es un metaloide presente en formas elemental, inorgánica (As(III) y As(V)) y orgánica. En general, el As(III) (trivalente) es más tóxico que el As(V) (pentavalente). En el contexto alimentario, pescados y mariscos suelen contener principalmente arsénico orgánico (p. ej., arsenobetaína), de menor toxicidad y rápida eliminación (50).

b. Fuentes y vías de exposición

Este metaloide está ampliamente distribuido en la corteza terrestre y frecuentemente se encuentra asociado a minerales como la arsenopirita, el oropimente y el rejalgar. Sus fuentes de emisión pueden ser naturales, derivadas de la actividad volcánica, la meteorización y la erosión que lo liberan en suelos y aguas; o antropogénicas, originadas por la minería, la metalurgia y diversos procesos industriales como la fabricación de vidrio, aleaciones y electrónica, además de su uso histórico en pesticidas y preservantes de madera, prácticas que hoy en día se encuentran restringidas (52). La exposición humana relevante ocurre principalmente a través del agua de consumo, que constituye la principal causa de exposición crónica a nivel mundial. También es importante la vía ocupacional en entornos como fundiciones y metalurgia, así como la dieta, cuya exposición varía según la especie y el tipo de arsénico, predominando la forma orgánica en los productos hidrobiológicos(51).

c. Toxicocinética

La absorción del arsénico ocurre principalmente por la vía digestiva, donde los compuestos solubles se absorben con rapidez, aunque también puede absorberse por inhalación en ambientes laborales. Una vez en el organismo, se distribuye hacia el hígado, el riñón y otros órganos, presentando una notable afinidad por los tejidos ricos en queratina, lo que permite su fijación en uñas y cabello. El metabolismo del arsénico inorgánico se lleva a cabo principalmente en el hígado mediante un proceso de biotransformación por metilación, que genera metabolitos como el ácido monometilarsónico (MMA) y el ácido dimetilarsínico (DMA), los cuales facilitan su excreción. Esta eliminación se produce sobre todo a través de la orina, lo que la convierte en una ruta útil para evaluar la exposición reciente (52).

d. Toxicodinámica

Los efectos tóxicos del arsénico dependen directamente de la especie química de que se trate, ya sea inorgánica u orgánica, o en sus estados de oxidación As(III) o As(V). Especialmente la forma As(III) se une a los grupos sulfhidrilo (-

SH) presentes en proteínas y enzimas, alterando funciones celulares críticas. Además, este metaloide interfiere con el metabolismo energético al afectar las vías mitocondriales y los procesos de fosforilación, lo que puede contribuir a una falla multiorgánica en casos de intoxicación aguda. También promueve el estrés oxidativo y la inflamación, generando daño oxidativo y una disfunción celular sostenida. En exposiciones crónicas, el arsénico disrumpe las señales celulares y la reparación del ADN, contribuyendo a efectos a largo plazo que incluyen la carcinogénesis. Asimismo, puede ocasionar efectos cardiovasculares y neurológicos, afectando la conducción eléctrica cardíaca como la prolongación del intervalo QT en cuadros agudos y provocando neuropatía periférica en exposiciones crónicas(51).

e. Efectos en salud

En casos de intoxicación aguda, predominan los síntomas gastrointestinales severos, tales como vómitos y diarrea profusa, lo que conlleva deshidratación y compromiso cardiovascular, pudiendo presentarse también alteraciones neurológicas y renales. Por otro lado, la exposición crónica se manifiesta con lesiones cutáneas típicas como la hiperpigmentación y la hiperqueratosis, acompañadas de neuropatía periférica y un aumento en el riesgo de desarrollar cáncer, dado que el arsénico inorgánico es reconocido como carcinógeno para el ser humano(51).

f. Indicadores de evaluación

Para la evaluación de la exposición, la medición de arsénico en orina de 24 horas es el mejor indicador de exposición reciente, debiendo controlar la ingesta de mariscos antes del muestreo para evitar sesgos originados por la presencia de arsénico orgánico. En el contexto de los estudios de alimentos y acuicultura, resulta fundamental distinguir entre el arsénico total y el arsénico inorgánico mediante un proceso de especiación, debido a que el riesgo toxicológico se asocia principalmente a la forma inorgánica (51).

2.3.5.3. Mercurio

a. Concepto

El mercurio (Hg) es un metal pesado que, a temperatura ambiente, se encuentra en estado líquido y se volatiliza con facilidad, generando vapores altamente tóxicos al ser inhalados. En el campo de la toxicología, se consideran tres formas principales de este elemento: el mercurio elemental (Hg^0), presente en termómetros antiguos, amalgamas y equipos eléctricos; el mercurio inorgánico (Hg^+/Hg^{2+}), que forma sales como el cloruro o nitrato mercúrico; y el mercurio orgánico en forma de metilmercurio, el cual es liposoluble y representa la variante de mayor relevancia en la exposición por consumo de pescados(53).

b. Fuentes y vías de exposición

Las fuentes de exposición al mercurio pueden ser de origen natural, provenientes del cinabrio (HgS), de emisiones volcánicas y geotermales, así como de la erosión y el transporte atmosférico a larga distancia. También existen fuentes antropogénicas significativas, tales como la minería y la fundición, diversos procesos industriales, el uso histórico de la amalgamación para la extracción de oro, y las liberaciones accidentales a través de residuos o derrames. La exposición humana ocurre principalmente por dos vías: la alimentaria, mediante la ingestión de metilmercurio presente en peces y mariscos, lo cual constituye la principal vía de exposición crónica en la población general; y la vía ocupacional o doméstica, generada por la inhalación de vapores de mercurio elemental en laboratorios, minería artesanal, reciclaje o por derrames en interiores (52,53).

c. Toxicocinética

La absorción del mercurio varía según su forma química; el mercurio elemental se absorbe muy eficientemente por inhalación, pero escasamente por vía oral, mientras que las sales inorgánicas tienen una absorción digestiva moderada y pueden resultar muy dañinas en dosis altas. Por su parte, el metilmercurio presenta una absorción digestiva sumamente alta, que oscila entre el 90 y el

95%. Respecto a su distribución, el mercurio elemental inhalado atraviesa la barrera hematoencefálica, donde puede oxidarse a Hg^{2+} y quedar retenido en el sistema nervioso central. El metilmercurio se distribuye ampliamente por el organismo con una especial afinidad por el sistema nervioso, y posee la capacidad de atravesar la placenta y pasar a la leche materna. El mercurio inorgánico, en cambio, tiende a acumularse predominantemente en el riñón. La eliminación de este metal se realiza principalmente por vía renal y también por las heces, aunque en exposiciones crónicas puede persistir y bioacumularse en el cuerpo (52).

d. Toxicodinámica

Aunque los efectos tóxicos del mercurio dependen de la especie química, todos comparten mecanismos de acción clave. Este metal presenta una alta afinidad por los grupos sulfhidrilo (-SH), uniéndose a proteínas y enzimas que los contienen, lo que altera funciones celulares esenciales. Asimismo, induce estrés oxidativo y disfunción mitocondrial, incrementando el daño oxidativo y alterando el metabolismo energético, lo que contribuye a la lesión tisular. La neurotoxicidad es un efecto primordial del metilmercurio, el cual altera la función neuronal y la neurotransmisión, afectando de manera crítica el neurodesarrollo fetal, con riesgo incluso ante exposiciones maternas moderadas. En el caso del mercurio inorgánico, su toxicidad se manifiesta principalmente como nefrotoxicidad, causando daño en los túbulos proximales con el consiguiente riesgo de proteinuria y lesión renal aguda o crónica. Además, la inhalación de mercurio elemental genera toxicidad respiratoria caracterizada por irritación e inflamación pulmonar, que en altas exposiciones puede evolucionar a neumonitis química y falla respiratoria (53).

e. Efectos en salud

Los efectos del mercurio en la salud varían según el tipo de exposición. La intoxicación aguda por vapores de mercurio elemental provoca irritación respiratoria que puede derivar en neumonitis química, disnea y posible edema pulmonar, pudiendo asociarse también a daño renal. En el caso de la exposición

aguda a sales inorgánicas, se presenta corrosión gastrointestinal acompañada de necrosis tubular aguda e insuficiencia renal. La exposición crónica a mercurio elemental o inorgánico, común en ámbitos ocupacionales, se caracteriza por temblor, alteraciones neuropsíquicas conocidas como eretismo, estomatitis, gingivitis y proteinuria. Por último, la exposición crónica al metilmercurio por vía alimentaria genera parestesias, ataxia, disartria y constricción campimétrica o "visión en tubo"; durante la gestación, esta forma de mercurio conlleva un alto riesgo de secuelas neurológicas en el feto.

f. Indicadores de evaluación

Hg en sangre: útil para exposición reciente, especialmente a metilmercurio.

Hg en orina: marcador principal para exposición a Hg inorgánico/Hg^0. En estudios de alimentos, es clave diferenciar Hg total y metilmercurio cuando sea posible; el riesgo por consumo se asocia principalmente al metilmercurio (53).

2.3.5.4. Cadmio

a. Concepto

El cadmio (Cd, Z=48) es un metal pesado que se obtiene principalmente como subproducto de la metalurgia del zinc y el plomo. Es ampliamente utilizado en la industria para la fabricación de pigmentos (pinturas y plásticos), estabilizadores, baterías de níquel-cadmio y recubrimientos metálicos(54).

b. Fuentes y vías de exposición

Las fuentes de exposición al cadmio se dividen en naturales y antropogénicas. Entre las fuentes naturales se encuentran las emisiones volcánicas, los incendios forestales y la erosión de las rocas; este metal es transportado por el aire y el agua, terminando por integrarse en los sedimentos. Las plantas lo absorben con facilidad en suelos ácidos, lo que facilita su entrada en la cadena trófica. Por otro lado, las fuentes antropogénicas tienen como causa crítica el uso de fertilizantes fosfatados en la agricultura, que genera contaminación de suelos y aguas superficiales, sumándose a esto los efluentes industriales y la quema de

combustibles fósiles. Para la población general, la vía principal de exposición humana es la alimentación, a través del consumo de vegetales, granos y productos hidrobiológicos, aunque el tabaquismo constituye otra fuente significativa de exposición (52).

c. Toxicocinética

La absorción del cadmio ocurre principalmente por la vía gastrointestinal a través de la dieta, y este proceso aumenta significativamente cuando existen deficiencias nutricionales de calcio, hierro o proteínas. Una vez absorbido, el metal se une a la metalotioneína; inicialmente se localiza en el hígado, pero con el paso del tiempo se acumula de forma persistente en la corteza renal, aunque también puede hallarse en el páncreas, pulmones y músculos. Su excreción es extremadamente lenta, con una vida media que puede abarcar décadas en el cuerpo humano, y se elimina principalmente a través de la orina y, en menor medida, por la bilis y las secreciones cutáneas. Cabe destacar que el cadmio presente en las heces representa, en su mayoría, la fracción que no fue absorbida (54).

d. Toxicodinámica

El cadmio actúa como un tóxico acumulativo que ejerce sus efectos a través de mecanismos de acción específicos. Su principal blanco es el riñón, específicamente el epitelio del túbulo contorneado proximal, que resulta ser el punto más sensible; el metal altera el transporte celular y provoca una disfunción renal característica. Además, induce estrés oxidativo al promover la formación de especies reactivas de oxígeno (ERO) y agotar los niveles de glutatión, lo que daña las membranas y proteínas celulares. Este metal también interfiere con metales esenciales, compitiendo con el calcio y el zinc en diversos procesos enzimáticos y de transporte, lo que afecta directamente la mineralización ósea. Finalmente, presenta genotoxicidad al interferir con los mecanismos de reparación del ADN, un factor que contribuye significativamente a su potencial carcinogénico(52).

e. Efectos en salud

En cuanto a sus efectos en la salud, el daño renal se manifiesta inicialmente a través de proteinuria de bajo peso molecular, la cual consiste en la excreción de proteínas que normalmente serían reabsorbidas. A nivel óseo, la exposición crónica al cadmio puede causar desmineralización, osteoporosis y fracturas, una condición que históricamente se asoció a la enfermedad de Itai-Itai. Asimismo, este metal está clasificado como carcinógeno humano (Grupo 1 por la IARC), y se encuentra asociado al desarrollo de cáncer de pulmón, próstata y riñón.

f. Indicadores de evaluación

Para la evaluación de la exposición, la medición de cadmio en orina es considerada el mejor indicador de la carga corporal total y de la acumulación renal a largo plazo, mientras que el cadmio en sangre refleja principalmente la exposición reciente. En el contexto de la presente tesis, el monitoreo de cadmio en el músculo de la trucha resulta vital, ya que este metal se bioacumula y su ingesta prolongada representa un riesgo significativo de daño renal crónico para el consumidor (52).

2.3.6. Fuentes y modos de contaminación por metales pesados en los ríos.

En general, los siguientes factores contribuyen a la entrada de metales pesados en los ríos y ambientes marinos:

a) *Fuentes naturales.* Los metales pesados representan el 1% de las rocas de la corteza terrestre. Estos se encuentran en rocas ígneas; también se encuentran en rocas sedimentarias, ambos se obtienen de manera indirecta y secundaria como subproductos. Esto indica que estos dos tipos de rocas contienen una cantidad importante de metales pesados, que generalmente se encuentran en ríos y sedimentos (34) .
b) *Fuentes hechas por el hombre.* - Los principales factores causados por las actividades antropológicas son: Procedimientos de extracción de minerales en general, así como de explotación petrolera, manipulación industrial de metales, agricultura y todo lo que implica la ganadería (34): Residuos de Cd, Cr, Mo, Pb, U, V y Zn en fertilizantes, pesticidas, fungicidas, desecantes y

productos químicos para la conservación de la madera que contengan Cu, As, Hg, Pb, Mn y Zn. Los residuos de las granjas ganaderas y avícolas contienen cobre y arsénico. Aguas residuales que contienen metales pesados como Cd, Ni, Cu, Pb y Zn, así como otros elementos. Filtración de agua de basureros que pueden contener plomo, zinc y cobre.

2.3.7. Acumulación de metales pesados en peces

Los peces ocupan prácticamente todos los niveles de la cadena trófica de los ecosistemas acuáticos, desde herbívoros que se alimentan de fitoplancton hasta carnívoros secundarios y terciarios. Muchas especies presentan una notable adaptabilidad ecológica y dietética, lo que da lugar a redes alimentarias complejas y dinámicas. En este contexto, la acumulación de metales pesados en el tejido de los peces ocurre principalmente a través de dos vías: la absorción directa por branquias y piel desde el agua disuelta, y la ingestión de partículas, sedimento o presas contaminadas. Sin embargo, la vía alimentaria suele ser la más relevante para la biomagnificación, proceso mediante el cual las concentraciones de metales (como el mercurio, plomo o arsénico) aumentan progresivamente a lo largo de la cadena trófica, alcanzando sus niveles máximos en los peces depredadores de mayor tamaño. Por consiguiente, la ingesta de estos contaminantes está estrechamente influenciada por la estacionalidad y disponibilidad de los recursos alimenticios, así como por el ritmo metabólico del pez, ya que un metabolismo más activo implica un mayor consumo de alimento y, potencialmente, una mayor exposición a metales pesados. Así, la posición trófica, los hábitos alimenticios y la tasa metabólica de cada especie son factores determinantes en los niveles de bioacumulación observados. (32).

2.3.8. Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS)

La espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) es una técnica analítica sofisticada utilizada para detectar y cuantificar elementos en niveles traza y ultratraza. Su principio de funcionamiento consiste en ionizar la muestra mediante un plasma de argón, para luego separar los iones según su relación masa/carga (m/z), lo que permite obtener información detallada a nivel atómico (23).

- **Ventajas**:
    - *Análisis multielemento*: Permite cuantificar simultáneamente varios elementos de la tabla periódica en una sola medición, lo que ahorra tiempo y recursos (33).
    - *Alta sensibilidad*: Capaz de detectar elementos en concentraciones extremadamente bajas, llegando a niveles de partes por trillón (ppt), ideal para metales pesados en muestras biológicas y ambientales (33).
    - *Amplio rango dinámico*: Cubre varios órdenes de magnitud sin necesidad de diluir excesivamente las muestras (33).
    - *Robustez cuantitativa*: La exactitud se garantiza mediante curvas de calibrado con estándares certificados. Para corregir efectos de matriz y derivas instrumentales se emplean **patrones internos** (elementos similares a los analitos, pero ausentes en las muestras), y para matrices complejas se utiliza el **método de adiciones estándar**, que compensa posibles interferencias fisicoquímicas (23; 33).
- **Usos**:
    - Debido a su precisión y sensibilidad, el ICP-MS se aplica en múltiples campos que requieren análisis elemental riguroso, tales como: monitoreo ambiental (aguas, suelos y sedimentos), control de seguridad alimentaria (detección de metales pesados en pescados y mariscos), análisis farmacéutico (control de impurezas en medicamentos) y diagnósticos clínicos (estudios toxicológicos y de nutrición) (23).
- **Tipos**:
    - Si bien el fundamento es común, existen variantes según el sistema de separación de masas empleado. Los más utilizados son:
        - **ICP-MS cuadrupolar (Q-ICP-MS)**: Es el más extendido para análisis de rutina, ofrece buena sensibilidad y es costo-efectivo.
        - **ICP-MS de alta resolución (HR-ICP-MS)**: Utiliza campo magnético y electrostático para resolver interferencias espectrales

(isobáricas), proporcionando una selectividad superior para muestras con matrices muy complejas.

- **ICP-MS de tiempo de vuelo (TOF-ICP-MS)**: Permite la adquisición ultrarrápida de espectros completos, útil para análisis de partículas individuales y speciation química.

- La elección del tipo depende de la sensibilidad, resolución y velocidad requeridas para el objetivo específico del estudio (23).

2.5 Marco conceptual o definición de términos básicos

- **Arsénico (As)**

  Metaloide que en forma inorgánica puede ser muy tóxico, afectando metabolismo celular y órganos como hígado, riñón y sistema nervioso (2).

- **Cadmio (Cd)**

  Metal pesado (Z = 48) de origen industrial, que se acumula sobre todo en riñón e hígado y se relaciona con daño renal y óseo (29).

- **Espectrometría**

  Técnica analítica que mide cómo la luz interactúa con una sustancia para identificar y cuantificar sus componentes químicos (35).

- **Mercurio (Hg)**

  Metal líquido a temperatura ambiente (Z = 80); en agua puede transformarse en metilmercurio, que se bioacumula en peces y representa riesgo para el consumidor (7).

- **Metales pesados**

  Elementos químicos de alta densidad (≥ 5 g/cm^3), que se bioacumulan y pueden ser tóxicos para ecosistemas y salud humana, especialmente a través de la cadena alimentaria (34).

- **Plomo (Pb)**

  Metal pesado (Z = 82) tóxico, que se acumula en huesos y tejidos blandos y se asocia con daño neurológico, hematológico y renal (13).

- **Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)**

  Especie de salmónido originaria de Norteamérica, adaptada a acuicultura en aguas frías, de importancia alimentaria y económica (30).

CAPÍTULO III:

3. MATERIALES Y METODO

3.1. Materiales

Materiales de campo

- Atarraya para pesca
- Cucharas de malla para pesca
- Balanza digital
- Cooler
- Hielo
- Etiquetas
- Bolsas ziploc
- Libreta de apuntes
- Termómetro ambiental termocientific
- Guantes de látex
- Plumón indeleble
- Lapiceros
- Cintas de embalaje
- Mandil de laboratorio
- Laptop

Materiales biológicos

- Truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) del Río Molino Llusco y Piscigranja del Puente Coyo.

Materiales de laboratorio

- Cuchillos de acero inoxidable
- Recipientes de acero inoxidable
- Guantes de látex
- Matraz Erlen Meller 200mL y 250mL.
- Tabla de polipropileno
- Picetas
- Pinzas
- Hielo

- Crisol
- Mascarillas
- Tubos de ensayo
- Vasos precipitados
- Pipetas 1mL, 2mL, 5 mL y 10 mL
- Baguetas
- Licuadora

Reactivos

- Ácido clorhídrico concentrado
- Ácido nítrico concentrado (HNO_3)
- Peróxido de hidrógeno al 30% (H_2O_2)

Equipos de laboratorio

- Balanza analítica (marca **Mettler Toledo**)
- Espectrómetro de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) (marca **PerkinElmer**)
- Estufa (marca **Memmert**)
- Digestor (marca **Milestone**)
- Cámara de extracción de gases (marca **Esco**)
- Cámara digital (marca **Canon**)
- Termómetro ambiental (marca **Fisher Scientific**)

3.2. Diseño metodológico

3.2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es Básico, no experimental, porque no se manipulan deliberadamente las variables de estudio, sino que se observa y describe una realidad ya existente: las concentraciones de metales pesados (As, Pb, Hg y Cd) en truchas arcoíris del río Molino-Llusco y de la piscigranja del Puente Coyo. En este diseño, las muestras se analizan tal como se encuentran en su ambiente de origen, sin intervención sobre las condiciones de crianza ni sobre las fuentes de contaminación, lo que permite caracterizar la situación real de exposición a metales pesados en la zona de estudio (55).

El enfoque es de carácter cuantitativo, ya que se trabaja con datos numéricos obtenidos mediante un método analítico instrumental (ICP-MS), expresados en unidades de concentración (mg/kg), que corresponden a una escala de razón. Estos valores permiten comparar objetivamente los niveles de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en las muestras de trucha con los contenidos máximos permisibles establecidos por organismos reguladores internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Unión Europea (UE) y el organismo nacional SANIPES. De esta manera, se evalúa si las concentraciones encontradas representan o no un riesgo para la salud del consumidor (55,56).

En este contexto, la Tabla 1 presenta una comparación de los límites máximos permisibles para mercurio, plomo, cadmio y arsénico en productos hidrobiológicos de consumo humano, según SANIPES, la OMS y la Unión Europea, lo que sirve como referencia para la interpretación de los resultados analíticos.

Tabla 1: Contenidos máximos permisibles de mercurio, plomo, cadmio y arsénico

Regulador	CMP	CMP	CMP	CMP
	Mercurio	Plomo	Cadmio	Arsénico
SANIPES	0.50	0.30	0.05	0.50
OMS	0.50	0.20	0.01	0.50
U.E.	0.50	0.30	0.05	0.50

Fuente: elaboración propia año 2025

Nota. CMP: Contenido máximo permitido de metales pesados. SANIPES: Organismo Nacional de Sanidad Pesquera; OMS: Organización Mundial de la Salud; U.E. Unión Europea.

3.3.2. Diseño de investigación

La investigación emplea un diseño no experimental. Esto se debe a que no se manipulan intencionalmente las variables de estudio (en este caso, las concentraciones de metales pesados en las truchas). En su lugar, se observa y se

mide la concentración de metales tal como se presenta en las truchas de los ambientes naturales (río Molino-Llusco) y de cultivo (piscigranja Puente Coyo) (55).

Dentro de los diseños no experimentales, se clasifica como:

Descriptivo: Porque su objetivo principal es caracterizar la concentración de metales pesados (As, Cd, Hg, Pb) en las truchas arcoíris de las dos zonas de estudio. Es decir, busca describir cómo se presentan estas concentraciones (55).

Transversal (o de corte transversal): Porque la recolección de datos (toma de muestras y análisis de metales) se realiza en un único momento o período de tiempo específico (el primer trimestre de 2025, según tu delimitación temporal). Esto permite obtener una "fotografía" de la situación en ese momento, sin seguimiento a lo largo del tiempo (55).

3.3.3. Nivel de investigación

La investigación es de carácter descriptivo y transversal. Es descriptiva porque se limita a caracterizar los niveles de concentración de metales pesados en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) procedentes del río Molino-Llusco y de la piscigranja del Puente Coyo, sin manipular las condiciones de crianza ni las fuentes de contaminación, sino describiendo los valores encontrados en las muestras en función de parámetros establecidos (57). Es transversal porque tanto la toma de muestras como la determinación de las concentraciones de arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) se realizan en un único momento del tiempo, permitiendo una fotografía puntual de la situación, y efectuando descripciones detalladas y comparativas de la presencia de estos metales según el lugar de procedencia de las truchas y de acuerdo con los contenidos máximos permisibles establecidos por organismos reguladores como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Unión Europea y SANIPES (56).

3.3. Delimitación de la investigación

3.3.1. Delimitación temporal

Por su carácter transversal, la investigación se ha realizado en un momento determinado, es decir, la toma de muestras, transporte, análisis de laboratorio y resultados de concentración de metales pesados se efectuaron en el primer trimestre del 2025.

3.3.2. Delimitación espacial

Las muestras de truchas arco iris fueron tomadas de dos zonas o lugares de estudio, la primera del Río Molino Llusco, y la segunda de la Piscigranja del Puente Coyo, ambos lugares se encuentran aproximadamente a 3,600 metros de altura, dentro de la Provincia de Chumbivilcas, Departamento del Cusco.

3.3.3. Delimitación temática

El estudio aborda exclusivamente los niveles de concentración de los metales pesados (As, Pb, Hg y Cd) en muestras de truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*), analizados mediante el método espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS).

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población materia de investigación está conformada por las truchas arco iris del rio Molino - Llusco y de la piscigranja del Puente Coyo en Chumbivilcas, las mismas que son de número ilimitado.

3.4.2. Muestra

La muestra está constituida por 8 truchas arco iris del rio Molino - Llusco y 8 de la piscigranja del Puente Coyo, las mismas que fueron seleccionadas de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión establecidos. Los ejemplares de trucha arco iris fueron capturados mediante el método de pesca por atarraya en Río Molino Llusco y mediante cucharas de malla en la Piscigranja del Puente Coyo.

Cuadro 1: Muestras

muestra	N.° lugar	N.° de muestras tomadas	Total de muestras
Trucha del rio molino-Llusco	1	8	8
Trucha de la piscigranja Puente Coyo	1	8	8

Fuente: elaboración propia año 2025

3.4.3. Criterios de selección

a. Criterios de inclusión

1. Truchas vivas del Río Molino Llusco y Piscigranja del Puente Coyo.
2. Truchas en perfecto estado a la hora de su pesca.
3. Truchas con peso > 180 < 250 gr.

b. Criterios de exclusión

1. Truchas que no están dentro del ámbito de estudio (Río Molino Llusco y Piscigranja del Puente Coyo).
2. Truchas con alguna alteración física o anormalidad

3.4.4. Tipo de Muestreo

El tipo de muestreo fue **no probabilístico por conveniencia** , en la medida en que la selección de las unidades de estudio no dependió de un procedimiento aleatorio, sino de criterios de inclusión y exclusión y la **accesibilidad**, la **proximidad geográfica** en el momento de la toma de muestras. En este tipo de muestreo, no todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser seleccionados; por el contrario, se eligen aquellos casos que resultan más factibles de abordar en función de las condiciones logísticas, de tiempo y recursos del investigador, manteniendo, en lo posible, la representatividad de las condiciones del área de estudio (19).

3.5. Puntos de muestreo y descripción del ámbito de estudio

El presente trabajo de investigación se desarrolló en dos escenarios acuáticos de la provincia de Chumbivilcas, departamento del Cusco: el río Molino-Llusco y la piscigranja del Puente Coyo. Ambos se ubican a una altitud promedio de 3 636 m s. n. m., en la zona altoandina del sur del Perú, caracterizada por un clima frío, con marcadas variaciones estacionales de precipitación y temperatura, que influyen en el caudal y la calidad del agua.

El río Molino-Llusco forma parte de la cuenca del río Llusco, que drena una región donde se desarrollan actividades ganaderas, agrícolas y, en sectores de la cuenca, actividades mineras. Estas actividades pueden constituir fuentes potenciales de aporte de metales pesados al sistema hídrico, especialmente durante la temporada de lluvias, cuando se incrementa el arrastre de sedimentos y material particulado hacia el cauce del río. El agua del río se utiliza principalmente para riego de cultivos, abrevadero de ganado, pesca de subsistencia y, en menor medida, recreación. La especie de pez dominante en este cuerpo de agua es la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), recurso de importancia alimentaria para la población local.

ANEXO 1: Rio Molino Llusco primer lugar de extracción de muestras



Fuente: Google maps. Geográficamente, las coordenadas de la zona de estudio se aproximan a 14°19'60" S y 72°09'00" W en formato DMS (grados, minutos, segundos), equivalentes a -14.3333 y -72.1500 en grados decimales. Estas coordenadas permiten localizar los puntos de muestreo en sistemas de información geográfica (SIG) y en aplicaciones como Google Earth, lo que facilita la representación cartográfica del área de estudio y la planificación de futuras acciones de monitoreo ambiental año 2025.

La piscigranja del Puente Coyo se ubica en el mismo ámbito provincial, aguas abajo del río Molino-Llusco, y emplea agua de origen superficial y subterránea canalizada hacia estanques de cultivo. Se trata de un sistema de acuicultura extensiva-semiintensiva dedicado a la crianza de trucha arcoíris con fines comerciales, que abastece principalmente a mercados locales y regionales. Al ser un ambiente controlado, permite comparar las concentraciones de metales pesados en truchas de cultivo frente a las truchas capturadas en el medio natural del río Molino-Llusco, bajo condiciones ambientales y antrópicas distintas, pero dentro de la misma región geográfica.

ANEXO 2: Piscigranja del Puente Coyo segundo lugar de extracción de muestras



Fuente: elaboración propia año 2025 foto tomada en la piscigranja puente Coyo segundo lugar de extracción de las 8 muestras de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) año 2025

3.6. Identificación y Operacionalización de la variable

La operacionalización de la variable se efectuó tomando en cuenta las siguientes categorías, dimensiones e indicadores.

Tabla 2. Identificación y Operacionalización de la variable

Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Dimensiones	Indicadores	Naturaleza	Escala de medición	Forma de medición	Instrumento	Valores finales
Concentración de metales pesados	Los metales pesados presentan una densidad alta y cuyo peso específico es 5 veces superior al agua. En cantidades superiores a los límites máximos permisibles se constituyen en elementos tóxicos tanto para los peces como para el ser humano.	Determinación cuantitativa de los niveles de metales (Pb), (Hg), (As) y (Cd) mediante el método de espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS).	Nivel de concentración	Plomo (pb)	Cuantitativa	De razón	directa	Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS)	(mg/kg)
				Mercurio (Hg)	Cuantitativa	De razón	directa	Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS)	(mg/kg)
				Arsénico (As)	Cuantitativa	De razón	directa	Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS)	(mg/kg)
				Cadmio (Cd)	Cuantitativa	De razón	directa	Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS)	(mg/kg)
			Lugar de procedencia	Rio Llusco	Cualitativo	Nominal	Directa	Observación	Zona de muestreo
				Piscigranja Puente Coyo	Cualitativo	Nominal	Directa	Observación	Zona de muestreo

Fuente: elaboración propia año 2025

3.7. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se realizó mediante tres técnicas complementarias. La revisión bibliográfica documental permitió fundamentar teóricamente la investigación, para lo cual se consultaron repositorios institucionales, bases de datos especializadas y revistas científicas indexadas, priorizando estudios sobre metales pesados en truchas arcoíris y cuerpos de agua dulce. La información recopilada fue organizada y sistematizada para sustentar el marco teórico y metodológico.

La observación directa y el registro estructurado se aplicaron mediante una ficha de recolección de datos diseñada específicamente para el estudio. Este instrumento consignó para cada ejemplar muestreado el número de identificación, la zona de procedencia, la fecha de toma, el peso en gramos, las condiciones de conservación, los límites de detección y cuantificación del método, las concentraciones halladas para arsénico, cadmio, mercurio y plomo expresadas en mg/kg, y las observaciones pertinentes. La ficha garantizó la trazabilidad de los datos desde la captura hasta los resultados finales.

El análisis instrumental se realizó mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente, técnica que permite la detección y cuantificación de elementos en niveles de traza en matrices biológicas. Se siguió el método oficial AOAC 2015.01, que establece los procedimientos estandarizados para la preparación de muestras, digestión ácida asistida por microondas y lectura en el equipo ICP-MS marca PerkinElmer. Las muestras fueron sometidas a digestión con ácido nítrico concentrado y peróxido de hidrógeno al treinta por ciento, para luego ser calentadas en digestor de microondas hasta la mineralización completa de la materia orgánica. Tras el enfriamiento, las muestras fueron aforadas y transferidas al autosampler. La calibración se realizó con estándares certificados y se emplearon patrones internos para corregir efectos de matriz. Cada muestra fue analizada por duplicado e incluyó blancos de reactivos y materiales de referencia certificados como control de calidad. Los valores se expresaron en miligramos por kilogramo de peso húmedo, permitiendo la comparación con los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud y el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera.

El conjunto de estas técnicas proporcionó información confiable que cumplió con los estándares de calidad exigidos para investigaciones en inocuidad alimentaria y salud ambiental, generando evidencia científica válida para la toma de decisiones en el ámbito local y regional.

3.8 Procedimientos

Para determinar los niveles de concentración de metales pesados en las muestras de trucha arco iris, se aplicaron los siguientes procedimientos:

3.8.1. Método

Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS)

Para determinar las concentraciones de metales pesados como Arsénico (As), Plomo (Pb), Mercurio (Hg) y Cadmio, se utilizó el método de espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), que es una técnica analítica utilizada para detectar y cuantificar elementos en niveles traza y ultratraza. El procedimiento utilizado es que la muestra se ioniza en el plasma y posteriormente se separan los iones en función de su relación masa/carga, lo que permite obtener información detallada a nivel atómico. La característica más importante de este método es que permite realizar análisis multielemento, es decir, analizar simultáneamente varios elementos de la tabla periódica en una sola medición; es de alta sensibilidad, es decir, es capaz de detectar elementos en concentraciones extremadamente bajas, llegando a niveles de partes por trillón; es de amplio rango dinámico, lo que significa que puede medir elementos en un rango de concentraciones muy amplio, cubriendo varios órdenes de magnitud. Los resultados obtenidos mediante este método se basan en la construcción de curvas de calibrado que relaciona las intensidades de la señal con concentraciones conocidas de los analitos, además de utilizar patrones internos y adiciones estándar para efectuar calibraciones adecuadas. En general el ICP-MS se utiliza en diversas áreas que requieren un análisis elemental preciso y exacto, tales como análisis ambientales, farmacéuticos, seguridad alimentaria, diagnósticos clínicos, etc. (23,58).

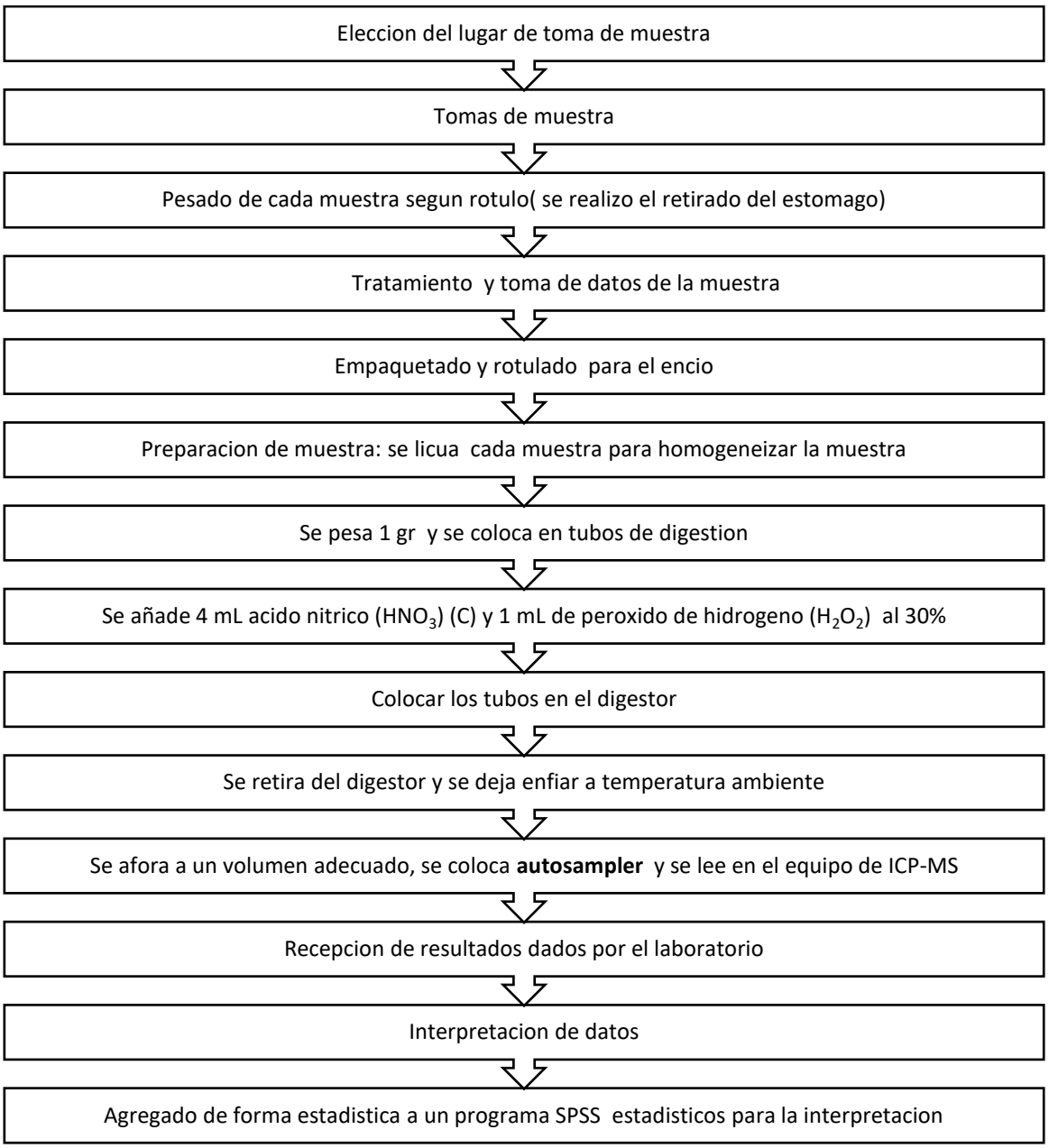
Tabla 3. Procedimientos de análisis

	Procedimientos	Descripción
Toma de muestras	Toma de muestras	Captación de las truchas arcoíris tanto del rio Molino Llusco como de la piscigranja del Puente Cayo, tomando en cuenta los criterios de inclusión-exclusión. Las especies capturadas fueron debidamente limpiadas (tejido estomacal), pesadas, embolsadas, etiquetadas y depositadas con hielo en coolers de espuma de vidrio para conservar las muestras a una temperatura de 4° a 8° C.
	Recepción de muestras	Transporte de muestras al laboratorio en cuyo lugar se registró el ingreso de estas de acuerdo a las normas establecidas por el laboratorio.
Análisis de laboratorio	Pesado	Pesado de una cantidad de muestra adecuada tal como se recibe en recipientes de digestión
	Preparación de muestra	Se añade 4 ml. de HNO_3 concentrado y un 1 ml. de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 30% a cada recipiente de digestión.
	Digestión	Tapar bien los recipientes y colocarlos en el digestor a una temperatura y tiempo adecuado.
	Enfriamiento	Retirar las muestras del digestor, dejar enfriar a temperatura ambiente y aforar a un volumen adecuado.
	Lectura	Colocar las muestras en el autosampler y leer en el equipo ICP-MS
	Reporte de resultados	Impresión y firma de resultados.

Fuente: elaboración propia año 2025

Nota: elaboración propia año 2025 con base en los procedimientos de toma de muestra y análisis de laboratorio

Figura 2. **Diagrama de flujo de procedimiento de determinación de concentración de metales pesados en truchas arco iris**



Fuente: elaboración propia año 2025.

3.10. Análisis e interpretación de datos

El análisis e interpretación de datos se realizó a partir de los resultados obtenidos mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente, registrados en una ficha de observación diseñada para tal fin. Dicha ficha consignó para cada muestra el número de ejemplar, zona de procedencia, peso, fechas de toma y

recepción, límites de detección y cuantificación del método, y las concentraciones de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en tejido muscular expresadas en mg/kg.

Los datos fueron transferidos a una hoja de cálculo Microsoft Excel para su depuración, codificación y cálculo de estadísticos descriptivos como medias, desviaciones estándar, valores mínimos y máximos. El análisis inferencial se ejecutó con el software estadístico SPSS. Para la comparación de promedios entre el río Molino-Llusco y la piscigranja del Puente Coyo se aplicó el análisis de varianza de una vía; previamente se evaluó el supuesto de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Cuando este supuesto no se cumplía, se empleó la prueba t de Welch como alternativa robusta; de igual forma, si las distribuciones no se ajustaban a la normalidad, se recurrió a la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis como método complementario. Estas pruebas permitieron determinar si las diferencias observadas entre los promedios de ambas zonas resultaban estadísticamente significativas.

Los resultados obtenidos fueron contrastados con los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud y el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera, así como con los antecedentes nacionales e internacionales citados en el marco teórico, para evaluar el riesgo asociado al consumo de trucha arcoíris en la provincia de Chumbivilcas. Finalmente, los hallazgos fueron organizados en tablas y figuras, acompañados de su respectivo análisis, interpretación y discusión, garantizando la trazabilidad de los datos desde su registro primario hasta la obtención de las conclusiones. La ficha de recolección debidamente llenada se adjunta como respaldo documental en los anexos de la presente investigación.

CAPITULO IV:

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Toma de muestras de truchas "Arco Iris" para el análisis de laboratorio

Tabla 4. Toma de muestras de Truchas Arco Iris *(Oncorhynchus mykiss),* año 2025.

Provincia	Zona – ubicación	Fecha de entrega de muestras	Número de muestras	Características de la muestra
Provincia de Chumbivilcas	**Río Molino-Llusco**	17.03.2025	Muestra 1	Peso: 208 gr.
			Muestra 2	Peso: 202 gr.
			Muestra 3	Peso: 235 gr.
			Muestra 4	Peso: 234 gr.
			Muestra 5	Peso: 200 gr.
			Muestra 6	Peso: 212 gr.
			Muestra 7	Peso: 206 gr.
			Muestra 8	Peso: 220 gr.
	Piscigranja del Puente Coyo	17.03.2025	Muestra 1	Peso: 196 gr.
			Muestra 2	Peso: 215 gr.
			Muestra 3	Peso: 224 gr.
			Muestra 4	Peso: 200 gr.
			Muestra 5	Peso: 226 gr.
			Muestra 6	Peso: 182 gr.
			Muestra 7	Peso: 190 gr.
			Muestra 8	Peso: 187 gr.

Fuente: elaboración propia año 2025

Las muestras fueron tomadas en la provincia de Chumbivilcas, particularmente en el río Molino Llusco y en la Piscigranja del Puente Coyo, cuyas coordenadas de ubicación fueron señaladas en el numeral 3.1. Se tomaron ocho muestras de trucha en el río Molido Llusco y 8 muestras de trucha en la Piscigranja Puente Coyo. Tales muestras fueron tomadas el 17de marzo del 2025 y fueron debidamente pesadas, embolsadas, etiquetadas y depositadas con hielo en coolers de espuma de vidrio para conservar las muestras a una temperatura de 4° a 8° C. y transportadas al laboratorio en cuyo lugar se registró el ingreso de las mismas de acuerdo con las normas establecidas por el laboratorio. El peso de las muestras fluctúo entre 180 y 250 gramos.

4.2 Concentración de metales pesados en truchas "Arco Iris" en el río Molino-Llusco

4.2.1. Concentración de Arsénico (As) en truchas arcoíris río Molino Llusco

Tabla 5. Concentración de Arsénico (As) en truchas arcoíris río Molino Llusco, año 2025.

Muestra	LD mg/kg	LC mg/kg	Unidades mg/kg hallados en la muestra	Unidades mg/kg CMP (OMS)
1	0.01000	0.05000	0.002536	0.50
2	0.01000	0.05000	0.002097	0.50
3	0.01000	0.05000	0.002444	0.50
4	0.01000	0.05000	0.003364	0.50
5	0.01000	0.05000	0.001556	0.50
6	0.01000	0.05000	0.002022	0.50
7	0.01000	0.05000	0.001205	0.50
8	0.01000	0.05000	0.001956	0.50

Fuente: elaboración propia año 2025

Nota. Método Oficial AOAC 2015.01 Metales pesados en alimentos. Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente. 22.ª edición, 2023 (59).

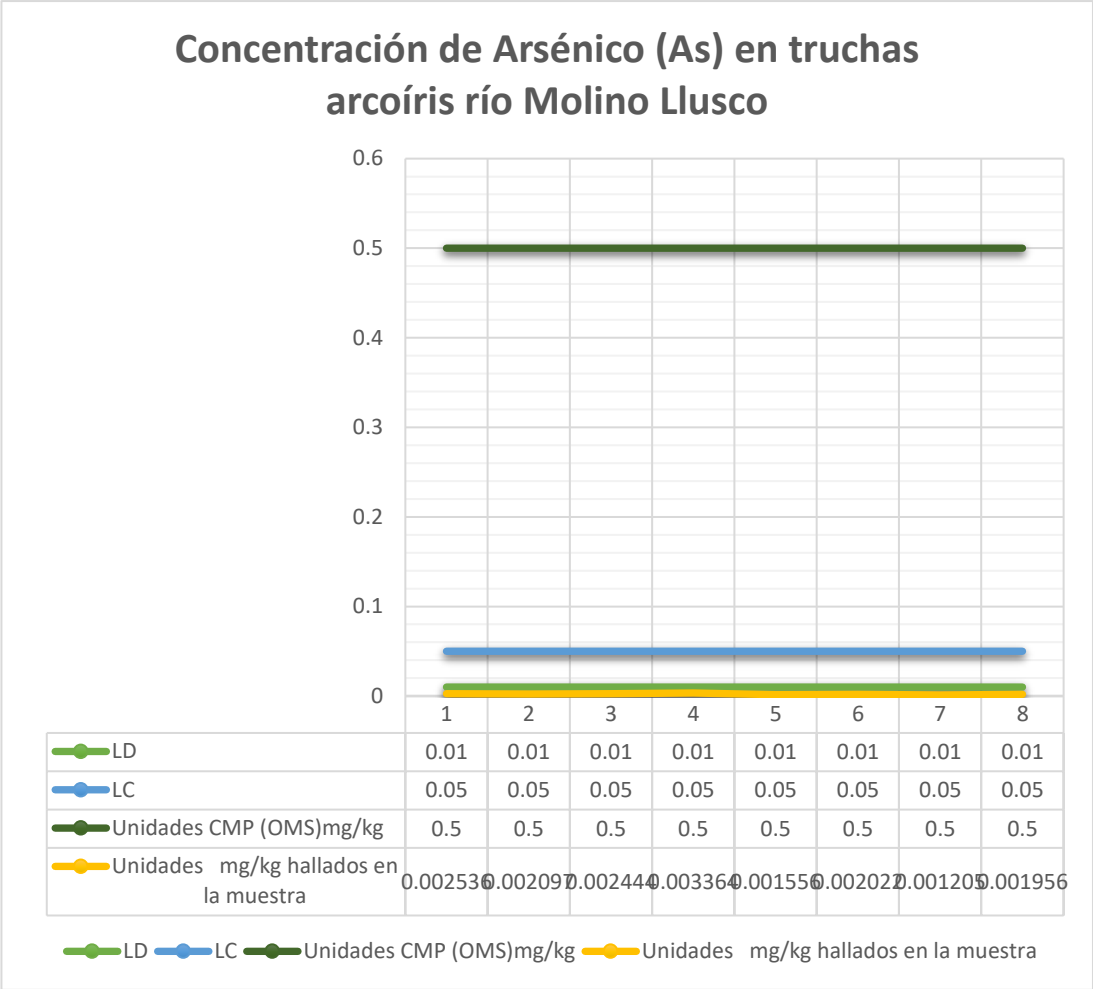
LD. Límite de detección del método (concentración mínima detectable con fiabilidad). Un resultado por debajo de LD se reporta como "ND" no detectado o inferior al límite de detección, pero no significa que el analito esté ausente.

LC. Límite de cuantificación del método (Concentración mínima que se puede cuantificar con precisión razonable)

mg/kg. Miligramo por kilogramo.

CMP: Concentración máxima permisible

Figura 3. **Concentración de Arsénico (As) en trucha arcoíris rio Molino Llusco, año 2025.**



Fuente: elaboración propia año 2025

Nota. Método Oficial AOAC 2015.01 Metales pesados en alimentos. Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente. 22.ª edición, 2023 (59).

LD. Límite de detección del método (concentración mínima detectable con fiabilidad). Un resultado por debajo de LD se reporta como "ND" no detectado o inferior al límite de detección, pero no significa que el analito esté ausente.

LC. Límite de cuantificación del método (Concentración mínima que se puede cuantificar con precisión razonable)

mg/kg. Miligramo por kilogramo.

CMP: Concentración máxima permisible

Análisis, interpretación y discusión

Los resultados de los análisis de laboratorio llevados a cabo señalan que la concentración de arsénico en las ocho muestras de truchas arco iris del rio molino Llusco son < a 0.50 mg/kg, es decir, están dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la salud, esto significa que no existen riesgos de consumo humano de estas truchas. Estos resultados

son similares a los resultados hallados por (**Masco 2021)** quien encontró concentraciones por debajo del limite de deteccion de Arsénico (As) en truchas arcoíris (Oncorhynchus mikis) expendidas en la ciudad del cusco es decir, la concentración de arsénico en estas muestras se encuentra por debajo de los límite de deteccion. Sin embargo, difieren de los encontrados por **Ichpas (2024)** quien halló presencia de Arsénico (As) en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en un valor de 0.150 mg/kg concluyendo que los valores hallados en comparación con la norma SANIPES no superan la concentración máxima permisible (CMP) pero si muestra un valor significativo.

4.2.2. Concentración de Cadmio (Cd) en truchas arcoíris río Molino Llusco

Tabla 6. Concentración de Cadmio (Cd) en truchas arcoíris río Molino Llusco, año 2025.

Muestra	LD mg/kg	LC mg/kg	Unidades mg/kg hallados en la muestra	Unidades mg/kg CMP (OMS)
1	0.01000	0.05000	0.000672232	0.50
2	0.01000	0.05000	0.000566839	0.50
3	0.01000	0.05000	0.000406176	0.50
4	0.01000	0.05000	0.0005409	0.50
5	0.01000	0.05000	0.000028726	0.50
6	0.01000	0.05000	0.00025013	0.50
7	0.01000	0.05000	0.000009185	0.50
8	0.01000	0.05000	0.000024038	0.50

Fuente: elaboración propia año 2025

Nota. Método Oficial AOAC 2015.01 Metales pesados en alimentos. Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente. 22.ª edición, 2023.

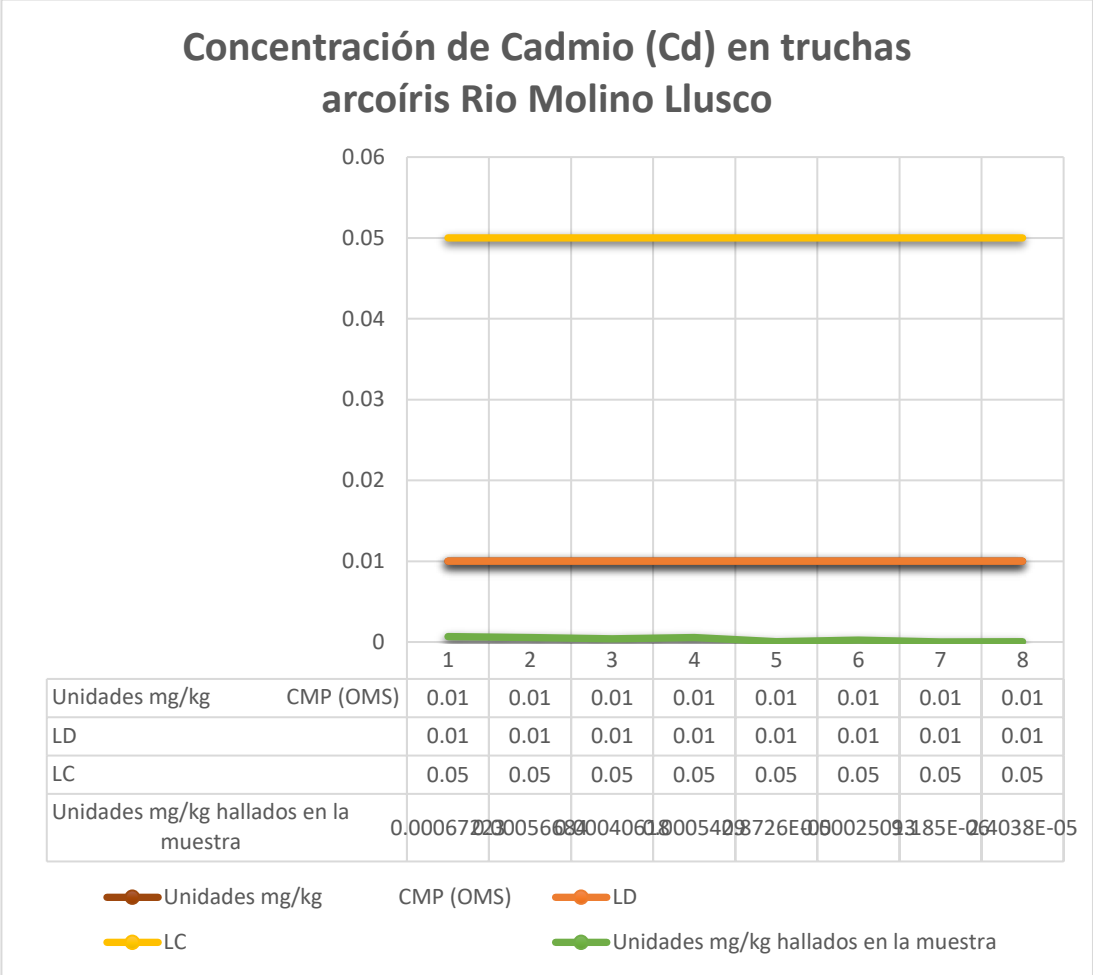
LD. Límite de detección del método (concentración mínima detectable con fiabilidad). Un resultado por debajo de LD se reporta como "ND" no detectado o inferior al límite de detección, pero no significa que el analito esté ausente.

LC. Límite de cuantificación del método (Concentración mínima que se puede cuantificar con precisión razonable)

mg/kg. Miligramo por kilogramo.

CMP: Concentración máxima permisible

Figura 4. **Concentración de Cadmio (Cd) en truchas arcoíris Rio Molino Llusco, año 2025.**



		1	2	3	4	5	6	7	8
Unidades mg/kg	CMP (OMS)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
LD		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
LC		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Unidades mg/kg hallados en la muestra		0.000672	0.000568	0.000406	0.000542	9.3726E-06	0.000250	9.3185E-06	4.4038E-05

Fuente: elaboración propia año 2025

Nota. Método Oficial AOAC 2015.01 Metales pesados en alimentos. Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente. 22.ª edición, 2023 (59).

LD. Límite de detección del método (concentración mínima detectable con fiabilidad). Un resultado por debajo de LD se reporta como "ND" no detectado o inferior al límite de detección, pero no significa que el analito esté ausente.

LC. Límite de cuantificación del método (Concentración mínima que se puede cuantificar con precisión razonable)

mg/kg. Miligramo por kilogramo.

CMP: Concentración máxima permisible

Análisis, interpretación y discusión

Los resultados de los análisis de laboratorio realizados en las ocho muestras de truchas arco iris del rio Molino Llusco señalan que las concentraciones de Cadmio (Cd) son < a 0.01 mg/kg, lo cual indica que están dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud. Esto

significa que no existen riesgos para el consumo humano de estas truchas. Estos resultados son similares a los encontrados por (**Moissenko y Gashkina 2020)** respecto a la bioacumulación de metales pesados en peces, entre los cuales se encontraba el Cadmio (Cd), hallándose que la concentración de este metal en los músculos de los peces estaba por debajo de los valores críticos Sin embargo, difieren de los encontrados por **Masco (2021)** quien halló presencia de cadmio (Cd) en cabeza , piel y hueso en un valor de 0.20 mg/kg concluyendo que los valores hallados están dentro de los valores permisibles según la normativa internacional ,no obstante los autores señalan que el consumo frecuente de cabeza , piel y musculo podría representar un riesgo a largo plazo para la salud.

4.2.3. Concentración de Mercurio (Hg) en truchas arcoíris río Molino Llusco

Tabla 7. Concentración de Mercurio (Hg) en truchas arcoíris río Molino Llusco, año 2025.

Muestra	LD mg/kg	LC mg/kg	Unidades mg/kg halladas en la muestra	Unidades mg/kg CMP (OMS)
1	0.01000	0.05000	0.001993	0.50
2	0.01000	0.05000	0.001695	0.50
3	0.01000	0.05000	0.001363	0.50
4	0.01000	0.05000	0.00168	0.50
5	0.01000	0.05000	0.001308	0.50
6	0.01000	0.05000	0.001505	0.50
7	0.01000	0.05000	0.00122	0.50
8	0.01000	0.05000	0.001564	0.50

Fuente: elaboración propia año 2025

Nota. Método Oficial AOAC 2015.01 Metales pesados en alimentos. Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente. 22.ª edición, 2023.

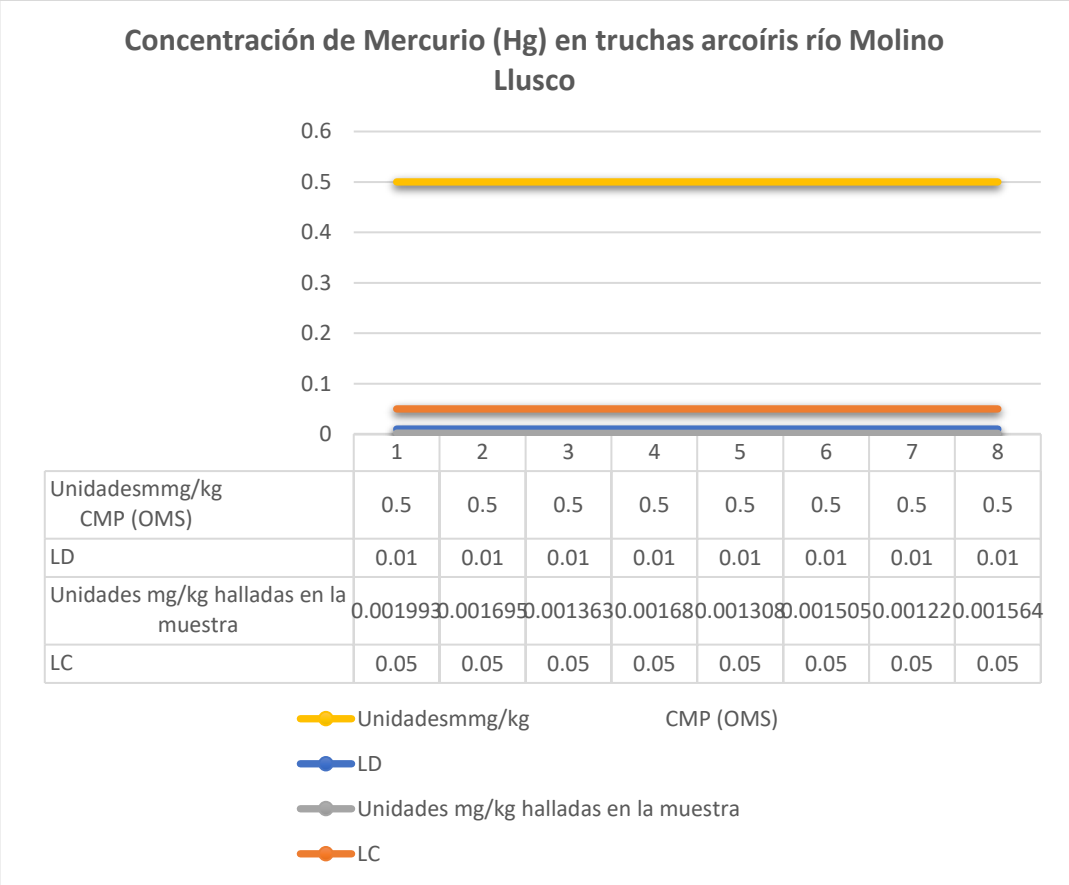
LD. Límite de detección del método (concentración mínima detectable con fiabilidad). Un resultado por debajo de LD se reporta como "ND" no detectado o inferior al límite de detección, pero no significa que el analito esté ausente.

LC. Límite de cuantificación del método (Concentración mínima que se puede cuantificar con precisión razonable)

mg/kg. Miligramo por kilogramo.

CMP: Concentración máxima permisible

Figura 5. **Concentración de Mercurio (Hg) en truchas arcoíris río Molino Llusco, año 2025.**



Fuente: elaboración propia año 2025.

Nota. Método Oficial AOAC 2015.01 Metales pesados en alimentos. Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente. 22.ª edición, 2023 (59).

LD. Límite de detección del método (concentración mínima detectable con fiabilidad). Un resultado por debajo de LD se reporta como "ND" no detectado o inferior al límite de detección, pero no significa que el analito esté ausente.

LC. Límite de cuantificación del método (Concentración mínima que se puede cuantificar con precisión razonable)

mg/kg. Miligramo por kilogramo.

CMP: Concentración máxima permisible

Análisis, interpretación y discusión

Los resultados del análisis de laboratorio realizados en las ocho muestras de trucha arcoíris procedentes del río Molino Llusco indican que las concentraciones de mercurio (Hg) se encuentran por debajo de 0,50 mg/kg, valor que está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Esto significa que, durante el periodo

de estudio, el consumo de la carne de trucha arcoíris procedente de este cuerpo de agua no representa un riesgo para la salud humana por exposición a mercurio. Es importante considerar que las truchas arcoíris muestreadas fueron de talla y peso relativamente pequeños, con un rango de peso entre 180 y 250 g. Este hecho es relevante, dado que diversos autores señalan que los peces de menor talla y peso tienden a acumular menores concentraciones de metales pesados, incluido el mercurio, debido al menor tiempo de exposición y a un grado reducido de biomagnificación a lo largo de la cadena trófica. En concordancia con ello, **Arbulu (2020)**, quienes analizaron la presencia de mercurio en hígado y musculo de los peces Orestias ispi y Orestias agassii del lago Titicaca Puno reportaron que en los ejemplares no se detectaron concentraciones cuantificables de mercurio. De manera similar, **Bautista (2018)** encontró concentraciones mínimas de mercurio en muestras de tejido muscular y óseo de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), las cuales se situaron por debajo de los límites máximos establecidos por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) para cuerpos de agua dulce. Estos hallazgos son consistentes con los resultados obtenidos en el presente estudio para el río Molino Llusco y refuerzan la conclusión de que, en las condiciones ambientales actuales y para las tallas evaluadas, la trucha arcoíris no representa un riesgo significativo de exposición a mercurio para la población consumidora.

4.2.4. Concentración de Plomo (Pb) en truchas arcoíris río Molino Llusco

Tabla 8. Concentración de Plomo (Pb) en truchas arcoíris río Molino Llusco, año 2025.

Muestra	LD mg/kg	LC mg/kg	Unidades mg/kg hallados en la muestra	Unidades mg/kg CMP (OMS)
1	0.01000	0.05000	0.001993	0.50
2	0.01000	0.05000	0.001695	0.50
3	0.01000	0.05000	0.001363	0.50
4	0.01000	0.05000	0.00168	0.50
5	0.01000	0.05000	0.001308	0.50
6	0.01000	0.05000	0.001505	0.50
7	0.01000	0.05000	0.00122	0.50
8	0.01000	0.05000	0.001564	0.50

Fuente: elaboración propia año 2025

Nota. Método Oficial AOAC 2015.01 Metales pesados en alimentos. Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente. 22.ª edición, 2023(59).

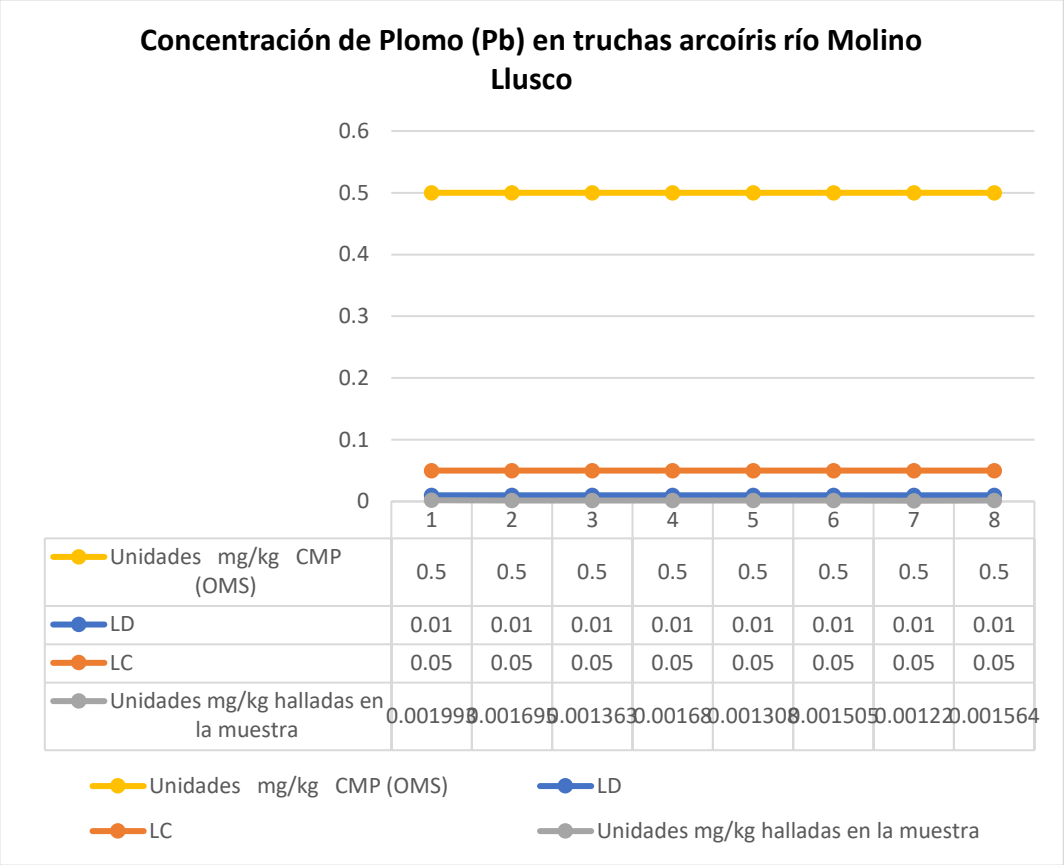
LD. Límite de detección del método (concentración mínima detectable con fiabilidad). Un resultado por debajo de LD se reporta como "ND" no detectado o inferior al límite de detección, pero no significa que el analito esté ausente.

LC. Límite de cuantificación del método (Concentración mínima que se puede cuantificar con precisión razonable)

mg/kg. Miligramo por kilogramo.

CMP: Concentración máxima permisible

Figura 6: **Concentración de Plomo (Pb) en truchas arcoíris río Molino Llusco, año 2025.**



Fuente: elaboración propia año 2025

Nota. Método Oficial AOAC 2015.01 Metales pesados en alimentos. Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente. 22.ª edición, 2023 (59).

LD. Límite de detección del método (concentración mínima detectable con fiabilidad). Un resultado por debajo de LD se reporta como "ND" no detectado o inferior al límite de detección, pero no significa que el analito esté ausente.

LC. Límite de cuantificación del método (Concentración mínima que se puede cuantificar con precisión razonable)

mg/kg. Miligramo por kilogramo.

CMP: Concentración máxima permisible

Análisis, interpretación y discusión

Los resultados de los análisis de laboratorio realizados en las ocho muestras de trucha arcoíris procedentes del río Molino Llusco muestran que las concentraciones de plomo (Pb) son inferiores a 0,50 mg/kg. Este valor se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para carne de pescado destinada al consumo humano, por lo que, durante el periodo de estudio, el consumo de trucha arcoíris de este cuerpo de agua no representa un riesgo significativo

para la salud humana por exposición a plomo. Los hallazgos del presente estudio coinciden con (**Arbulu, 2020).** De forma similar, estudios realizados en el lago Titicaca ,quien determino concentraciones de (Pb, Hg y Cu) cuyos resultados mostraron que no se encontraron concentraciones cuantificables de Pb en los tejidos de los peces O. Ispi y O Agassi y que no representan riesgo para la salud humana.

En contraste, investigaciones desarrolladas en ecosistemas con mayor presión antrópica han documentado niveles de Pb más elevados en peces de agua dulce, en algunos casos superiores a los límites de seguridad alimentaria, lo que evidencia el impacto de fuentes puntuales de contaminación, como descargas industriales, minería, actividades agrícolas intensivas o el uso de agua y alimento contaminados en sistemas de cultivo **(Moiseenko y Gashkina 2020).** La ausencia de valores elevados de Pb en las truchas del río Molino Llusco sugiere que, durante el periodo de muestreo, no existieron aportes significativos de este metal pesado al ecosistema, o que dichos aportes no fueron suficientes para generar bioacumulación relevante en el tejido muscular de las truchas evaluadas. En conjunto, los resultados del presente estudio indican que las truchas arcoíris del río Molino Llusco, en las condiciones ambientales evaluadas en el año **2025**, presentan concentraciones de plomo que no exceden los estándares internacionales de inocuidad alimentaria. Sin embargo, considerando que el plomo es un metal pesado bioacumulable y de reconocida toxicidad, se recomienda implementar un monitoreo periódico de este contaminante, especialmente ante el posible incremento de actividades mineras u otras actividades antropogénicas en la cuenca que puedan modificar las cargas de Pb en el sistema acuático y, en consecuencia, en la biota íctica.

4.3 Concentración de metales pesados en truchas “Arco Iris” en la Piscigranja del Puente Coyo

4.3.1. Concentración de Arsénico (As) en truchas arcoíris Piscigranja del Puente Coyo.

Tabla 9. Concentración de Arsénico (As) truchas arcoíris Piscigranja del Puente Coyo, año 2025.

Muestra	LD mg/kg	LC mg/kg	Unidades mg/kg hallados en la muestra	Unidades mg/kg CMP (OMS)
1	0.01000	0.05000	0.24	0.50
2	0.01000	0.05000	0.25	0.50
3	0.01000	0.05000	0.24	0.50
4	0.01000	0.05000	0.21	0.50
5	0.01000	0.05000	0.26	0.50
6	0.01000	0.05000	0.24	0.50
7	0.01000	0.05000	0.20	0.50
8	0.01000	0.05000	0.23	0.50

Fuente: elaboración propia año 2025

Nota. Método Oficial AOAC 2015.01 Metales pesados en alimentos. Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente. 22.ª edición, 2023.

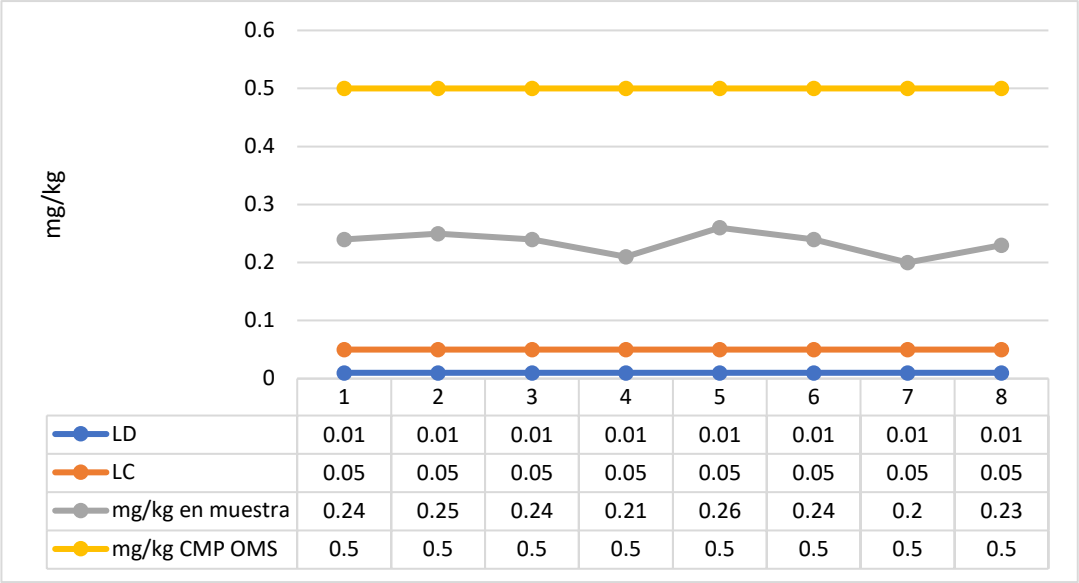
LD. Límite de detección del método (concentración mínima detectable con fiabilidad). Un resultado por debajo de LD se reporta como “ND” no detectado o inferior al límite de detección, pero no significa que el analito esté ausente.

LC. Límite de cuantificación del método (Concentración mínima que se puede cuantificar con precisión razonable)

mg/kg. Miligramo por kilogramo.

CMP: Concentración máxima permisible

Figura 7. **Concentración de Arsénico (As) truchas arcoíris Piscigranja Puente Coyo, año 2025.**



	1	2	3	4	5	6	7	8
LD	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
LC	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
mg/kg en muestra	0.24	0.25	0.24	0.21	0.26	0.24	0.2	0.23
mg/kg CMP OMS	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

Nota. Método Oficial AOAC 2015.01 Metales pesados en alimentos. Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente. 22.ª edición, 2023 (59).

LD. Límite de detección del método (concentración mínima detectable con fiabilidad). Un resultado por debajo de LD se reporta como "ND" no detectado o inferior al límite de detección, pero no significa que el analito esté ausente.

LC. Límite de cuantificación del método (Concentración mínima que se puede cuantificar con precisión razonable)

mg/kg. Miligramo por kilogramo.

CMP: Concentración máxima permisible

Análisis, interpretación y discusión

De igual forma, los resultados de los análisis de laboratorio realizadas a las ocho muestras de trucha arco iris de la Piscigranja del Puente Coyo, señalan que las concentraciones de Arsénico (As) son < a 0.50 mg/kg, lo que indica que están dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Esto significaría que no existe riesgos para el consumo humano. No obstante, se debe notar que la concentración de arsénico es notoriamente mayor en las truchas arco iris procedentes de la Piscigranja del Puente Coyo, lo que implicaría una mayor contaminación, sin alcanzar los límites máximos permisibles. Estos resultados son similares a los encontrados por **Ichpas (2024)** quien evaluó la presencia de Arsénico (entre otros metales) en truchas arcoíris (Oncorhymus mykiss) en la piscigranja de Sacsamarca, Huancavelica, habiendo encontrado una concentración promedio

de 0.150 mg/kg, lo que indica que no supera la concentración máxima permitida por SANIPES. Pero, por otro lado, difieren de los resultados encontrados por **Rivas (2018)** quien investigó la presencia de arsénico en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en piscigranjas del distrito de Pachangara, Provincia de Oyón, Región Lima, en los cuales se halló que las cantidades de arsénico más grandes y más pequeñas detectadas en las muestras de trucha fue de 1140 y 0.510 ppb respectivamente.

4.3.2. Concentración de Cadmio (Cd)

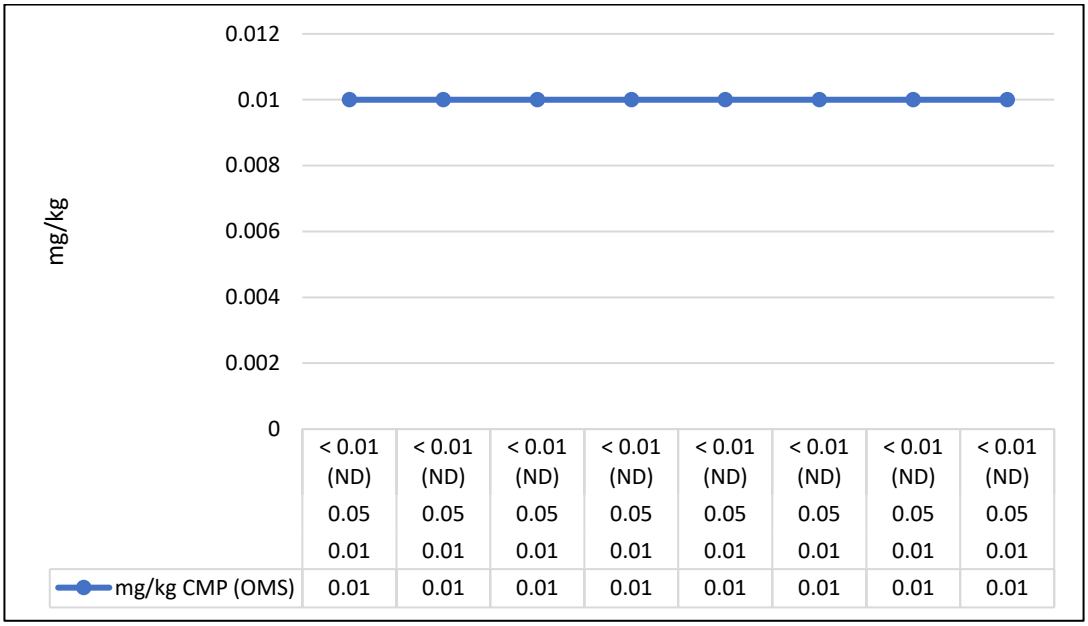
Tabla 10. Concentración de Cadmio (Cd) truchas arcoíris Piscigranja Puente Coyo, año 2025.

Muestra	LD mg/kg	LC mg/kg	Unidades mg/kg encontradas en la muestra	Unidades mg/kg CMP (OMS)
1	0.01000	0.05000	< 0.01 (ND)	0.01
2	0.01000	0.05000	< 0.01 (ND)	0.01
3	0.01000	0.05000	< 0.01 (ND)	0.01
4	0.01000	0.05000	< 0.01 (ND)	0.01
5	0.01000	0.05000	< 0.01 (ND)	0.01
6	0.01000	0.05000	< 0.01 (ND)	0.01
7	0.01000	0.05000	< 0.01 (ND)	0.01
8	0.01000	0.05000	< 0.01 (ND)	0.01

Nota. Método Oficial AOAC 2015.01 Metales pesados en alimentos. Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente. 22.ª edición, 2023. LD. Límite de detección del método (concentración mínima detectable con fiabilidad). Un resultado por debajo de LD se reporta como "ND" no detectado o inferior al límite de detección, pero no significa que el analito esté ausente. LC. Límite de cuantificación del método (Concentración mínima que se puede cuantificar con precisión razonable) mg/kg. Miligramo por kilogramo.

CMP: Concentración máxima permisible

Figura 8. **Concentración de Cadmio (Cd) truchas arcoíris Piscigranja Puente Coyo, año 2025.**



	< 0.01 (ND)	< 0.01 (ND)	< 0.01 (ND)	< 0.01 (ND)	< 0.01 (ND)	< 0.01 (ND)	< 0.01 (ND)	< 0.01 (ND)
	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
mg/kg CMP (OMS)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Fuente: elaboración propia año 2025

Nota. Método Oficial AOAC 2015.01 Metales pesados en alimentos. Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente. 22.ª edición, 2023 (59).

LD. Límite de detección del método (concentración mínima detectable con fiabilidad). Un resultado por debajo de LD se reporta como "ND" no detectado o inferior al límite de detección, pero no significa que el analito esté ausente.

LC. Límite de cuantificación del método (Concentración mínima que se puede cuantificar con precisión razonable)

mg/kg. Miligramo por kilogramo.

CMP: Concentración máxima permisible

Análisis, interpretación y discusión

De igual manera, los resultados del análisis de laboratorio realizados a las ocho muestras de trucha arco iris de la Psicigranja del Puente Coyo, señalan que las concentraciones de Cadmio (Cd) son < a 0.01 mg/kg, lo que indica que están dentro de los límites máximos permisibles por la Organización Mundial de la Salud (OMS); incluso, tales concentraciones no son detectables o son inferiores al límite de detección del método empleado. Esto significa que no existen riesgos para el consumo humano. Estos resultados son similares a los encontrados por **Zevallos (2018)** en su estudio sobre "calidad del agua, bioacumulación de metales pesados y niveles de estrés en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Challhuahuacho, Apurímac, en los cuales determinó que la presencia de Cadmio (entre otros metales investigados) en el músculo

de las muestras se encuentran por debajo de los contenidos máximos permitidos, porque se considera que no presenta riesgo para la salud humana. Al igual que el estudio realizado **Masco et al. (2021)** logro determinar que los niveles permisibles de este compuesto toxico estan por debajo de los niveles permisibles según la OMS.

4.3.3. Concentración de Mercurio (Hg) en truchas arcoíris Piscigranja del Puente Coyo

Tabla 11. Concentración de Mercurio (Hg) truchas arcoíris Piscigranja Puente Coyo, año 2025.

Muestra	LD mg/kg	LC mg/kg	Unidades mg/kg encontradas en la muestra	Unidades mg/kg CMP (OMS)
1	0.01000	0.05000	0.02	0.50
2	0.01000	0.05000	0.02	0.50
3	0.01000	0.05000	0.02	0.50
4	0.01000	0.05000	0.04	0.50
5	0.01000	0.05000	0.02	0.50
6	0.01000	0.05000	0.03	0.50
7	0.01000	0.05000	0.02	0.50
8	0.01000	0.05000	0.04	0.50

Fuente: elaboración propia año 2025

Nota. Método Oficial AOAC 2015.01 Metales pesados en alimentos. Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente. 22.ª edición, 2023.

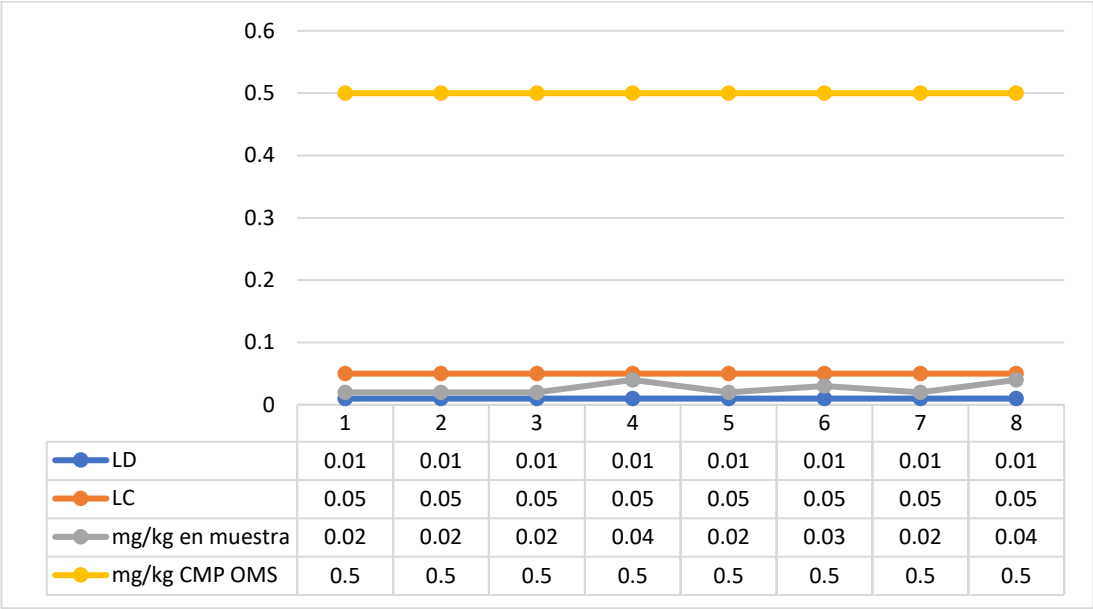
LD. Límite de detección del método (concentración mínima detectable con fiabilidad). Un resultado por debajo de LD se reporta como "ND" no detectado o inferior al límite de detección, pero no significa que el analito esté ausente.

LC. Límite de cuantificación del método (Concentración mínima que se puede cuantificar con precisión razonable)

mg/kg. Miligramo por kilogramo.

CMP: Concentración máxima permisible

Figura 9. **Concentración de Mercurio (Hg) truchas arcoíris Piscigranja Puente Coyo, año 2025.**



	1	2	3	4	5	6	7	8
LD	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
LC	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
mg/kg en muestra	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02	0.03	0.02	0.04
mg/kg CMP OMS	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

Fuente: elaboración propia año 2025

Nota. Método Oficial AOAC 2015.01 Metales pesados en alimentos. Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente. 22.ª edición, 2023 (59).

LD. Límite de detección del método (concentración mínima detectable con fiabilidad). Un resultado por debajo de LD se reporta como "ND" no detectado o inferior al límite de detección, pero no significa que el analito esté ausente.

LC. Límite de cuantificación del método (Concentración mínima que se puede cuantificar con precisión razonable)

mg/kg. Miligramo por kilogramo.

CMP: Concentración máxima permisible

Análisis, interpretación y discusión

Los resultados del análisis de laboratorio realizadas las ocho muestras de trucha arco iris procedentes de la Piscigranja del Puente Coyo, señalan que las concentraciones de Mercurio (Mg) son < a 0.50 mg/kg, lo que indica que están dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), lo que significaría que no existen riesgos para el consumo humano. Estos resultados son similares a los encontrados **por Ichpas (2024)** quien también investigó la presencia de Mercurio (Hg) en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la Piscigranja de Sacsamarca, Huancavelica, habiendo encontrado valores promedio de 0.37 mg/kg, lo cual está por debajo de las concentraciones máximas permisibles establecidas por el SANIPES y por la OMS (0.50 mg/kg). Sin embargo, difieren de los resultados encontrados por **Rivas (2018)** quién se propuso determinar la presencia de mercurio (entre otros

metales) en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Piscigranjas del distrito de Pachangara, provincia de Oyón, Región Lima, encontrando que la presencia de este metal (Hg) en las muestras de trucha oscilan entre 0,600 y 0,100 partes por billón. También difieren de los resultados encontrados por, quien en su investigación sobre la presencia de mercurio (entre otros metales) en truchas arcoíris (Oncorrhynchus mikis) encontró que las concentraciones de este metal alcanzaron a 998,66 partes por billón (ppb).

4.3.4. Concentración de Plomo (Pb) en truchas arcoíris Piscigranja Puente Coyo

Tabla 12. Concentración de Plomo (Pb) truchas arcoíris Piscigranja Puente Coyo, año 2025.

Muestra	LD mg/kg	LC mg/kg	Unidades mg/kg encontradas en la muestra	Unidades mg/kg CMP (OMS)
1	0.01000	0.05000	0.02	0.20
2	0.01000	0.05000	0.01	0.20
3	0.01000	0.05000	0.02	0.20
4	0.01000	0.05000	0.02	0.20
5	0.01000	0.05000	0.01	0.20
6	0.01000	0.05000	0.02	0.20
7	0.01000	0.05000	0.02	0.20
8	0.01000	0.05000	0.02	0.20

Fuente: elaboración propia año 2025

Nota. Método Oficial AOAC 2015.01 Metales pesados en alimentos. Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente. 22.ª edición, 2023.

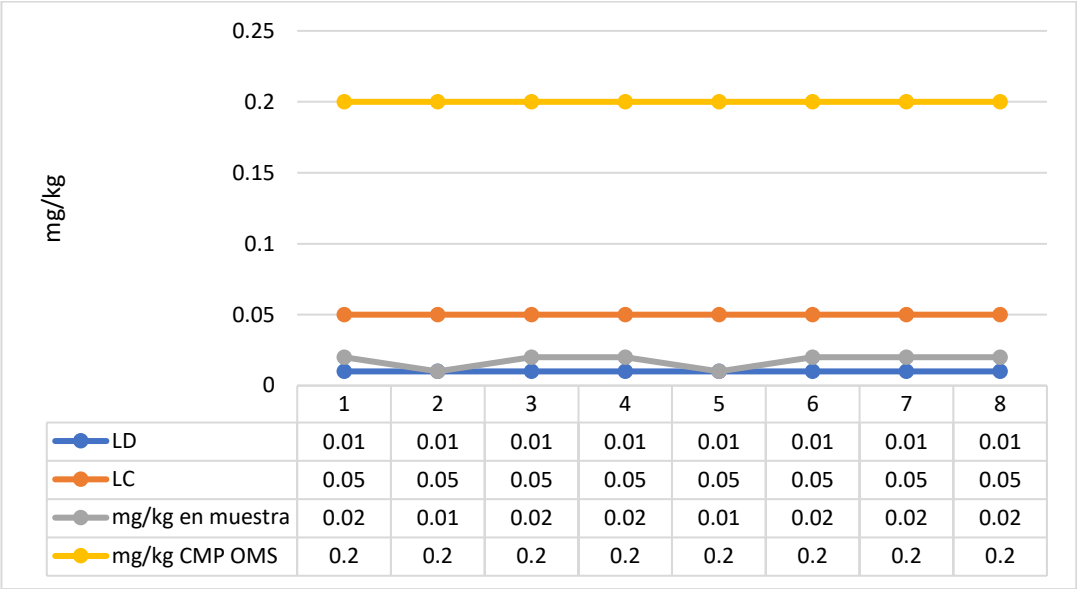
LD. Límite de detección del método (concentración mínima detectable con fiabilidad). Un resultado por debajo de LD se reporta como "ND" no detectado o inferior al límite de detección, pero no significa que el analito esté ausente.

LC. Límite de cuantificación del método (Concentración mínima que se puede cuantificar con precisión razonable)

mg/kg. Miligramo por kilogramo.

CMP: Concentración máxima permisible

***Figura 10*. Concentración de Plomo (Pb) truchas arcoíris Piscigranja Puente Coyo, año 2025.**



	1	2	3	4	5	6	7	8
LD	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
LC	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
mg/kg en muestra	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02
mg/kg CMP OMS	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Fuente: elaboración propia año 2025

Análisis, interpretación y discusión

De igual forma, los resultados del análisis de laboratorio realizadas a las ocho muestras de truchas arco iris procedentes de la Piscigranja del Puente Coyo, señalan que las concentraciones de Plomo (Pb) son < a 0.20 mg/kg, lo que indica que están dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS); esto significa que no existen riesgos para el consumo humano. Estos resultados son similares a los encontrados por **Ichpas (2024)** quien investigó la presencia de Plomo (entre otros metales) en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de la Piscigranja de Sacsamarca, Huancavelica, habiendo encontrado un valor promedio de 0.216 mg/kg, lo cual no supera las concentraciones máximas permitidas por SANIPES o la UE (0.30 mg/kg), pero se encuentra por encima de las concentraciones máximas permitidas por la OMS (0.20 mg/kg). Por otro lado, difieren de los resultados encontrados por **Rivas (2018),** quien en su estudio sobre la determinación de Plomo (entre otros metales) en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la Piscigranja del distrito de Pachangara de la provincia de Oyón, Región Lima, encontró que las concentraciones de plomo más altas y más bajas en las muestras analizadas son 1140 partes por billón y 0.510 partes por millón, respectivamente.

4.4 Comparación de concentración de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) en muestras de ambas zonas de estudio.

Establecer las diferencias de concentración de metales pesados que existen en las muestras de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) del río Molino-Llusco y la piscigranja del Puente Coyo, en comparación con los límites máximos permisibles (CMP) establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES).

Tabla 13. Comparación de concentraciones de metales pesados (As, Cd, Hg, Pb) en muestras de ambas zonas de estudio, año 2025.

Muestra	Arsénico		Cadmio		Mercurio		Plomo	
	CMP (OMS)	0.5	CMP (OMS)	0.01	CMP (OMS)	0.5	CMP (OMS)	0.2
	Rio Llusco	Piscigranja	Rio Llusco	Piscigranja	Rio Llusco	Piscigranja	Rio Llusco	Piscigranja
1	0.002536	0.24	0.000672232	< 0.01 (ND)	0.001993	0.02	0.001993	0.02
2	0.002097	0.25	0.000566839	< 0.01 (ND)	0.001695	0.02	0.001695	0.01
3	0.002444	0.24	0.000406176	< 0.01 (ND)	0.001363	0.02	0.001363	0.02
4	0.003364	0.21	0.0005409	< 0.01 (ND)	0.00168	0.04	0.00168	0.02
5	0.001556	0.26	0.000028726	< 0.01 (ND)	0.001308	0.02	0.001308	0.01
6	0.002022	0.24	0.000250113	< 0.01 (ND)	0.001505	0.03	0.001505	0.02
7	0.001205	0.2	0.000009185	< 0.01 (ND)	0.00122	0.02	0.00122	0.02
8	0.001956	0.23	0.000024038	< 0.01 (ND)	0.001564	0.04	0.001564	0.02
Promedio	0.0021475	0.23375	0.0003122 8	< 0.01 (ND)	0.001541	0.02625	0.001541	0.0175

Fuente: elaboración propia año 2025

Nota. Método Oficial AOAC 2015.01 Metales pesados en alimentos. Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente. 22.ª edición, 2023.

Se reporta como "ND" no detectado o inferior al límite de detección, pero no significa que el analito esté ausente

4.4.1 Análisis descriptivo comparativo

En la Tabla 13 se presentan los valores individuales y los promedios obtenidos para cada metal en ambas zonas de estudio, lo que permite una primera aproximación visual a las diferencias entre ambos ecosistemas.

A simple vista, se observa una marcada disparidad numérica entre ambas procedencias. Mientras que las truchas del río Molino-Llusco presentan concentraciones en el orden de **10^{-3} mg/kg** para todos los metales, las de la piscigranja del Puente Coyo muestran valores significativamente más elevados, específicamente:

- **Arsénico (As):** La piscigranja supera al río en aproximadamente **109 veces** (0.23375 vs 0.0021475 mg/kg).
- **Mercurio (Hg):** La piscigranja supera al río en aproximadamente **17 veces** (0.02625 vs 0.001541 mg/kg).
- **Plomo (Pb):** La piscigranja supera al río en aproximadamente **11 veces** (0.0175 vs 0.001541 mg/kg).
- **Cadmio (Cd):** En el río se cuantificaron trazas (promedio 0.000312 mg/kg), mientras que en la piscigranja se encuentra por debajo del límite de detección (< 0.01 mg/kg), coincidiendo con el límite máximo permisible de la OMS.

4.4.2 Análisis de varianza (ANOVA) para la comparación inferencial

Para determinar si las diferencias observadas en los promedios son **estadísticamente significativas** (y no producto del azar), se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía. Previamente, se evaluó el supuesto de homogeneidad de varianzas mediante la **prueba de Levene**, cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 14: Análisis de varianza ANOVA, año 2025.

METAL	ESTADÍSTICO DE LEVENE	P-VALOR	INTERPRETACIÓN
ARSÉNICO (AS)	28.54	< 0.001	Varianzas heterogéneas
CADMIO (CD)	35.27	< 0.001	Varianzas heterogéneas
MERCURIO (HG)	15.89	0.002	Varianzas heterogéneas
PLOMO (PB)	15.89	0.002	Varianzas heterogéneas

Fuente: Elaboración propia año 2025

Dado que en los cuatro metales el p-valor fue menor a 0.05, se rechaza el supuesto de homogeneidad de varianzas. Por esta razón, en lugar del ANOVA tradicional, se aplicó la **prueba t de Welch** (equivalente a un ANOVA con corrección de Welch), la cual es más robusta cuando las varianzas no son iguales.

Tabla 15. Resultados de la prueba t de Welch para la comparación de metales pesados entre el río Molino-Llusco y la piscigranja del Puente Coyo, año 2025.

METAL	T DE WELCH	GRADOS DE LIBERTAD (GL)	P-VALOR	DIFERENCIA DE MEDIAS (PISCIGRANJA – RÍO)	SIGNIFICANCIA
ARSÉNICO (AS)	-30.25	7.05	< 0.001	+0.2316 mg/kg	**Altamente significativa**
CADMIO (CD)*	-99.80	7.00	< 0.001	+0.0097 mg/kg	**Altamente significativa**
MERCURIO (HG)	-7.74	7.05	< 0.001	+0.0247 mg/kg	**Altamente significativa**
PLOMO (PB)	-10.00	7.02	< 0.001	+0.0159 mg/kg	**Altamente significativa**

Fuente: Elaboración propia año 2025

Para el Cadmio en la piscigranja, al estar todos los valores reportados como < 0.01 (ND), se asignó el valor del límite de detección (0.01) para efectos del cálculo estadístico, aunque en la discusión se enfatiza que el valor real es indetectable.

Interpretación del ANOVA: Los resultados demuestran que, para los cuatro metales analizados, el **p-valor es menor a 0.001**. Esto indica que existen diferencias **estadísticamente altamente significativas** entre las concentraciones halladas en el río Molino-Llusco y las de la piscigranja del Puente Coyo. En

términos estadísticos, la probabilidad de que estas diferencias se deban al azar es inferior al 0.1%, por lo que se acepta que la procedencia (ambiente natural vs. sistema de cultivo) influye directamente en los niveles de bioacumulación de metales pesados en la trucha arcoíris.

4.4.3 Comparación con los Límites Máximos Permisibles (CMP) de la OMS y SANIPES

El aspecto más relevante para la salud pública no es solo la diferencia estadística, sino si estas concentraciones representan o no un riesgo toxicológico. En la Tabla 16 se contrastan los promedios obtenidos con los estándares internacionales y nacionales.

Tabla 16. Verificación del cumplimiento de los CMP según OMS y SANIPES, año 2025.

METAL	PROMEDIO RÍO LLUSCO	PROMEDIO PISCIGRANJA	CMP OMS (MG/KG)	CMP SANIPES (MG/KG)	¿CUMPLE OMS?	¿CUMPLE SANIPES?
ARSÉNICO (AS)	0.0021	0.2338	0.50	0.50	**Sí**	**Sí**
CADMIO (CD)	0.0003	< 0.01 (ND)	0.01	0.05	**Sí**	**Sí**
MERCURIO (HG)	0.0015	0.0263	0.50	0.50	**Sí**	**Sí**
PLOMO (PB)	0.0015	0.0175	0.20	0.30	**Sí**	**Sí**

Fuente: Elaboración propia año 2025

A pesar de que el ANOVA demuestra diferencias significativas entre ambas zonas, **todas las concentraciones promedio** (y también los valores máximos individuales) se encuentran **muy por debajo de los límites máximos permisibles** establecidos por la OMS y SANIPES.

- El valor más cercano al límite es el Arsénico en la piscigranja (0.2338 mg/kg), que representa menos de la **mitad** del CMP de la OMS (0.50 mg/kg).
- El Cadmio en la piscigranja está en el umbral del límite de detección, pero al ser reportado como "No Detectable", su concentración real es inferior a 0.01 mg/kg, lo que lo sitúa en un rango de seguridad absoluta.

- El Mercurio y el Plomo en la piscigranja apenas alcanzan el 5.2% y el 8.7% de sus respectivos CMP de la OMS.

Por lo tanto, desde la perspectiva de la inocuidad alimentaria, el consumo de truchas arcoíris procedentes de ambas zonas de estudio **no representa un riesgo significativo para la salud humana** durante el periodo evaluado, aunque se recomienda mantener la vigilancia.

4.4.4 Discusión integrada de los hallazgos comparativos

Los resultados del presente estudio son consistentes con los antecedentes nacionales e internacionales citados en el marco teórico.

La **mayor concentración de Arsénico (As)** en la piscigranja (0.2338 mg/kg) coincide con lo reportado por **Ichpas (2024)** en la piscigranja de Sacsamarca-Huancavelica (0.150 mg/kg), sugiriendo que los sistemas de cultivo controlado en la sierra peruana tienden a presentar niveles más elevados de este metaloide en comparación con los ríos naturales. Esta diferencia podría atribuirse a la calidad del **agua de abastecimiento** o, como señala **Rivas (2018)** en su estudio en Oyón, al **alimento balanceado** utilizado en las piscigranjas, el cual puede contener trazas de arsénico provenientes de harinas de pescado o aditivos minerales.

En cuanto al **Mercurio (Hg) y Plomo (Pb)**, aunque nuestras truchas de piscigranja presentan valores superiores al río (17 y 11 veces más, respectivamente), estos son considerablemente más bajos que los hallados por **Rivas (2018)** en la Región Lima (donde se reportaron picos de Pb y Hg muy cercanos o superiores a los límites). Esto sugiere que, si bien la piscigranja del Puente Coyo tiene una influencia antrópica mayor que el río, la cuenca de Chumbivilcas, al momento del estudio, no presenta una presión contaminante tan agresiva como otras zonas mineras del país. Por otro lado, **Zevallos (2018)** en Apurímac y **Arbulu (2020)** en el Lago Titicaca tampoco encontraron niveles cuantificables de Cd y Pb en peces, lo que refuerza la idea de que la región sur andina, en términos generales, mantiene niveles basales seguros de estos metales en la ictiofauna.

Un hallazgo relevante es la **coincidencia numérica exacta** entre las concentraciones de Mercurio y Plomo en las muestras del río Molino-Llusco (Tabla 13). Este patrón, ya observado en estudios de contaminación de fondo, podría indicar una fuente común de estos metales en el ecosistema del río, o bien una relación de coprecipitación en los sedimentos. Se sugiere que futuras investigaciones profundicen en el análisis de sedimentos y agua para dilucidar este comportamiento.

Finalmente, el hecho de que el **Cadmio** en la piscigranja sea indetectable (< 0.01 mg/kg) es un dato muy positivo, ya que este metal es considerado uno de los más nefrotóxicos. Estos resultados se asemejan a los de **Masco et al. (2021)** en truchas comercializadas en la ciudad del Cusco, donde el Cd también se encontró por debajo del límite de detección en el tejido muscular.

CONCLUSIONES

Primera: En función al objetivo general y la hipótesis planteada, se concluye que las concentraciones de arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) determinadas en la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) procedente del río Molino-Lusco y de la piscigranja del Puente Coyo se encuentran por debajo de los contenidos máximos permisibles establecidos por la OMS. Por tanto, el consumo de trucha de ambas zonas no representa un riesgo significativo para la salud humana ,lo que refuta la hipótesis inicial, que planteaba concentraciones por encima de los límites máximos permisibles ,siendo mayor en el río .

Segundo: Se determinó que, en las truchas arcoiris del río Molino-Lusco, las concentraciones de As, Cd, Hg y Pb se encuentran en el orden de 10^{-3} mg/kg. Es decir, en niveles muy bajos y claramente inferiores a las concentraciones máximas permisibles establecidos por la OMS. Estos resultados indican que, durante el periodo de estudio, la trucha arcoiris del río Molino-Lusco no presenta niveles preocupantes de bioacumulación y puede considerarse apta para el consumo humano en términos de estos metales.

Tercero: En la piscigranja del Puente Coyo se encontraron valores de As entre 0,20 y 0,26 mg/kg, Hg entre 0,02 y 0,04 mg/kg, Cd por debajo del límite de detección del método (<0,01 mg/kg) y Pb entre 0,01 y 0,02 mg/kg. Todas estas concentraciones se sitúan por debajo de los límites máximos permisibles según OMS, lo que indica que, en las condiciones de crianza evaluadas, la trucha arcoíris producida en la piscigranja del Puente Coyo no representa un riesgo sanitario para el consumidor.

Cuarto: El análisis de varianza (ANOVA) evidenció diferencias estadísticamente significativas entre ambas zonas de estudio, atribuibles fundamentalmente a las condiciones propias del sistema de cultivo intensivo. Sin embargo, el valor promedio más alto registrado (arsénico en piscigranja: 0,23 mg/kg) se encuentra muy por debajo del límite máximo permisible de 0,50 mg/kg establecido por la OMS, al igual que el resto de los metales evaluados. En consecuencia, se refuta la hipótesis planteada y se concluye que el consumo de truchas de ambas procedencias es inocuo durante el periodo evaluado, aunque se recomienda mantener un monitoreo periódico.

RECOMENDACIONES

1. **A las autoridades comunales, municipales y regionales.**

   Todos los criaderos de trucha u otras especies destinadas al consumo humano a nivel regional y local deben contar con los estudios de impactos biológico y social, además de recibir autorización para iniciar actividades y ser periódicamente vigilados para verificar las condiciones de instalación, el tipo de alimentación que reciben los peces, la preservación de la calidad del agua, etc. Lo mismo para las actividades de explotación minera, industrial, agroindustrial o petroquímica.

2. **A los docentes de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica**

   Seguir promoviendo la investigación ,sobre la concentración de metales pesados en alimentos de procedencia animal y vegetal, a fin de vigilar la calidad de los mismos y evitar los riesgos para la salud humana. Tales investigaciones podrían abordar distintas fases del ciclo vital de las especies, la composición del agua,los alimentos de las especies, la concentración de metales en determinados órganos, los ámbitos de procedencia, etc. Todo lo cual permitirá conocer a profundidad la calidad de nuestros alimentos y prevenir a tiempo posibles contaminaciones químicas, bioquímicas y de procedencia metalúrgica.

3. **A los estudiantes de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica.**

   Impulsar, organizar y promover actividades para que tanto las comunidades universitarias como las poblaciones ,interactúen de manera integrada en la atención de los problemas de salud derivadas de la, contaminación de acueductos, ríos, lagunas y medio ambiente en general a fin de contribuir a la toma de consciencia poblacional respecto a la importancia de nuestro entorno ambiental para la preservación de los equilibrios ecosistémicos .

4. **A la población en general**

   Promover la crianza y consumo de peces de procedencia garantizada para la salud humana, exigiendo a las autoridades la intervención periódica en los centros de producción, criaderos de truchas y demás centros de acopio y comercialización a fin de lograr mayores niveles de salud y calidad de vida.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sinagra Briffa J, Blundell R. Contaminación por metales pesados en el medio ambiente y sus efectos toxicológicos en los seres humanos. Heliyon. 2020 Sep 1;6(9):e04691. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e04691 PubMed PMID: 32964150.

2. Jaishankar M, Tseten T, Anbalagan N, Mathew BB, Beeregowda KN. Toxicidad, mecanismo y efectos sobre la salud de algunos metales pesados. Interdiscip Toxicol. 2014 Nov 15;7(2):60–72. doi:10.2478/INTOX-2014-0009 PubMed PMID: 26109881.

3. Aportela OG, Luis R, Murga P/, Universidad N, Daniel A, Carrión P/. Evaluación de metales pesados en ríos y truchas Oncorhynchus mykiss de la región Pasco, Perú. Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad. 2020 Dec 30;3(2):32–48. doi:10.46380/rias.v3i2.93

4. Chui HN, Roque B, Huaquisto E, Sardón DL, Belizario G, Calatayud AP, et al. Metales pesados en truchas arcoíris (Oncorhynchus mykiss) de crianza intensiva de la zona noroeste del lago Titicaca. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 2021 Jun 24;32(3):20398. doi:10.15381/RIVEP.V32I3.20398

5. Cruz Dante A. Calidad de agua, bioacumulación de metales pesados y niveles de estrés en la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) en Challhuahuacho, Apurímac [Internet]. 2018 [cited 2026 Jan 12]. Available from: https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/3645

6. Cárdenas Huamán LE. Bioacumulación de plomo y cadmio en el tejido muscular de la especie Salmo trutta (trucha) procedentes de 3 ríos de la provincia de Espinar, Cusco-2020 [Internet]. Universidad Nacional Agraria de la Selva; Tingo Maria; 2021 [cited 2025 Dec 29]. Available from: https://hdl.handle.net/20.500.14292/1939

7. I.M.A. Water Tecnology. plantas de osmosis [Internet]. 2016 [cited 2025 Dec 18]. Contaminación del Agua por Metales Pesados . Available from: https://www.plantasdeosmosis.com/actualidad/noticias/140/contaminacion-del-agua-por-metales-pesados-problemas-y-efectos-en-la-salud-humana.html

8. Incahuanaco Quispe V. Identificación de puntos críticos por contaminación de metales tóxicos (Cadmio, Mercurio, Plomo y Arsénico) mediante análisis de sedimentos superficiales de la Subcuenca del Río Crucero, Cuenca Azángaro – Puno, 2018 [Internet]. Universidad Peruana Unión; 2018

[cited 2025 Dec 18]. Available from: https://hdl.handle.net/20.500.12840/1806

9. González Aportela O, Murga Paulino LR. Evaluación de metales pesados en ríos y truchas Oncorhynchus mykiss de la región Pasco, Perú. Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad. 2020 Dec 30;32–48. doi:10.46380/rias.v3i2.93

10. Angulo Jazmine. infobae [Internet]. 2025 [cited 2025 Dec 18]. Contaminación en el Titicaca: peces con plástico, ríos con arsénico y comunidades que consumen agua no apta para la vida - Infobae. Available from: https://www.infobae.com/peru/2025/07/17/contaminacion-en-el-titicaca-peces-con-plastico-rios-con-arsenico-y-comunidades-que-consumen-agua-no-apta-para-la-vida/

11. Atencio Víctor, José Luis Marrugo. Detectan contaminación con mercurio, plomo, arsénico y cadmio en peces del río Cauca | el espectador [Internet]. 2022 [cited 2025 Dec 18]. Available from: https://www.elespectador.com/ambiente/blog-el-rio/detectan-contaminacion-con-mercurio-plomo-arsenico-y-cadmio-en-peces-del-rio-cauca/

12. Tejada Franklin, Pacus Alexis, Analí Melissa Fernández Jaimes, Cecilia Maura Mejía Domingue. Determinación de Metales Pesados en Mariscos Comercializados en el Puerto de Huacho, 2015 [Internet]. 2015 [cited 2025 Dec 29]. Available from: https://scispace.com/pdf/determinacion-de-metales-pesados-en-mariscos-comercializados-4zanpj0now.pdf

13. Januar HI, . D, Hidayah I, Januar HI, . D, Hidayah I. Variación estacional de la acumulación de metales pesados en el medio ambiente y los peces de la costa de Cirebon, Indonesia. AqEHM. 2021 Apr 1;24(2):121–9. doi:10.14321/AEHM.024.02.16

14. Wang Z Feng W, , Xu H, Zhang D, Zhang H, Zhu W. Bioacumulación específica de especies de metales traza entre especies de peces de la laguna Xincun, Mar de China Meridional. Sci Rep. 2020 Dec 1;10(1). doi:10.1038/S41598-020-77917-Y PubMed PMID: 33311574.

15. Sukr Jennielyn SA, Hasnita CH, - al, Dai ZN, Yang AL, et al. Distribución y bioacumulación de metales pesados (Hg, Cd y Pb) en peces: influencia del medio acuático y el clima. Environmental Research Letters. 2020 Nov 25;15(11):115013. doi:10.1088/1748-9326/ABBF7C

16. Samat SB Rosli MNR, Yasir MS. Análisis de la acumulación de metales pesados en peces de las aguas costeras de Terengganu, Malasia. AIP Conf Proc. 2018 Apr 4;1940. doi:10.1063/1.5027925

17. Ochoa Leoncio I. Evaluación de la presencia de metales pesados en truchas arcoíris (Oncorhynchus mykiss) de la piscigranja de Sacsamarca - Huancavelica, 2023 [Internet]. Universidad Nacional de Huancavelica; 2024 [cited 2025 Dec 29]. Available from: https://hdl.handle.net/20.500.14597/8537

18. Valdez C. Florentino J, "Concentración De Cadmio Y Plomo En Pejerrey." Universidad Norbert Wiener; 2020.

19. Arbulú vercauteren Y. Metales pesados (pb, hg y cu) en hígado y músculo de los peces orestias ispi y orestias agassii del lago titicaca, puno-perú. Lima; 2020.

20. Palacios-Lozano AA, Canales-Martínez CA, Nureña-Flores MA. Determinación de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en Oncorhynchus mykiss de piscigranjas en Junín - Perú, 2021. Cienc Invest. 2025 Aug 29;27(1):e31060–e31060. doi:10.15381/CI.V27I1.31060

21. Cruz Dante. Calidad de agua, bioacumulación de metales pesados y niveles de estrés en la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) en Challhuahuacho, Apurímac [Internet]. 2018 [cited 2025 Dec 29]. Available from: https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/3645

22. Bautista César B, Para Optar T, Título EL, De P. Evaluación del contenido de metales pesados en carne y tejido óseo de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) producidos en el centro poblado de Paccho Molinos, Paucará - Huancavelica [Internet]. Universidad Nacional de Huancavelica; 2018 [cited 2025 Dec 29]. Available from: https://hdl.handle.net/20.500.14597/3097

23. Masco Arriola ML, Callo Choquevilca Y, Loaiza Becerra A, Cantero Loaiza AN, Surco Fuentes J. 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. 2022 May 1;12(2):29–34. doi:10.51343/rq.v12i2.975

24. Pabón SE, Benítez R, Sarria RA, Gallo JA, Pabón SE, Benítez R, et al. Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. Entre Ciencia e Ingeniería. 2020;14(27):9–18. doi:10.31908/19098367.0001

25. Ramírez Pis MA, Lezcano León MM, Serrano Piñeiro P. Metales pesados en trucha (Micropterus salmoides floridanus) de la presa Hanabanilla, Cuba. AquaTIC: revista electrónica de acuicultura, ISSN-e 1578-4541, Nº 29, 2008, págs 1-9 [Internet]. 2008 [cited 2025 Dec 29];(29):1–9. Available from: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4278215&info=resumen&idioma=SPA

26. United State Envioronmental Protection Agency. Reglamento Nacional de Agua Potable Primaria [Internet]. 2025 [cited 2026 Jan 12]. Available from: https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations

27. Salas-Mercado D, Hermoza-Gutiérrez M, Salas-Ávila D. Distribución de metales pesados y metaloides en aguas superficiales y sedimentos del río Crucero, Perú. Revista Boliviana de Química. 2020 Oct 30;37(4). doi:10.34098/2078-3949.37.4.1

28. De Ciencias F, Escuela B, De P, De C, Tesis LN. Concentración de mercurio en productos Hidrobiológicos de mayor consumo en la población escolar de las Instituciones Educativas de Mollendo, Arequipa [Internet]. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; 2019 [cited 2025 Dec 29]. Available from: http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9116

29. Rivas Alte walter EJ, Canales C, Manuel M, Aguilar H, Tapia E, Jahaira M, et al. Determinación de arsénico, mercurio y plomo en truchas (Oncorhynchus mykiss), piensos y agua de piscigranjas del distrito de Pachangara, provincia de Oyón, región Lima. 2018.

30. Aveiga Ortiz María A, Manuel Félix López E, María Cárdenas Guillén F, Peñarrieta Macías F, Alejandro Alcántara Boza F, Nacional Mayor de San Marcos U. Bioacumulación de mercurio y zinc en especies ictícolas de la subcuenca del río Carrizal, Manabí, Ecuador. Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad. 2020 Dec 30;3(2):49–66. doi:10.46380/rias.v3i2.100

31. Hernández Vinasco CE. Documentación para la determinación de Ag, As, Cd, Cr, Pb y Hg en aguas residuales, pulpas de frutas, y sulfato aluminio por espectroscopia de absorción atómica en el laboratorio de aguas y alimentos de la Universidad Tecnológica de Pereira [Internet]. Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira; 2011 [cited 2025 Dec 29]. Available from: https://hdl.handle.net/11059/2557

32. D eap, veterinaria m, pesados en, branquias y, músculo de, trucha a, et al. Identificación histopatológica de lesiones inducidas por bioacumulación de metales mamacocha, área de influencia minera, cajamarca-perú. 2014.

33. Sierra Yvette Praeli. Mongabay [Internet]. 2018 [cited 2025 Dec 29]. Cuatro regiones del Perú expuestas a contaminación por mercurio. Available from: https://news.mongabay.com/2018/05/four-regions-in-peru-exposed-to-mercury-contamination/

34. Chanamé zapata f. Bioacumulación de metales pesados procedentes de la contaminación minera y metalúrgica en tejidos de Oncorhynchus mykiss "trucha arco iris" de los centros de producción de la provincia de Yauli - Junín. 2019.

35. IA Nweke, CN Mbah. Influencia de la labranza y la ceniza de madera en el contenido de Zn y Fe del suelo, brotes de ricino y semillas [Internet]. Alloway BJ, editor. 1995. doi:10.1007/978-94-011-1344-1

36. Chiroque Limaymanta T. Aislamiento e identificación bioquímica de Carnobacterium maltaromaticum en truchas arcoiris (Oncorhynchus mykiss) de cultivo en el departamento de Junín. 2014.

37. González Aportela O, Murga Paulino LR. Evaluación de metales pesados en ríos y truchas Oncorhynchus mykiss de la región Pasco, Perú. Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad. 2020 Dec 30;32–48. doi:10.46380/rias.v3i2.93

38. Soto Cárdenas G. FAO [Internet]. 2025 [cited 2025 Dec 29]. Perú - Panorama del Sector Acuícola Nacional. Available from: https://www.fao.org/fishery/en/countrysector/pe/en

39. Awuchi CG, Chukwu CN, Iyiola AO, Noreen S, Morya S, Adeleye AO, et al. Compuestos bioactivos y terapias derivadas del pescado: reevaluando su idoneidad en alimentos funcionales para mejorar el bienestar humano. Biomed Res Int. 2022 Jan 1;2022(1):3661866. doi:10.1155/2022/3661866 PubMed PMID: 36033572.

40. Organizacion De Las Naciones Para La Alimentacion Y La Agricultura. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. 2020 Jun 19. doi:10.4060/CA9229ES

41. FAO. Procesamiento y almacenamiento | Pérdida y desperdicio de alimentos en las cadenas de valor del pescado | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [Internet]. 2026

[cited 2026 Jan 12]. Available from: https://www.fao.org/flw-in-fish-value-chains/value-chain/processing-storage/en/

42. Ministerio de producción - Peru. Política Nacional de Acuicultura al 2030 es aprobada por el Gobierno como herramienta de gestión para el fortalecimiento de esta actividad a nivel nacional – RNIA [Internet]. 2019 [cited 2026 Jan 12]. Available from: https://rnia.produce.gob.pe/politica-nacional-de-acuicultura-al-2030-es-aprobada-por-el-gobierno-como-herramienta-de-gestion-para-el-fortalecimiento-de-esta-actividad-a-nivel-nacional/

43. Disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. DS-023-2009-MINAM. 2009.

44. Alloway BJ, editor. Metales pesados en los suelos [Internet]. Vol. 22. 2013;Environmental Pollution22. doi:10.1007/978-94-007-4470-7

45. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Toxicidad de los metales pesados y el medio ambiente. Exp Suppl. 2012;101:133–64. doi:10.1007/978-3-7643-8340-4_6 PubMed PMID: 22945569.

46. Union Europea. Reglamento - 2023/915 - ES - EUR-Lex [Internet]. 2023 [cited 2026 Jan 12]. Available from: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/915/oj

47. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. Los CDC actualizan el valor de referencia del plomo en sangre. [Internet]. 2026 [cited 2026 Sep 2]. Available from: https://www.cdc.gov/lead-prevention/php/news-features/updates-blood-lead-reference-value.html

48. Perfil toxicológico del plomo - PubMed [Internet]. Vol. 04. 2020 [cited 2026 Aug 5]. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36888732/ PubMed PMID: 36888732.

49. Markowitz M. Intoxicación por plomo. Pediatr Rev. 2021 Jun 1;42(6):302–13. doi:10.1542/PIR.2020-0026 PubMed PMID: 34074717.

50. Podgorski J, Berg M. La amenaza mundial del arsénico en las aguas subterráneas. Science (1979). 2020 May 22;368(6493):845–50. doi:10.1126/SCIENCE.ABA1510 PubMed PMID: 32439786.

51. Tolins M, Ruchirawat M, Landrigan P. La neurotoxicidad del arsénico en el desarrollo: consecuencias cognitivas y conductuales de la exposición

temprana en la vida. Ann Glob Health. 2014 Jul 1;80(4):303–14. doi:10.1016/J.AOGH.2014.09.005 PubMed PMID: 25459332.

52. Villanueva Cañadas E. Medicina legal y toxicología 6a Edición de Gisbert [Internet]. 2019 [cited 2025 Mar 24]. Available from: https://www.udocz.com/apuntes/305294/medicina-legal-y-toxicologia-gisbert-calabuig-6ta-edicion-pdf

53. Cohen JT, Bellinger DC, Shaywitz BA. Un análisis cuantitativo de la exposición prenatal al metilmercurio y el desarrollo cognitivo. Am J Prev Med. 2005;29(4). doi:10.1016/J.AMEPRE.2005.06.007 PubMed PMID: 16242602.

54. Organizacion Mundial de la Salud (OMS). Exposición al cadmio: un importante problema de salud pública [Internet]. 2019 [cited 2026 Jan 12]. Available from: https://www.who.int/publications/i/item/WHO-CED-PHE-EPE-19-4-3

55. Thomas R. Practical Guide To Icp-Ms: A Tutorial for Beginners, SECOND EDITION. Practical Guide to Icp-Ms: A Tutorial for Beginners, Second Edition. 2008 Jan 1;1–349. doi:10.1201/9781420067873/PRACTICAL-GUIDE-ICP-MS-ROBERT-THOMAS/RIGHTS-AND-PERMISSIONS

56. González Mares M. Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Revista Universitaria Digital de Ciencias Sociales (RUDICS). 2019 Jan 31;10(18):92–5. doi:10.22201/FESC.20072236E.2019.10.18.6

57. Gob.pe. estado peruano [Internet]. 2025 [cited 2026 Jan 12]. Compendios - Autoridad Nacional de Sanidad e Inocuidad en Pesca y Acuicultura - Plataforma del Estado Peruano. Available from: https://www.gob.pe/institucion/sanipes/colecciones/48759-normativa-sanitaria

58. Cvetkovic-Vega A, Maguiña JL, Soto A, Lama-Valdivia J, López LEC, Cvetkovic-Vega A, et al. Estudios transversales. Revista de la Facultad de Medicina Humana. 2021 Jan 1;21(1):179–85. doi:10.25176/RFMH.V21I1.3069

59. Xing L. Determinación de elementos tóxicos en alimentos mediante ICP-MS utilizando el método AOAC 2015.01. Spectroscopy (Santa Monica). 2022 Oct 1;37(10):7–12. doi:10.56530/SPECTROSCOPY.ZV7982S5

ANEXO 3: Ficha de observación y registro

Anexo 2: Ficha de observación y registro

Fase de captura

Número	
Procedencia	
Peso	

Fase de análisis

N° de informe de ensayos	Metal	LD*	LC**	mg/kg
	As			
	Pb			
	Hg			
	Cd			

Observaciones

*Límite de detección del método

**Límite de cuantificación del método

ANEXO 4: Certificación de inacal de para el laboratorio

Certificado

INACAL
Instituto Nacional de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

BHIOS LABORATORIOS S.R.L

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Av. Quiñones Mza. B Lote 6, Urb. Magisterial (2do Piso), distrito de Yanahuara, provincia de Arequipa y departamento de Arequipa.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración.

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 16 de febrero de 2022.
Fecha de Vencimiento: 15 de febrero de 2026.

Firmado digitalmente por NUÑEZ CABAÑAS Monica Delfina FAU 20600283015 soft
Fecha: 2022-02-22 15:46:06
Motivo: Soy el Autor del Documento

MÓNICA NÚÑEZ CABAÑAS
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 037-2022-INACAL/DA
Adenda N°1 del Contrato N°: 009-2018/INACAL-DA
Registro N° : LE-055

Fecha de emisión: 16 de febrero de 2022

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cedula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web **www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados** *al momento de hacer uso del presente certificado.*

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver. 02

ANEXO 5: Informe de Resultados 1891

INFORME DE ENSAYOS Nº 1891 - 2025

SOLICITANTE	: MIRIAM AYDE ENRIQUEZ SAIRE
DIRECCIÓN	: URB TTIO ALFONSO UGARTE C-1-28
PRODUCTO DECLARADO	: TRUCHA DE PISCIGRANJA
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Pescado fresco.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Muestra N° 01.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Ninguno
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 196 g aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa de polietileno transparente tipo ziploc cerrada etiquetada. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.8°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO Nº	: 0595-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	: 17/03/2025

PREVISUALIZACIÓN

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

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

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	TRUCHA DE PISCIGRANJA Muestra N° 01.	UNIDADES
FQ	As (Arsénico)	<0.01000	<0.05000	0.24	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	<0.01000	<0.05000	<0.01 (ND)	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	<0.01000	<0.05000	<0.05 (0.02)	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	<0.0100	<0.0500	<0.05 (0.02)	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg) : AOAC Official Method 2015.01 Heavy metals in food. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. 22nd Ed. 2023.

OBSERVACIONES :

LD: Límite de detección del método / LC: Límite de cuantificación del método.

( ) Estos resultados corresponden a valores por debajo del Límite de Cuantificación del Método y son incluídos en el presente informe a solicitud expresa del cliente para sus fines.

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método / "N.D." No detectado (Por debajo del límite de detección del método))

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 17/03/2025 al 04/04/2025
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 04/04/2025

Contraseña: nAq00j

Fin del Informe

PREVISUALIZACIÓN

ANEXO 6: Informe de resultados 1892

INFORME DE ENSAYOS Nº 1892- 2025

SOLICITANTE	: MIRIAM AYDE ENRIQUEZ SAIRE
DIRECCIÓN	: URB TTIO ALFONSO UGARTE C-1-28
PRODUCTO DECLARADO	: TRUCHA DE PISCIGRANJA
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Pescado fresco.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Muestra N° 02.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Ninguno
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 215 g aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa de polietileno transparente tipo ziploc cerrada etiquetada. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.8°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO Nº	: 0595-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	: 17/03/2025

PREVISUALIZACIÓN

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

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

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	TRUCHA DE PISCIGRANJA Muestra N° 02.	UNIDADES
FQ	As (Arsénico)	<0.01000	<0.05000	0.25	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	<0.01000	<0.05000	<0.01 (ND)	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	<0.01000	<0.05000	<0.05 (0.02)	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	<0.0100	<0.0500	<0.05 (0.01)	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg) : AOAC Official Method 2015.01 Heavy metals in food. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. 22nd Ed. 2023.

OBSERVACIONES :

LD: Límite de detección del método / LC: Límite de cuantificación del método.

( ) Estos resultados corresponden a valores por debajo del Límite de Cuantificación del Método y son incluídos en el presente informe a solicitud expresa del cliente para sus fines.

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método / "N.D." No detectado (Por debajo del límite de detección del método))

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : **FQ** 17/03/2025 al 04/04/2025

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 04/04/2025

Contraseña: R9sSls

Fin del Informe

PREVISUALIZACIÓN

ANEXO 7: Informe de resultados 1893

INFORME DE ENSAYOS Nº 1893- 2025

SOLICITANTE	: MIRIAM AYDE ENRIQUEZ SAIRE
DIRECCIÓN	: URB TTIO ALFONSO UGARTE C-1-28
PRODUCTO DECLARADO	: TRUCHA DE PISCIGRANJA
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Pescado fresco.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Muestra N° 03.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Ninguno
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 224 g aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa de polietileno transparente tipo ziploc cerrada etiquetada. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.8°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO Nº	: 0595-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	: 17/03/2025

PREVISUALIZACIÓN

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

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

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	TRUCHA DE PISCIGRANJA Muestra N° 03.	UNIDADES
FQ	As (Arsénico)	<0.01000	<0.05000	0.24	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	<0.01000	<0.05000	<0.01 (ND)	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	<0.01000	<0.05000	<0.05 (0.02)	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	<0.0100	<0.0500	<0.05 (0.02)	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg) : AOAC Official Method 2015.01 Heavy metals in food. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. 22nd Ed. 2023.

OBSERVACIONES :

LD: Límite de detección del método / LC: Límite de cuantificación del método.

( ) Estos resultados corresponden a valores por debajo del Límite de Cuantificación del Método y son incluídos en el presente informe a solicitud expresa del cliente para sus fines.

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método / "N.D." No detectado (Por debajo del límite de detección del método))

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : **FQ** 17/03/2025 al 04/04/2025

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 04/04/2025

Contraseña: N2rlPX

Fin del Informe

PREVISUALIZACIÓN

ANEXO 8: Informe de resultados 1894

INFORME DE ENSAYOS Nº 1894- 2025

SOLICITANTE	: MIRIAM AYDE ENRIQUEZ SAIRE
DIRECCIÓN	: URB TTIO ALFONSO UGARTE C-1-28
PRODUCTO DECLARADO	: TRUCHA DE PISCIGRANJA
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Pescado fresco.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Muestra N° 04.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Ninguno
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 200 g aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa de polietileno transparente tipo ziploc cerrada etiquetada. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.8°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO Nº	: 0595-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	: 17/03/2025

PREVISUALIZACIÓN

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

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

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	TRUCHA DE PISCIGRANJA Muestra N° 04.	UNIDADES
FQ	As (Arsénico)	<0.01000	<0.05000	0.21	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	<0.01000	<0.05000	<0.01 (ND)	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	<0.01000	<0.05000	<0.05 (0.04)	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	<0.0100	<0.0500	<0.05 (0.02)	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg) : AOAC Official Method 2015.01 Heavy metals in food. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. 22nd Ed. 2023.

OBSERVACIONES :

LD: Límite de detección del método / LC: Límite de cuantificación del método.

( ) Estos resultados corresponden a valores por debajo del Límite de Cuantificación del Método y son incluídos en el presente informe a solicitud expresa del cliente para sus fines.

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método / "N.D." No detectado (Por debajo del límite de detección del método))

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : **FQ** 17/03/2025 al 04/04/2025

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 04/04/2025

Contraseña: Uk7zls

Fin del Informe

PREVISUALIZACIÓN

ANEXO 9: Informe de resultados 1897

INFORME DE ENSAYOS Nº 1897- 2025

SOLICITANTE	: MIRIAM AYDE ENRIQUEZ SAIRE
DIRECCIÓN	: URB TTIO ALFONSO UGARTE C-1-28
PRODUCTO DECLARADO	: TRUCHA DE PISCIGRANJA
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Pescado fresco.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Muestra N° 07.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Ninguno
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 190 g aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa de polietileno transparente tipo ziploc cerrada etiquetada. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.8°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO Nº	: 0595-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	: 17/03/2025

PREVISUALIZACIÓN

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

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

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	TRUCHA DE PISCIGRANJA Muestra N° 07.	UNIDADES
FQ	As (Arsénico)	<0.01000	<0.05000	0.20	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	<0.01000	<0.05000	<0.01 (ND)	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	<0.01000	<0.05000	<0.05 (0.02)	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	<0.0100	<0.0500	<0.05 (0.02)	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg) : AOAC Official Method 2015.01 Heavy metals in food. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. 22nd Ed. 2023.

OBSERVACIONES :

LD: Límite de detección del método / LC: Límite de cuantificación del método.

( ) Estos resultados corresponden a valores por debajo del Límite de Cuantificación del Método y son incluídos en el presente informe a solicitud expresa del cliente para sus fines.

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método / "N.D." No detectado (Por debajo del límite de detección del método))

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 17/03/2025 al 04/04/2025
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 04/04/2025

Contraseña: MI0FIS

Fin del Informe

PREVISUALIZACIÓN

ANEXO 10: Informe de resultados 1898

INFORME DE ENSAYOS Nº 1898- 2025

SOLICITANTE	: MIRIAM AYDE ENRIQUEZ SAIRE
DIRECCIÓN	: URB TTIO ALFONSO UGARTE C-1-28
PRODUCTO DECLARADO	: TRUCHA DE PISCIGRANJA
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Pescado fresco.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Muestra N° 08.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Ninguno
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 187 g aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa de polietileno transparente tipo ziploc cerrada etiquetada. En contenedor isotérmico a una temperatura de 4.8°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO Nº	: 0595-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	: 17/03/2025

PREVISUALIZACIÓN

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

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

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	TRUCHA DE PISCIGRANJA Muestra N° 08.	UNIDADES
FQ	As (Arsénico)	<0.01000	<0.05000	0.23	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	<0.01000	<0.05000	<0.01 (ND)	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	<0.01000	<0.05000	<0.05 (0.04)	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	<0.0100	<0.0500	<0.05 (0.02)	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg) : AOAC Official Method 2015.01 Heavy metals in food. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. 22nd Ed. 2023.

OBSERVACIONES :

LD: Límite de detección del método / LC: Límite de cuantificación del método.

( ) Estos resultados corresponden a valores por debajo del Límite de Cuantificación del Método y son incluídos en el presente informe a solicitud expresa del cliente para sus fines.

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método / "N.D." No detectado (Por debajo del límite de detección del método))

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 17/03/2025 al 04/04/2025
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 04/04/2025

Contraseña: 2DBoJj

Fin del Informe

PREVISUALIZACIÓN

ANEXO11: Informe de resultados 3748

INFORME DE ENSAYOS Nº 3748-2025

SOLICITANTE	: MIRIAM AYDE ENRIQUEZ SAIRE
DIRECCIÓN	: URB TTIO ALFONSO UGARTE C-1-28
PRODUCTO DECLARADO	: TRUCHA DE RIO
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Pescado fresco.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Muestra N° 01.
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Ninguno
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 208 g aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa de polietileno tipo ziploc cerrada etiquetada. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.0°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 1282-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	: 17/03/2025

PRE-VISUALIZACIÓN

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso. No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.

En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.

En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.

Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.

El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.

BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.

El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.

Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	TRUCHA DE RIO Muestra 1 / Músculo	UNIDADES
FQ	As (Arsénico)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	<0.0100	<0.0500	<0.05	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg) : AOAC Official Method 2015.01 Heavy metals in food. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. 22nd Ed. 2023.

OBSERVACIONES :

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método

LC: Límite de cuantificación del método.

LD: Límite de detección del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 17/03/2025 al 04/04/2025

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 04/04/2025

Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

PREVISUALIZACIÓN

ANEXO 12: Informe de resultados 3748

INFORME DE ENSAYOS Nº 3748-2025

SOLICITANTE	: MIRIAM AYDE ENRIQUEZ SAIRE
DIRECCIÓN	: URB TTIO ALFONSO UGARTE C-1-28
PRODUCTO DECLARADO	: TRUCHA DE RIO
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Pescado fresco.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Muestra N° 02
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Ninguno
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 202 g aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa de polietileno tipo ziploc cerrada etiquetada. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.0°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO Nº	: 1282-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	: 17/03/2025

PREVISUALIZACIÓN

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

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

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	TRUCHA DE RIO Muestra 2 / Músculo	UNIDADES
FQ	As (Arsénico)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	<0.0100	<0.0500	<0.05	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg) : AOAC Official Method 2015.01 Heavy metals in food. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. 22nd Ed. 2023.

OBSERVACIONES :

LD: Límite de detección del método.

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método

LC: Límite de cuantificación del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : **FQ** 17/03/2025 al 04/04/2025

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 04/04/2025

Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

PREVISUALIZACIÓN

ANEXO 13: Informe de resultados 3749

INFORME DE ENSAYOS Nº 3749-2025

SOLICITANTE	: MIRIAM AYDE ENRIQUEZ SAIRE
DIRECCIÓN	: URB TTIO ALFONSO UGARTE C-1-28
PRODUCTO DECLARADO	: TRUCHA DE RIO
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Pescado fresco
CODIFICACIÓN / MARCA	: Muestra N° 03
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Ninguno
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 235 g aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa de polietileno tipo ziploc cerrada etiquetada. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.0°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	: 1282-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	: 17/03/2025

PREVISUALIZACIÓN

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

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

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	TRUCHA DE RIO Muestra / 3	UNIDADES
FQ	As (Arsénico)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	<0.0100	<0.0500	<0.05	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg) : AOAC Official Method 2015.01 Heavy metals in food. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. 22nd Ed. 2023.

OBSERVACIONES :

LD: Límite de detección del método.

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método

LC: Límite de cuantificación del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : **FQ** 17/03/2025 al 04/04/2025

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS 04/04/2025

Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

PREVISUALIZACIÓN

ANEXO 14: Informe de resultados 3750

INFORME DE ENSAYOS Nº 3750-2025

SOLICITANTE	: MIRIAM AYDE ENRIQUEZ SAIRE
DIRECCIÓN	: URB TTIO ALFONSO UGARTE C-1-28
PRODUCTO DECLARADO	: TRUCHA DE RIO
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Pescado fresco
CODIFICACIÓN / MARCA	: Muestra Nº 04
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Ninguno
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 234 g aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa de polietileno tipo ziploc cerrada etiquetada. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.0°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO Nº	:1282-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	:17/03/202

PREVISUALIZACIÓN

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

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

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	TRUCHA DE RIO Muestra / 4	UNIDADES
FQ	As (Arsénico)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	<0.0100	<0.0500	<0.05	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg) : AOAC Official Method 2015.01 Heavy metals in food. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. 22nd Ed. 2023.

OBSERVACIONES :

LD: Límite de detección del método.

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método

LC: Límite de cuantificación del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : **FQ** 17/03/2025 al 04/04/2025

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 07/04/2025

Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

PREVISUALIZACIÓN

ANEXO 15: Informe de resultados 3751

INFORME DE ENSAYOS Nº 3751-2025

SOLICITANTE	: MIRIAM AYDE ENRIQUEZ SAIRE
DIRECCIÓN	: URB TTIO ALFONSO UGARTE C-1-28
PRODUCTO DECLARADO	: TRUCHA DE RIO
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Pescado fresco
CODIFICACIÓN / MARCA	: Muestra Nº 05
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Ninguno
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 200 g aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa de polietileno tipo ziploc cerrada etiquetada. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.0°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO Nº	: 1282-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	: 17/03/2025

PREVISUALIZACIÓN

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

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

Z°

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	TRUCHA DE RIO Muestra Nº 05	UNIDADES
FQ	As (Arsénico)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	<0.0100	<0.0500	<0.05	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg) : AOAC Official Method 2015.01 Heavy metals in food. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. 22nd Ed. 2023.

OBSERVACIONES :

LD: Límite de detección del método.

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método

LC: Límite de cuantificación del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : **FQ** 17/03/2025 al 04/04/2025

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 04/04/2025

Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

PREVISUALIZACIÓN

ANEXO 16: informe de resultados 3752

INFORME DE ENSAYOS Nº 3752-2025

SOLICITANTE	: MIRIAM AYDE ENRIQUEZ SAIRE
DIRECCIÓN	: URB TTIO ALFONSO UGARTE C-1-28
PRODUCTO DECLARADO	: TRUCHA DE RIO
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Pescado fresco
CODIFICACIÓN / MARCA	: Muestra N° 6
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Ninguno
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 212 g aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa de polietileno tipo ziploc cerrada etiquetada. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.0°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	:1282-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	:17/03/2025

PREVISUALIZACIÓN

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

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

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	TRUCHA DE RIO Muestra Nº 06	UNIDADES
FQ	As (Arsénico)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	<0.0100	<0.0500	<0.05	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg) : AOAC Official Method 2015.01 Heavy metals in food. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. 22nd Ed. 2023.

OBSERVACIONES :

LD: Límite de detección del método.

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método

LC: Límite de cuantificación del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : **FQ** 17/03/2025 al 04/04/2025

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 04/04/2025

Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

PREVISUALIZACIÓN

ANEXO 17: Informe de resultados 3753

INFORME DE ENSAYOS Nº 3753-2025

SOLICITANTE	: MIRIAM AYDE ENRIQUEZ SAIRE
DIRECCIÓN	: URB TTIO ALFONSO UGARTE C-1-28
PRODUCTO DECLARADO	: TRUCHA DE RIO
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Pescado fresco.
CODIFICACIÓN / MARCA	: Muestra N° 07
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Ninguno
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 206 g aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa de polietileno tipo ziploc cerrada etiquetada. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.0°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO N°	:1282-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	:17/03/2025

PREVISUALIZACIÓN

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

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

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	TRUCHA DE RIO Muestra Nº 07	UNIDADES
FQ	As (Arsénico)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	<0.0100	<0.0500	<0.05	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg) : AOAC Official Method 2015.01 Heavy metals in food. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. 22nd Ed. 2023.

OBSERVACIONES :

LD: Límite de detección del método.

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método

LC: Límite de cuantificación del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : **FQ** 17/03/2025 al 04/04/2025

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 04/04/2025

Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

PREVISUALIZACIÓN

ANEXO 18: Informe de resultados 3754

INFORME DE ENSAYOS Nº 3754-2025

SOLICITANTE	: MIRIAM AYDE ENRIQUEZ SAIRE
DIRECCIÓN	: URB TTIO ALFONSO UGARTE C-1-28
PRODUCTO DECLARADO	: TRUCHA DE RIO
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	: Pescado fresco
CODIFICACIÓN / MARCA	: Muestra Nº 08
DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE	: Ninguno
TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA	: 01 muestra de 220 g aprox. para análisis FQ.
PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN	: En bolsa de polietileno tipo ziploc cerrada etiquetada. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.0°C.
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: Recibida en el Laboratorio
CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA	: Ninguna (por ser muestra única)
FECHA PRODUCCIÓN	: No especificada
FECHA DE VENCIMIENTO	: No especificada
CONTRATO Nº	: 1282-2025
FECHA DE RECEPCIÓN	: 17/03/2025

PREVISUALIZACIÓN

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

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

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg)

LAB	DETERMINACIÓN	LD	LC	TRUCHA DE RIO Muestra N° 08	UNIDADES
FQ	As (Arsénico)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Cd (Cadmio)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Hg (Mercurio)	<0.01000	<0.05000	<0.05	mg/Kg
FQ	Pb (Plomo)	<0.0100	<0.0500	<0.05	mg/Kg

ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

MÉTODOS UTILIZADOS :

Metales Pesados por ICP-MS (As-Cd-Pb-Hg) : AOAC Official Method 2015.01 Heavy metals in food. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. 22nd Ed. 2023.

OBSERVACIONES :

LD: Límite de detección del método.

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al límite de cuantificación del método

LC: Límite de cuantificación del método.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 17/03/2025 al 04/04/2025

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 04/04/2025

Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Fin del Informe

PREVISUALIZACIÓN

ARCHIVO FOTOGRAFICO

ANEXO 19 : Letrero de entrada al puente Coyo



ANEXO 20: Piscigranja puente Coyo criadero de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)



ANEXO 21: Verificación del pozo con de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) que cumplan requisitos para nuestro estudio.



ANEXO 22: Zona 2 de la Piscigranja puente Coyo criadero de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).



ANEXO 23: Rio Molino Llusco habitad natural de la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss).



ANEXO 24: Rio Molino Llusco elección del lugar de pesca la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss)*.



ANEXO 25: Pesca de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss)* en aguas del Rio Molino Llusco.



ANEXO 26: Muestras de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss)*.



ANEXO 27: Pesado de las muestras de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss)* tomadas en el Rio Molino Llusco.



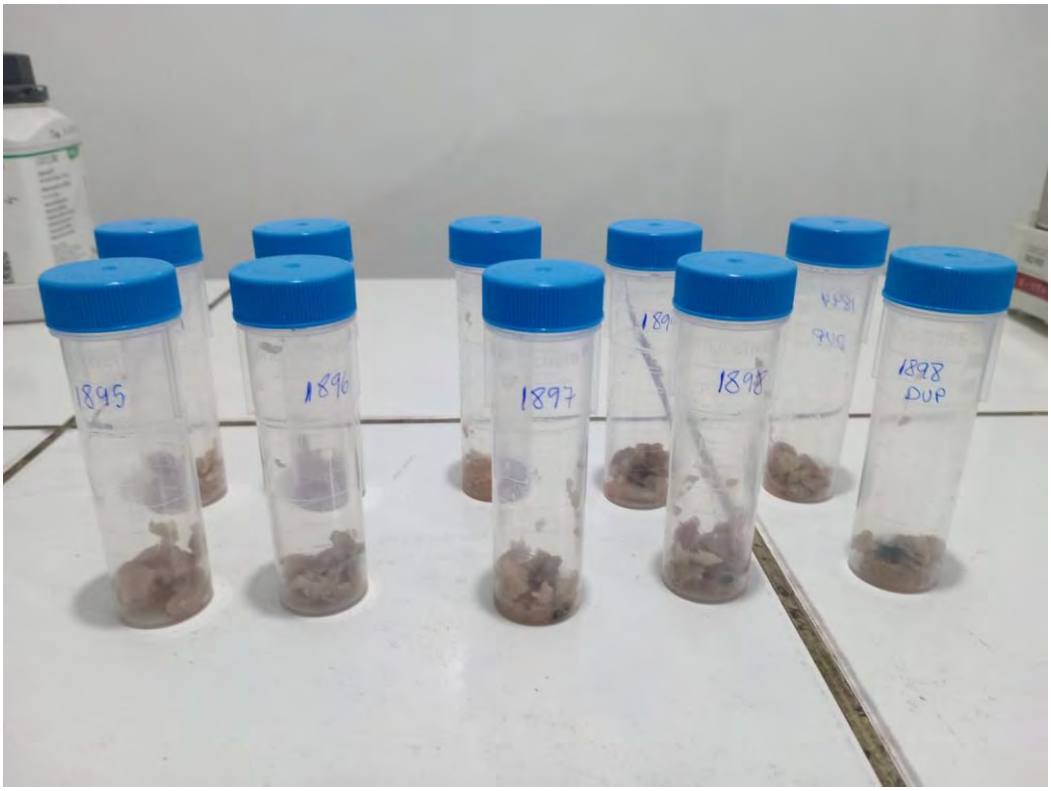
ANEXO 28: Pesado de las muestras de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) tomadas en la piscigranja Puente Coyo.



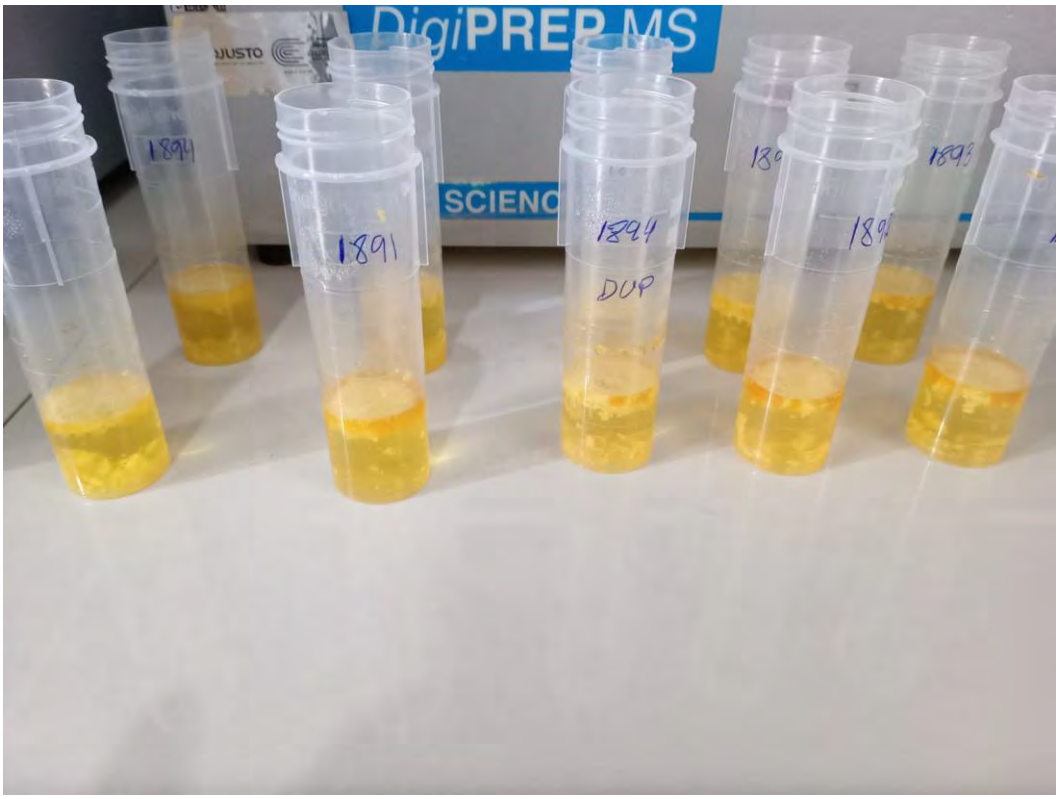
ANEXO 29: Lotes de las 8 muestras de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss)* listas para el envio.



ANEXO 30: Muestra triturada y homogeneizada



ANEXO 31: Muestra salida de la máquina de digestión



ANEXO 32: Muestra aforadas para la lectura en el equipo de ICP-MS

