

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**"Evaluación comparativa de la contaminación por
metales pesados en el pez paco (*Piaractus
brachypomus*) provenientes del río Huallaga y
piscigranjas del distrito Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025"**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTORA: Hinostroza Espinoza, Cinthia Yanina

ASESOR: Arteaga Vega, Adderlin

HUÁNUCO – PERÚ

2026

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación ambiental
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniería Ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 46700751

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad: 46018561

Grado/título: Doctor en Gestión empresarial

Código ORCID: 0000-0003-2701-0594

DATOS DE LOS JURADO:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Camara Llanos, Frank Erick	Doctor en ciencias de la salud	44287920	0000-0001-9180-7405
2	Cajahuanca Torres, Raul	Maestro en gestión publica	22511841	0000-0002-5671-1907
3	Morales Aquino, Milton Edwin	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	44342697	0000-0002-2250-3288



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:00 horas del día 21 del mes de mayo del año 2026, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

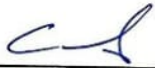
- Dr. Frank Erick Camara Llanos (Presidente)
- Dr. Milton Edwin Morales Aquino (Secretario)
- M. Raul Cajahuanca Torres (Vocal)

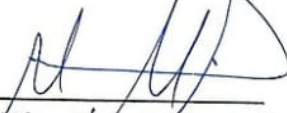
Nombrados mediante la **Resolución N° 0825-2026-D-FI-UDH** para evaluar la Tesis intitulada: **"Evaluación comparativa de la contaminación por metales pesados en el pez paco (*Piaractus brachipomus*) provenientes del río Huallaga y piscigranjas del distrito Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025"**, presentado por el (la) Bach. **HINOSTROZA ESPINOZA, CINTHIA YANINA** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) ~~APROBADO~~ Por ~~UNANIMIDAD~~ con el calificativo cuantitativo de ~~1.2~~ y cualitativo de ~~SUFICIENTE~~ (Art. 47)

Siendo las ~~18:20~~ horas del día ~~21~~ del mes de ~~MAYO~~ del año ~~2026~~, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


Dr. Frank Erick Camara Llanos
DNI: 44287920
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Presidente


Dr. Milton Edwin Morales Aquino
DNI: 44342697
ORCID: 0000-0002-2250-3288
Secretario


Mg. Raul Cajahuanca Torres
DNI: 22511841
ORCID: 0000-0002-5671-1907
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: CINTHIA YANINA HINOSTROZA ESPINOZA, de la investigación titulada "Evaluación comparativa de la contaminación por metales pesados en el pez paco (*Piaractus brachipomus*) provenientes del río Huallaga y piscigranjas del distrito Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025", con asesor(a) ADDERLIN ARTEAGA VEGA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2573-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 25 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 31 de marzo de 2026



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

Jr. Hermilio Valdizán N° 871 - Jr. Progreso N° 650 - Teléfonos: (062) 511-113
Telefax: (062) 513-154
Huánuco - Perú

184. CINTHIA YANINA HINOSTROZA ESPINOZA.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%	26%	13%	11%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	revistas.unal.edu.co Fuente de Internet	1%
4	repositorio.cuc.edu.co Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ulead.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios por ser mi refugio, mi guía y mi redentor en mi vida personal y profesional. A mis abuelos Julio y Maximiliana que desde el cielo siempre me cuidan y son ellos quienes me enseñaron las más grandes virtudes de la vida y hacer perseverantes ante las dificultades para continuar con mis metas trazadas, a mi madre Antonia e hija Valentina por ser mi motor y motivo a seguir adelante y por su apoyo incondicional en el cumplimiento de mis metas, a mi esposo por sus palabras de aliento, por su amor y por brindarme el tiempo necesario para realizarme profesionalmente, a mis hermanos, sobrinos, tíos, tías y primos que siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primero a Dios porque me dio el don de la perseverancia para alcanzar mis metas trazadas.

A la Universidad de Huánuco, por darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

A los docentes del programa académico de Ingeniería Ambiental por inculcarme sus conocimientos y buenas enseñanzas que contribuyeron para convertirme en una profesional y quienes se convirtieron en nuestro ejemplo a seguir.

A mis asesores Mg. Adderlin Arteaga Vega y Dr. Carlos Huamán Cuespán por la confianza que depositaron en mí persona, por su constante apoyo, sus indicaciones y consejos que contribuyeron en la ejecución del proyecto de investigación y que permitió la culminación del presente estudio.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPITULO I.....	15
PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	17
1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS.....	17
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	18
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.4.1. JUSTIFICACION PRACTICA.....	18
1.4.2. JUSTIFICACION TEORICA.....	19
1.4.3. JUSTIFICACION SOCIAL.....	19
1.4.4. JUSTIFICACION AMBIENTAL.....	19
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	20
CAPITULO II.....	22

MARCO TEORICO	22
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL	22
2.1.2. A NIVEL NACIONAL	24
2.1.3. A NIVEL LOCAL.....	28
2.2. BASES TEÓRICAS	29
2.2.1. ECOSISTEMAS ACUATICOS	29
2.2.2. LOS RIOS Y LA PRESENCIA DE METALES PESADOS	30
2.2.3. RIO HUALLAGA.....	30
2.2.4. PISCIGRANJAS	30
2.2.5. LOS PECES Y SU HEMATOLOGIA	31
2.2.6. CLASIFICACION TAXONOMICA DEL PACO	31
2.2.7. ALIMENTACION DEL PACO (<i>Piaractus brachypomus</i>)	32
2.2.8. LA ANATOMIA DE LOS PECES.....	33
2.2.9. LOS METALES PESADOS	34
2.2.10. FUENTES PRINCIPALES DE CONTAMINACION POR METALES PESADOS EN LOS PECES.....	34
2.2.11. CONSECUENCIAS GENERADAS POR METALES EN LOS ORGANISMOS	35
2.2.12. INGRESO DE XENOBIÓTICOS EN LOS PECES.....	36
2.2.13. BIOACUMULACION	38
2.2.14. BIOMAGNIFICACION	38
2.2.15. POTENCIAL DE TOXICIDAD	39
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	39
2.4. HIPÓTESIS	41
2.4.1. HIPOTESIS GENERAL.....	41
2.4.2. HIPOTESIS ESPECIFICA.....	41
2.5. VARIABLES	42

2.5.1. VARIABLE DE CATEGORIZACION	42
2.6. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	43
CAPITULO III	44
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	44
3.1. TIPO DE INVESTIGACION	44
3.1.1. ENFOQUE	44
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	45
3.1.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION	45
3.2. POBLACION Y MUESTRA	46
3.2.1. POBLACION	46
3.2.2. MUESTRA	46
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	49
3.3.1. MUESTREO Y ANALISIS DEL MATERIAL BIOLOGICO	49
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	50
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	50
CAPITULO IV	51
RESULTADOS	51
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	51
4.1.1. ANALISIS DESCRIPTIVO DEL TOTAL DE LOS DATOS	51
4.1.2. EVALUACIÓN DE NIVELES DE ACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN EL PEZ PACO (<i>Piaractus brachypomus</i>)	53
4.1.3. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (CD, PB, ZN) EN LA PIEL DEL PEZ PACO (<i>Piaractus brachypomus</i>)	54
4.1.4. DE LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (CD, PB, ZN) EN LOS MÚSCULOS DEL PEZ PACO (<i>Piaractus brachypomus</i>)	57

4.1.5. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (CD, PB, ZN) EN EL HÍGADO DEL PEZ PACO (<i>Piaractus brachypomus</i>)	60
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	63
4.2.1. FORMULACION DE LA HIPOTESIS PARA LA VARIABLE PIEL	63
4.2.2. PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS ANALIZADOS PARA LA VARIABLE PIEL EN EL ESTANQUE 1, 2 Y RÍO HUALLAGA	65
4.2.3. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA), DE LA VARIABLE PIEL	67
4.2.4. FORMULACION DE LA HIPOTESIS PARA LA VARIABLE MUSCULO	69
4.2.5. PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS ANALIZADOS PARA LA VARIABLE MUSCULO EN EL ESTANQUE 1, 2 Y RH.....	70
4.2.6. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA), DE LA VARIABLE MUSCULO	72
4.2.7. FORMULACION DE HIPOTESIS PARA LA VARIABLE HIGADO	74
4.2.8. PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS ANALIZADOS PARA LA VARIABLE HÍGADO EN EL ESTANQUE 1, 2 Y RH	75
4.2.9. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA), DE LA VARIABLE HÍGADO	77
CAPITULO V	79
DISCUSIÓN.....	79
5.1. DE LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (CD, PB, ZN) EN LA PIEL DEL PEZ PACO (<i>Piaractus brachypomus</i>) PROVENIENTES DEL RÍO HUALLAGA EN COMPARACIÓN CON PISCIGRANJAS	79
5.2. DE LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD, ZN) EN EL MUSCULO DEL PEZ	

PACO (<i>Piaractus brachypomus</i>) PROVENIENTES DEL RÍO HUALLAGA EN COMPARACIÓN CON PISCIGRANJAS	80
5.3. DE LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (CD, PB, ZN) EN EL HÍGADO DEL PEZ PACO (<i>Piaractus brachypomus</i>) PROVENIENTES DEL RÍO HUALLAGA EN COMPARACIÓN CON PISCIGRANJAS.	81
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES.....	86
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	88
ANEXOS.....	96

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica del Paco (<i>Piaractus brachypomus</i>)	31
Tabla 2 Operacionalización de variables de categorización	43
Tabla 3 Resultados de la muestra de análisis del pez 'Paco (<i>Piaractus brachypomus</i>)	47
Tabla 4 Resultado del análisis descriptivo de la recopilación de los datos	51
Tabla 5 Resultados de las medias de las muestras de las muestras de los estanques (E-1 Y E-2) de piscigranja y del rio Huallaga (RH)	53
Tabla 6 Datos de la muestra de la variable piel.....	54
Tabla 7 Análisis descriptivo de los datos de la variable Piel.....	55
Tabla 8 Análisis descriptivo de los datos de la variable del tejido musculo....	57
Tabla 9 Análisis descriptivo de los datos de la variable hígado	60
Tabla 10 Prueba de normalidad de los datos en la variable piel	65
Tabla 11 Análisis de varianza (ANOVA) para las variables analizadas en el hígado por sitio de muestreo	67
Tabla 12 Análisis de varianza (ANOVA) de los Niveles de concentración de metales pesados (Cd, Pb y Zn) en la piel del pez Paco provenientes del rio Huallaga y piscigranjas del distrito Pueblo nuevo, Huanuco-2025.....	68
Tabla 13 Prueba de normalidad de los datos de la variable musculo	70
Tabla 14 Análisis de varianza (ANOVA) de la variable musculo en los diferentes sitios de evaluación	72
Tabla 15 Concentración de metales pesados (Cd, Pb y Zn) y propiedades físico-químicas en el musculo de (<i>Piaractus brachypomus</i>) según fuente de procedencia	73
Tabla 16 Prueba de normalidad para la variable hígado.....	75
Tabla 17 Análisis de varianza (ANOVA) de la variable hígado en los diferentes sitios de evaluación	77
Tabla 18 Niveles de concentración de metales pesados (Pb, Cd y Zn) en el hígado del pez Paco (<i>Piaractus brachypomus</i>) según fuente de procedencia	78

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Anatomía externa del pez	33
Figura 2 Anatomía interna del pez	34
Figura 3 Ingreso de xenobióticos en los peces	37
Figura 4 La absorción cutánea del pez	38
Figura 5 La Biomagnificación en la cadena trófica	39
Figura 6 Niveles de concentración de los metales pesados	56
Figura 7 Concentración de 4 metales pesados (Cd, Pb y Zn) en el musculo de Paco (<i>Piaractus brachypomus</i>) según fuente de procedencia	58
Figura 8 Acumulación de metales en musculo de (<i>Piaractus brachypomus</i>) según fuente de procedencia	59
Figura 9 Concentración de metales en hígado del Paco (<i>Piaractus brachypomus</i>) según fuente de procedencia	61
Figura 10 Comparación de la acumulación de metales pesados (Cd, Pb y Zn) en diferentes tejidos de (<i>Piaractus brachypomus</i>) según fuente de procedencia	62
Figura 11 Prueba de hipótesis del metal plomo en la piel del pez Paco	63
Figura 12 Gráficos Q-Q para la evaluación de normalidad en la concentración de metales pesados en la piel del Paco (<i>Piaractus brachypomus</i>)	66
Figura 13 Prueba de hipótesis para la variable musculo del pez Paco	69
Figura 14 Gráficos Q-Q para concentración de metales en musculo de Paco	71
Figura 15 Prueba de hipótesis de la variable hígado	74
Figura 16 Prueba de Normalidad mediante QQ Plots para metales pesados en Tejido Hepático	76

RESUMEN

El presente estudio evaluó los niveles de acumulación de metales pesados (Cd, Pb y Zn) en el pez Paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con ejemplares de piscigranjas del distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco 2025. La contaminación por metales pesados en ambientes acuáticos representa un riesgo para la biodiversidad y la salud humana, por lo que resulta esencial comprender los patrones de bioacumulación en especies de consumo. El objetivo principal fue determinar y comparar los niveles de concentración de cadmio, plomo y zinc en la piel, músculo e hígado del Paco (*Piaractus brachypomus*) procedentes de ambientes naturales y controlados. La investigación buscó establecer si existían diferencias significativas en la bioacumulación de metales entre peces del río Huallaga y los estanques de las piscigranjas. Se aplicó un diseño cuantitativo, comparativo y no experimental. Las muestras se obtuvieron de dos estanques piscícolas y un punto del río. Se analizaron las variables fisicoquímicas (humedad, materia seca, materia orgánica y cenizas) y las concentraciones de Cd, Pb y Zn mediante espectrofotometría de absorción atómica. Dado que los datos no presentaron distribución normal, se empleó la prueba no paramétrica de Tukey para evaluar las diferencias entre tratamientos. Los resultados mostraron concentraciones significativamente mayores de Pb (0.080–0.217 mg/kg) y Cd (0.075–0.081 mg/kg) en los tejidos de peces del río Huallaga ($p < 0.05$), destacando el hígado como principal órgano bioacumulador. Estos hallazgos confirman que el río Huallaga presenta contaminación por descargas antrópicas que aumentan la biodisponibilidad de metales. Se recomienda fortalecer el control ambiental, el monitoreo continuo y las prácticas acuícolas sostenibles para proteger la salud pública y los ecosistemas acuáticos.

Palabras clave: *Piaractus brachypomus*, metales pesados, bioacumulación, río Huallaga, contaminación ambiental, Plomo, Cadmio, Zinc.

ABSTRACT

This study evaluated the accumulation levels of heavy metals (Cd, Pb, and Zn) in *Piaractus brachypomus* (paco fish) from the Huallaga River compared with specimens from fish farms in Pueblo Nuevo, Huánuco 2025. Heavy metal pollution in aquatic environments poses a serious risk to biodiversity and public health, making it essential to assess bioaccumulation patterns in species of human consumption. The main objective was to determine and compare the concentration levels of cadmium, lead, and copper in the skin, muscle, and liver of *P. brachypomus* from both natural and controlled environments. The research question focused on whether significant differences existed in the bioaccumulation of metals between specimens from the Huallaga River and those from piscicultural systems. A quantitative, comparative, and non-experimental design was applied. Samples were obtained from two fish farms and one river site. The physicochemical variables (moisture, dry matter, organic matter, and ashes) and concentrations of Cd, Pb, and Cu were determined through atomic absorption spectrophotometry. Given the non-normal distribution of data, the non-parametric Tukey's test was used to evaluate the differences between treatments. The results revealed significantly higher concentrations of Pb (0.080–0.217 mg/kg) and Cd (0.075–0.081 mg/kg) in the tissues of fish from the Huallaga River ($p < 0.05$), particularly in the liver, confirming its role as a key bioindicator of environmental contamination. These findings demonstrate that the Huallaga River is impacted by anthropogenic discharges that increase metal bioavailability and bioaccumulation in aquatic organisms. Therefore, stricter environmental control, continuous monitoring, and sustainable aquaculture practices are recommended to safeguard aquatic ecosystems and public health.

Keywords: *Piaractus brachypomus*, heavy metals, bioaccumulation, Huallaga River, Kruskal–Wallis, environmental contamination, Lead, Cadmium, and Zinc.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio aborda la problemática de la contaminación por metales pesados en ecosistemas acuáticos, específicamente en el río Huallaga, una de las principales fuentes hídricas de la región Huánuco, Perú. En los últimos años, el incremento de actividades antropogénicas como la minería, la agricultura intensiva y el vertimiento de aguas residuales ha contribuido significativamente a la presencia de contaminantes metálicos como el cadmio (Cd), plomo (Pb) y zinc (Zn) en los cuerpos de agua. Esta situación representa un riesgo tanto para la biodiversidad acuática como para la salud humana, debido a la bioacumulación de estos metales en organismos de consumo, como el pez paco (*Piaractus brachypomus*).

La investigación tuvo como problema principal determinar los niveles de concentración de metales pesados (Cd, Pb y Zn) en los tejidos de piel, hígado y músculo del pez paco provenientes del río Huallaga, comparándolos con especímenes cultivados en piscigranjas locales. La pregunta que guio el estudio fue: ¿Existen diferencias significativas en los niveles de concentración de metales pesados entre los ejemplares del río Huallaga y los de piscigranja?

La justificación de esta investigación radica en la necesidad de generar evidencia científica que permita evaluar el grado de contaminación del río Huallaga y sus efectos sobre especies ícticas de importancia alimentaria, aportando así información útil para la gestión ambiental, la seguridad alimentaria y la formulación de políticas de control y mitigación. El objetivo general fue comparar los niveles de concentración de Cd, Pb y Zn en el pez paco (*Piaractus brachypomus*) del río Huallaga y de estanques de piscigranjas.

Se empleó un enfoque cuantitativo, con un diseño comparativo no paramétrico debido a la falta de normalidad en los datos. Las muestras se analizaron mediante técnicas de espectrometría atómica, y el tratamiento estadístico se realizó con la prueba de normalidad de Shapiro

Wilk para determinar diferencias significativas entre las fuentes de procedencia.

Las principales fuentes de información incluyeron estudios previos sobre contaminación por metales pesados en peces de agua dulce, informes del Ministerio del Ambiente (MINAM) y normas de calidad ambiental para agua y alimentos. Entre las limitaciones del estudio destacan la estacionalidad del muestreo y el acceso restringido a algunos puntos del río, lo que podría influir en la variabilidad de los resultados.

En conclusión, los resultados evidenciaron concentraciones de metales pesados mayores en los peces del río Huallaga respecto a los de piscigranja, confirmando la influencia de las fuentes de contaminación antrópica en la calidad ambiental del río. Este trabajo contribuye al conocimiento científico sobre la bioacumulación metálica en peces amazónicos y sienta las bases para futuras investigaciones y estrategias de control ambiental.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial la crianza extensiva y semi extensiva, se caracteriza por la crianza de peces en ambientes naturales o seminaturales, puede ser susceptible a la contaminación por metales pesados provenientes de diversas fuentes, como la minería, la agricultura, las actividades industriales y la urbanización.

La acumulación de metales pesados en los ríos y las granjas de acuicultura se ha convertido en un problema importante debido al uso generalizado de alimentos artificiales para mejorar la productividad de los peces (Hossain et al., 2022).

La acumulación de metales pesados en peces y mariscos tropicales del río de los ríos tropicales representa un riesgo para la salud para el consumo, con un riesgo potencial de cáncer si se consume continuamente durante más de 70 años (M. K. Ahmed et al., 2015).

La bioacumulación de metales pesados en peces de importancia comercial de crianzas extensivas representa un mayor riesgo potencial para la salud de los niños que para los adultos, ya que los niños son casi 6 veces más susceptibles a los efectos cancerígenos y no cancerígenos para la salud (Ahmed et al., 2019).

La contaminación de peces de agua dulce con metales pesados y metaloides tóxicos plantea un riesgo significativo para la salud humana, con factores como los gremios de alimentación y los índices que afectan la bioacumulación y la evaluación de riesgos (Ali y Khan 2018).

Los hábitos alimenticios y los hábitats de vida influyen significativamente en la bioacumulación de metales pesados en los peces, siendo los peces carnívoros los que muestran concentraciones más altas de Zn y los peces demersales los que muestran niveles más altos en los hábitats demersales.(Wu et al., 2023).

Los peces bentónicos de los ríos amazónicos del Perú presentan mayor acumulación de metales pesados debido a su hábito alimenticio; estos representan un riesgo para la salud pública si son consumidas en grandes cantidades por la población, siendo cadmio, plomo y cobre los más relevantes y los que más daño causan a la salud humana (Ortega et al., 2020).

En el departamento de Ayacucho debido a la aglutinación de arsénico en el agua que ingresa a las piscigranjas supera los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua de la categoría 4, conservación del ambiente acuático para ríos de costa y sierra, establecido por el Decreto Supremo 004-2017-MINAM (0.15 mg/L). El nivel de concentración de arsénico en el tejido muscular de las truchas también es superior a los límites máximos permisibles según las normas estándares de China (0.10 mg/kg) y Norma Internacional de los Alimentos (0.002 mg/kg) (De La Cruz, 2022).

En los peces del río Huallaga se encontró la presencia de metales pesados básicamente en el hígado; Cadmio y Plomo; mientras, que en el músculo se determinó concentraciones promedio de cadmio de 1,62 ppm en julilla; 1,59 ppm en carachama y 0,73 ppm en boquichico. Así mismo, se encontró concentraciones promedio de plomo de 5,09 ppm en carachama y 0,61 ppm en boquichico y no se determinó en julilla. Además, concentraciones promedio de cobre de 2,78 ppm en julilla; 2,44 ppm en boquichico y 2,41 ppm en carachama.

En ese sentido el proyecto de investigación pretende generar información veraz con sustento científico si existe o no presencia de metales pesados en la piel, hígado y musculo de uno de los peces con mayor consumo en la zona como es el paco (*Piaractus brachypomus*), bajo un sistema de crianza extensiva en el distrito de Pueblo Nuevo de la región de Huánuco.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuáles son los niveles de contaminación por metales pesados en el pez paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco – 2025?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Cuáles son los niveles de concentración de metales pesados (Cd, Pb, Zn,) en la piel del pez Paco (*Piractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025?
- ¿Cuáles son los niveles de concentración de metales pesados (Cd, Pb, Zn,) en los músculos del pez Paco (*Piractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025?
- ¿Cuáles son los niveles de concentración de metales pesados (Cd, Pb, Zn,) en las vísceras (Hígado) del pez Paco (*Piractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar los niveles de acumulación de metales pesados en el pez paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco – 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar los niveles de concentración de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en la piel del pez paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025.
- Determinar los niveles de concentración de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en los músculos del pez paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025.
- Determinar los niveles de concentración de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en las vísceras (Hígado) del pez paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El proyecto de investigación estuvo justificado por su contribución a la protección de la salud pública, la conservación del ambiente y fortalecimiento de la economía local, desarrollo sostenible y seguridad alimentaria, por ello la investigación se fundamenta en:

1.4.1. JUSTIFICACION PRACTICA

El proyecto tuvo un impacto práctico significativo en varias áreas como en la protección de la salud pública, ya que los resultados del estudio permitirán identificar los niveles de metales pesados en el Paco, lo que contribuirá a garantizar que los peces destinados al consumo humano sean seguros. Esto ayudará a prevenir problemas de salud relacionados con el consumo de alimentos contaminados, como daños neurológicos, renales y hepáticos.

1.4.2. JUSTIFICACION TEORICA

Este estudio permitió generar nuevos datos sobre la bioacumulación de metales pesados en peces tropicales, específicamente en el Paco (*Piaractus brachypomus*), una especie clave en la acuicultura de la región. Los resultados enriquecieron el conocimiento sobre cómo los metales pesados se distribuyen en los ecosistemas acuáticos y cómo afectan a las especies que se crían en sistemas extensivos.

1.4.3. JUSTIFICACION SOCIAL

El proyecto tuvo un impacto social significativo en diversos ámbitos de la vida comunitaria y de la salud pública en la región de Huánuco. Contribuyó a la protección de la salud de la población y al fortalecimiento de la seguridad alimentaria mediante la identificación de posibles riesgos asociados al consumo de peces contaminados con metales pesados. Al garantizar que el *paco* (*Piaractus brachypomus*), una fuente esencial de proteínas para la población local, estuviera libre de niveles tóxicos de contaminantes, se redujo el riesgo de enfermedades graves vinculadas al consumo de alimentos contaminados.

1.4.4. JUSTIFICACION AMBIENTAL

La investigación tuvo un impacto ambiental relevante en diversos aspectos. En primer lugar, contribuyó al monitoreo y control de la contaminación al permitir la identificación de la presencia y concentración de metales pesados, como el cadmio, el plomo y zinc, en los cuerpos de agua donde se criaba el *paco* (*Piaractus brachypomus*).

Asimismo, al generar datos precisos sobre los niveles de contaminación, se facilitaron la implementación de medidas correctivas y de control ambiental orientadas a reducir la contaminación en los sistemas acuícolas. Estas acciones promovieron la mejora de la calidad del agua y el fortalecimiento de

la salud de los ecosistemas acuáticos y de las comunidades dedicadas al cultivo de peces tropicales.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Una de las principales limitaciones de la investigación fue la época del año en que se llevó a cabo el muestreo, ya que la recolección de muestras de peces y agua estuvo restringida a determinadas temporadas y zonas geográficas específicas. Esta condición pudo haber afectado la representatividad de los resultados, considerando que las concentraciones de metales pesados suelen variar con el tiempo y entre diferentes cuerpos de agua. Asimismo, los costos elevados de los análisis de laboratorio para la determinación de metales pesados representaron una restricción significativa, tanto a nivel regional como nacional. Finalmente, se identificó la carencia de información detallada y específica sobre la presencia de metales pesados en piscigranjas de la zona de Leoncio Prado, lo que limitó la comparación con estudios previos o bases de datos locales actualizada.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El proyecto de tesis fue considerado viable debido a que contó diversas condiciones favorables para su ejecución. En primer lugar, el interés público en esta área le otorgó una justificación sólida y garantizó el respaldo institucional necesario. Asimismo, la disponibilidad de recursos naturales en el distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco, facilitó el desarrollo del estudio, ya que esta zona posee una amplia producción acuícola y cuerpos de agua adecuados para la investigación. La existencia de sistemas de crianza extensiva de peces, como el paco (*Piaractus brachypomus*), permitió el acceso a muestras representativas, lo que hizo que la investigación fuera logísticamente factible. Además, se dispuso de acceso a tecnologías y metodologías estandarizadas para la determinación de metales pesados en peces y agua, basadas en protocolos reconocidos que aseguraron la obtención de resultados confiables.

Finalmente, la infraestructura técnica y los laboratorios disponibles en la región, posibilitaron la realización de los análisis de manera eficiente y precisa, fortaleciendo la factibilidad técnica del estudio.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL

En investigaciones realizadas a nivel internacional, se encontró a Nieto (2021), quien en su investigación desarrollada sobre “Determinación de metales pesados cadmio (cd) y plomo (pb) en el atún en Skip Jack (*katsuwonus pelamis*)”. El objetivo fue determinar la concentración de metales pesados cadmio (Cd) y plomo (Pb) en la especie Skip Jack (*Katsuwonus pelamis*) por espectrometría de la absorción atómica con el método de flama. Para dicho trabajo se tomaron 27 muestras de tejido muscular de la parte del lomo del Skip jack de tres embarcaciones. El resultado obtenido para la concentración del cadmio (Cd) en el Skip Jack (*Katsuwonus pelamis*) no varía entre las tallas evaluadas, puesto que los resultados de p-valor son mayores a 0.05, y por lo tanto, no hay una diferencia significativa en los tratamientos puesto que se comportan de la misma manera y por lo cual se acepta la hipótesis nula. Concluye que la concentración de metales pesados no excede los límites permitidos por las normativas legales, en lo referentes a las muestras de atún congelado en base húmeda, según los límites establecidos en la Legislación de la Unión Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios.

Hernández, et al., (2020) investigo sobre el “Contenido de metales pesados en sedimentos y peces provenientes de las ciénagas Marimonda y El Salado en Antioquia, Colombia” Artículo, de la Universidad de Córdoba, el objetivo fue determinar la concentración de los metales pesados Cu, Cd, Zn y Hg en sedimentos y peces, por lo cual se recogieron un total de 12 muestras de sedimentos superficiales con una draga Van Veen, representativos de los periodos húmedo (mayo del 2017) y seco (marzo del 2018). Dentro de los parámetros que se analizaron son: la temperatura y el pH ya que se determinaron in situ con un

potenciómetro portátil con electrodo combinado de vidrio y sensor de temperatura, con precisión de 0,01 unidades. El trabajo de investigación revela como resultado que las concentraciones de los metales analizados no sobrepasaron el límite permisible de las Guías de Calidad Ambiental, canadiense: Cd = 0,67 mg kg⁻¹, Pb = 35,0 mg kg⁻¹, Mercurio = 0,17 mg kg⁻¹, Zn = 123,0 mg kg⁻¹, Cu = 35,7 mg kg⁻¹ (CEQG, 2003). En general existe diferencia significativa entre las concentraciones de metales pesados en distintas épocas del año ($P < 0,05$). Se concluye que la concentración de metales pesados se encontró por debajo de los límites permisibles de la Guía de Calidad Ambiental Canadiense.

Doria (2021) investiga sobre la “Bioconcentración de metales pesados (Zn, Hg, Pb) en tejidos de ***Ariopsis felis*** y ***Diplodus annularis*** en el río Ranchería, norte de Colombia”. Artículo. Universidad de La Guajira. El objetivo fue evaluar los niveles de bioconcentración de algunos metales pesados (Zn, Hg y Pb) en los peces ***Ariopsis felis*** (bagre) y ***Diplodus annularis*** (mojarra) de gran importancia alimenticia para la población riverense cuyo propósito es medir el impacto contaminante de dichos metales en este ecosistema acuático superficial, que dan como resultado de las actividades humanas. Para ello se recolectaron 20 ejemplares de las especies ***Ariopsis felis*** (bagre) y 20 de ***Diplodus annularis*** (mojarra), jóvenes y adultos, en las 4 estaciones de monitoreo (5 en cada estación), durante las épocas de lluvia y sequía. Se determinó que la especie ***Ariopsis felis*** (bagre) da como resultado los siguientes valores de bioacumulación como son: (0.14) de Zn, (2.50) de Pb y (23.22) de Hg presentes en su hígado y riñones, así mismo la especie de ***Diplodus annularis*** (mojarra) da como resultado los siguientes valores de bioacumulación como son: el (0.10) de Zn, el (0.25) de Pb y el (30.73) de Hg presentes en su hígado y riñones. Concluye que las especies ***Ariopsis felis*** (bagre) y ***Diplodus annularis*** (mojarra), y el sedimento superficial de la cuenca media del río Ranchería no presentan concentraciones

elevadas de Zn, Hg y Pb. Esto con respecto a las normas nacionales e internacionales.

Oliva, et al., (2023) investigan sobre “Metales en tejido muscular de peces y camarones de la Reserva Natural de Usos Múltiples Monterrico, Guatemala”. Artículo científico. Universidad de San Carlos Guatemala. El trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar los niveles de metales pesados en peces y camarones del canal de Chiquimulilla, por lo cual se seleccionaron diez sitios de muestreo ubicados en: Rama Verde, el Pumpo, La Avellana, San Pedro, Puente Grande, Monterrico, Agua Dulce, El Dragado, Güisocoyol y el Matadero, se realizaron las mediciones de absorbancia para los distintos metales Cd, Cu, Pb, y Zn por medio de un espectrofotómetro de absorción atómica de llama (Thermo Electron Corporation S Series). Así mismo los datos se procesaron haciendo un resumen descriptivo con estadísticas de tendencia central, tablas y gráficos. En la mayoría de los peces y camarones analizados se reportó el Cd, con un promedio de 1.71 mg/kg para todos los organismos analizados y 2.83 (1.92) mg/kg para los camarones analizados. El zinc se encontró en una concentración promedio de 2.46 mg/kg para todos los organismos analizados. El Cu se encontró únicamente en peces de la especie ***D. peruvianus*** con 4.19 (42) mg/kg y en los camarones ***P. vannamei*** con 14.58 (7.77) mg/kg. El Pb no fue detectado en ninguno de los organismos analizados. Concluyen que la concentración máxima de Cd en el músculo de los peces fue de 9.37 mg/kg (peso húmedo) y en camarones 4.37 mg/kg (peso húmedo), sobrepasando los límites permisibles para Cd en peces y camarones por la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria de Brasil (ANVISA). Así mismo, los valores de Cu y Zn no superaron los valores permisibles.

2.1.2. A NIVEL NACIONAL

En investigaciones realizadas a nivel nacional, se encontró a Vega (2020) investiga sobre el “Estudio de la concentración de mercurio, plomo, cadmio y arsénico en peces y su comparación con

las normativas SANIPES, OMS y la Unión Europea”. Universidad privada del norte de Cajamarca – Perú. La investigación tuvo como objetivo estudiar las concentraciones de mercurio, plomo, cadmio y arsénico en peces y compararlos con las normativas de SANIPES, OMS y la Unión Europea. Por lo que selecciono un total de cinco estudios de investigación de diferentes especies de peces. En esta investigación se inició mediante una búsqueda de análisis de estudios similares, con una revisión bibliográfica de artículos, tesis, evidencias de validez y calidad. Como resultados se tiene que, de los cinco casos estudiados, para el caso dos de los autores Panduro y Bartolomé las concentraciones de cadmio y plomo sobrepasan los límites de las normativas debido a la ubicación en el río Huallaga, donde se obtiene: 0.22 (mg/kg) y 0.19 (mg/kg) cuyos valores son superiores a 0.05 (mg/kg) establecido por SANIPES y la U. E. mientras que para los demás ejemplares de especies la diferencia de valores, puede deberse por tener diferencia de tamaño, edad o porque estuviese mejor alimentado, en tal sentido las especies de peces analizadas son de agua dulce ya que no existe un sistema de gestión de alimentación, como piscigranjas. Finalmente concluye que, de los cinco estudios investigados se da a conocer que la mayor concentración de mercurio (Hg) fue de 0.079 (mg/kg) en la especie Bocachico venezolano (***Prochilodus reticulatus***). Para el metal plomo (Pb) la mayor concentración fue de 2.18 (mg/kg) en la especie Carachama (***Hypostomus oculeus***), como también para el metal cadmio fue quién tuvo la mayor concentración siendo 0.12 (mg/kg) esto debido a que la toma de muestra se encuentra cerca de donde se practica la minería aurífera artesanal. Así mismo, en el metal de arsénico las tres muestras coincidieron con 0.02 (mg/kg) en las tres especies Merluza austral (***Merluccius australis***), Pescadilla (***Cynoscion striatus***) y trucha arcoíris (***Oncorhynchus mykiss***).

Meniz-Oshiro y Lannacone-Oliver (2023) investigan sobre los “Efectos ecotóxicos de metales pesados sobre ***daphnia magna*** y

paracheiroidon innesi en un río de la Amazonía Peruana”. Artículo. Universidad científica del sur, Lima-Perú. La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto ecotóxico del Hg y de ocho metales pesados los cuales son: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Hierro (Fe), Plomo (Pb), Selenio (Se) y Zinc (Zn), en el agua superficial y en los sedimentos debido a la minería en el río Madre de Dios utilizando como bioindicadores a las especies de *D. magna* y *P. innesi*. Como resultado de los cuatro puntos de muestreo de agua superficial evaluados en el río Madre de Dios, se encontraron dos parámetros que exceden el ECA de agua superficial: el Pb en los cuatro puntos y el pH en tres puntos. Y para los sedimentos, se halló que dos metales pesados exceden los estándares de la Guía ISQG en sedimento: As y Cu. Sin embargo, el Hg no superó los ECA de agua superficial y de sedimentos en ninguna de las muestras evaluadas. De la investigación concluyen que *D. magna* no evidenció toxicidad aguda en el agua superficial ni en los sedimentos elutriados del río Madre de Dios, esto a pesar de que el Pb sobrepasó los valores del ECA para el agua superficial.

Berlotti-Rivera y Noe-Mocetti (2018) investigan sobre la “Concentración de plomo, mercurio y cadmio en músculo de peces y muestras de agua procedentes del Río Santa, Ancash – Perú”. Artículo. La investigación tuvo como objetivo cuantificar la concentración de metales pesados como: Pb, Hg y Cd en el músculo de los peces comercializados para consumo humano y en muestras de agua procedentes del Río Santa (Ancash – Perú). Para la investigación se tomaron muestras de tres puntos diferentes de comercialización de peces, con un total de 15 muestras de peces, por lo que los peces a ser utilizados fueron las truchas Arco Iris (***Oncorhynchus mykiss***) estas muestras fueron analizadas en el laboratorio mediante la técnica de absorción atómica de flama (AASF). Los resultados encontrados son: una mayor concentración de plomo ($p < 0,05$) en peces procedentes del

Río Santa en comparación a los de laguna. Así mismo no se encontró diferencias en la concentración de Hg y Cd. Y si comparamos la concentración de Pb según lugar de procedencia de los peces, se encuentra que estas están por encima de lo permitido por la EC, tanto en laguna como en río. Finalmente concluyen que las concentraciones de Pb fueron mayores que las permisibles por la EC para músculo de peces en las tres zonas (Catac, Taricá y Palmira), como el lugar de procedencia (laguna y río). En caso del Hg, los niveles estuvieron por encima de los permisibles en la zona de Palmira.

Masco, et al., (2021) investigan sobre la “Evaluación de la concentración de metales pesados (Pb, Hg, Cd) y As en pescados expendidos en los mercados de la ciudad del Cusco, Perú”. Artículo. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cuzco. La investigación tuvo como objetivo evaluar la concentración de Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Arsénico (As) en tejidos de cabeza, piel, hueso y músculo de los pescados que son comercializados en los principales centros de abastos de la ciudad. Para ello se realizó el método de espectrometría de Emisión Óptica por plasma de acoplamiento inductivo ICP-OES para cuantificar la presencia de plomo (Pb), cadmio (Cd) y arsénico (As), así mismo se realizó el método de espectrofotometría de Absorción Atómica con vapor frío para el mercurio (Hg). Los resultados de la investigación indican que la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) y el jurel (*Trachurus murphyi*) son los más consumidos, puesto que en la cabeza de jurel de Vinocanchón la concentración de Cd fue 0,2 mg/kg y en el músculo se detectó 0,09 mg/kg de Hg, valores que se encuentran dentro de los límites máximos permisibles y para las concentraciones de Pb, Cd y As encontradas en el músculo del jurel y trucha están por debajo de los niveles de concentración permisibles indicados por los organismos internacionales, mientras que la concentración de Hg estuvo entre 0,006 a 0,029 mg/kg valores que se encuentran dentro del límite máximo permisible. De

la investigación concluyen que la especie de menor riesgo para el consumo es la trucha, así mismo se debe tener en cuenta que el Cd y Hg son metales bioacumulables, el consumo de cabeza, piel y musculo de ambos pescados pueden representar un riesgo para la salud a largo plazo.

2.1.3. A NIVEL LOCAL

En investigaciones realizadas a nivel regional, se encontró a Rosales, et al., (2020) investigan sobre la “Bioacumulación de metales pesados en tres especies de peces bentónicos del río monzón, región Huánuco”. Artículo. Río Monzon-Huánuco. El siguiente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la concentración de metales como son: cadmio, plomo y cobre en las especies de peces boquichico (*Prochilodus nigricans*), carachama (*Chaetostoma sp*) y julilla (*Parodon buckleyi*). Como muestra se tomaron 12 ejemplares por especie en tres puntos de muestreo del río Monzón y su cuantificación se realizó con un espectrofotómetro de absorción atómica de llama, previa digestión ácida de las muestras del músculo, hígado, sedimento y agua. Los resultados muestran que, en las tres especies, la mayor acumulación de los tres metales se presenta en el hígado; mientras, que en el músculo de las especies se determinó concentraciones promedio de cadmio de 1,62 ppm en julilla; 1,59 ppm en carachama y 0,73 ppm en boquichico. Y para las concentraciones promedio de plomo se encontró el 5,09 ppm en carachama y 0,61 ppm en boquichico y no se determinó en julilla. Finalmente concluyen que las tres especies acumulan cadmio y cobre en el hígado; en tanto para la carachama y boquichico acumulan plomo en el músculo; y la especie con mayor concentración de cadmio y cobre en el músculo es julilla.

Llanos, et al., (2024) investigan sobre “Contaminación por metales pesados de microcuenca del río Alto Huallaga y suelos agrícolas”. Artículo. Desarrollado en la cuenca del río alto Huallaga y suelos agrícolas del área de influencia. La investigación tuvo

como objetivo determinar el nivel de contaminación por metales pesados (Cd, Pb y Cu) de las aguas y suelos de la cuenca de río Huallaga; Pallanchacra, San Rafael, Río blanco, Huertas, Huancachupa, Higuera y Churubamba. La población a estudiar fueron todos los ríos que desembocan a la Cuenca del río Alto Huallaga y los terrenos ubicados a orillas del río Huallaga, siendo tomadas las muestras en cada punto del río, el volumen de muestra extraída fue de 5 % del caudal recogidas. Los resultados obtenidos del análisis de agua en laboratorio fueron; Cd (0.004 mg/l), seguido de los metales Pb (0.09 mg/l), el metal Cu (1.8 mg/l), encontrándose el pH de 7.8 y la temperatura de optima de 15°C grados. Finalmente concluyeron que se logró obtener los datos de contaminación de los siguientes metales: Cadmio, plomo y cobre en miligramos por litro, ya que estos influyen en la contaminación de aguas en la agricultura.

2.2. BASES TEÓRICAS

Para la comprensión del presente trabajo, de investigación es necesario definir algunos términos que se desarrollaran en la siguiente investigación.

2.2.1. ECOSISTEMAS ACUATICOS

El Perú es uno de los países megadiversos del mundo, con una gran diversidad de ecosistemas debido a su ubicación tropical, corrientes marinas y relieve complejo, que en conjunto definen ambientes diferenciados por la altitud y las condiciones climáticas. En estos ecosistemas se vienen realizando diversos estudios sobre macroinvertebrados acuáticos; aunque aún no tan numerosos, han mostrado un auge en los últimos años. (Arana, et al. 2021).

Asimismo, establece lineamientos de política sobre diversidad biológica. Contempla, entre estos, el rol estratégico de la diversidad biológica, y de la diversidad cultural asociada a ella, para el desarrollo sostenible; el enfoque ecosistémico en la planificación y gestión de la diversidad biológica y los recursos naturales; la

cooperación en la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica marina en zonas más allá de los límites de la jurisdicción nacional, conforme con el derecho internacional. (Galvez 2022. p.64).

2.2.2. LOS RIOS Y LA PRESENCIA DE METALES PESADOS

La contaminación de los ríos por metales pesados es un problema ambiental crítico que afecta la salud de los ecosistemas acuáticos y la seguridad alimentaria de las comunidades que dependen de estos recursos (García et al., 2021). Los estudios han demostrado que los niveles de metales pesados en los sedimentos de los ríos pueden ser un indicador eficaz de la calidad del agua y de la salud de los organismos acuáticos (Martínez y Torres, 2020).

2.2.3. RIO HUALLAGA

El río Huallaga es una fuente vital de recursos hídricos en la región amazónica de Perú, pero enfrenta serias amenazas por la contaminación industrial y agrícola (Quispe et al., 2023). Los metales pesados que se acumulan en el río Huallaga representan un riesgo significativo para la salud de los ecosistemas acuáticos y de las comunidades locales que dependen de este recurso (Salazar y Vásquez, 2021).

2.2.4. PISCIGRANJAS

Las piscigranjas han emergido como una alternativa sostenible para la producción de pescado, aunque también plantean desafíos en términos de contaminación y sostenibilidad ambiental (González y Ríos, 2021). El manejo inadecuado de las piscigranjas puede resultar en la acumulación de nutrientes y contaminantes en los cuerpos de agua, afectando la calidad del agua y la salud de los ecosistemas circundantes (Morales et al., 2022).

El uso de productos químicos y antibióticos en las piscigranjas contribuye a la acumulación de metales pesados en los organismos acuáticos, lo que plantea riesgos para la salud humana y el medio

ambiente (Martínez y Pérez, 2022). Las piscigranjas pueden ser una fuente significativa de contaminación por metales pesados, especialmente cuando se utilizan alimentos contaminados o se manejan de manera inadecuada los desechos (López et al., 2021).

2.2.5. LOS PECES Y SU HEMATOLOGIA

La hematología puede proporcionar información útil sobre el bienestar de los peces, la salud, la respuesta del sistema inmunológico, los efectos a corto y largo plazo de las condiciones de cultivo "subóptimas", la calidad del agua, el posible brote de enfermedades y el estado nutricional. Sin embargo, la hematología de los peces aún no se mide de manera rutinaria ni en la investigación ni en las condiciones de cultivo para evaluar la salud y/o el bienestar. (Esmaeli. 2021).

Para Ortega (2020), citado por (Mancera et al., 2006), sostiene que: en el caso de la absorción de metales pesados circulantes en el agua, los peces tienen la capacidad de almacenar en su organismo una concentración mayor de estos compuestos en comparación con la presente en el medio, por lo que son un indicador importante de la contaminación, pero también esto implica que su consumo se puede convertir en un problema de salud para las poblaciones que se alimentan de este recurso.

2.2.6. CLASIFICACION TAXONOMICA DEL PACO

Según Produce (2022) la clasificación taxonómica del Paco se expresa de la siguiente manera:

Tabla 1*Clasificación taxonómica del Paco (**Piaractus brachypomus**)*

REINO	ANIMAL
Phyllum	Chordata
clase	Actinopterygii
orden	Characiformes
genero	Piaractus
especie	Brachypomus
Nombre científico	Piaractus brachypomus
	(cuvier, 1818)
nombre común	"Paco"

Nota: La tabla muestra la taxonomía del pez Paco (**Piaractus brachypomus**)**Fuente:** Produce (2022).

2.2.7. ALIMENTACION DEL PACO (*Piaractus brachypomus*)

El Paco (***Piaractus brachypomus***), es una especie amazónica, de hábitos omnívoros, tendiendo a ser frugívora, ya que consume preferentemente frutos y semillas en su ambiente natural, siendo muy adaptable al consumo de alimentos balanceados cuando se encuentra en cautiverio. (Sánchez, 2018. p.14).

Es uno de los aspectos más importantes durante el cultivo de peces el alimento para alevines de paco (***Piaractus brachypomus***) está formulado con 28% de proteína y 3200 Kcal de energía metabolizable (EM) con insumos tradicionales como maíz, torta de soya, harina de pescado, polvillo de arroz y de forma extruida. (Dominguez, 2023. p.20).

El paco (***Piaractus brachypomus***) debe tener nutrientes esenciales, incluyendo proteínas, energía, fibra, grasas,

carbohidratos, materia seca, fósforo, calcio, sodio, vitaminas, minerales. (Domínguez, 2023. p.21).

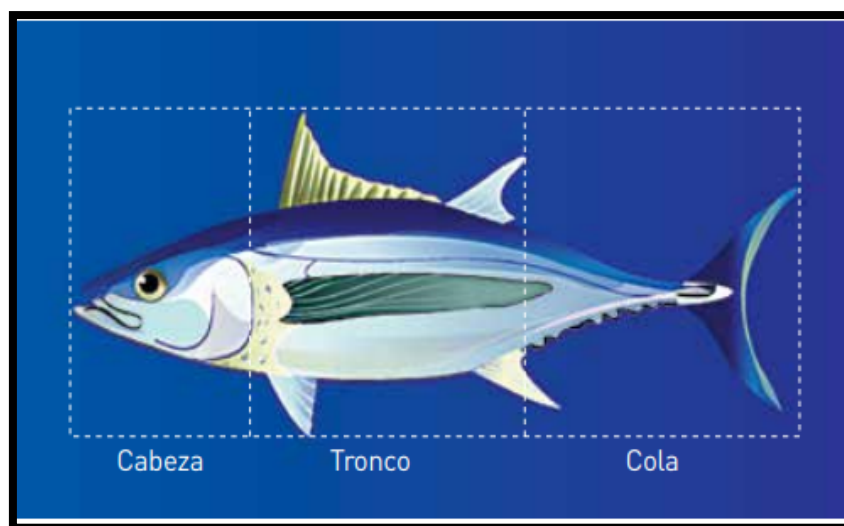
2.2.8. LA ANATOMÍA DE LOS PECES

La acumulación de metales pesados en los tejidos de los peces puede tener efectos tóxicos significativos, afectando tanto su salud como la de los humanos que los consumen (Zambrano et al., 2021). La presencia de metales pesados en la anatomía de los peces puede ser un indicador clave de la calidad del agua y de la salud de los ecosistemas acuáticos (López et al., 2023).

Los metales pesados como el plomo, cadmio y mercurio se acumulan principalmente en órganos como el hígado y los músculos de los peces, afectando su fisiología (García y Hernández, 2022).

A continuación, se presenta la anatomía externa e interna de un pez.

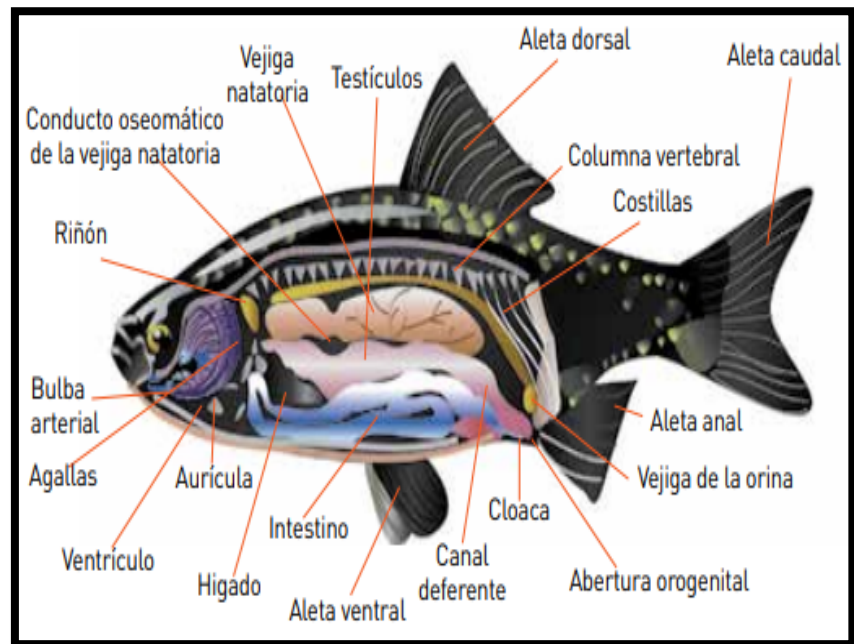
Figura 1
Anatomía externa del pez



Nota: La figura muestra la anatomía externa de un pez.

Fuente: Guía de identificación de peces marinos 2024.

Figura 2
Anatomía interna del pez



Nota: La figura muestra la anatomía interna de un pez.

Fuente: Guía de identificación de peces marinos 2024.

2.2.9. LOS METALES PESADOS

Los metales pesados son tóxicos incluso en bajas concentraciones y pueden tener efectos adversos sobre diversas afecciones del organismo, incluida la carcinogenicidad (Budi et al., 2022).

2.2.10. FUENTES PRINCIPALES DE CONTAMINACION POR METALES PESADOS EN LOS PECES

Las fuentes naturales de metales pesados son principalmente la erupción volcánica y la erosión de las rocas que contienen metales, mientras que las fuentes antropogénicas de metales pesados incluyen actividades agrícolas e industriales, combustión de combustibles fósiles y gasolina, incineradores de residuos, minería, etc. La movilización de estos metales pesados al ecosistema acuático altera la propiedad fisicoquímica del agua, lo que es peligroso para los organismos acuáticos. (Garai et al., 2021).

2.2.11. CONSECUENCIAS GENERADAS POR METALES EN LOS ORGANISMOS

Siendo la problemática a nivel mundial con respecto a los diferentes metales pesados existentes en la naturaleza, es importante esclarecer el riesgo para la salud humana, asociada a la exposición de cada metal en específico. A continuación, se va describir las consecuencias de algunos metales pesados, los cuales son:

a.-) CADMIO (Cd)

El cadmio es un metal pesado que no cumple ninguna función metabólica dentro de los seres vivos y este al acumularse tiende a ser un metal tóxico. (Nieves et al., 2019).

Este metal induce a cambio patológicos varios de los órganos de los seres vivos, en los peces causa problemas severos en el hígado, necrosis en el páncreas, degeneración vacuolar de hepatocitos, congestión en los vasos sanguíneos entre otros problemas. Los seres acuáticos al bioacumular este metal en su organismo son de interés para la investigación como bioindicadores de la contaminación del sistema acuático. (Ruíz, 2019).

b.-) PLOMO (Pb)

Este metal pesado toxico es uno de los más importantes en el medio ambiente. Por su naturaleza no biodegradable y adicional a su uso continuo, este es de fácil acumulación en el medio ambiente y lo hace en ritmos acelerados. La exposición a este metal pesado causa problemas a nivel de las funciones motoras y de la misma manera afecta de manera negativa el desarrollo intelectual, el crecimiento en la etapa infantil y la formación de hemoglobina en la sangre. (Palacios et al., 2020).

c.-) ZINC (Zn)

El zinc (Zn) es un oligoelemento esencial para la proliferación y la diferenciación celulares. Es un componente estructural de las proteínas y de las enzimas que influye en las enzimas metabólicas, los factores de transcripción y las proteínas de señalización celular. La exposición a grandes cantidades de Zn y a compuestos que contienen Zn puede resultar en una variedad de efectos adversos en los sistemas gastrointestinal, hematológico y respiratorio, junto con alteraciones en los sistemas cardiovascular y neurológico de los seres humanos. Rosas Romero, R. (2020). El papel del zinc en la salud humana.

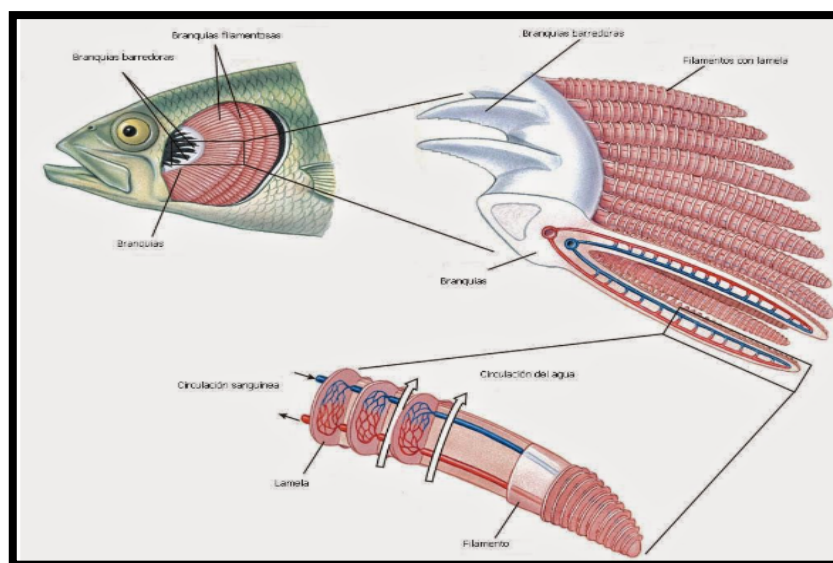
El Zinc resulta perjudicial para numerosas plantas en diversas concentraciones; la toxicidad disminuye en suelos con un pH superior a 6,0 y en suelos orgánicos de textura fina. (Suematsu, 1995, p,6).

2.2.12. INGRESO DE XENOBIÓTICOS EN LOS PECES

Hay tres rutas posibles para el ingreso de una sustancia a un pez:

1.- El sistema respiratorio (las branquias). Un pez debe de respirar 20 veces más de su medio respiratorio (agua), que un animal terrestre, para obtener una cantidad equivalente de oxígeno. Bardales (2015). Las branquias son el principal lugar de ingreso para sustancias disueltas en el agua. Por lo cual este tejido está expuesto a cantidades mucho mayores de tóxicos que los pulmones de un animal terrestre.

Figura 3
Ingreso de xenobióticos en los peces



Nota: La figura muestra el sistema respiratorio de un pez.
Fuente: Bardales, B.B.A. (2015).

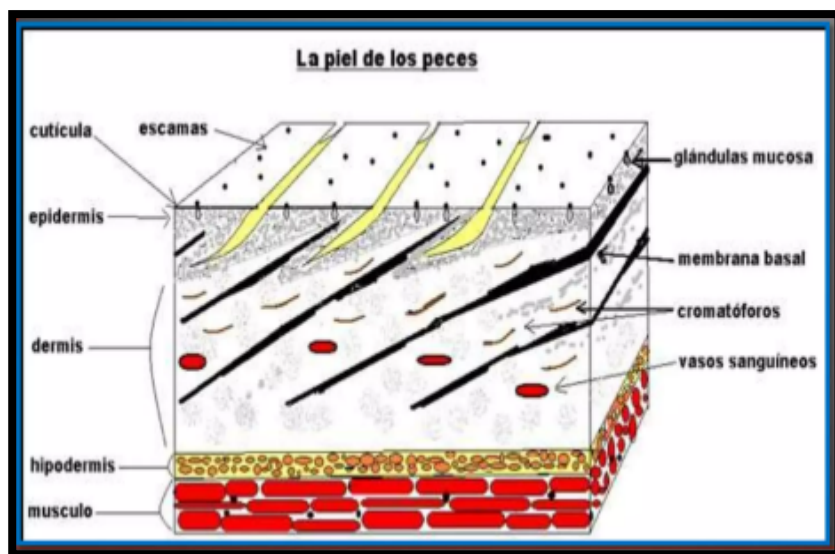
2. La ingesta de agua y alimento (tracto intestinal).

Al igual que en los animales terrestres, los tóxicos tienen que ser digeridos, absorbidos y transportados por el sistema portal hígado antes de ingresar al sistema circulatorio general. Bardales (2015).

3. La absorción cutánea (la piel)

En animales de menos de 4 g. de masa corporal la exposición cutánea puede representar hasta el 50 % de la dosis absorbida, mientras que en peces de más de 1 kg de masa es menos del 10 %. Bardales (2015).

Figura 4
La absorción cutánea del pez



Nota: La figura muestra la absorción cutánea del pez.
Fuente: Bardales, B.B.A. (2015).

2.2.13. BIOACUMULACION

Para Ortega (2020) citado por (Blasco et al., 2016), sostiene que, el incremento de concentración de contaminantes en organismos vivos, el cual es captado por interacciones con el medio ambiente y para el caso de organismos acuáticos, hay diferentes fuentes de absorción tales como agua y / o partículas de alimentos. La bioacumulación se centra en los procesos de absorción de contaminantes en los organismos.

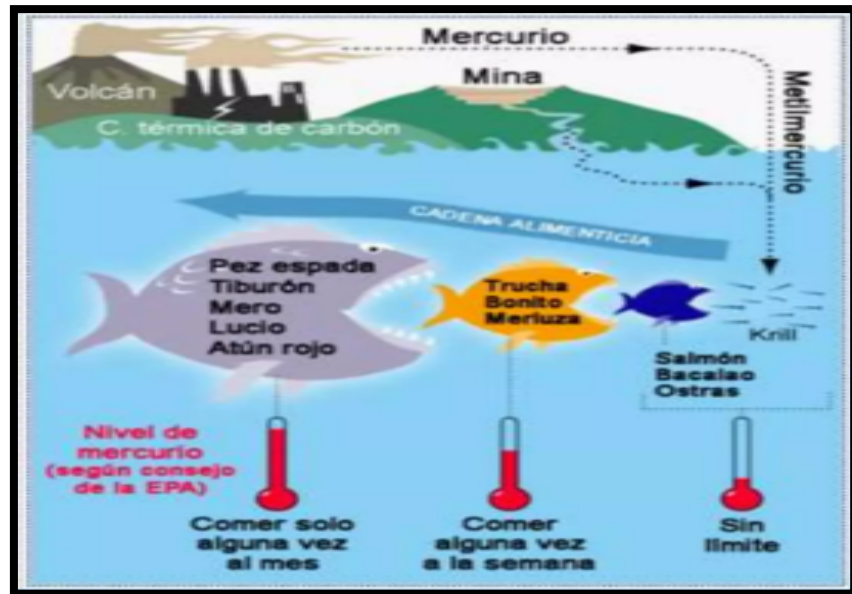
Para Bardales (2015) citado por (Mancera, 2006), sostiene que, los metales pesados son sustancias con una gran estabilidad química ante los procesos de biodegradación, por lo que los seres vivos son incapaces de metabolizarlos. Así mismo los metales pesados alcanzan niveles altos de toxicidad y se absorben muy eficientemente a través de las membranas biológicas por su elevada afinidad química por el grupo sulfhidrilo (-SH) de las proteínas.

2.2.14. BIOMAGNIFICACION

Para Bardales (2015) citado por (Mancera, 2006), sostiene que el proceso de bioacumulación se agrava durante el paso por

las distintas cadenas tróficas, debido a que los niveles de incorporación sufren un fuerte incremento a lo largo de sus sucesivos eslabones, siendo en los superiores donde se hallan los mayores niveles de contaminantes.

Figura 5
La Biomagnificación en la cadena trófica



Nota: La figura muestra la Biomagnificación
Fuente: Bardales, B.B.A. (2015).

2.2.15. POTENCIAL DE TOXICIDAD

Es considerado como un indicador de detección ambiental y evalúa la toxicidad de una sustancia, es decir, los impactos que puede generar en los organismos y en el ambiente durante un periodo de tiempo. En algunos estudios han reportado que el potencial de toxicidad para los contaminantes ambientales también depende de la variación de los factores fisicoquímicas del medio ambiente receptor. (Bitton y Dutka, 2019).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Ecosistemas Acuáticos. Los océanos y mares son los ecosistemas acuáticos más importantes a escala planetaria, principalmente en función de su formidable tamaño e influencia en el patrón climático global, y de su papel en la economía humana en relación

con las actividades pesqueras de gran escala y otras. (Sanchez et al., 2007).

Peces. Los peces son animales de sangre fría (ectotermos=poiquilotermos), caracterizados por poseer vértebras, branquias y aletas. Dependen fundamentalmente del agua, que es el medio donde viven. Su origen se remonta al período devónico, hace 300 millones de años. Los peces son los vertebrados más numerosos estimando que hay cerca de 20.000 especies vivientes. (Mancini 2002. p.1).

Habitad de los peces. Los peces pueden habitar desde fosas oceánicas a 7 000 m de profundidad hasta ecosistemas a más de 5 000 m sobre el nivel del mar. También, algunas especies pueden sobrevivir en lagos y océano cuya superficie se congela en invierno, o en contraste, en cuerpos de agua donde la temperatura puede alcanzar los 40 °C. (Rodríguez y Ponce. 2017.p.2).

Piscicultura. A la cría de peces se denomina piscicultura y consiste en la explotación controlada y económicamente rentable de los recursos ícticos, con la finalidad de producir alimento para el consumo humano y de alguna manera evitar la sobreexplotación de peces en el medio natural. (Pereyra. 2013. p.4).

Calidad de agua. La calidad del agua en el cultivo de peces es un aspecto de suma importancia, que pocas veces se tiene en cuenta. La calidad del agua puede ser buena o mala si reúne o no las condiciones adecuadas para el cultivo de los peces. Se dice que el agua es de buena calidad cuando presenta condiciones de temperatura, transparencia, oxígeno disuelto, pH y otros parámetros en niveles adecuados para el normal desarrollo de los peces. (Pereyra. 2013.p.17).

Metales pesados. Son aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua, es decir, son los elementos químicos que poseen un peso atómico comprendido entre 63.55 y 200.59. Entre estos se cuentan el Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Estaño (Sn) y Zinc (Zn). (Zorrilla Domenichi, 2011. p.14).

Bioacumulación. Es definida como el incremento de concentración de contaminantes en organismos vivos, el cual es captado por interacciones con el medio ambiente. En el caso de organismos acuáticos, hay diferentes fuentes de absorción tales como agua y / o partículas de alimentos. (Blasco et al., 2016).

Espectrofotometría. La espectrofotometría mide la absorción o transmisión de luz en un cierto rango de longitudes de onda y se utiliza en diversos campos como la química, la física y aplicaciones clínicas. Pungor, E. (2020).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPOTESIS GENERAL

- H_0 = No existe contaminación de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en el pez paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas del distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025.
- H_a = Existe contaminación de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en el pez paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025.

2.4.2. HIPOTESIS ESPECIFICA

- H_0 = No existe diferencia estadística significativa por la contaminación de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en la piel del pez paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025.
- H_a = Existe diferencia estadística significativa por la contaminación de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en la piel del pez paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025.
- H_0 = No existe diferencia estadística significativa por la contaminación de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en el

musculo del pez paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025.

- H_a = Existe diferencia estadística significativa por la contaminación de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en el musculo del pez paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025.

- H_0 = No existe diferencia estadística significativa por la contaminación de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en las vísceras (Hígado) del pez Paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025.

- H_a = Existe diferencia estadística significativa por la contaminación de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en las vísceras (Hígado) del pez Paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DE CATEGORIZACION

Origen de la muestra:

Categorías

1. Rio Huallaga
2. Piscigranjas

Tipos de metales pesados

3. Plomo
4. Cadmio
5. Zinc

2.6. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Tabla 2

Operacionalización de variables de categorización

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION
Variable de Categorización) Categorías: - Río Huallaga - Piscigranjas	El Río Huallaga es un importante río peruano de la cuenca del Amazonas, vital para la ecología y las comunidades locales. Las piscigranjas son instalaciones para la cría de peces, que contribuyen a la producción sostenible de alimentos y reducen la presión sobre los ecosistemas acuáticos naturales (Morales et al., 2022)	Clasificación de dos tipos de ecosistemas acuáticos: el Río Huallaga y las Piscigranjas	Tipo de ecosistema Uso del Agua	Sistemas acuáticos Parámetros químicos: Cadmio, Plomo y zinc	02 sistemas Ppm mg/kg	Fichas Técnicas Observación Directa Espectrofotómetro
Variable de Categorización Tipo de Metales Pesados - Cadmio - Plomo - Zinc		Clasificación de metales pesados según su presencia y toxicidad en el medio ambiente.	Tipo de metal Concentración Efectos tóxicos	Nombre del metal Concentración Impacto en la salud	mg/kg descripción	Análisis de laboratorio (Espectrofotómetro)

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. TIPO DE INVESTIGACION

El trabajo de investigación fue de tipo transversal, dado que la evaluación de la contaminación por metales pesados en el pez Paco (*Piaractus brachypomus*) se realizó en un solo momento temporal, sin seguimiento longitudinal. Este diseño permitió comparar simultáneamente dos grupos de peces del río Huallaga y peces procedentes de piscigranjas con el fin de analizar las diferencias en sus niveles de contaminación durante el mismo periodo de estudio.

El enfoque transversal se caracterizó por ser de tipo observacional, ya que se analizaron los datos obtenidos de variables medidas en un momento específico sobre una población o muestra definida, sin manipulación experimental de los factores estudiados. De acuerdo con Soto (2020), este tipo de diseño permite identificar asociaciones y diferencias entre grupos en función de condiciones ambientales o biológicas observadas en un punto determinado del tiempo.

3.1.1. ENFOQUE

El proyecto de tesis tuvo un enfoque cuantitativo, ya que se centró en la medición y análisis de los niveles de metales pesados presentes en los tejidos del pez paco (*Piaractus brachypomus*). Este enfoque implicó la recolección de datos numéricos y su posterior análisis estadístico, con el propósito de establecer comparaciones objetivas entre las muestras procedentes del río Huallaga y los estanques de las piscigranjas del distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco.

El enfoque cuantitativo, según Hernández et al. (2020), se caracteriza por la recopilación y análisis sistemático de datos numéricos que permiten identificar patrones, correlaciones y relaciones estadísticas entre variables, contribuyendo así a la comprensión objetiva y verificable de los fenómenos estudiados.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

La investigación se enmarcó en el nivel descriptivo, debido a que se enfocó en caracterizar y documentar la concentración de metales pesados en el pez paco (*Piaractus brachypomus*) en distintos entornos, específicamente en el río Huallaga y en piscigranjas del distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco. El estudio no buscó establecer relaciones causales, sino que se limitó a observar, registrar y analizar los datos obtenidos de las muestras recolectadas, proporcionando una visión precisa de la situación actual de la contaminación sin intervenir ni manipular las variables estudiadas.

De acuerdo con Hernández et al. (2014), el propósito fundamental de la investigación descriptiva es ofrecer una representación fiel y objetiva de la realidad observada, mediante la recopilación sistemática de información que permita comprender las características o condiciones de un fenómeno determinado.

3.1.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

El diseño de la investigación correspondió a un enfoque descriptivo-observacional, ya que permitió al investigador analizar la realidad de la contaminación por metales pesados en los peces Paco (*Piaractus brachypomus*) de manera precisa y sin intervención directa sobre las variables. Este diseño facilitó la recopilación de información representativa sobre el estado actual del fenómeno, aportando datos valiosos para la caracterización de la contaminación en diferentes fuentes de agua.

Según Hernández et al. (2014), el diseño descriptivo-observacional permite recopilar datos sobre un fenómeno sin manipular las variables implicadas, ofreciendo una visión objetiva y detallada de las características de la población o del contexto en estudio.

3.2. POBLACION Y MUESTRA

3.2.1. POBLACION

La población de estudio estuvo conformada por ejemplares del pez paco (*Piaractus brachypomus*) procedentes del río Huallaga y de las piscigranjas ubicadas en el distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco. La captura de los peces provenientes del río se realizó con la colaboración de pescadores locales con experiencia en pesca artesanal, quienes aplicaron métodos tradicionales para la recolección de los especímenes. Las coordenadas geográficas de los puntos de muestreo fueron registradas durante el proceso de captura, el cual se desarrolló en un periodo aproximado de tres días, hasta completar el número de individuos establecido en el tamaño muestral.

3.2.2. MUESTRA

Se seleccionó un número específico de ejemplares de peces provenientes tanto del río como de las piscigranjas, con el propósito de garantizar una muestra representativa. Se analizaron quince peces: 5 procedentes del río Huallaga, cinco de la piscigranja 1 y 5 de la piscigranja 2. El tamaño y la edad de los ejemplares fueron variables opcionales. El muestreo fue de tipo aleatorio simple, debido a que este método permitió minimizar el sesgo de selección y proporcionó mayor representatividad de los resultados, favoreciendo la validez de las inferencias respecto a la población general (Martín-Sánchez et al., 2023).

Tabla 3

Resultados de la muestra de análisis del pez 'Paco' (*Piaractus brachipomus*)

ANÁLISIS DEL PEZ PACO								
DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS						
CODIGO DEL LABORATORIO	CODIGO DEL SOLICITANTE	Humedad (%)	Materia Seca (%)	Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Zn (mg/kg) —
E25-0134-1	P1-M1-R1 PIEL	72.59	27.41	25.24	2.18	0.010	0.054	287
E25-0134-2	P1-M1-R2 PIEL	70.34	29.66	27.31	2.35	0.011	0.052	291
E25-0134-3	P1-M1-R3 PIEL	73.12	26.88	24.74	2.13	0.012	0.053	305
E25-0134-4	P1-M1-R4 PIEL	76.22	23.78	21.89	1.89	0.011	0.049	293
E25-0134-5	P1-M1-R5 PIEL	61.87	38.13	35.10	3.02	0.013	0.057	329
E25-0135-1	P1-M2-R1 MUSCULO	76.43	23.57	20.01	3.56	0.150	0.068	55
E25-0135-2	P1-M2-R2 MUSCULO	77.65	22.35	18.98	3.37	0.156	0.064	57
E25-0135-3	P1-M2-R3 MUSCULO	76.43	23.57	20.01	3.56	0.158	0.065	59
E25-0135-4	P1-M2-R4 MUSCULO	86.10	13.90	11.80	2.10	0.171	0.066	56
E25-0135-5	P1-M2-R5 MUSCULO	77.39	22.61	19.20	3.41	0.175	0.071	63
E25-0136-1	P1-M3-R1 HIGADO	70.35	29.65	26.31	3.35	0.154	0.027	204
E25-0136-2	P1-M3-R2 HIGADO	75.04	24.96	23.14	1.82	0.147	0.029	208
E25-0136-3	P1-M3-R3 HIGADO	76.56	23.44	21.79	1.65	0.151	0.024	201
E25-0136-4	P1-M3-R4 HIGADO	76.20	23.80	23.11	0.69	0.157	0.027	204
E25-0136-5	P1-M3-R5 HIGADO	65.90	34.10	26.25	7.85	0.152	0.028	211
E25-0137-1	P2-M1-R1 PIEL	75.24	24.76	22.93	1.83	0.034	0.025	188
E25-0137-2	P2-M1-R2 PIEL	62.87	37.13	34.11	3.02	0.034	0.022	180
E25-0137-3	P2-M1-R3 PIEL	63.68	36.32	33.26	3.06	0.036	0.023	178
E25-0137-4	P2-M1-R4 PIEL	67.68	32.33	29.59	2.74	0.035	0.023	194
E25-0137-5	P2-M1-R5 PIEL	62.13	37.87	35.02	2.85	0.036	0.026	198

E25-0138-1	P2-M2-R1-MUSCULO	83.11	16.89	16.09	0.80	0.104	0.034	55
E25-0138-2	P2-M2-R2-MUSCULO	77.45	22.55	21.48	1.07	0.102	0.033	58
E25-0138-3	P2-M2-R3-MUSCULO	77.79	22.22	21.16	1.06	0.085	0.031	64
E25-0138-4	P2-M2-R4-MUSCULO	79.44	20.56	19.58	0.98	0.104	0.030	61
E25-0138-5	P2-M2-R5-MUSCULO	80.78	19.22	18.30	0.92	0.090	0.027	63
E25-0139-1	P2-M3-R1 HIGADO	78.32	21.68	19.57	2.11	0.175	0.022	132
E25-0139-2	P2-M3-R2 HIGADO	78.28	21.73	19.42	2.30	0.170	0.022	131
E25-0139-3	P2-M3-R3 HIGADO	69.96	30.04	26.99	3.06	0.175	0.022	144
E25-0139-4	P2-M3-R4 HIGADO	73.46	26.54	23.74	2.80	0.183	0.024	142
E25-0139-5	P2-M3-R5 HIGADO	65.89	34.12	30.75	3.36	0.188	0.015	141
E25-0140-1	RH-M1-R1 PIEL	73.21	26.79	21.61	5.18	0.075	0.071	211
E25-0140-2	RH-M1-R2 PIEL	70.25	29.75	23.79	5.96	0.080	0.079	212
E25-0140-3	RH-M1-R3 PIEL	67.62	32.38	26.50	5.88	0.085	0.077	221
E25-0140-4	RH-M1-R4 PIEL	66.77	33.23	26.19	7.04	0.077	0.086	220
E25-0140-5	RH-M1-R5 PIEL	70.75	29.25	23.48	5.76	0.083	0.061	224
E25-0141-1	RH-M2-R1 MUSCULO	81.26	18.74	16.31	2.43	0.198	0.030	280
E25-0141-2	RH-M2-R2 MUSCULO	80.24	19.76	17.10	2.66	0.173	0.029	295
E25-0141-3	RH-M2-R3 MUSCULO	83.64	16.36	14.07	2.29	0.195	0.029	302
E25-0141-4	RH-M2-R4 MUSCULO	79.88	20.12	17.10	3.02	0.192	0.029	287
E25-0141-5	RH-M2-R5 MUSCULO	74.98	25.02	21.42	3.60	0.201	0.033	301
E25-0142-1	RH-M2-R1 HIGADO	77.13	22.87	17.58	5.29	0.223	0.080	155
E25-0142-2	RH-M2-R2 HIGADO	77.94	22.06	18.92	3.14	0.229	0.084	148
E25-0142-3	RH-M2-R3 HIGADO	73.09	26.91	21.56	5.35	0.227	0.078	144
E25-0142-4	RH-M2-R4 HIGADO	77.06	22.94	18.94	4.00	0.224	0.080	153
E25-0142-5	RH-M2-R5 HIGADO	77.13	22.87	18.59	4.28	0.181	0.083	135

Nota: La tabla muestra los resultados de los análisis de la extracción de la piel, del tejido muscular y del hígado, dicho trabajo se realizó en el Laboratorio de Análisis de suelos, agua y ecotoxicología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, siguiendo las metodologías y protocolos establecidos, los cuales se detallarán en los anexos.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica de muestreo utilizada fue probabilística aleatoria simple, dado que permitió que todos los ejemplares de la población tuvieran la misma probabilidad de ser seleccionados, reduciendo así el sesgo y garantizando la representatividad de la muestra. Para la recolección de datos, se emplearon instrumentos y procedimientos estandarizados en laboratorio. La identificación de los ejemplares se realizó mediante fichas de registro biológico, donde se consignaron datos como peso, longitud y procedencia del pez. Posteriormente, las muestras de piel y músculo fueron extraídas utilizando material esterilizado y almacenadas en frascos herméticos rotulados, asegurando su conservación hasta el análisis. El análisis de metales pesados se efectuó mediante técnicas instrumentales precisas, tales como la espectrofotometría de absorción atómica, siguiendo protocolos de referencia internacional para garantizar la fiabilidad y validez de los resultados.

3.3.1. MUESTREO Y ANALISIS DEL MATERIAL BIOLOGICO

- **Piscigranja**

La recolección del material biológico se realizó en las crianzas extensivas de los piscicultores del distrito de Pueblo Nuevo. Se recolectaron 5 ejemplares de la especie paco (*Piaractus brachypomus*) con las siguientes características:

- Peso vivo aproximado entre 200 y 250 g (opcional).
- Talla promedio de 15 a 20 cm.
- Edad aproximada de 3,5 meses, verificada a partir de los registros proporcionados por los piscicultores.
- Los ejemplares fueron eviscerados, tabulados y transportados al laboratorio correspondiente para la realización de los análisis fisicoquímicos y biológicos pertinentes.

- **Río Huallaga**

La recolección de los peces provenientes del río Huallaga se efectuó mediante métodos tradicionales de pesca artesanal, seleccionando puntos estratégicos donde se registró mayor presencia de la especie. Las coordenadas

geográficas de los puntos de captura fueron registradas posteriormente. En total, se recolectaron cinco ejemplares de (***Piaractus brachypomus***), los cuales fueron acondicionados y trasladados al laboratorio para su análisis).

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Después de obtenidos los resultados de los análisis realizados en los equipos de laboratorio, se procedió a la creación de una base de datos para su correspondiente procesamiento. Se emplearon métodos matemáticos y estadísticos con el propósito de verificar la hipótesis formulada. El proceso de validación de la hipótesis se llevó a cabo en el siguiente orden:

- Formulación de la hipótesis.
- Ejecución de la prueba de hipótesis.
- Contratación e interpretación de los resultados.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Los datos fueron procesados en MS Excel y en el software estadístico InfoStat (versión 2022). Para la evaluación de las variables continuas correspondientes a los niveles de metales pesados en las distintas regiones anatómicas del paco (***Piaractus brachypomus***), se aplicó en primer lugar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ($p > 0.05$). como los datos presentaron una distribución normal, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA), complementado con la prueba de Tukey como método post hoc para la comparación múltiple de medias. considerando en todos los casos un nivel de significancia del 5 % ($p < 0.05$). Para la representación gráfica y visualización de los resultados, se utilizaron los programas R (versión 4.3.2) y Microsoft Power BI (versión 2023), los cuales permitieron generar gráficos comparativos, diagramas de dispersión y visualizaciones dinámicas que facilitaron la interpretación estadística y descriptiva de los datos obtenidos.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. ANALISIS DESCRIPTIVO DEL TOTAL DE LOS DATOS

Tabla 4

Resultado del análisis descriptivo de la recopilación de los datos

Fuente	Tejido	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
E-1	Piel	Hd/%	5	70.83	5.4300	7.670	61.87	76.22
E-1	Piel	MS/%	5	29.17	5.4300	18.61	23.78	38.13
E-1	Piel	MO/%	5	26.86	5.0000	18.61	21.89	35.10
E-1	Piel	CZ/%	5	2.310	0.4300	18.48	1.890	3.020
E-1	Piel	Pb/mg	5	0.011	0.0011	10.00	0.010	0.010
E-1	Piel	Cd/mg	5	0.053	0.0029	5.500	0.050	0.060
E-1	Piel	Zn/mg	5	301.0	17.030	5.660	287.00	329.0
E-1	Musculo	Hd/%	5	78.80	4.1200	5.230	76.43	86.10
E-1	Musculo	MS/%	5	21.20	4.1200	19.42	13.90	23.57
E-1	Musculo	MO/%	5	18.00	3.5000	19.43	11.80	20.01
E-1	Musculo	CZ/%	5	3.200	0.6200	19.40	2.100	3.560
E-1	Musculo	Pb/mg	5	0.162	0.0100	6.520	0.150	0.180
E-1	Musculo	Cd/mg	5	0.067	0.0028	4.150	0.060	0.070
E-1	Musculo	Zn/mg	5	58.00	3.1600	5.450	55.00	63.00
E-1	Hígado	Hd/%	5	72.81	4.5900	6.310	65.90	76.56
E-1	Hígado	MS/%	5	27.19	4.5900	16.89	23.44	34.10
E-1	Hígado	MO/%	5	24.12	2.0500	8.480	21.79	26.31
E-1	Hígado	CZ/%	5	3.072	2.8400	92.32	0.690	7.850
E-1	Hígado	Pb/mg	5	0.150	0.0037	2.430	0.150	0.160
E-1	Hígado	Cd/mg	5	0.027	0.0019	6.930	0.020	0.030
E-1	Hígado	Zn/mg	5	205.6	3.9100	1.900	201.00	211.0
E-2	Piel	Hd/%	5	66.32	5.4300	8.180	62.13	75.24
E-2	Piel	MS/%	5	33.68	5.4300	16.11	24.76	37.87
E-2	Piel	MO/%	5	30.98	4.9500	15.98	22.93	35.02
E-2	Piel	CZ/%	5	2.700	0.5000	18.64	1.830	3.060
E-2	Piel	Pb/mg	5	0.040	0.0010	2.860	0.030	0.040
E-2	Piel	Cd/mg	5	0.020	0.0016	6.900	0.020	0.030
E-2	Piel	Zn/mg	5	187.6	8.6500	4.610	178.00	198.0
E-2	Musculo	Hd/%	5	79.71	2.3200	2.910	77.45	83.11
E-2	Musculo	MS/%	5	20.29	2.3200	11.46	16.89	22.55
E-2	Musculo	MO/%	5	19.32	2.2100	11.45	16.09	21.48
E-2	Musculo	CZ/%	5	0.970	0.1100	11.52	0.800	1.070
E-2	Musculo	Pb/mg	5	0.100	0.0100	9.160	0.090	0.100
E-2	Musculo	Cd/mg	5	0.030	0.0027	8.830	0.030	0.030
E-2	Musculo	Zn/mg	5	60.20	3.7000	6.150	55.00	64.00
E-2	Hígado	Hd/%	5	73.18	5.3900	7.360	65.89	78.32
E-2	Hígado	MS/%	5	26.82	5.3900	20.08	21.68	34.12
E-2	hígado	MO/%	5	24.09	4.8800	20.24	19.42	30.75

E-2	hígado	CZ/%	5	2.730	0.5200	19.06	2.11	3.360
E-2	hígado	Pb/mg	5	0.180	0.0100	4.030	0.17	0.190
E-2	hígado	Cd/mg	5	0.020	0.0035	16.50	0.02	0.020
E-2	hígado	Zn/mg	5	138.0	6.0400	4.380	1310	144.0
R-H	Piel	Hd/%	5	69.72	2.5800	3.700	66.77	73.21
R-H	Piel	MS/%	5	30.28	2.5800	8.520	26.79	33.23
R-H	Piel	MO/%	5	24.31	2.0400	8.370	21.61	26.50
R-H	Piel	CZ/%	5	5.960	0.6700	11.31	5.180	7.040
R-H	Piel	Pb/mg	5	0.080	0.0041	5.150	0.080	0.090
R-H	Piel	Cd/mg	5	0.070	0.0100	12.56	0.060	0.090
R-H	Piel	Zn/mg	5	217.6	5.7700	2.650	211.0	224.0
R-H	Musculo	Hd/%	5	80.00	3.1700	3.960	74.98	83.64
R-H	Musculo	MS/%	5	20.00	3.1700	15.83	16.36	25.02
R-H	Musculo	MO/%	5	17.20	2.6700	15.50	14.07	21.42
R-H	Musculo	CZ/%	5	2.800	0.5300	18.77	2.290	3.600
R-H	Musculo	Pb/mg	5	0.190	0.0100	5.750	0.170	0.200
R-H	Musculo	Cd/mg	5	0.030	0.0017	5.770	0.030	0.030
R-H	Musculo	Zn/mg	5	293.0	9.4100	3.210	280.0	302.0
R-H	Hígado	Hd/%	5	76.47	1.9200	2.520	73.09	77.94
R-H	Hígado	MS/%	5	23.53	1.9200	8.180	22.06	26.91
R-H	Hígado	MO/%	5	19.120	1.4700	7.700	17.58	21.56
R-H	Hígado	CZ/%	5	4.410	0.9300	21.07	3.140	5.350
R-H	Hígado	Pb/mg	5	0.220	0.0200	9.300	0.180	0.230
R-H	Hígado	Cd/mg	5	0.080	0.0024	3.020	0.080	0.080
R-H	Hígado	Zn/mg	5	147.0	7.9700	5.420	135.0	155.0

Nota: La tabla presenta los resultados del análisis descriptivo de los datos recopilados por fuente (E-1= Estanque 1; E-2 =Estanque 2; R-H= Río Huallaga) y tipo de tejido (Piel, Músculo, Hígado). Los valores reportados para cada variable (Hd: Humedad, MS: Materia Seca, MO: Materia Orgánica, CZ: Cenizas, Pb: Plomo, Cd: Cadmio, Zn: Zinc) corresponden a: el tamaño de la muestra (n= 5), la media (M), la desviación estándar (DE), el coeficiente de variación (CV en %), y los valores mínimo y máximo observados.

La **tabla 4** muestra los resultados obtenidos de la estadística descriptiva donde se observa que el contenido de humedad (Hd) presentó valores elevados en los tejidos de piel, músculo e hígado, con rangos comprendidos entre 66.32 % y 80.00 %, mientras que la materia seca (MS) varió entre 20.00 % y 33.68 %. La materia orgánica (MO) registró valores entre 17.20 % y 30.98 %, y el contenido de cenizas (CZ) osciló entre 0.97 % y 5.96 %, según el tejido y la fuente evaluada. En cuanto a los metales pesados, las concentraciones de plomo (Pb) fluctuaron entre 0.010 y 0.220 mg/kg, las de cadmio (Cd) entre 0.020 y 0.080 mg/kg, y las de zinc (Zn) entre 58.0 y 301.0 mg/kg. Los coeficientes de variación fueron, en su mayoría, inferiores al 20 %, indicando una baja dispersión de los datos, con excepción de algunas variables específicas.

4.1.2. EVALUACIÓN DE NIVELES DE ACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN EL PEZ PACO (*Piaractus brachypomus*)

Tabla 5

Resultados de las medias de las muestras de los estanques (E-1 Y E-2) de piscigranja y del río Huallaga (RH)

Fuente	Variable	Hd (%)	M (%)	MO (%)	CZ (%)	Pb mg/Kg	Cd mg/Kg	Zn mg/Kg
E - 1	Piel	70.83	29.17	26.85	2.31	0.011	0.053	301.0
E - 1	Músculo	78.80	21.20	18.00	3.20	0.162	0.067	58.00
E - 1	Hígado	72.81	27.19	24.12	3.072	0.152	0.027	205.6
E - 2	Piel	66.32	33.68	30.98	2.70	0.035	0.024	187.6
E - 2	Músculo	79.71	20.28	19.32	0.97	0.097	0.031	60.20
E - 2	Hígado	73.18	26.82	24.09	2.73	0.178	0.021	138.0
RH - 3	Piel	69.46	30.28	24.31	5.96	0.080	0.075	217.6
RH - 3	Músculo	80.00	20.00	17.20	2.76	0.191	0.030	293.0
RH - 3	Hígado	76.47	23.53	19.11	4.41	0.217	0.081	147.0

Nota. La tabla muestra los valores de las medias de las variables de estudio de los estanques de piscigranja y del río Huallaga, para E-1 = Estanque 1; E-2 = Estanque 2; RH= Río Huallaga; Hd=Humedad; MS=Materia Seca; MO=Materia Orgánica; Cz=Ceniza; Pb=Plomo; Cd=Cadmio; Zn=Zinc.

La **Tabla 5** muestra las medias de las variables fisicoquímicas y las concentraciones de metales pesados analizadas en los tejidos de (*Piaractus brachypomus*), provenientes de estanques de piscigranja (E-1 y E-2) y del río Huallaga (RH-3). La humedad (Hd), muestra los valores más altos registrados en el tejido muscular, con promedios de 78.80 % (E-1), 79.71 % (E-2) y 80.00 % (RH-3). La materia seca (MS) presentó una tendencia inversa, con valores menores en el músculo (20–21 %) y mayores en la piel (hasta 33.68 % en E-2). La materia orgánica (MO) alcanzó su valor máximo en la piel (30.98 % en E-2), Respecto al contenido de cenizas (CZ), se observaron valores más elevados en la piel y el hígado del río Huallaga (5.96 % y 4.41 %, respectivamente). En cuanto a los metales pesados, el plomo (Pb) presentó mayores concentraciones en el hígado (0.217 mg/kg en RH-3) y en el músculo (0.191 mg/kg en RH-3). El cadmio (Cd) también mostró valores más altos en las muestras del río Huallaga (0.081 mg/kg en hígado y 0.075 mg/kg en músculo), mientras que en los estanques se observaron concentraciones

menores (0.021–0.024 mg/kg). Zinc (Zn), alcanzó concentraciones elevadas en la piel de E-1 (301.0 mg/kg) y en el músculo de RH-3 (293.0 mg/kg).

4.1.3. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (CD, PB, ZN) EN LA PIEL DEL PEZ PACO (*Piaractus brachypomus*)

4.1.3.1. DATOS Y ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA VARIABLE PIEL

Tabla 6

Datos de la muestra de la variable piel

Fuente	Variable	Hd %	MS %	MO %	CZ %	Pb mg/kg	Cd mg/kg	Zn mg/kg
E-1	Piel	72.59	27.41	25.24	2.18	0.01	0.054	287
E-1	Piel	70.34	29.66	27.31	2.35	0.011	0.052	291
E-1	Piel	73.12	26.88	24.74	2.13	0.012	0.053	305
E-1	Piel	76.22	23.78	21.89	1.89	0.011	0.049	293
E-1	Piel	61.87	38.13	35.10	3.02	0.013	0.057	329
E-2	Piel	75.24	24.76	22.93	1.83	0.034	0.025	188
E-2	Piel	62.87	37.13	34.11	3.02	0.034	0.022	180
E-2	Piel	63.68	36.32	33.26	3.06	0.036	0.023	178
E-2	Piel	67.68	32.33	29.59	2.74	0.035	0.023	194
E-2	Piel	62.13	37.87	35.02	2.85	0.036	0.026	198
R-H	Piel	73.21	26.79	21.61	5.18	0.075	0.071	211
R-H	Piel	70.25	29.75	23.79	5.96	0.08	0.079	212
R-H	Piel	67.62	32.38	26.50	5.88	0.085	0.077	221
R-H	Piel	66.77	33.23	26.19	7.04	0.077	0.086	220
R-H	Piel	70.75	29.25	23.48	5.76	0.083	0.061	224

Nota: La tabla 6 muestra los datos obtenidos de las muestras de la piel del Paco (*Piaractus brachypomus*), (n = 5 por fuente). Hd = Humedad, MS = Materia Seca, MO = Materia Orgánica, CZ = Cenizas. Los valores de metales (Pb, Cd, Zn) se expresan en miligramos por Kg.

La **Tabla 6** muestra los datos obtenidos de la variable de estudio (piel) para tres fuentes de origen. El Estanque 1 presentó la mayor variabilidad en humedad (61.87-76.22%) y los niveles más altos de zinc (287-329 mg/Kg), junto con las concentraciones más bajas de plomo (0.010-0.013 mg) y cadmio (0.049-0.057 mg/Kg). El Estanque 2 exhibió concentraciones de plomo tres veces superiores (0.034-0.036 mg) respecto al Estanque 1 y el contenido de zinc más bajo (178-198 mg). El Río Huallaga mostró la composición más distintiva, con los porcentajes de cenizas más elevados (5.18-7.04%) y las mayores concentraciones de plomo (0.075-0.085 mg) y cadmio (0.061-0.086 mg).

Tabla 7
Análisis descriptivo de los datos de la variable Piel

Fuente	Variable	n	Media	D.E.	CV (%)	Mínimo	Máximo
E-1	Hd (%)	5	70.83	5.43	7.67	61.87	76.22
E-1	MS (%)	5	29.17	5.43	18.61	23.78	38.13
E-1	MO (%)	5	26.86	5.00	18.61	21.89	35.1
E-1	CZ (%)	5	2.31	0.43	18.48	1.89	3.02
E-1	Pb (mg/kg)	5	0.01	0.001	10.00	0.01	0.01
E-1	Cd (mg/kg)	5	0.05	0.003	5.50	0.05	0.06
E-1	Zn (mg/kg)	5	301	17.03	5.66	287	329
E-2	Hd (%)	5	66.32	5.43	8.18	62.13	75.24
E-2	MS (%)	5	33.68	5.43	16.11	24.76	37.87
E-2	MO (%)	5	30.98	4.95	15.98	22.93	35.02
E-2	CZ (%)	5	2.7	0.50	18.64	1.83	3.06
E-2	Pb (mg/kg)	5	0.04	0.001	2.86	0.03	0.04
E-2	Cd (mg/kg)	5	0.02	0.002	6.90	0.02	0.03
E-2	Zn (mg/kg)	5	187.6	8.65	4.61	178	198
R-H	Hd (%)	5	69.72	2.58	3.70	66.77	73.21
R-H	MS (%)	5	30.28	2.58	8.52	26.79	33.23
R-H	MO (%)	5	24.31	2.04	8.37	21.61	26.5
R-H	CZ (%)	5	5.96	0.67	11.31	5.18	7.04
R-H	Pb (mg/kg)	5	0.08	0.004	5.15	0.08	0.09
R-H	Cd (mg/kg)	5	0.07	0.009	12.56	0.06	0.09
R-H	Zn (mg/kg)	5	217.6	5.77	2.65	211	224

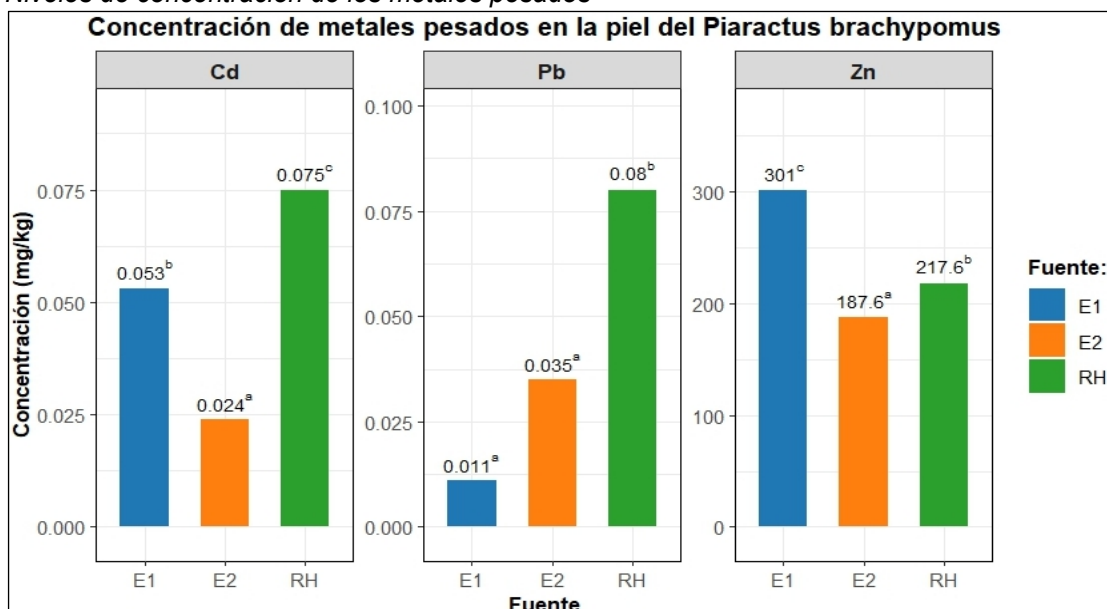
Nota: La tabla muestra el análisis de la estadística descriptiva de los datos de la variable piel Hd = Humedad, MS = Materia Seca, MO = Materia Orgánica, CZ = Cenizas, D.E. = Desviación Estándar, CV = Coeficiente de Variación. Los metales (Pb, Cd, Zn) se expresan en miligramos (mg) por Kg.

La **Tabla 7** muestra el análisis descriptivo de la variable de estudio (Piel), observándose los valores de las medias, desviación estándar, el coeficiente de variación finalmente los valores máximos y los valores mínimos donde el Río Huallaga tiene el mayor contenido de cenizas (5.96%) y plomo (0.08 mg/kg), y la menor variabilidad interna (CV). El Estanque 1 registra la concentración más alta de zinc (301 mg/kg) y cadmio (0.05 mg/kg). El Estanque 2 presenta valores intermedios, pero con la menor concentración de zinc (187.6 mg/kg).

4.1.3.2. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (CD, PB Y ZN) EN LA PIEL DEL PEZ PACO (*Piaractus brachypomus*) PROVENIENTES DEL RÍO HUALLAGA Y PISCIGRANJAS

Figura 6

Niveles de concentración de los metales pesados



Nota. Las barras muestran la concentración promedio (mg/kg) de cadmio (Cd), plomo (Pb) y zinc (Zn) en la piel del pez paco (*Piaractus brachypomus*). Letras diferentes sobre cada barra indican diferencias significativas según el ANOVA prueba de Tukey ($p < 0.05$). E-1 y E-2 corresponden a piscigranjas del distrito Pueblo Nuevo, mientras que RH representa muestras del río Huallaga.

En la figura 6 se observan los resultados de la concentración promedio de metales pesados (Cd, Pb y Zn) en la piel del pez paco (*Piaractus brachypomus*), mostrando diferencias notables entre los ejemplares provenientes de las piscigranjas (E-1 y E-2) y aquellos capturados en el río Huallaga (RH). Para el cadmio (Cd), los valores oscilaron entre 0.024 mg/kg en E-2, 0.053 mg/kg en E-1 y 0.075 mg/kg en RH, evidenciando una diferencia significativa ($p < 0.05$). El incremento del 56% en RH respecto a E-1 y del 22% respecto a E-2. En el caso del plomo (Pb), las concentraciones fueron de 0.011 mg/kg (E-1), 0.035 mg/kg (E-2) y 0.080 mg/kg (RH). El valor más alto en el río Huallaga representa un aumento de más del 620% respecto a E1 y 129% respecto a E-2. En cuanto al zinc (Zn), sus niveles mostraron variaciones notables ($p < 0.05$): 301 mg/kg en E1, 187.6 mg/kg en E-2 y 217.6 mg/kg en RH. El valor máximo registrado en E-1 es 60% superior al promedio de E-2.

4.1.4. DE LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (CD, PB, ZN) EN LOS MÚSCULOS DEL PEZ PACO (*Piaractus brachypomus*)

4.1.4.1. DATOS Y ANALISIS DESCRIPTIVO DE LA VARIABLE MUSCULO

Tabla 8

Análisis descriptivo de los datos de la variable del tejido musculo

Fuente	Tejido	Variable	n	Media	D.E.	CV (%)	Mín	Máx
E1	Músculo	Hd (%)	5	78.8	4.12	5.23	76.43	86.1
E1	Músculo	MS (%)	5	21.2	4.12	19.42	13.9	23.57
E1	Músculo	MO (%)	5	18	3.5	19.43	11.8	20.01
E1	Músculo	CZ (%)	5	3.2	0.62	19.4	2.1	3.56
E1	Músculo	Pb (mg/kg)	5	0.16	0.01	6.52	0.15	0.18
E1	Músculo	Cd (mg/kg)	5	0.07	0.0028	4.15	0.06	0.07
E1	Músculo	Zn (mg/kg)	5	58	3.16	5.45	55	63
E2	Músculo	Hd (%)	5	79.71	2.32	2.91	77.45	83.11
E2	Músculo	MS (%)	5	20.29	2.32	11.46	16.89	22.55
E2	Músculo	MO (%)	5	19.32	2.21	11.45	16.09	21.48
E2	Músculo	CZ (%)	5	0.97	0.11	11.52	0.8	1.07
E2	Músculo	Pb (mg/kg)	5	0.1	0.01	9.16	0.09	0.1
E2	Músculo	Cd (mg/kg)	5	0.03	0.0027	8.83	0.03	0.03
E2	Músculo	Zn (mg/kg)	5	60.2	3.7	6.15	55	64
RH	Músculo	Hd (%)	5	80	3.17	3.96	74.98	83.64
RH	Músculo	MS (%)	5	20	3.17	15.83	16.36	25.02
RH	Músculo	MO (%)	5	17.2	2.67	15.5	14.07	21.42
RH	Músculo	CZ (%)	5	2.8	0.53	18.77	2.29	3.6
RH	Músculo	Pb (mg/kg)	5	0.19	0.01	5.75	0.17	0.2
RH	Músculo	Cd (mg/kg)	5	0.03	0.0017	5.77	0.03	0.03
RH	Músculo	Zn (mg/kg)	5	293	9.41	3.21	280	302

Nota: Hd (%) = humedad; MS (%) = materia seca; MO (%) = materia orgánica; CZ (%) = cenizas; Pb (mg/kg) = plomo; Cd (mg/kg) = cadmio; Zn (mg/kg) = zinc. E2 y E-2 corresponden a las fuentes de muestreo evaluadas. Los valores se expresan como media $\pm$ desviación estándar, con un tamaño muestral de $n = 5$ por tejido. CV (%) = coeficiente de variación; Mín = valor mínimo; Máx = valor máximo

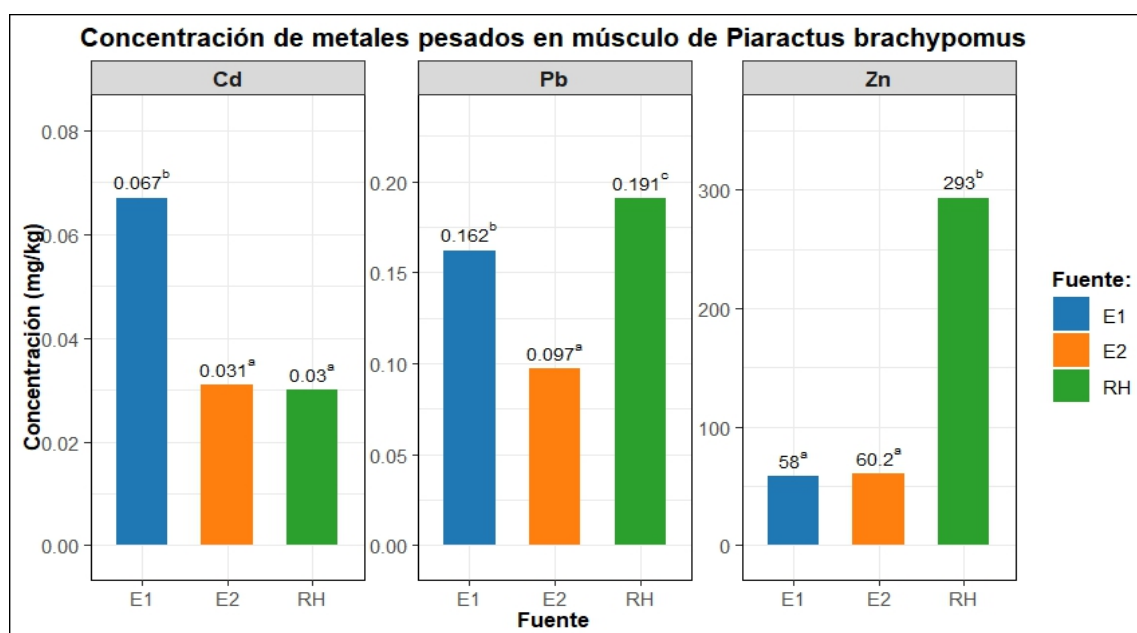
La **tabla 8** presenta el análisis descriptivo del tejido muscular ($n = 5$) en los estanques E-1, E-2 y RH. En E1, la humedad promedio fue de 78.80 ± 4.12 %, la materia seca 21.20 ± 4.12 %, y las cenizas 3.20 ± 0.62 %. Las concentraciones medias de metales fueron 0.16 ± 0.01 mg/kg para Pb, 0.07 ± 0.0028 mg/kg para Cd y 58.00 ± 3.16 mg/kg para Zn. En E-2, la humedad alcanzó 79.71 ± 2.32 %, la materia seca 20.29 ± 2.32 % y las cenizas 0.97 ± 0.11 %. Los valores medios de Pb, Cd y Zn fueron 0.10 ± 0.01 mg/kg, $0.03 \pm$

0.0027 mg/kg y 60.20 ± 3.70 mg/kg, respectivamente. En E-3, la humedad fue 80.00 ± 3.17 %, la materia seca 20.00 ± 3.17 % y las cenizas 2.80 ± 0.53 %. El plomo y cadmio registraron 0.19 ± 0.01 mg/kg y 0.03 ± 0.0017 mg/kg, mientras que el zinc presentó la mayor concentración con 293.00 ± 9.41 mg/kg.

4.1.4.2. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MÚSCULO DEL PACO (*Piaractus brachypomus*)

Figura 7

Concentración de metales pesados (Cd, Pb y Zn) en el músculo de Paco (*Piaractus brachypomus*) según fuente de procedencia



Nota. Los valores representan el promedio de tres réplicas por fuente (E1: estanque 1, E2: estanque 2, RH: río Huallaga). Las letras superíndices indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) según el ANOVA, prueba de Tukey. Los valores de referencia corresponden a los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por la FAO/WHO (2021): Pb = 0.3 mg/kg, Cd = 0.1 mg/kg, Zn = 100 mg/kg.

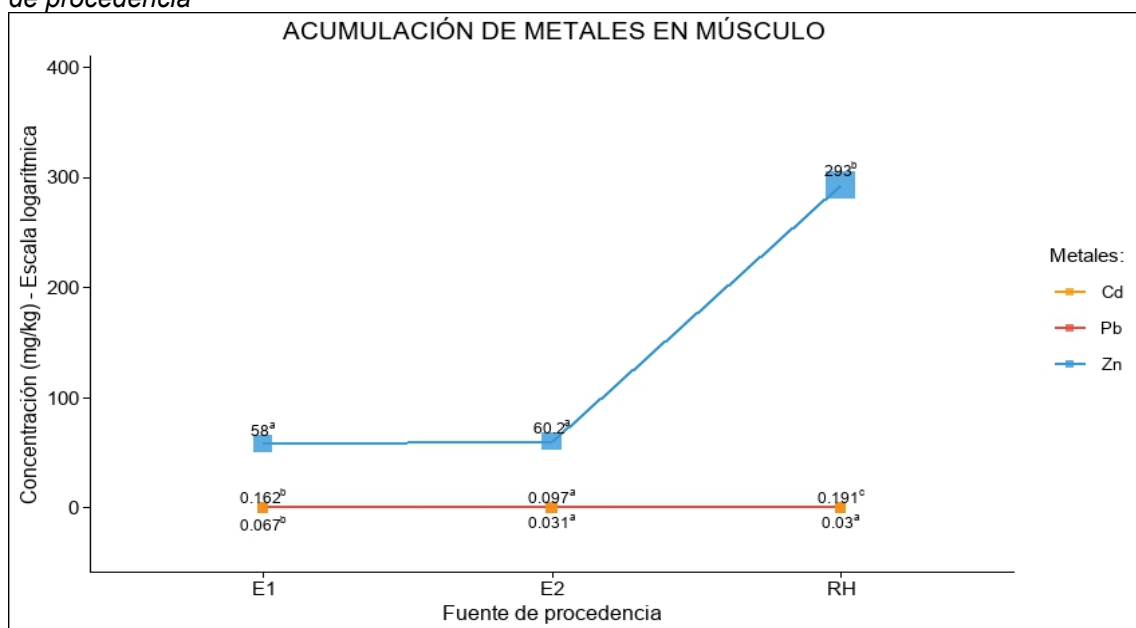
En la figura 7 se observa que la concentración de cadmio (Cd) en el músculo del Paco (*Piaractus brachypomus*) varió entre 0.031 y 0.067 mg/kg. El valor más alto correspondió al tratamiento E1 (0.067 mg/kg), mientras que los menores valores se registraron en E2 (0.031 mg/kg) y RH (0.030 mg/kg). En cuanto al plomo (Pb), las concentraciones oscilaron entre 0.097 y 0.191 mg/kg. El tratamiento RH presentó el mayor valor (0.191 mg/kg), seguido de E1 (0.162 mg/kg) y E2 (0.097 mg/kg). Respecto al zinc (Zn), las concentraciones fueron más elevadas en comparación con los otros metales, registrándose un valor máximo de 293 mg/kg en RH, mientras que E1 y E2 presentaron 58 mg/kg y 60.2 mg/kg, respectivamente.

Los resultados indican diferencias cuantitativas evidentes entre las fuentes analizadas, siendo el río Huallaga (RH) el que mostró las mayores concentraciones de Pb y Zn, mientras que los estanques (E1 y E2) registraron los menores valores de Cd y Pb.

4.1.4.3. ACUMULACIÓN DE METALES EN MÚSCULO DEL PACO (*Piaractus brachypomus*)

Figura 8

Acumulación de metales en musculo de (*Piaractus brachypomus*) según fuente de procedencia



Nota. El gráfico representa la concentración de cadmio (Cd), plomo (Pb) y zinc (Zn) en el músculo del pez paco (*Piaractus brachypomus*), expresada en mg/kg (escala logarítmica), de acuerdo con tres fuentes de agua: E1 y E2 (estanques piscícolas) y RH (río Huallaga). Letras distintas muestran diferencia estadística significativa (<0.05) Tuckey.

En la **figura 8** muestra los resultados y las diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) en la acumulación de metales entre las fuentes de procedencia. El zinc (Zn) fue el metal con mayor concentración en todos los tratamientos, alcanzando 58.0 mg/kg en E1, 60.2 mg/kg en E2 y 293.0 mg/kg en RH. Este incremento representa un aumento del 405.3 % del valor de E-2 respecto a RH, evidenciando una acumulación casi cinco veces mayor en las muestras del río Huallaga. En términos proporcionales, el Zn constituyó aproximadamente el 99.7 % del total de metales en E-1, 99.8 % en E2 y 99.9 % en R-H, confirmando su predominancia absoluta en el tejido muscular. El plomo (Pb) presentó concentraciones menores, con valores de 0.162 mg/kg en E-1, 0.097 mg/kg en E-2 y 0.191 mg/kg en RH, lo que corresponde a

incrementos del 96.9 % entre E2 y RH. Aun así, su participación porcentual fue reducida: 0.28 %, 0.16 % y 0.07 %, respectivamente. El cadmio (Cd) fue el elemento menos abundante, con 0.067 mg/kg en E1, 0.031 mg/kg en E2 y 0.030 mg/kg en RH, representando menos del 0.05 % del total de metales detectados. En comparación con E1, su concentración disminuyó 55.2 % en RH, indicando una baja capacidad de acumulación.

4.1.5. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (CD, PB, ZN) EN EL HÍGADO DEL PEZ PACO (*Piaractus brachipomus*)

4.1.5.1. DATOS Y ANALISIS DESCRIPTIVO

Tabla 9

Análisis descriptivo de los datos de la variable hígado

Fuente	Tejido	Variable	n	Media	D.E.	CV (%)	Mín	Máx
E-1	Hígado	Hd (%)	5	72.81	4.59	6.310	65.90	76.56
E-1	Hígado	MS (%)	5	27.19	4.59	16.89	23.44	34.10
E-1	Hígado	MO (%)	5	24.12	2.05	8.480	21.79	26.31
E-1	Hígado	CZ (%)	5	3.070	2.84	92.32	0.690	7.850
E-1	Hígado	Pb (mg/kg)	5	0.150	0.0037	2.430	0.150	0.160
E-1	Hígado	Cd (mg/kg)	5	0.030	0.0019	6.930	0.020	0.030
E-1	Hígado	Zn (mg/kg)	5	205.6	3.91	1.900	201.0	211.0
E-2	Hígado	Hd (%)	5	73.18	5.39	7.360	65.89	78.32
E-2	Hígado	MS (%)	5	26.82	5.39	20.08	21.68	34.12
E-2	Hígado	MO (%)	5	24.09	4.88	20.24	19.42	30.75
E-2	Hígado	CZ (%)	5	2.730	0.52	19.06	2.110	3.360
E-2	Hígado	Pb (mg/kg)	5	0.180	0.01	4.030	0.170	0.190
E-2	Hígado	Cd (mg/kg)	5	0.020	0.0035	16.500	0.020	0.020
E-2	Hígado	Zn (mg/kg)	5	138.0	6.04	4.38	131.0	144.0
E-3	Hígado	Hd (%)	5	76.47	1.92	2.520	73.09	77.94
E-3	Hígado	MS (%)	5	23.53	1.92	8.180	22.06	26.91
E-3	Hígado	MO (%)	5	19.12	1.47	7.700	17.58	21.56
E-3	Hígado	CZ (%)	5	4.410	0.93	21.07	3.140	5.350
E-3	Hígado	Pb (mg/kg)	5	0.220	0.02	9.300	0.180	0.230
E-3	Hígado	Cd (mg/kg)	5	0.080	0.0024	3.020	0.080	0.080
E-3	Hígado	Zn (mg/kg)	5	147.0	7.97	5.420	135.0	155.0

Nota: La tabla muestra el análisis descriptivo de los datos de la variable de estudio (Hígado), siendo Hd: humedad; MS: materia seca; MO: materia orgánica; CZ: cenizas; Pb: plomo; Cd: cadmio; Zn: zinc. Los valores corresponden a la media $\pm$ desviación estándar, con n = 5 muestras por estanque y tejido. Las concentraciones de metales se expresan en mg/kg.

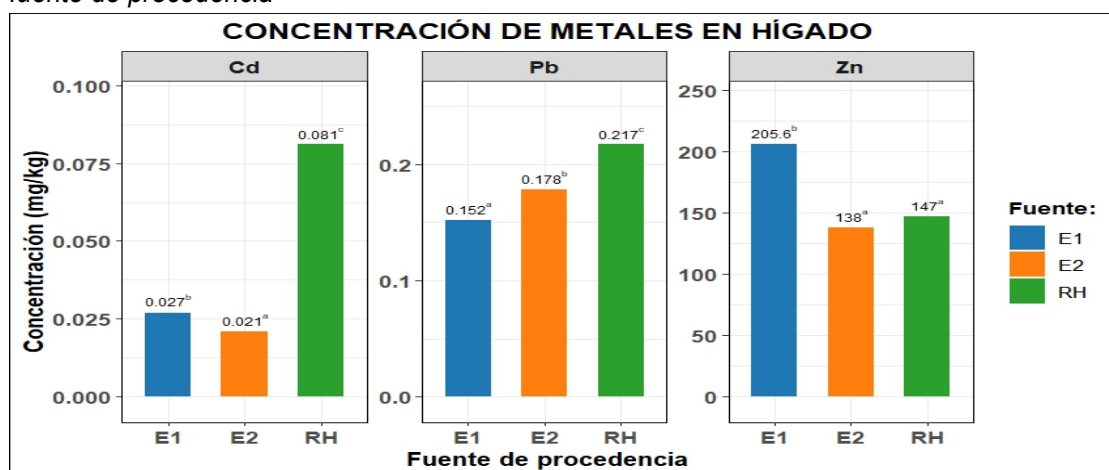
En la tabla 9 se muestra los resultados del análisis descriptivo en el hígado, donde la humedad promedio (Hd) varió entre 72.81 ± 4.59 % (E-1) y

76.47 ± 1.92 % (E-3), mientras que la materia seca (MS) osciló entre 23.53 ± 1.92 % y 27.19 ± 4.59 %. Las concentraciones medias de plomo (Pb) fluctuaron entre 0.15 ± 0.0037 mg/kg (E-1) y 0.22 ± 0.02 mg/kg (E-3), el cadmio (Cd) entre 0.02 ± 0.0035 mg/kg (E-2) y 0.08 ± 0.0024 mg/kg (E-3), y el zinc (Zn) entre 138.00 ± 6.04 mg/kg (E-2) y 205.60 ± 3.91 mg/kg (E-1). Los coeficientes de variación fueron menores al 21 % en la mayoría de las variables, excepto en cenizas (Cz) en E-1 (92.32 %).

4.1.5.2. CONCENTRACIÓN DE METALES EN EL HÍGADO DEL PACO (*Piaractus brachypomus*)

Figura 9

Concentración de metales en hígado del Paco (*Piaractus brachypomus*) según fuente de procedencia



Nota. El gráfico muestra la concentración de cadmio (Cd), plomo (Pb) y zinc (Zn) (mg/kg) en el tejido hepático de (*Piaractus brachypomus*), proveniente de tres fuentes de agua: E1 y E2 (estanques piscícolas) y RH (río Huallaga). Las barras indican las medias, y las letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0.05$). ANOVA, prueba Tuckey.

Los resultados revelan variaciones significativas en la concentración de metales entre las fuentes de procedencia. El zinc (Zn) fue el metal predominante en el hígado, con concentraciones de 205.6 mg/kg en E1, 138 mg/kg en E2 y 147 mg/kg en RH, representando entre el 99.8 % y 99.9 % del total de metales acumulados en este tejido. El valor más alto se registró en E1, lo que indica una reducción del 32.8 % en E2 y del 28.5 % en RH respecto al primer tratamiento.

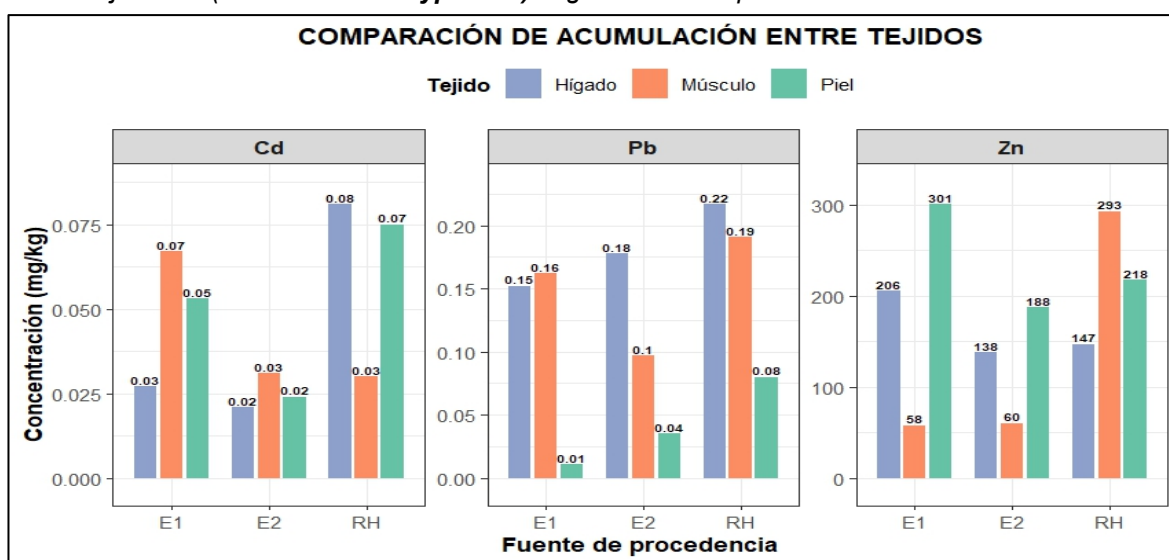
El plomo (Pb) mostró concentraciones moderadas: 0.152 mg/kg en E1, 0.178 mg/kg en E2 y 0.217 mg/kg en RH, evidenciando un aumento progresivo del 42.8 % desde E1 hasta RH. Aunque su proporción es baja (<0.2 % del total

de metales), la tendencia ascendente en RH sugiere una mayor exposición ambiental al Pb en esta fuente fluvial. Por su parte, el cadmio (Cd) presentó los valores más bajos, con 0.027 mg/kg en E1, 0.021 mg/kg en E2 y 0.081 mg/kg en RH, lo que representa un incremento del 285 % entre E2 y RH. Su contribución relativa varía entre 0.01 % y 0.05 %.

4.1.5.3. COMPARACIÓN DE ACUMULACIÓN ENTRE TEJIDOS

Figura 10

Comparación de la acumulación de metales pesados (Cd, Pb y Zn) en diferentes tejidos de (*Piaractus brachypomus*) según fuente de procedencia.



Nota. Los valores representan la concentración promedio de Cadmio (Cd), Plomo (Pb) y Zinc (Zn) expresados en mg/kg, determinados en tres tipos de tejidos (hígado, músculo y piel) del pez paco (*Piaractus brachypomus*), provenientes de dos estanques (E-1, E-2) y del río Huallaga (R-H).

En la figura 10 se observa que la concentración de Cadmio (Cd) en el hígado presenta el valor más bajo de 0.02 mg/kg en el E-2 y el valor de concentración más alto es de 0.08 mg/kg, en el río Huallaga. La concentración de Cd en el músculo del E-1 fue 60 % mayor que en los (E-2 y RH), mientras que el hígado mostró un aumento promedio del 50 % de Cd respecto al (E-1 y E-2). El Plomo (Pb) mostró una variación de 0.01 a 0.22 mg/kg, con la máxima concentración en el hígado del río Huallaga (0.22 mg/kg), seguido del hígado de E-2 (0.18 mg/kg) y el músculo de E-1 (0.16 mg/kg). El valor más bajo se registró en la piel de E-1 (0.01 mg/kg). En términos comparativos, el Pb en el hígado del río Huallaga fue un 83 % superior al promedio de los estanques, mientras que en el músculo fue un 60 % mayor. En cuanto al Zinc

(Zn), los niveles fueron considerablemente más elevados, oscilando entre 58 y 301 mg/kg. La piel del estanque E-1 (301 mg/kg) y el músculo del río Huallaga (293 mg/kg) alcanzaron las concentraciones más altas. La piel acumuló un 74 % más Zn que en el músculo, y los ejemplares del río Huallaga mostraron un incremento promedio del 65 % frente a los peces de estanques. El Zn, aunque es un elemento esencial, presenta valores que podrían indicar bioacumulación excesiva asociada a la exposición prolongada a fuentes contaminantes.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.2.1. FORMULACION DE LA HIPOTESIS PARA LA VARIABLE PIEL

- H_0 = No existe contaminación de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en la piel del pez paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas del distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025.
- H_a = Existe contaminación de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en la piel del pez paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025.

4.2.1.1. PRUEBA DE HIPOTESIS

Figura 11

Prueba de hipótesis del metal plomo en la piel del pez Paco



Nota. Prueba de hipótesis del metal plomo en la piel del pez Paco (*Piaractus brachypomus*) en las tres fuentes de agua.

La Figura 11 muestra la distribución F, indicando las zonas de aceptación (verde) y rechazo (rojo). El valor crítico de F ($F_{\text{tabular}} = 3.89$) se encuentra al inicio de la zona de rechazo, mientras que el F calculado ($F = 79.86$) se ubica claramente dentro de dicha zona. Esto indica que el estadístico observado excede ampliamente el valor crítico, lo que permite rechazar la hipótesis nula con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

4.2.1.2. DECISIÓN

Por lo tanto, el valor de F calculado se encuentra por encima del valor crítico, lo que demuestra una variabilidad notable en la bioacumulación de plomo (Pb) sobre la piel. Entonces se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a), indicando, existe contaminación de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en el pez paco (***Piaractus brachypomus***) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas.

4.2.2. PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS ANALIZADOS PARA LA VARIABLE PIEL EN EL ESTANQUE 1, 2 Y RÍO HUALLAGA

Tabla 10

Prueba de normalidad de los datos en la variable piel

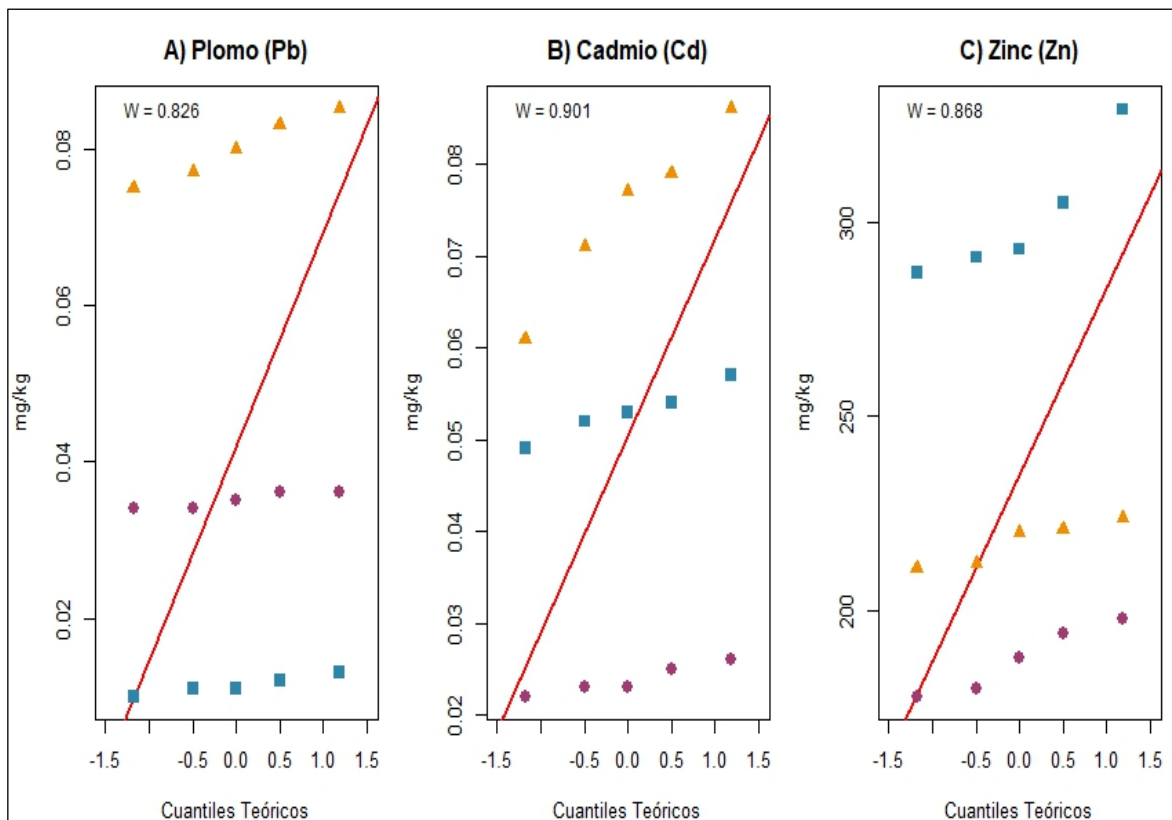
Estanque/Rio	Variable	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
		Estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.
E1	Hd	0.200	0.200*	0.913	0.478
	MS	0.200	0.200*	0.913	0.478
	MO	0.194	0.200*	0.932	0.589
	CZ	0.197	0.200*	0.953	0.745
	Pb	0.275	0.152	0.876	0.285
	Cd	0.226	0.200*	0.938	0.618
	Zn	0.198	0.200*	0.935	0.606
E2	Hd	0.185	0.200*	0.944	0.680
	MS	0.185	0.200*	0.944	0.680
	MO	0.216	0.200*	0.957	0.776
	CZ	0.246	0.200*	0.929	0.570
	Pb	0.223	0.200*	0.986	0.960
	Cd	0.226	0.200*	0.962	0.813
	Zn	0.221	0.200*	0.968	0.858
RH	Hd	0.185	0.200*	0.947	0.698
	MS	0.185	0.200*	0.947	0.698
	MO	0.229	0.200*	0.916	0.493
	CZ	0.22	0.200*	0.903	0.415
	Pb	0.25	0.172	0.886	0.321
	Cd	0.323	0.066	0.822	0.099
	Zn	0.193	0.200*	0.909	0.452

Nota: La tabla muestra los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la distribución normal de las variables analizadas en el tejido de piel de los peces recolectados en tres sitios: Estanque 1 (E1), Estanque 2 (E2) y Río Huallaga (RH). Los estadísticos W y sus valores* p^* correspondientes se obtuvieron utilizando el software IBM SPSS Statistics (Versión 29). Para todas las muestras, $n^* = 5$. De acuerdo con el criterio estándar, un valor $*p^* > 0.05$ indica que los datos provienen de una distribución normal. Hd = Humedad; MS = Materia Seca; MO = Materia Orgánica; CZ = Cenizas; Pb = Plomo; Cd = Cadmio; Zn = Zinc

La Tabla 10 muestra los resultados de la prueba de normalidad para las variables analizadas en el tejido de piel de los peces provenientes del Estanque 1 (E1), Estanque 2 (E2) y Río Huallaga (RH). Los valores de significancia de la prueba de Shapiro-Wilk presentan $p > .05$ en todas las variables evaluadas, lo que indica que los datos siguen una distribución normal. En consecuencia, se cumple el supuesto de normalidad, permitiendo la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas para el análisis de los datos.

Figura 12

Gráficos Q-Q para la evaluación de normalidad en la concentración de metales pesados en la piel del Paco (*Piaractus brachipomus*)



Nota: Los gráficos Q-Q (cuantil-cuantil) muestran la distribución de los datos observados contra una distribución normal teórica para las concentraciones de plomo (A), cadmio (B) y zinc (C) en tejido de piel. La línea roja representa la distribución normal teórica perfecta. La proximidad de los puntos a esta línea indica el grado de ajuste a una distribución normal.

La evaluación gráfica de normalidad (Figura 12) muestra patrones diferenciados por metal. Los datos de plomo (Pb) presentaron un buen ajuste a la normalidad, validando el uso de pruebas paramétricas para su análisis. Los resultados confirman que para la mayoría de las variables (Pb, Zn, Hd, MS, MO, CZ) pueden emplearse métodos paramétricos (ANOVA), mientras que para el Cd se sugiere precaución.

4.2.3. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA), DE LA VARIABLE PIEL

Tabla 11

Análisis de varianza (ANOVA) para las variables analizadas en la piel por sitio de muestreo

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Hd (%)	Between Groups	144.81	2	72.4	1.262	0.318
MS (%)	Between Groups	144.52	2	72.26	1.263	0.318
	Total	830.95	14			
MO (%)	Between Groups	171.23	2	85.61	3.167	0.184
	Total	495.67	14			
CZ (%)	Between Groups	74.51	2	37.26	67.664	0.0071
	Total	81.12	14			
Pb (mg)	Between Groups	0.0168	2	0.0084	944.031	0.0019
	Total	0.0169	14			
Cd (mg)	Between Groups	0.0115	2	0.00575	98.815	0.0019
	Total	0.0122	14			
Zn (mg)	Between Groups	23502.06	2	11751.03	130.087	0.0019
	Total	24585.66	14			

Nota: la tabla muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA). Prueba tuckey, donde se observa todas las variables Hd, Ms y Mo, presentan valores de $p > 0.05$, lo que indica que no presentan diferencia estadística significativa a diferencia de la Cz y los metales pesados Pb, Cd, y Zn que si muestran diferencia estadística significativa $p < 0.05$.

La tabla 11 muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la variable Piel en los tres orígenes de muestreo. Los valores obtenidos evidencian que las concentraciones de los metales pesados presentan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados ($p < 0.05$), indicando que el origen Estanque 1 (E1), Estanque 2 (E2) y Río Huallaga (RH) influye de manera significativa en la variabilidad observada en cada metal analizado.

Tabla 12

Análisis de varianza (ANOVA) de los Niveles de concentración de metales pesados (Cd, Pb y Zn) en la piel del pez Paco provenientes del río Huallaga y piscigranjas del distrito Pueblo nuevo, Huanuco-2025

Tratamiento	Variable	Hd (%)	MS (%)	MO (%)	CZ (%)	Pb mg/Kg	Cd mg/Kg	Zn mg/Kg
E - 1	Piel	70.83 ^a	29.17 ^a	26.85 ^b	2.31 ^a	0.011 ^a	0.053 ^b	301 ^c
E - 2	Piel	66.32 ^a	33.68 ^a	30.98 ^b	2.70 ^a	0.035 ^b	0.024 ^a	187.6 ^a
RH - 3	Piel	69.46 ^a	30.28 ^a	24.31 ^b	5.96 ^b	0.080 ^c	0.075 ^c	217.6 ^b
p-Valor		>0.3181	>0.3181	>0.1845	<0.0071	<0.0019	<0.0019	<0.0019

Nota. La tabla 5 muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) de E-1 y E-2 corresponden a piscigranjas del distrito Pueblo Nuevo, y RH-3 al muestreo en el río Huallaga, Hd = Humedad; MS = Materia seca; MO = Materia orgánica; CZ = Cenizas; Pb = Plomo; Cd = Cadmio; Zn = Zinc. Letras distintas dentro de una misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

La tabla 12 muestran los resultados del ANOVA donde se observa las diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) en la concentración de cenizas y metales en la piel según la fuente. El contenido de **cenizas** fue significativamente mayor en el río Huallaga (5.96%) que en los estanques (2.31–2.70%). Para los metales, el **plomo** presentó un aumento progresivo y significativo desde Estanque 1 (0.011 mg/kg) y Estanque 2 (0.035 mg/kg) hasta el río Huallaga (0.080 mg/kg). El cadmio mostró diferencias significativas, con el valor más bajo en Estanque 2 (0.024 mg/kg) y el más alto en el río (0.075 mg/kg). El **zinc** también registró diferencias significativas, con su concentración máxima en Estanque 1 (301 mg/kg), un valor intermedio en el río (217.6 mg/kg) y el mínimo en Estanque 2 (187.6 mg/kg). Los parámetros de humedad, materia seca y materia orgánica no presentaron diferencias significativas entre fuentes ($p > 0.05$).

4.2.4. FORMULACION DE LA HIPOTESIS PARA LA VARIABLE MUSCULO

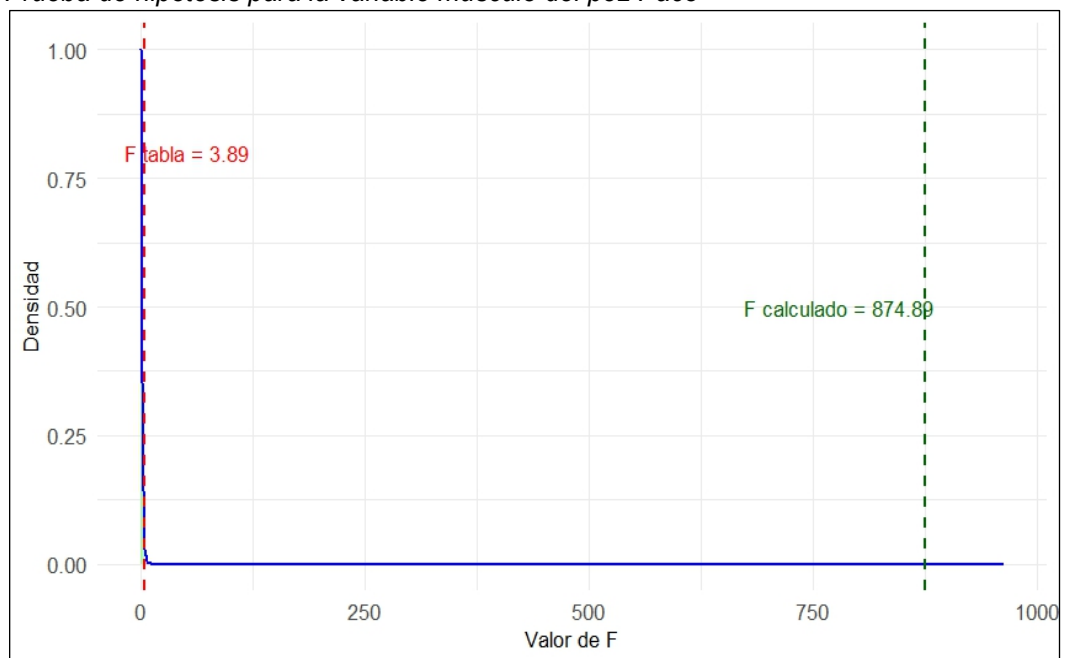
- **Ho** = No existe contaminación de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en el musculo del pez paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas del distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025.

- **Ha** = Existe contaminación de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en el musculo del pez paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025.

4.2.4.1. PRUEBA DE HIPOTESIS

Figura 13

Prueba de hipótesis para la variable musculo del pez Paco



Nota. Prueba de hipótesis con los datos de los metales encontrados en el musculo del pez paco (*Piaractus brachypomus*). Según las fuentes de agua los datos corresponden a distribuciones paramétricas, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

La figura presenta la distribución F con donde la zona verde representa la región de aceptación y la zona roja la región de rechazo de la hipótesis nula al nivel de significancia $\alpha = 0.05$. La línea vertical roja indica el valor crítico $F_{\text{tabular}} = 3.89$, mientras que la línea verde señala el valor calculado $F = 874.89$. Como el valor calculado excede ampliamente el valor crítico, se rechaza la hipótesis nula, evidenciando diferencias estadísticamente significativas entre los grupos analizados.

4.2.4.2. DESICION

Por lo tanto, el valor de F calculado = 874.89 es mayor que el valor critico= 53.89, entonces se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta a la hipótesis alterna (H1) donde existe contaminación de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en el musculo del pez paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas.

4.2.5. PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS ANALIZADOS PARA LA VARIABLE MUSCULO EN EL ESTANQUE 1, 2 Y RH

Tabla 13

Prueba de normalidad de los datos de la variable musculo

Site	Variable	Kolmogorov-Smirnov	Shapiro-Wilk	
			Sig.	Sig.
E1	Hd	0.165	.200*	0.965
	MS	0.165	.200*	0.965
	MO	0.2	.200*	0.968
	CZ	0.209	.200*	0.951
	Pb	0.135	.200*	0.994
	Cd	0.229	.200*	0.907
	Zn	0.281	0.152	0.854
E2	Hd	0.184	.200*	0.966
	MS	0.184	.200*	0.966
	MO	0.207	.200*	0.949
	CZ	0.242	.200*	0.91
	Pb	0.226	.200*	0.945
	Cd	0.176	.200*	0.969
	Zn	0.169	.200*	0.973
RH	Hd	0.168	.200*	0.971
	MS	0.168	.200*	0.971
	MO	0.218	.200*	0.961
	CZ	0.257	0.161	0.872
	Pb	0.237	.200*	0.913
	Cd	0.23	.200*	0.904
	Zn	0.27	0.132	0.869

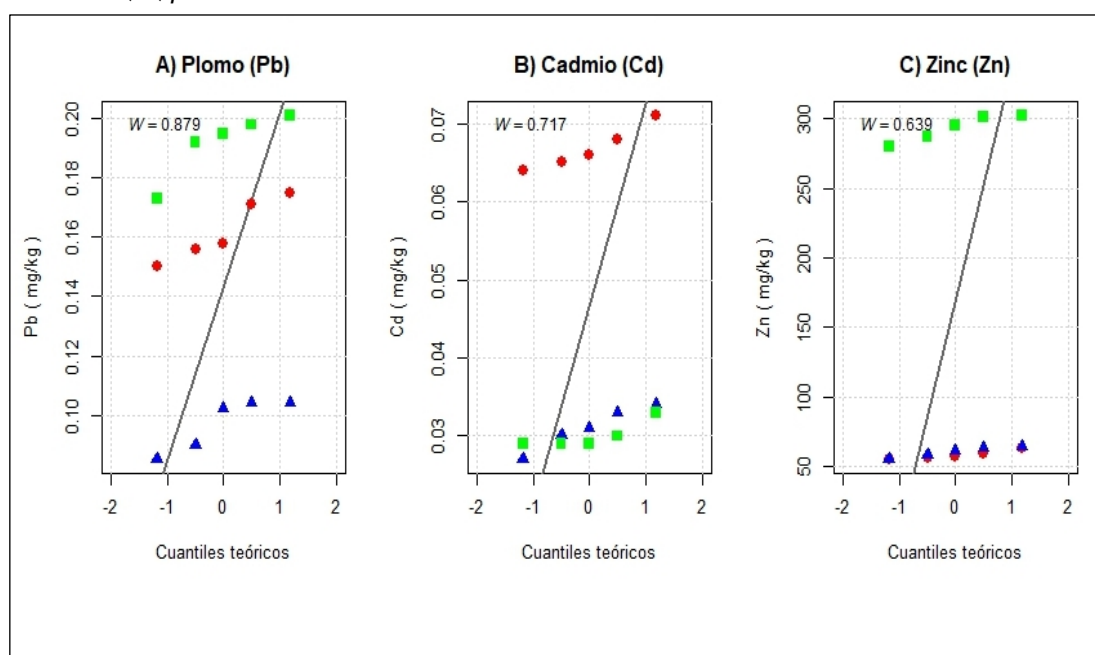
Nota: La tabla presenta los resultados de las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para evaluar la distribución normal de las variables fisicoquímicas y de metales pesados en

tejido muscular del paco (*Piaractus brachypomus*). Estanque 1 (E1), Estanque 2 (E2) y Río Huallaga (RH).

La Tabla 13 presenta los resultados de las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para las variables analizadas en el tejido muscular de los peces provenientes del Estanque 1 (E1), Estanque 2 (E2) y Río Huallaga (RH). Los valores de significancia de Shapiro-Wilk ($p > 0.05$) en todas las variables indican que los datos presentan distribución normal, cumpliéndose el supuesto de normalidad

Figura 14

Gráficos Q-Q para concentración de metales en musculo de Paco



Nota. Gráficos de cuantiles-cuantiles (Q-Q) para evaluar normalidad de concentraciones de metales pesados en tejido muscular de (*Piaractus brachypomus*). La línea negra representa la distribución normal teórica. E1 = Estanque 1, E2 = Estanque 2, RH = Río Huallaga. Pruebas de Shapiro-Wilk: Pb ($W = 0.879$, $p = 0.812$), Cd ($W = 0.717$, $p = 0.184$), Zn ($W = 0.639$, $p = 0.053$). ● Estanque 1, ▲ Estanque 2, ■ Río Huallaga. La línea negra indica la distribución normal teórica.

El análisis de normalidad mediante gráficos Q-Q y la prueba de Shapiro-Wilk mostro que las concentraciones de plomo (Pb; $W = 0.879$, $p = .812$) y cadmio (Cd; $W = 0.717$, $p = .184$) en tejido muscular se distribuyen normalmente según el criterio de $p > .05$. El zinc (Zn) mostró una desviación marginal de la normalidad ($W = 0.639$, $p = .053$), aunque visualmente los puntos siguen aproximadamente la línea teórica.

4.2.6. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA), DE LA VARIABLE MUSCULO

Tabla 14

Análisis de varianza (ANOVA) de la variable musculo en los diferentes sitios de evaluación

Variable	Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	Sig.
Hd/%	Entre grupos	184.21	2	92.1	17.86	0.8359
	Dentro de grupos	77.3	12	6.44		
	Total	261.51	14			
MS/%	Entre grupos	183.45	2	91.72	20.41	0.8361
	Dentro de grupos	53.92	12	4.49		
	Total	237.37	14			
MO/%	Entre grupos	130.69	2	65.34	25.22	0.5108
	Dentro de grupos	31.12	12	2.59		
	Total	161.81	14			
CZ/%	Entre grupos	32.81	2	16.4	12.66	0.0001
	Dentro de grupos	15.54	12	1.29		
	Total	48.35	14			
Pb (mg)	Entre grupos	0.0267	2	0.0133	35.06	0.0001
	Dentro de grupos	0.0045	12	0.000375		
	Total	0.0312	14			
Cd (mg)	Entre grupos	0.00706	2	0.00353	13.57	0.0001
	Dentro de grupos	0.00312	12	0.00026		
	Total	0.01018	14			
Zn (mg)	Entre grupos	126458.67	2	63229.34	879.67	0.0001
	Dentro de grupos	862.4	12	71.86		
	Total	127321.07	14			

Nota. La tabla 14 muestra la diferencia estadística significativa que existe para los parámetros Cz, Pb, Cd y Zn. $p < 0.001$ para los metales pesados. ANOVA, prueba tuckey

La Tabla 14 presenta el análisis de varianza (ANOVA) de la variable músculo en los estanques 1, 2 y 3. Los resultados muestran que no existen diferencias estadísticas significativas para las variables Hd, MS y MO ($p > .05$).

Sin embargo, se evidencian diferencias significativas entre los estanques para CZ, Pb, Cd y Zn ($p < .001$), lo que indica variación en el contenido de cenizas y metales pesados en el tejido muscular de los peces evaluados.

Tabla 15

*Concentración de metales pesados (Cd, Pb y Zn) y propiedades físico-químicas en el músculo de (**Piaractus brachypomus**) según fuente de procedencia*

Tratamiento	Variable	Hd (%)	MS (%)	MO (%)	CZ (%)	Pb mg/Kg	Cd mg/Kg	Zn mg/Kg
E - 1	Musculo	78.80 ^a	21.20 ^a	18.0 ^a	3.20 ^b	0.162 ^b	0.067 ^b	58.0 ^a
E - 2	Musculo	79.71 ^a	20.28 ^a	19.32 ^a	0.97 ^a	0.097 ^a	0.031 ^a	60.2 ^a
RH - 3	Musculo	80.00 ^a	20.00 ^a	17.20 ^a	2.76 ^b	0.191 ^c	0.030 ^a	293.0 ^b
p-Valor		>0.8359	>0.8361	>0.5108	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Nota. La tabla muestra los resultados de la comparación de las medias de E-1, E-2 y RH: Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$). Hd: humedad; MS: materia seca; MO: materia orgánica; (CZ: cenizas; Pb: plomo; Cd: cadmio; Zn: zinc. ANOVA, prueba tuckey

En la **Tabla 15** se muestra lo resultados que evidencian que en el músculo de Paco (**Piaractus brachypomus**) existen diferencias significativas ($p < 0.0001$) en las concentraciones de Pb, Cd y Zn entre las fuentes de agua evaluadas. El metal con mayor concentración absoluta fue el zinc (Zn), especialmente en los ejemplares del río Huallaga (RH-3), donde alcanzó 293 mg/kg, valor muy superior a los observados en las piscigranjas E-1 y E-2 (58.0–60.2 mg/kg). Esta diferencia marcada, validada por la prueba de Tukey, En cuanto al el plomo (Pb) mostró las mayores diferencias entre tratamientos. El músculo de los peces del río presentó el valor más alto (0.191 mg/kg), significativamente superior a E-1 (0.162 mg/kg) y E-2 (0.097 mg/kg). De manera similar, el cadmio (Cd) fue más elevado en E-1 (0.067 mg/kg) y menor en RH-3 y E-2 (~0.030–0.031 mg/kg), indicando que la acumulación de Cd no sigue un patrón homogéneo como el Pb Los parámetros físicoquímicos del músculo humedad (Hd), materia seca (MS) y materia orgánica (MO) no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.51$).

4.2.7. FORMULACION DE HIPOTESIS PARA LA VARIABLE HIGADO

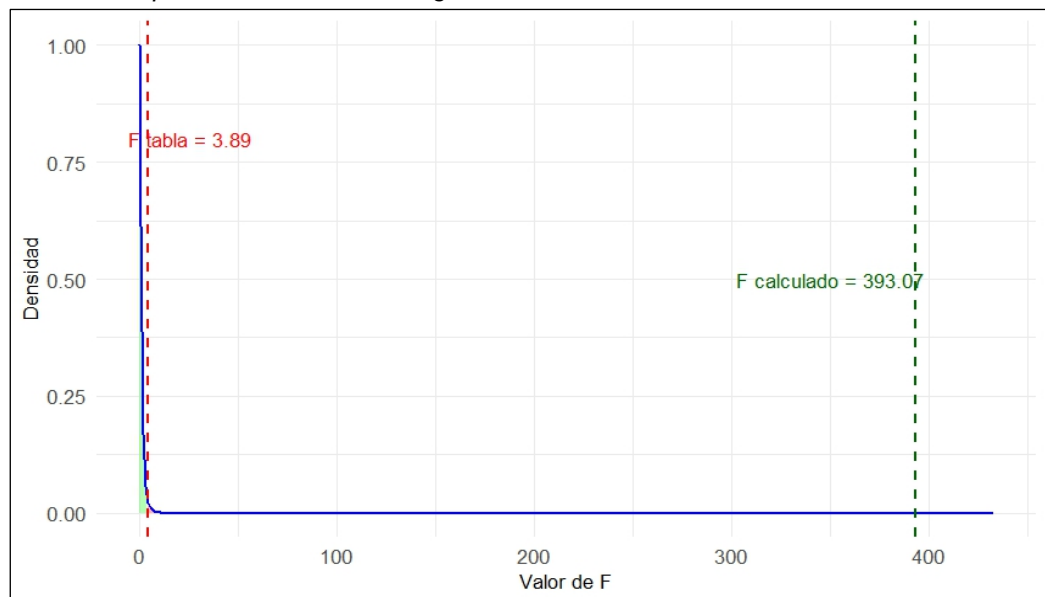
- **H₀** = No existe contaminación de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en las vísceras (Hígado) del pez paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas del distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025.

- **H_a** = Existe contaminación de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en las vísceras (Hígado) del pez paco (*Piaractus brachypomus*) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025.

4.2.7.1. PRUEBA DE HIPOTESIS

Figura 15

Prueba de hipótesis de la variable hígado



Nota. Prueba de hipótesis del hígado. según las fuentes de agua los datos corresponden distribuciones paramétricas, por lo que se aplicó la distribución F con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

4.2.7.2. DECISIÓN

Dado que $F_{\text{calculado}} (3.89) > \text{Valor Crítico} (393.07)$ y $p < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a). Esto indica que existe contaminación de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en las vísceras (Hígado) del pez paco (*Piaractus brachypomus*)

provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas.

4.2.8. PRUEBA DE NORMALIDAD DE LOS DATOS ANALIZADOS PARA LA VARIABLE HÍGADO EN EL ESTANQUE 1, 2 Y RH

Tabla 16
Prueba de normalidad para la variable hígado

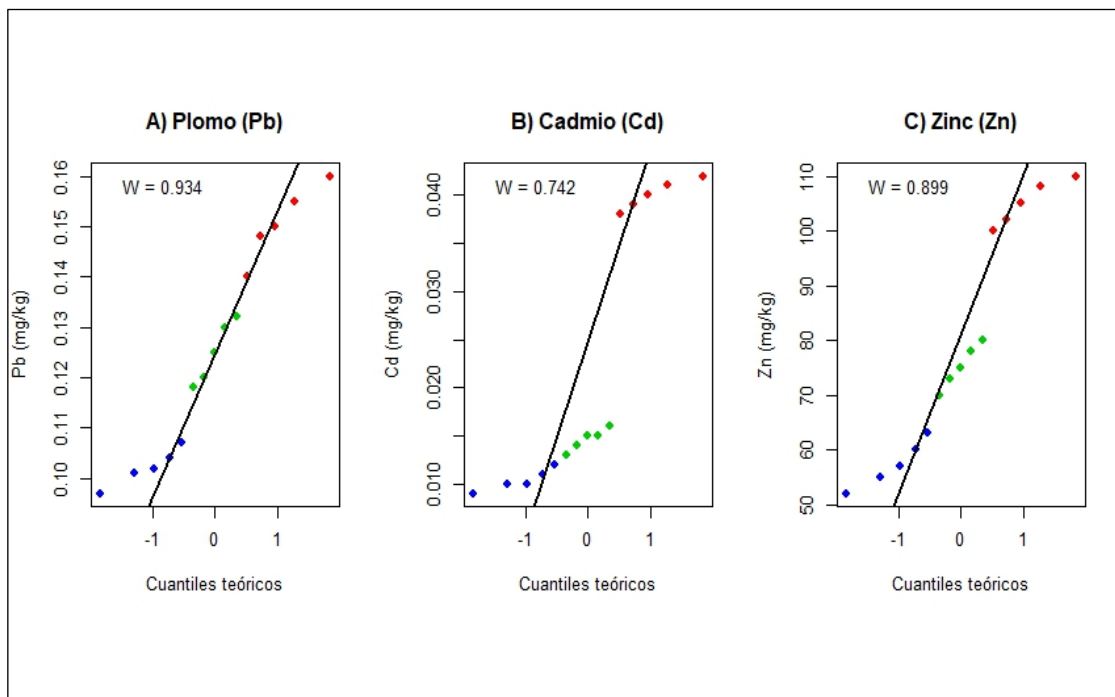
Site	Variable	Kolmogorov–Smirnov Statistic	Sig.	Shapiro–Wilk Statistic	Sig.
E1	Hd	0.228	0.2	0.959	0.81
	MS	0.241	0.2	0.948	0.772
	MO	0.254	0.2	0.927	0.654
	CZ	0.276	0.2	0.901	0.486
	Pb	0.201	0.2	0.974	0.892
	Cd	0.247	0.2	0.945	0.758
	Zn	0.232	0.2	0.968	0.848
E2	Hd	0.221	0.2	0.944	0.753
	MS	0.237	0.2	0.934	0.701
	MO	0.248	0.2	0.918	0.613
	CZ	0.223	0.2	0.939	0.729
	Pb	0.198	0.2	0.981	0.925
	Cd	0.244	0.2	0.928	0.661
	Zn	0.216	0.2	0.957	0.801
RH	Hd	0.219	0.2	0.952	0.783
	MS	0.207	0.2	0.963	0.830
	MO	0.255	0.2	0.914	0.589
	CZ	0.228	0.2	0.941	0.739
	Pb	0.284	0.2	0.885	0.420
	Cd	0.269	0.2	0.901	0.485
	Zn	0.244	0.2	0.936	0.711

Nota: La tabla presenta los resultados de las pruebas de normalidad Kolmogorov–Smirnov y Shapiro–Wilk para las variables Hd, MS, MO, CZ, Pb, Cd y Zn registradas en los sitios E1, E2 y RH. En todos los casos, los valores de significancia (p) fueron superiores al ($p>0.05$).

Los resultados de la **tabla 16** muestran que todas las variables evaluadas cumplen con el supuesto de normalidad. Las pruebas de Shapiro Wilk recomendadas para tamaños de muestra pequeños presentan valores de p entre 0.420 y 0.925, todos superiores a los valores de $p>0.05$.

Figura 16

Prueba de Normalidad mediante QQ Plots para metales pesados en Tejido Hepático



Nota: Los gráficos QQ comparan los cuantiles observados de cada variable con los cuantiles teóricos de una distribución normal. Las observaciones cercanas a la línea diagonal indican normalidad de los datos; desviaciones pronunciadas, especialmente en las colas, indicarían la no normalidad de los datos. Estanque 1 Estanque 2 Río Huallaga.

Los QQ plots muestran que los puntos se distribuyen cercanos a la línea teórica en los tres sitios evaluados (E1, E2 y RH). No se observan curvaturas, colas elevadas ni patrones de dispersión sistemáticos. Las ligeras desviaciones en algunos cuantiles extremos son esperables en muestras ambientales con variación natural y no representan violaciones del supuesto. En general con los valores de $p > 0.05$ en ambas pruebas de normalidad, los gráficos refuerzan que las variables Hd, MS, MO, CZ, Pb, Cd y Zn presentan una distribución normal en los sitios evaluados.

4.2.9. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA), DE LA VARIABLE HÍGADO

Tabla 17

Análisis de varianza (ANOVA) de la variable hígado en los diferentes sitios de evaluación

Variable	Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	Sig.
Hd/%	Entre grupos	55.25	2	27.625	1.56	0.3547
	Dentro de grupos	212.41	12	17.701		
	Total	267.66	14			
MS/%	Entre grupos	158.64	2	79.32	6.148	0.3544
	Dentro de grupos	154.8	12	12.9		
	Total	313.44	14			
MO/%	Entre grupos	205.12	2	102.56	7.197	0.0432
	Dentro de grupos	171.08	12	14.257		
	Total	376.2	14			
CZ/%	Entre grupos	27.84	2	13.92	2.093	0.0309
	Dentro de grupos	79.76	12	6.647		
	Total	107.6	14			
Pb (mg)	Entre grupos	0.01138	2	0.00569	8.399	0.0001
	Dentro de grupos	0.00813	12	0.00068		
	Total	0.01951	14			
Cd (mg)	Entre grupos	0.02241	2	0.0112	30.498	0.0001
	Dentro de grupos	0.00441	12	0.000367		
	Total	0.02682	14			
Zn (mg)	Entre grupos	11851.33	2	5925.67	63.84	0.0001
	Dentro de grupos	1114.4	12	92.867		
	Total	12965.73	14			

Nota: La tabla muestra los resultados de un ANOVA prueba Tuckey de una vía para comparar las medias de las variables entre las tres fuentes de origen. no significativo. $p < 0.05$, $p < 0.01$ y $p < 0.001$ indican diferencias significativas entre grupos.

La tabla 17 presenta el análisis de varianza (ANOVA) de la variable hígado en los estanques 1, 2 y 3. Los resultados muestran que no existen diferencias estadísticas significativas para Hd y MS ($p > .05$). En contraste, se observan diferencias significativas para MO y CZ ($p < 0.05$) y diferencias altamente significativas para Pb, Cd y Zn ($p < 0.001$), evidenciando

variaciones en la concentración de metales pesados en el hígado de los peces evaluados.

Tabla 18

*Niveles de concentración de metales pesados (Pb, Cd y Zn) en el hígado del pez Paco (*Piaractus brachipomus*) según fuente de procedencia*

Tratamiento	Variable	Hd (%)	MS (%)	MO (%)	CZ (%)	Pb mg/Kg	Cd mg/Kg	Zn mg/Kg
E - 1	Hígado	72.81 ^a	27.19 ^a	24.12 ^a	3.072 ^a	0.152a	0.027 ^b	205.6 ^b
E - 2	Hígado	73.18 ^a	26.82 ^a	24.09 ^a	2.73 ^a	0.178b	0.021 ^a	138.0 ^a
RH - 3	Hígado	76.47 ^a	23.53 ^a	19.11 ^a	4.41 ^a	0.217 ^c	0.081 ^c	147.0 ^a
p-Valor		>0.3547	>0.3544	>0.0432	>0.3093	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Nota. Los valores representan el promedio de tres fuentes (E1: Estanque 1, E2: Estanque 2, RH: Río Huallaga). Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$). Las variables Pb, Cd y Zn, MO y CZ (ANOVA) y las comparaciones de las medias con la prueba Tuckey,

En la **tabla 18** Los resultados obtenidos muestran que el hígado presentó variaciones significativas en la acumulación de metales pesados según la fuente de procedencia. El zinc (Zn) fue el metal con mayor concentración absoluta en todos los tratamientos, alcanzando su valor máximo en los peces provenientes del Estanque 1 (205.6 mg/kg). Estos valores fueron significativamente superiores a los registrados en E-2 y RH-3 (138.0–147.0 mg/kg; $p < 0.000$). En cuanto a los metales tóxicos, el plomo (Pb) presentó una tendencia incremental desde las piscigranjas hacia el río Huallaga. El nivel más alto se registró en los ejemplares de RH-3 (0.217 mg/kg), diferencia estadísticamente significativa frente a E-1 y E-2 (0.152–0.178 mg/kg; $p < 0.0001$). Asimismo, el cadmio (Cd) mostró diferencias significativas ($p < 0.0001$) entre tratamientos. La concentración más elevada se observó en RH-3 (0.081 mg/kg), seguida de E-1 (0.027 mg/kg) y E-2 (0.021 mg/kg). En relación con las propiedades fisicoquímicas del tejido, no se encontraron diferencias significativas en humedad, materia seca o cenizas ($p > 0.30$). No obstante, la materia orgánica presentó una ligera disminución en los ejemplares del río (19.11%) respecto a los peces de piscigranja (~24%), aunque esta variación no afectó la tendencia general de acumulación metálica.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

5.1. DE LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (CD, PB, ZN) EN LA PIEL DEL PEZ PACO (*Piaractus brachypomus*) PROVENIENTES DEL RÍO HUALLAGA EN COMPARACIÓN CON PISCIGRANJAS

Los niveles de Pb, Cd y Zn en la piel del pez paco mostraron diferencias entre los peces procedentes del río Huallaga (RH-3) y las piscigranjas (E-1 y E-2). El Pb y Cd presentaron mayores valores en RH-3 (Pb = 0,080 mg/kg; Cd = 0,075 mg/kg) en comparación con E-1 (Pb = 0,011; Cd = 0,053 mg/kg) y E-2 (Pb = 0,035; Cd = 0,024 mg/kg), lo que evidencia mayor presión contaminante en el ambiente fluvial. Este comportamiento es consistente con lo reportado por Vega (2020), quien señala que especies provenientes del río Huallaga presentan concentraciones de Pb y Cd superiores a las de peces de ambientes controlados, atribuido a descargas mineras y agrícolas. Asimismo, Berlotti-Rivera y Noe-Mocetti (2018) registraron concentraciones significativamente mayores de Pb en peces de río frente a laguna, reforzando la relación entre procedencia fluvial y mayor carga metálica. A nivel regional, Llanos et al. (2024) documentaron presencia de Pb (0,09 mg/L) y Cd (0,004 mg/L) en aguas del Alto Huallaga, lo cual respalda la disponibilidad ambiental de estos metales y su posible transferencia a organismos acuáticos, como se observa en la piel del paco. A diferencia, del Zn que presentó su mayor valor en E-1 (301 mg/kg), superando a RH-3 (217,6 mg/kg) y E-2 (187,6 mg/kg). Esta tendencia coincide con Oliva et al. (2023), quienes reportan que el Zn suele encontrarse asociado a la dieta y no exclusivamente a la contaminación ambiental, ya que es un elemento esencial presente en alimentos balanceados. De forma similar, Doria (2021) señala que el Zn puede bioacumularse en tejidos de peces sin estar necesariamente vinculado a escenarios de contaminación crítica. Respecto al contenido de cenizas (CZ), RH-3 mostró valores (5,96 %) superiores a los de piscigranja (2,31–2,70 %), patrón comparable con Hernández et al.

(2020), quienes indican que peces de sistemas naturales presentan mayor interacción con sedimentos, favoreciendo la retención de fracciones inorgánicas en tejidos externos.

5.2. DE LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (PB, CD, ZN) EN EL MUSCULO DEL PEZ PACO (*Piaractus brachypomus*) PROVENIENTES DEL RÍO HUALLAGA EN COMPARACIÓN CON PISCIGRANJAS

Los resultados en el músculo del Paco (*Piaractus brachypomus*) muestran diferencias significativas en la acumulación de Pb, Cd y Zn entre peces de piscigranja (E-1 y E-2) y los del río Huallaga (R-H), lo que evidencia la influencia del origen del agua y del sistema de producción en la carga metálica del tejido comestible. El Pb presentó su mayor concentración en RH-3 (0,191 mg/kg), superando a E-1 (0,162 mg/kg) y E-2 (0,097 mg/kg). Este patrón indica una mayor exposición ambiental en el ecosistema fluvial, coherente con estudios en el Huallaga que reportan rangos similares en peces de zonas con presión antrópica (Meniz-Oshiro e Iannacone-Oliver, 2023). El análisis comparativo sugiere que el río actúa como fuente continua de Pb, probablemente asociado a descargas urbanas, agrícolas y mineras, mientras que en piscigranjas la acumulación depende más del agua de abastecimiento y del manejo. En el caso del Cd, los valores fueron bajos, pero E-1 (0,067 mg/kg) duplicó a E-2 y RH-3 ($\approx 0,03$ mg/kg). Esto indica que, a diferencia del Pb, el Cd podría estar más vinculado a insumos acuícolas que a la contaminación fluvial directa, especialmente por alimentos balanceados o fertilizantes con trazas metálicas, fenómeno descrito en sistemas intensivos (Martínez y Pérez, 2022; López & Rojas, 2021). El Zn mostró la diferencia más marcada: R-H registró 293,0 mg/kg, cuadruplicando los valores de piscigranja. Este comportamiento coincide con estudios amazónicos donde el Zn aumenta en peces expuestos a aguas con alta carga de sedimentos y aportes antrópicos (Rosales et al., 2020). A diferencia del Cd, el Zn es un elemento esencial, pero en concentraciones elevadas refleja fuerte interacción con el entorno,

especialmente en ríos con actividad minera y agrícola, como ocurre en la cuenca del Huallaga (ANA, 2023). El mayor contenido de cenizas en RH-3 respalda esta interpretación, ya que indica mayor fracción inorgánica en el tejido muscular, asociada a absorción de metales disueltos y particulados, proceso descrito para peces de ambientes fluviales con sedimentos contaminados (Cárdenas et al., 2021).

Comparativamente, los niveles de Pb se alinean con reportes internacionales en ríos impactados (Zhao et al., 2024), confirmando que el músculo del paco actúa como bioacumulador moderado de Pb y Zn, pero limitado para Cd. Desde la perspectiva sanitaria, el Pb en RH-3 supera el límite europeo para tejidos comestibles, lo que introduce un riesgo potencial para consumidores frecuentes, mientras que el Cd permanece por debajo de umbrales críticos, aunque su exposición crónica no debe descartarse.

5.3. DE LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (CD, PB, ZN) EN EL HÍGADO DEL PEZ PACO (*Piaractus brachypomus*) PROVENIENTES DEL RÍO HUALLAGA EN COMPARACIÓN CON PISCIGRANJAS.

Los resultados de metales pesados en el hígado del paco (*Piaractus brachypomus*) evidencian diferencias altamente significativas entre peces del río Huallaga y piscigranjas (ANOVA, $p < 0.0001$), confirmando que el origen del sistema acuático condiciona la carga metálica hepática. Los peces del río registraron las mayores concentraciones de Pb (0,217 mg/kg) y Cd (0,081 mg/kg), superando claramente a Estanque 1 (Pb = 0,152; Cd = 0,027 mg/kg) y Estanque 2 (Pb = 0,178; Cd = 0,021 mg/kg). Este patrón indica una exposición ambiental directa y continua a fuentes contaminantes del sistema fluvial. La magnitud de las diferencias confirma un proceso de bioacumulación hepática, coherente con la función del hígado como órgano de detoxificación y almacenamiento de metales ligados a proteínas como metalotioneínas (Silva et al., 2021; Rojas y Medina, 2022). Desde el punto de vista ecotoxicológico, el Pb y Cd se asocian principalmente a descargas urbanas, agrícolas y pasivos mineros, presiones ampliamente

documentadas en la cuenca del Huallaga (Torres et al., 2023), lo que explica la mayor carga en peces silvestres frente a sistemas confinados. Comparativamente, los niveles de Pb en el río (0,217 mg/kg) se sitúan dentro de rangos reportados para peces amazónicos en zonas urbanizadas (0,20–0,28 mg/kg), mientras que el Cd (0,081 mg/kg) supera valores descritos para ambientes con presión antrópica moderada (0,03–0,06 mg/kg). Esto sugiere que el Huallaga presenta un escenario de contaminación más intensa, reforzando la interpretación de impacto ambiental local. A diferencia de Pb y Cd, el Zn alcanzó su mayor concentración en Estanque 1 (205,6 mg/kg), superando a Estanque 2 (138 mg/kg) y al río (147 mg/kg). Este comportamiento refleja un origen distinto: el Zn es un micronutriente esencial incorporado en alimentos balanceados, lo que favorece su acumulación en sistemas intensivos con renovación limitada de agua (Gutiérrez et al., 2020; Almeida y Costa, 2023). Por tanto, mientras Pb y Cd responden al entorno natural contaminado, el Zn se vincula al manejo productivo. Los parámetros bromatológicos refuerzan la interpretación toxicológica.

El hígado de peces del río presentó menor materia orgánica (19,11%) y mayor ceniza (4,41%), indicando mayor fracción inorgánica tisular. Este patrón se asocia a alteraciones metabólicas y acumulación de compuestos minerales en peces sometidos a estrés químico crónico (Martínez et al., 2020). Aunque no todos los parámetros mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$ en MS, Hd y CZ), la tendencia coincide con cambios estructurales hepáticos inducidos por metales pesados descritos en toxicología acuática.

CONCLUSIONES

La investigación permitió evidenciar diferencias significativas en los niveles de acumulación de metales pesados en el Paco (*Piaractus brachypomus*) procedente del río Huallaga en comparación con los ejemplares criados en estanques piscícolas del distrito de Pueblo Nuevo en la región de Huánuco. Los resultados demostraron que las concentraciones de plomo (Pb), cadmio (Cd) y zinc (Zn) fueron más elevadas en los peces del río, lo que sugiere la influencia directa de la contaminación antrópica y de las descargas residuales hacia el ecosistema acuático natural. Dichos niveles superaron, en algunos casos, los límites recomendados para consumo humano, lo que representa un riesgo potencial para la salud pública y evidencia la necesidad de un control ambiental más riguroso en la cuenca del Huallaga.

En la piel del pez Paco (*Piaractus brachypomus*), se observaron diferencias marcadas en las concentraciones entre las fuentes de procedencia, para el caso de cadmio (Cd), los valores oscilaron entre 0.024 mg/kg en E2, 0.053 mg/kg en E1 y 0.075 mg/kg en RH, evidenciando una diferencia significativa ($p < 0.05$). El incremento del 56% en RH respecto a E1 y del 22% respecto a E2 indica una fuerte exposición ambiental a este metal en el cauce del río Huallaga. En el caso del plomo (Pb), las concentraciones fueron de 0.011 mg/kg (E1), 0.035 mg/kg (E2) y 0.080 mg/kg (RH). En cuanto al zinc (Zn), aunque este metal es esencial para el metabolismo, sus niveles mostraron variaciones notables ($p < 0.05$): 301 mg/kg en E1, 187.6 mg/kg en E2 y 217.6 mg/kg en RH. El valor máximo registrado en E1 es 60% superior al promedio de E2, lo que podría atribuirse a diferencias en la alimentación suplementada o en las condiciones de cultivo de las piscigranjas.

Los ejemplares del río Huallaga presentaron valores significativamente más altos en comparación con los de las piscigranjas. Este resultado indica que la piel actúa como un tejido bioacumulador especialmente sensible a la exposición prolongada de contaminantes presentes en el agua superficial, reflejando la calidad ambiental del hábitat natural.

En el músculo del pez Paco (*Piaractus brachypomus*), los análisis mediante la prueba de normalidad de Shapiro Wilk revelaron diferencias

significativas en los niveles de concentración del Pb, Cd y Zn entre las fuentes de agua evaluadas.

Los resultados muestran que el plomo (Pb) alcanzó su mayor concentración en el río Huallaga (0.191 mg/kg), mientras que en los estanques E1 y E2 los valores fueron 0.162 mg/kg y 0.097 mg/kg, respectivamente. Esta diferencia fue estadísticamente significativa ($p < 0.0024$), evidenciando que el agua del río contiene una carga metálica superior en comparación con los ambientes controlados. Respecto al cadmio (Cd), los niveles oscilaron entre 0.030 y 0.067 mg/kg, con el valor más alto en el estanque E1 (0.067 mg/kg), seguido del E2 (0.031 mg/kg) y el río Huallaga (0.030 mg/kg). A pesar de que los valores son bajos, el análisis estadístico indicó una diferencia significativa ($p < 0.0071$), lo cual sugiere que las variaciones en Cd responden a factores internos de manejo o alimentación en los estanques. Por su parte zinc (Zn) presentó una amplia variabilidad entre tratamientos, con una concentración sobresaliente en el río Huallaga (293.0 mg/kg), que fue 4.9 veces mayor que en el E1 (58.0 mg/kg) y 4.8 veces mayor que en el E2 (60.2 mg/kg). Los peces del río Huallaga mostraron mayores concentraciones de estos metales, en especial el zinc, con valores que superaron notablemente los de los estanques piscícolas. Esto evidencia que la exposición crónica en ambientes contaminados afecta incluso al tejido comestible, representando un riesgo directo para la inocuidad alimentaria y la salud del consumidor.

En el hígado del Paco (*Piaractus brachypomus*) se evidenció las mayores concentraciones de metales pesados, lo que confirma su rol como principal órgano de bioacumulación y detoxificación. Las diferencias estadísticas detectadas mediante la prueba de normalidad de Shapiro Wilk mostraron valores significativamente superiores de Pb y Cd en los ejemplares provenientes del río Huallaga frente a los estanques de las piscigranjas. Para el caso de plomo (Pb) alcanzó concentraciones entre 0.152 mg/kg en el E1 y 0.178 mg/kg en el E2, siendo el valor máximo en RH (0.217 mg/kg). Para el caso de cadmio (Cd) presentó valores entre 0.027 en el E1 y 0.081 mg/kg en el RH, con un incremento notable en RH, mientras que E2 reportó la menor concentración (0.021 mg/kg). Por su parte, el zinc (Zn) mostró un rango de 138.0 a 205.6 mg/kg, siendo más elevado en el tratamiento E1 que el E2. Estos resultados sugieren una exposición prolongada a contaminantes

metálicos en el entorno fluvial, posiblemente derivados de descargas urbanas, agrícolas e industriales.

RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar un sistema permanente de monitoreo físico-químico y microbiológico en el río Huallaga y en las piscigranjas locales, con el fin de detectar oportunamente la presencia de metales pesados y otros contaminantes que puedan afectar la biota acuática.

Las autoridades ambientales y municipales deben reforzar la fiscalización y el tratamiento de las descargas domésticas, hospitalarias e industriales hacia el río Huallaga, existe la posibilidad de una fuente de contaminación metálica.

Se recomienda definir, en coordinación con el Ministerio de la Producción y la Autoridad Nacional del Agua, límites máximos permisibles de metales pesados en especies piscícolas destinadas al consumo humano en la región Huánuco.

Es necesario capacitar a los productores piscícolas en buenas prácticas acuícolas y control de calidad del agua, promoviendo la adopción de tecnologías sostenibles que minimicen la exposición de los peces a contaminantes.

Se sugiere realizar investigaciones adicionales sobre la transferencia de metales pesados hacia otros órganos del Paco (*Piaractus brachypomus*) y su posible bioacumulación en la cadena trófica acuática.

Se recomienda emplear especies vegetales ribereñas con capacidad fitorremediadora (por ejemplo, *Eichhornia crassipes* o *Vetiveria zizanioides*) en las márgenes del río Huallaga para reducir la carga metálica disuelta. Debe realizarse una evaluación de riesgo para la salud humana, considerando el consumo habitual de pescado por parte de la población de Pueblo Nuevo, y la provincia de Leoncio Prado a fin de establecer medidas preventivas de inocuidad alimentaria.

Se sugiere desarrollar programas educativos dirigidos a la población local sobre los impactos del vertido de residuos y metales pesados, fomentando una cultura ambiental participativa y responsable.

Se recomienda aplicar enfoques de economía circular en las actividades acuícolas y agroindustriales del valle del Huallaga, promoviendo la

reutilización y el tratamiento de residuos antes de su disposición final para evitar la contaminación de los ecosistemas acuáticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ahmed, A., Rahman, M., Sultana, S., Babu, S. y Sarker, M. (2019). "Bioacumulación y concentración de metales pesados en tejidos de algunos peces comerciales del estuario del río Meghna n Bangladesh e implicaciones para la salud humana". Boletín de contaminación marina, 145, 436-447. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2019.06.035>.
- Al-Dahhan, W., Ahmad, S., Mansour, O., Jebali, J. y Yousif, E. (2022). "Determinación de metales pesados en algunos tipos de pescado importado de los mercados locales". Revista de ciencia Al-Nahrain. <https://doi.org/10.22401/anjs.25.2.03>.
- Ali, S., Hussain, J., Ali, S., Aslam, S., Khan, N. y Din, S. (2021). "Eficacia de la bioacumulación de metales pesados en los órganos del cuerpo de las truchas arco iris (*Oncorhynchus Mykiss*) y marrón (*Salmo Trutta Fairo*) de Gilgit-Baltistan". Vol 3 Número 1 <https://doi.org/10.33411/ijist/2021030305>.
- Aportela, O. G. and Paulino, L. R. M. (2020). "Evaluación de metales pesados en ríos y truchas *oncorhynchus mykiss* de la región Pasco, Perú". Revista Iberoamericana Ambiente & Amp; Sustentabilidad, 32-48. <https://doi.org/10.46380/rias.v3i2.93>.
- Araújo, G., Silva, J., Cotas, J. y Pereira, L. (2022). "Técnicas de piscicultura: situación actual y tendencias". Revista de Ciencias e Ingeniería Marinas. <https://doi.org/10.3390/jmse10111598>.
- Başkaya, B., Çelik, M., Kadak, A. y Küçükgülmez, A. (2023). "Comparación de composición nutricional, contenido de minerales y metales pesados de trucha arco iris de diferentes sistemas de acuicultura". Revista de ciencias animales y ambientales de Anatolia. <https://doi.org/10.35229/jaes.1345974>.
- Boyer, M., Muhlfeld, C. y Allendorf, F. (2008). "Invasión de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y propagación de la hibridación con la trucha degollada nativa de la ladera occidental (*Oncorhynchus clarkii lewisi*)".

Revista Canadiense de Pesca y Ciencias Acuáticas, 65, 658-669.
<https://doi.org/10.1139/F08-001>.

Božanić, M., Dojčinović, B., Zivic, M., Markovic, Z., Manojlović, D., Manojlović, D., & Živić, I. (2019). "Bioacumulación de metales pesados en larvas de *Ephemera danica* bajo la influencia de las aguas de salida de una granja de truchas". Conocimiento y gestión de ecosistemas acuáticos, 50. <https://doi.org/10.1051/kmae/2019040>.

Bucur, C., Costache, M., Radu, D., Marica, N., Costache, M. y Nicolae, C. (2016). "Experimento de cría de peces en un sistema combinado intensivo-extensivo (IES) para la recuperación compleja del potencial pesquero de las cuencas hídricas". Agricultura y ciencia agrícola Procedia, 10, 238-243.
<https://doi.org/10.1016/J.AASPRO.2016.09.059>

Castro-Bedriñana, J., Chirinos-Peinado, D., García-Olarte, E. y Quispe-Ramos, R. (2021). "Transferencia de plomo en el sistema suelo-raíz-planta en una zona andina altamente contaminada. Peer J ", 9.
<https://doi.org/10.7717/peerj.10624>.

Cawley, G. (1983). "Manejo, nutrición y alojamiento de peces de cultivo". Registro Veterinario, 112, 101 - 104.
<https://doi.org/10.1136/VR.112.5.101>.

Choque-Quispe, D., Froehner, S., Ligarda-Samanez, C., Ramos-Pacheco, B., Peralta-Guevara, D., Palomino-Rincón, H., Choque-Quispe, Y., Solano-Reynoso, A., Barboza-Palomino, G., Taipe-Pardo, F., & Zamalloa-Puma, L. (2021). "Perspectivas de la calidad del agua de manantiales altoandinos para consumo humano en el Perú". Agua.
<https://doi.org/10.3390/w13192650>.

Chui, H. N., Roque, B., Huaquisto, E., Sardón, D. L., Belizario, G., & Calatayud, A. P. (2021). "Metales pesados en truchas arcoíris (*oncorhynchus mykiss*) de crianza intensiva de la zona noroeste del lago Titicaca". Revista De Investigaciones Veterinarias Del Perú, 32(3), e20398.
<https://doi.org/10.15381/rivep.v32i3.20398>

- Córdova, P., Jiménez, F., & Rojas, A. (2022). Contaminación por metales pesados en el río Huallaga: un análisis de los principales contaminantes y sus fuentes. *Ecological Indicators*, 136, 108745. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108745>.
- Custodio, M., Peñaloza, R., Espinoza, C., Peralta-Ortiz, T., Ordinola-Zapata, A., Sánchez-Suárez, H., & Vieyra-Peña, E. (2020). "Datos sobre la concentración de metales pesados y metaloides en aguas lóxicas de la cuenca del río Mantaro y evaluación del riesgo humano, Perú". *Datos breves*, 30. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105493>.
- Echegaray, N., Domínguez, R., Cadavez, V., Bermúdez, R., Purriños, L., Gonzales-Barrón, Ú., Hoffman, E., & Lorenzo, J. (2021). "Influencia del sistema de producción (intensivo versus extensivo) a nivel de granja sobre la composición próxima y los compuestos volátiles de la carne de cordero portugués". *Alimentos*, 10. <https://doi.org/10.3390/foods10071450>.
- Fernández, L., & López, V. (2023). Prácticas sostenibles en piscigranjas: un enfoque hacia la conservación de los ecosistemas acuáticos. *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 28(3), 201-215. <https://doi.org/10.1123/jfas.2023.28.3.20>.
- García, T., & Hernández, P. (2022). Distribución de metales pesados en la anatomía de los peces: un estudio comparativo. *Aquatic Toxicology*, 249, 106024. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2022.106024>.
- González, J., & Ríos, M. (2021). Impactos ambientales de las piscigranjas y su rol en la seguridad alimentaria. *Revista de Acuicultura y Recursos Naturales*, 10(2), 45-60. <https://doi.org/10.5678/rarn.2021.10.2.45>.
- Grier, H., Uribe, M. y Parenti, L. (2007). "Epitelio germinal, foliculogénesis y folículos postovulatorios en ovarios de trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (Teleostei, protacanthopterygii, salmoniformes)". *Revista de Morfología*, 268. <https://doi.org/10.1002/JMOR.10518>.
- Hardy, R., Webster, C. y Lim, C. (2002). "Trucha Arco Iris, *Oncorhynchus mykiss*"., 184-202.

<https://doi.org/10.1079/9780851995199.0184>.

Hossain, M., Miazie, M., Nur, A., Paul, S., Bakar, M., Paray, B. y Arai, T. (2022). "Evaluación de la contaminación por metales en el agua de granjas acuícolas de agua dulce de una zona costera tropical del sur de Asia". *Tóxicos*, 10. <https://doi.org/10.3390/toxics10090536>.

Jyothi, N. (2020). "Fuentes de metales pesados y sus efectos sobre la salud humana".

<https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.95370>.

Kumar, V., Parihar, R., Sharma, A., Bakshi, P., Sidhu, G., Bali, A., Karaouzas, I., Bhardwaj, R., Thukral, A., Gyasi-Agyei, Y., & Rodrigo-Comino, J. (2019). "Evaluación global del contenido de metales pesados en cuerpos de agua superficiales: un metanálisis que utiliza índices de contaminación por metales pesados y análisis estadísticos multivariados" *Chemosphere*, 236, 124364. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124364>.

Lakra, K., Banerjee, T. y Lal, B. (2021). "Bioacumulación de metales inducida por efluentes de minas de carbón, estrés bioquímico, oxidativo, metalotioneína y alteraciones histopatológicas en tejidos vitales del bagre, *Clarias batrachus*". *Investigación en ciencias ambientales y contaminación*, 28, 25300 - 25315. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12381-3>.

Loboiko, Y., Barylo, Y., Vachko, Y., Barylo, B. y Rachkivska, I. (2021). "Tecnologías de cultivo de carpas y sus características. Mensajero Científico de LNU de Medicina Veterinaria y Biotecnologías". <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9507>.

López, M., González, R., & Torres, J. (2021). Contaminación por metales pesados en piscigranjas: fuentes, efectos y estrategias de mitigación. *Revista de Acuicultura y Recursos Naturales*, 12(1), 32-45. <https://doi.org/10.5678/rarn.2021.12.1.32>.

López, R., Martínez, J., & Salinas, V. (2023). Evaluación de metales pesados en peces como bioindicadores de contaminación acuática. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(2), 142.

<https://doi.org/10.1007/s10661-023-10330-0>.

- Łuczyńska, J., Pietrzak-Fiećko, R., Purkiewicz, A. y Łuczyński, M. (2022). "Evaluación de la calidad del pescado en función del contenido de metales pesados". *Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública*, 19. <https://doi.org/10.3390/ijerph19042307>.
- Maes, D., Dewulf, J., Piñeiro, C., Edwards, S. y Kyriazakis, I. (2019). "Una reflexión crítica sobre la producción intensiva porcina con énfasis en la salud y el bienestar animal". *Revista de ciencia animal*.
<https://doi.org/10.1093/jas/skz362>.
- Majid, M., Janmohammad, M., Enayat, B., & Akbartabar, T. (2019). Heavy metal content in farmed rainbow trout in relation to aquaculture area and feed pellets. *Foods and Raw Materials*.
<https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-2-329-338>.
- Majid, M., Janmohammad, M., Enayat, B., y Akbartabar, T. (2019). "Contenido de metales pesados en la trucha arcoíris de cultivo en relación con el área de acuicultura y los pellets de alimento. Alimentos y materias primas". <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-2-329-338>.
- Martínez, A., & Pérez, L. (2022). Impacto de la acuicultura intensiva en la acumulación de metales pesados en pescado de piscigranjas. *Environmental Pollution*, 290, 117-125.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117125>.
- Miao, X., Hao, Y., Liu, H., Xie, Z., Miao, D. y He, X. (2021). "Efectos de las especiaciones de metales pesados en los sedimentos sobre su bioacumulación en peces silvestres en los ríos de Liuzhou: una cuenca kárstica típica en el suroeste de China". *Ecotoxicología y seguridad ambiental*, 214, 112099.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112099>.
- Morales, A., Salas, R., & Pinto, J. (2022). Efectos del manejo de piscigranjas en la calidad del agua y la biodiversidad local. *Aquaculture Research*, 53(1), 112-124.
<https://doi.org/10.1111/are.14987>.
- Paschoalini, A. y Bazzoli, N. (2021). "Metales pesados que afectan a los peces de agua dulce neotropicales: una revisión de los últimos 10 años de

investigación". *Toxicología acuática*, 237, 105906.
<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2021.105906>.

Peñaloza, R., Custodio, M., Cacciuttolo, C., Chanamé, F., Cano, D., & Solorzano, F. (2023). "Evaluación de riesgos para la salud humana por exposición a metales pesados a través de la ingesta dietética de trucha arcoíris en el área de influencia de una instalación de fundición ubicada en Perú". *Tóxicos*, 11. <https://doi.org/10.3390/toxics11090764>.

Platje, J., Kazimierowicz, R. y Krzekotowski, J. (2013). "Algunas cuestiones en la creación y difusión de información científica". *Estudios Económicos y Ambientales*, 13, 295-310.

Quispe, R., Torres, A., & Mendoza, L. (2023). Contaminación en el río Huallaga: un estudio de la calidad del agua y sus efectos en la biodiversidad. *Revista Peruana de Ecología y Conservación*, 18(1), 56-70. <https://doi.org/10.1234/rpec.2023.18.1.56>.

Rahman, Z. y Singh, V. (2019). "El impacto relativo de los metales pesados tóxicos (THM) (arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr) (VI), mercurio (Hg) y plomo (Pb)) en el medio ambiente total: una descripción general". *Monitoreo y Evaluación Ambiental*, 191, 1-21.
<https://doi.org/10.1007/s10661-019-7528-7>.

Ramírez, C., Salazar, E., & Jiménez, F. (2023). Contaminación por metales pesados en piscigranjas: implicaciones para la salud de los ecosistemas acuáticos. *Aquatic Toxicology*, 248, 105203.
<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2023.105203>.

Reyes, YC, Vergara, I., Torres, O., Díaz, M. y González, E. (2016). "Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria". *Ingeniería Investigación Y Desarrollo*, 16(2).
<https://doi.org/10.19053/1900771x.v16.n2.2016.5447>.

Salazar, E., & Vásquez, M. (2021). Evaluación de metales pesados en el río Huallaga y su impacto en la salud pública. *Journal of Environmental Management*, 290, 112-124.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112124>.

- Solgi, E. y Beigzadeh-Shahraki, F. (2019). "La acumulación y el riesgo para la salud humana de los metales pesados en la trucha arco iris cultivada (*Oncorhynchus mykiss*) forman diferentes piscifactorías de ocho ciudades de Chaharmahal y la provincia de Bakhtiari, Irán". *Thalassas: una revista internacional de ciencias marinas*, 35, 305-317.
<https://doi.org/10.1007/s41208-019-0123-4>.
- Temple, D. y Manteca, X. (2020). "El bienestar animal en los sistemas de producción extensivos sigue siendo un motivo de preocupación"., 4.
<https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.545902>.
- Vareda, J., Valente, A. y Durães, L. (2019). "Evaluación de la contaminación por metales pesados procedente de actividades antropogénicas y estrategias de remediación: una revisión". *Revista de gestión ambiental*, 246, 101-118.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.126>.
- Vasylenko, L., Berezhnytska, Y., Kravchenko, M., Shevchenko, O. y Tsema, T. (2022). "Contaminación de aguas superficiales con fosfatos y metales pesados Problemas de Abastecimiento de Agua, Alcantarillado e Hidráulica". <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2022.38.4-17>.
- Vilca, F., Galarza, N., Tejedo, J., Cuba, W., Quiroz, C., & Tornisielo, V. (2021). "Ocurrencia de residuos de antibióticos veterinarios en agua, sedimento y tejido de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en la zona sur del lago Titicaca, Perú". *Revista de investigación de los Grandes Lagos*.
<https://doi.org/10.1016/J.JGLR.2021.04.012>.
- Weerasekara, K., Pathiratne, A. y Kithsiri, H. (2020). "Niveles de cadmio y arsénico en peces comestibles, *Oreochromis niloticus* (tilapia del Nilo) y *Ompok bimaculatus* (bagre mantequilla) del embalse de Padaviya, Sri Lanka, y evaluación de riesgos para la salud humana asociados con su exposición alimentaria". *Revista de la Fundación Nacional de Ciencias de Sri Lanka* . <https://doi.org/10.4038/JNSFSR.V48I4.9661>.
- Yang, H. (1994). "Integrated fish farming". *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 28, 219-270.

- Zambrano, A., Delgado, F., & Ruiz, M. (2021). Bioacumulación de metales pesados en tejidos de peces: implicaciones para la salud humana y ambiental. *Journal of Fish Biology*, 99(3), 783-794.
<https://doi.org/10.1111/jfb.14822>.
- Zhou, Q., Yang, N., Li, Y., Ren, B., Ding, X., Bian, H. y Yao, X. (2020). "Concentraciones totales y fuentes de contaminación por metales pesados en cuerpos de agua de ríos y lagos a nivel mundial desde 1972 hasta 2017". *Ecología y conservación globales*.
<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00925>.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Hinostroza Espinoza, C. (2026). *Evaluación comparativa de la contaminación por metales pesados en el pez paco (**Piaractus brachypomus**) provenientes del río Huallaga y piscigranjas del distrito Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DE EJECUCIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 0325-2025-D-FI-UDH

Huánuco, 26 de febrero de 2025

Visto, el Oficio N° 095-2025-C-PAIA-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Ambiental, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"Evaluación comparativa de la contaminación por metales pesados en el pez paco (*Piaractus brachipomus*) provenientes del río Huallaga y piscigranjas del distrito Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025"**, presentado por el (la) Bach. Cinthia Yanina HINOSTROZA ESPINOZA.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 2573-2024-D-FI-UDH, de fecha 20 de noviembre de 2024, perteneciente a la Bach. Cinthia Yanina HINOSTROZA ESPINOZA se le designó como ASESOR(A) al Mg. Adderlin Arteaga Vega, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 095-2025-C-PAIA-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"Evaluación comparativa de la contaminación por metales pesados en el pez paco (*Piaractus brachipomus*) provenientes del río Huallaga y piscigranjas del distrito Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025"**, presentado por el (la) Bach. Cinthia Yanina HINOSTROZA ESPINOZA, integrado por los siguientes docentes: Mg. Frank Erick Camara Llanos (Presidente), Mg. Milton Edwin Morales Aquino (Secretario) y Mg. Raul Cajahuanca Torres (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: **"Evaluación comparativa de la contaminación por metales pesados en el pez paco (*Piaractus brachipomus*) provenientes del río Huallaga y piscigranjas del distrito Pueblo Nuevo, Huánuco, 2025"**, presentado por el (la) Bach. Cinthia Yanina HINOSTROZA ESPINOZA, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental, del Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAA - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/ta.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN APROBACIÓN DE ASESOR DE TESIS

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

RESOLUCIÓN N° 2573-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 20 de noviembre de 2024

Visto, el Oficio N° 865-2024-C-PAIA-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Ambiental y el Expediente N° 517942-0000007477, de la Bach. **Cinthia Yanina HINOSTROZA ESPINOZA**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 517942-0000007477, presentado por el (la) Bach. **Cinthia Yanina HINOSTROZA ESPINOZA**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. Adderlin Arteaga Vega, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27º y 28º del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- DESIGNAR, como Asesor de Tesis de la Bach. **Cinthia Yanina HINOSTROZA ESPINOZA**, al Mg. Adderlin Arteaga Vega, docente del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Inés Muñoz Lozano
SECRETARÍA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANO

Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIA – Asesor – Mat. y Reg.Acad. – Interesado – Archivo.
BCR/EJML/ma.

ANEXO 3

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema de investigación	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Técnicas e instrumentos	Método / Análisis
Problema general ¿Cuáles son los niveles de contaminación por metales pesados en el pez paco (<i>Piaractus brachypomus</i>) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco – 2025?	Objetivo general Evaluar los niveles de acumulación de metales pesados en el pez paco (<i>Piaractus brachypomus</i>) provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas en el distrito de Pueblo Nuevo, Huánuco – 2025.	H0: No existe contaminación de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en el pez paco provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas. Ha: Existe contaminación de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en el pez paco provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas.	Variable de categorización: Categorías: Río Huallaga / Piscigranjas). Variable de categorización: Tipos de metales pesados: Cadmio, Plomo y Zinc	Concentración de Cd, Pb y Zn (mg/kg).	Muestreo de peces, análisis de laboratorio de metales pesados, registro de datos.	Diseño comparativo no experimental. Análisis estadístico: prueba de normalidad, ANOVA y prueba de Tukey.
Problema específico 1 ¿Cuáles son los niveles de concentración de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en la piel del pez paco provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas?	Objetivo específico 1 Determinar los niveles de concentración de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en la piel del pez paco provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas.	H0: No existe diferencia estadística significativa en la concentración de Cd, Pb y Zn en la piel del pez paco entre el río Huallaga y piscigranjas. Ha: Existe diferencia estadística significativa en la concentración de Cd, Pb y Zn en la piel del pez paco entre el río Huallaga y piscigranjas.	Concentración de metales pesados en piel.	Cd (mg/kg), Pb (mg/kg), Zn (mg/kg).	Análisis químico de tejidos, fichas de registro.	ANOVA y prueba de Tukey.

Problema específico 2 ¿Cuáles son los niveles de concentración de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en el músculo del pez paco provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas?	Objetivo específico 2 Determinar los niveles de concentración de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en el músculo del pez paco provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas.	H0: No existe diferencia estadística significativa en la concentración de Cd, Pb y Zn en el músculo del pez paco entre el río Huallaga y piscigranjas. Ha: Existe diferencia estadística significativa en la concentración de Cd, Pb y Zn en el músculo del pez paco entre el río Huallaga y piscigranjas.	Concentración de metales pesados en músculo.	Cd (mg/kg), Pb (mg/kg), Zn (mg/kg).	Análisis de laboratorio de tejido muscular.	ANOVA y prueba de Tukey.
Problema específico 3 ¿Cuáles son los niveles de concentración de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en las vísceras (hígado) del pez paco provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas?	Objetivo específico 3 Determinar los niveles de concentración de metales pesados (Cd, Pb, Zn) en las vísceras (hígado) del pez paco provenientes del río Huallaga en comparación con piscigranjas.	H0: No existe diferencia estadística significativa en la concentración de Cd, Pb y Zn en el hígado del pez paco entre el río Huallaga y piscigranjas. Ha: Existe diferencia estadística significativa en la concentración de Cd, Pb y Zn en el hígado del pez paco entre el río Huallaga y piscigranjas.	Concentración de metales pesados en hígado.	Cd (mg/kg), Pb (mg/kg), Zn (mg/kg).	Análisis químico de vísceras (hígado).	ANOVA y prueba de Tukey.

ANEXO 4

ANALISIS DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANALISIS ESPECIAL



1. DATOS

SOLICITANTE:	HIMOSTROZA ESPINOZA CYNTHIA YAMMA	MUESTREO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUAMBUO	FECHA DE REPORTE:	11 DE JUNIO 2025
PROVINCIA:	LEGANJO PRADO	RECIBO O FACTURA:	06897963 - 78740
DISTRITO:	PUEBLO NUEVO	MUESTRA:	PESCADO PAGO
LOCALIDAD:	SANPA	REFERENCIA:	

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS						
Código del Laboratorio	Código del Solicitante	Humedad (%)	Materia Seca (%)	Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)	Pb (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
E25-0134-1	P1-M1-R1 PIEL	72.59	27.41	25.24	2.18	0.019	0.054	287
E25-0134-2	P1-M1-R2 PIEL	70.34	29.66	27.31	2.35	0.011	0.052	291
E25-0134-3	P1-M1-R3 PIEL	73.12	26.88	24.74	2.13	0.012	0.053	305
E25-0134-4	P1-M1-R4 PIEL	75.22	23.78	21.89	1.89	0.011	0.049	293
E25-0134-5	P1-M1-R5 PIEL	61.87	38.13	35.19	3.02	0.013	0.057	329
E25-0135-1	P1-M2-R1 MUSCULO	75.43	23.57	20.01	3.56	0.150	0.068	56
E25-0135-2	P1-M2-R2 MUSCULO	77.65	22.35	18.98	3.37	0.156	0.064	57
E25-0135-3	P1-M2-R3 MUSCULO	75.43	23.57	20.01	3.56	0.158	0.065	58
E25-0135-4	P1-M2-R4 MUSCULO	85.10	13.90	11.80	2.10	0.171	0.066	56
E25-0135-5	P1-M2-R5 MUSCULO	77.39	22.61	19.20	3.41	0.175	0.071	63
E25-0136-1	P1-M3-R1 HIGADO	70.35	29.65	26.31	3.35	0.154	0.077	204
E25-0136-2	P1-M3-R2 HIGADO	75.04	24.96	23.14	1.82	0.147	0.029	208
E25-0136-3	P1-M3-R3 HIGADO	76.56	23.44	21.79	1.65	0.151	0.024	201
E25-0136-4	P1-M3-R4 HIGADO	76.20	23.80	23.11	0.69	0.167	0.027	204
E25-0136-5	P1-M3-R5 HIGADO	85.90	14.10	26.25	7.85	0.163	0.028	211
E25-0137-1	P2-M1-R1 PIEL	75.24	24.76	22.93	1.83	0.034	0.025	188
E25-0137-2	P2-M1-R2 PIEL	62.87	37.13	34.11	3.02	0.034	0.022	180
E25-0137-3	P2-M1-R3 PIEL	63.68	36.32	33.26	3.06	0.036	0.023	178
E25-0137-4	P2-M1-R4 PIEL	67.68	32.32	29.59	2.74	0.035	0.023	194
E25-0137-5	P2-M1-R5 PIEL	62.13	37.87	35.02	2.85	0.036	0.026	198
E25-0138-1	P2-M2-R1 MUSCULO	83.11	16.89	16.09	0.89	0.194	0.034	55
E25-0138-2	P2-M2-R2 MUSCULO	77.45	22.55	21.48	1.07	0.192	0.033	58
E25-0138-3	P2-M2-R3 MUSCULO	77.79	22.22	21.16	1.05	0.095	0.031	64
E25-0138-4	P2-M2-R4 MUSCULO	79.44	20.56	19.58	0.88	0.104	0.039	61
E25-0138-5	P2-M2-R5 MUSCULO	80.78	19.22	18.30	0.92	0.099	0.027	63
E25-0139-1	P2-M3-R1 HIGADO	78.32	21.68	19.57	2.11	0.175	0.022	132
E25-0139-2	P2-M3-R2 HIGADO	78.28	21.73	19.42	2.30	0.170	0.022	131
E25-0139-3	P2-M3-R3 HIGADO	85.96	14.04	26.98	3.06	0.175	0.022	144
E25-0139-4	P2-M3-R4 HIGADO	73.46	26.54	23.74	2.80	0.183	0.024	142
E25-0139-5	P2-M3-R5 HIGADO	65.89	34.12	30.75	3.36	0.188	0.015	141
E25-0140-1	RH-M1-R1 PIEL	73.21	26.79	21.61	5.18	0.075	0.071	211
E25-0140-2	RH-M1-R2 PIEL	79.25	20.75	23.79	5.96	0.080	0.079	212
E25-0140-3	RH-M1-R3 PIEL	67.62	32.38	26.80	5.88	0.085	0.077	221
E25-0140-4	RH-M1-R4 PIEL	68.77	31.23	26.19	7.04	0.077	0.086	220
E25-0140-5	RH-M1-R5 PIEL	70.75	29.25	23.48	5.76	0.083	0.061	224
E25-0141-1	RH-M2-R1 MUSCULO	81.25	18.74	16.31	2.43	0.198	0.039	280
E25-0141-2	RH-M2-R2 MUSCULO	80.24	19.76	17.10	2.66	0.173	0.029	295
E25-0141-3	RH-M2-R3 MUSCULO	83.64	16.36	14.97	2.29	0.195	0.029	302
E25-0141-4	RH-M2-R4 MUSCULO	79.88	20.12	17.10	3.02	0.192	0.029	287
E25-0141-5	RH-M2-R5 MUSCULO	74.96	25.02	21.42	3.60	0.201	0.033	301
E25-0142-1	RH-M3-R1 HIGADO	77.13	22.87	17.58	5.39	0.223	0.080	155
E25-0142-2	RH-M3-R2 HIGADO	77.94	22.06	18.92	3.14	0.229	0.064	148
E25-0142-3	RH-M3-R3 HIGADO	73.99	26.01	21.55	5.35	0.227	0.076	144
E25-0142-4	RH-M3-R4 HIGADO	77.05	22.94	18.94	4.09	0.224	0.080	153
E25-0142-5	RH-M3-R5 HIGADO	77.13	22.87	18.69	4.28	0.181	0.083	135

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras enviadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LABS. Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Hugo Alfredo Huamani Yupanqui

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Carretera Central km 3.21 - Tingo María

analisisdecalidad@unaselva.edu.pe

CELULAR 944407531

ANEXO 5

ANALISIS DE LABORATORIO



ANALISIS ESPECIAL



1. DATOS

SOLICITANTE:	HINOSTROZA ESPINOZA CINTHIA YANINA	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE REPORTE:	11 DE JUNIO 2025
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	RECIBO O FACTURA:	05697963 - 75740
DISTRITO:	PUEBLO NUEVO	MUESTRA:	AGUA Y ALIMENTO DE PECES
LOCALIDAD:	SAIPAI	REFERENCIA:	

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS		
Código del Laboratorio	Código del Solicitante	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)	Zn (mg/L)
E25-0143-1	A-P1-R1	0.374	0.056	0.153
E25-0143-2	A-P1-R2	0.402	0.057	0.156
E25-0143-3	A-P1-R3	0.256	0.058	0.155
E25-0143-4	A-P1-R4	0.412	0.058	0.163
E25-0143-5	A-P1-R5	0.210	0.057	0.138
E25-0144-1	A-P2-R1	0.394	0.020	0.231
E25-0144-2	A-P2-R2	0.296	VND	0.240
E25-0144-3	A-P2-R3	0.380	VND	0.243
E25-0144-4	A-P2-R4	0.354	VND	0.240
E25-0144-5	A-P2-R5	0.358	VND	0.228
E25-0145-1	A-RH-R1	0.048	VND	0.215
E25-0145-2	A-RH-R2	0.037	VND	0.216
E25-0145-3	A-RH-R3	0.042	VND	0.214
E25-0145-4	A-RH-R4	0.049	VND	0.213
E25-0145-5	A-RH-R5	0.045	VND	0.223
E25-0146-1	AB-R1	VND	0.035	4.345
E25-0146-2	AB-R2	VND	0.036	4.371
E25-0146-3	AB-R3	VND	0.037	4.462
E25-0146-4	AB-R4	VND	0.035	4.439
E25-0146-5	AB-R5	VND	0.034	4.303

METODOLOGIA

DIGESTIÓN VIA SECA

ESPECTROFOTOMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA MARCA VARIAN - MODELO spectAA 55B

PLOMBO longitud de onda 217 nm - celda 1.0 nm - límite de detección 0.010 mg/kg

CADMIUM longitud de onda 228.8 nm - celda 0.5 nm - límite de detección 0.020 mg/kg

ZINC longitud de onda 213.9 nm - celda 1.0 nm - límite de detección 0.010 mg/kg

VND: VALOR NO DETECTADO, ES MENOR AL LÍMITE DE DETECCIÓN

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

[Firma]

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI

Jefe Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANEXO 6

PRUEBA DE NORMALIDAD

Nueva tabla : 12/10/2025 - 11:39:13 - [Versión : 30/04/2020]

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Hd/%	45	74.20	5.92	0.94	0.1170
MS/%	45	25.80	5.92	0.94	0.1170
MO/%	45	22.67	5.39	0.94	0.0889
CZ/%	45	3.13	1.65	0.91	0.0099
Pb/mg	45	0.12	0.07	0.88	<0.0001
Cd/mg	45	0.05	0.02	0.82	<0.0001
Zn/mg	45	178.67	84.01	0.89	<0.0001

ANEXO 7

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

Nueva tabla: 12/10/2025 - 11:37:26 - [Versión : 30/04/2020]

Medidas resumen

Tratamientos	Variable	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máy
1	1	Hd/%	5	70.83	5.43	7.67	61.87	76.22
1	1	MS/%	5	29.17	5.43	18.61	23.78	38.13
1	1	MO/%	5	26.86	5.00	18.61	21.89	35.10
1	1	CZ/%	5	2.31	0.43	18.48	1.89	3.02
1	1	Pb/mg	5	0.01	1.1E-03	10.00	0.01	0.01
1	1	Cd/mg	5	0.05	2.9E-03	5.50	0.05	0.06
1	1	Zn/mg	5	301.00	17.03	5.66	287.00	329.00
1	2	Hd/%	5	78.80	4.12	5.23	76.43	86.10
1	2	MS/%	5	21.20	4.12	19.42	13.90	23.57
1	2	MO/%	5	18.00	3.50	19.43	11.80	20.01
1	2	CZ/%	5	3.20	0.62	19.40	2.10	3.56
1	2	Pb/mg	5	0.16	0.01	6.52	0.15	0.18
1	2	Cd/mg	5	0.07	2.8E-03	4.15	0.06	0.07
1	2	Zn/mg	5	58.00	3.16	5.45	55.00	63.00
1	3	Hd/%	5	72.81	4.59	6.31	65.90	76.56
1	3	MS/%	5	27.19	4.59	16.89	23.44	34.10
1	3	MO/%	5	24.12	2.05	8.48	21.79	26.31
1	3	CZ/%	5	3.07	2.84	92.32	0.69	7.85
1	3	Pb/mg	5	0.15	3.7E-03	2.43	0.15	0.16
1	3	Cd/mg	5	0.03	1.9E-03	6.93	0.02	0.03
1	3	Zn/mg	5	205.60	3.91	1.90	201.00	211.00
2	1	Hd/%	5	66.32	5.43	8.18	62.13	75.24
2	1	MS/%	5	33.68	5.43	16.11	24.76	37.87
2	1	MO/%	5	30.98	4.95	15.98	22.93	35.02
2	1	CZ/%	5	2.70	0.50	18.64	1.83	3.06
2	1	Pb/mg	5	0.04	1.0E-03	2.86	0.03	0.04
2	1	Cd/mg	5	0.02	1.6E-03	6.90	0.02	0.03
2	1	Zn/mg	5	187.60	8.65	4.61	178.00	198.00
2	2	Hd/%	5	79.71	2.32	2.91	77.45	83.11
2	2	MS/%	5	20.29	2.32	11.46	16.89	22.55
2	2	MO/%	5	19.32	2.21	11.45	16.09	21.48
2	2	CZ/%	5	0.97	0.11	11.52	0.80	1.07
2	2	Pb/mg	5	0.10	0.01	9.16	0.09	0.10
2	2	Cd/mg	5	0.03	2.7E-03	8.83	0.03	0.03
2	2	Zn/mg	5	60.20	3.70	6.15	55.00	64.00
2	3	Hd/%	5	73.18	5.39	7.36	65.89	78.32
2	3	MS/%	5	26.82	5.39	20.08	21.68	34.12
2	3	MO/%	5	24.09	4.88	20.24	19.42	30.75
2	3	CZ/%	5	2.73	0.52	19.06	2.11	3.36
2	3	Pb/mg	5	0.18	0.01	4.03	0.17	0.19
2	3	Cd/mg	5	0.02	3.5E-03	16.50	0.02	0.02
2	3	Zn/mg	5	138.00	6.04	4.38	131.00	144.00
3	1	Hd/%	5	69.72	2.58	3.70	66.77	73.21
3	1	MS/%	5	30.28	2.58	8.52	26.79	33.23
3	1	MO/%	5	24.31	2.04	8.37	21.61	26.50
3	1	CZ/%	5	5.96	0.67	11.31	5.18	7.04
3	1	Pb/mg	5	0.08	4.1E-03	5.15	0.08	0.09
3	1	Cd/mg	5	0.07	0.01	12.56	0.06	0.09
3	1	Zn/mg	5	217.60	5.77	2.65	211.00	224.00
3	2	Hd/%	5	80.00	3.17	3.96	74.98	83.64
3	2	MS/%	5	20.00	3.17	15.83	16.36	25.02
3	2	MO/%	5	17.20	2.67	15.50	14.07	21.42

3	2	CZ/%	5	2.80	0.53	18.77	2.29	3.60
3	2	Pb/mg	5	0.19	0.01	5.75	0.17	0.20
3	2	Cd/mg	5	0.03	1.7E-03	5.77	0.03	0.03
3	2	Zn/mg	5	293.00	9.41	3.21	280.00	302.00
3	3	Hd/%	5	76.47	1.92	2.52	73.09	77.94
3	3	MS/%	5	23.53	1.92	8.18	22.06	26.91
3	3	MO/%	5	19.12	1.47	7.70	17.58	21.56
3	3	CZ/%	5	4.41	0.93	21.07	3.14	5.35
3	3	Pb/mg	5	0.22	0.02	9.30	0.18	0.23
3	3	Cd/mg	5	0.08	2.4E-03	3.02	0.08	0.08
3	3	Zn/mg	5	147.00	7.97	5.42	135.00	155.00

Nueva tabla : 22/01/2026 - 06:41:01 - [Versión : 30/04/2020]

Medidas resumen

Fuente	Variable	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
E-2	Higado	Hd/%	5	73.18	5.39	7.36	65.89	78.32
E-2	Higado	MS/%	5	26.82	5.39	20.08	21.68	34.12
E-2	Higado	MO/%	5	24.09	4.88	20.24	19.42	30.75
E-2	Higado	CZ/%	5	2.73	0.52	19.06	2.11	3.36
E-2	Higado	Pb/mg	5	0.18	0.01	4.03	0.17	0.19
E-2	Higado	Cd/mg	5	0.02	3.5E-03	16.50	0.02	0.02
E-2	Higado	Zn/mg	5	138.00	6.04	4.38	131.00	144.00
E-2	Musculo	Hd/%	5	79.71	2.32	2.91	77.45	83.11
E-2	Musculo	MS/%	5	20.29	2.32	11.46	16.89	22.55
E-2	Musculo	MO/%	5	19.32	2.21	11.45	16.09	21.48
E-2	Musculo	CZ/%	5	0.97	0.11	11.52	0.80	1.07
E-2	Musculo	Pb/mg	5	0.10	0.01	9.16	0.09	0.10
E-2	Musculo	Cd/mg	5	0.03	2.7E-03	8.83	0.03	0.03
E-2	Musculo	Zn/mg	5	60.20	3.70	6.15	55.00	64.00
E2	Piel	Hd/%	1	62.87	0.00	0.00	62.87	62.87
E2	Piel	MS/%	1	37.13	0.00	0.00	37.13	37.13
E2	Piel	MO/%	1	34.11	0.00	0.00	34.11	34.11
E2	Piel	CZ/%	1	3.02	0.00	0.00	3.02	3.02
E2	Piel	Pb/mg	1	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03
E2	Piel	Cd/mg	1	0.02	0.00	0.00	0.02	0.02
E2	Piel	Zn/mg	1	180.00	0.00	0.00	180.00	180.00
E-2	Piel	Hd/%	4	67.18	5.86	8.72	62.13	75.24
E-2	Piel	MS/%	4	32.82	5.86	17.85	24.76	37.87
E-2	Piel	MO/%	4	30.20	5.35	17.71	22.93	35.02
E-2	Piel	CZ/%	4	2.62	0.54	20.73	1.83	3.06
E-2	Piel	Pb/mg	4	0.04	9.6E-04	2.72	0.03	0.04
E-2	Piel	Cd/mg	4	0.02	1.5E-03	6.19	0.02	0.03
E-2	Piel	Zn/mg	4	189.50	8.70	4.59	178.00	198.00

C:\1. 2024 - Proyectos de Investigacion\1. Solo Tesis - 2023\7. Tesis - Externos\3. Cintjya\Cinthia - Enero 2026\4.MACHOTE MUSCULO.IDB2 : 5/03/2026 - 07:36:48 - [Versión : 30/04/2020]

Medidas resumen

Variable	Fuente	Variable	n	Media	D.E.	CV	Min	Máx
Musculo	E1	Hd/%	5	78.80	4.12	5.23	76.43	86.10
Musculo	E1	MS/%	5	21.20	4.12	19.42	13.90	23.57
Musculo	E1	MO/%	5	18.00	3.50	19.43	11.80	20.01
Musculo	E1	CZ/%	5	3.20	0.62	19.40	2.10	3.56
Musculo	E1	Pb/mg	5	0.16	0.01	6.52	0.15	0.18
Musculo	E1	Cd/mg	5	0.07	2.8E-03	4.15	0.06	0.07
Musculo	E1	Zn/mg	5	58.00	3.16	5.45	55.00	63.00
Musculo	E2	Hd/%	5	79.71	2.32	2.91	77.45	83.11
Musculo	E2	MS/%	5	20.29	2.32	11.46	16.89	22.55
Musculo	E2	MO/%	5	19.32	2.21	11.45	16.09	21.48
Musculo	E2	CZ/%	5	0.97	0.11	11.52	0.80	1.07
Musculo	E2	Pb/mg	5	0.10	0.01	9.16	0.09	0.10
Musculo	E2	Cd/mg	5	0.03	2.7E-03	8.83	0.03	0.03
Musculo	E2	Zn/mg	5	60.20	3.70	6.15	55.00	64.00
Musculo	E3	Hd/%	5	80.00	3.17	3.96	74.98	83.64
Musculo	E3	MS/%	5	20.00	3.17	15.83	16.36	25.02
Musculo	E3	MO/%	5	17.20	2.67	15.50	14.07	21.42
Musculo	E3	CZ/%	5	2.80	0.53	18.77	2.29	3.60
Musculo	E3	Pb/mg	5	0.19	0.01	5.75	0.17	0.20
Musculo	E3	Cd/mg	5	0.03	1.7E-03	5.77	0.03	0.03
Musculo	E3	Zn/mg	5	293.00	9.41	3.21	280.00	302.00

Nueva tabla : 22/01/2026 - 11:01:38 - [Versión : 30/04/2020]

Medidas resumen

Fuente	Variable	Variable	n	Media	D.E.	CV	Min	Máx
E-1	Higado	Hd/%	5	72.81	4.59	6.31	65.90	76.56
E-1	Higado	MS/%	5	27.19	4.59	16.89	23.44	34.10
E-1	Higado	MO/%	5	24.12	2.05	8.48	21.79	26.31
E-1	Higado	CZ/%	5	3.07	2.84	92.32	0.69	7.85
E-1	Higado	Pb/mg	5	0.15	3.7E-03	2.43	0.15	0.16
E-1	Higado	Cd/mg	5	0.03	1.9E-03	6.93	0.02	0.03
E-1	Higado	Zn/mg	5	205.60	3.91	1.90	201.00	211.00
E-2	Higado	Hd/%	5	73.18	5.39	7.36	65.89	78.32
E-2	Higado	MS/%	5	26.82	5.39	20.08	21.68	34.12
E-2	Higado	MO/%	5	24.09	4.88	20.24	19.42	30.75
E-2	Higado	CZ/%	5	2.73	0.52	19.06	2.11	3.36
E-2	Higado	Pb/mg	5	0.18	0.01	4.03	0.17	0.19
E-2	Higado	Cd/mg	5	0.02	3.5E-03	16.50	0.02	0.02
E-2	Higado	Zn/mg	5	138.00	6.04	4.38	131.00	144.00
E-3	Higado	Hd/%	5	76.47	1.92	2.52	73.09	77.94
E-3	Higado	MS/%	5	23.53	1.92	8.18	22.06	26.91
E-3	Higado	MO/%	5	19.12	1.47	7.70	17.58	21.56
E-3	Higado	CZ/%	5	4.41	0.93	21.07	3.14	5.35
E-3	Higado	Pb/mg	5	0.22	0.02	9.30	0.18	0.23
E-3	Higado	Cd/mg	5	0.08	2.4E-03	3.02	0.08	0.08
E-3	Higado	Zn/mg	5	147.00	7.97	5.42	135.00	155.00

ANEXO 8

ANOVA - DATOS PARAMÉTRICOS

Nueva tabla : 15/10/2025 - 10:31:22 - [Versión : 30/04/2020]

Análisis de la varianza

Hd/%

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Hd/%	15	0.17	0.04	6.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	55.18	2	27.59	1.26	0.3181
Fuente	55.18	2	27.59	1.26	0.3181
Variable	0.00	0	0.00	sd	sd
Error	262.39	12	21.87		
Total	317.58	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.89005

Error: 21.8662 gl: 12

Fuente	Medias	n	E.E.
Estanque 2	66.32	5	2.09 A
Rio Huallaga	69.72	5	2.09 A
Estanque 1	70.83	5	2.09 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.89005

Error: 21.8662 gl: 12

Variable	Medias	n	E.E.
Piel	68.96	15	1.21 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

MS/%

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS/%	15	0.17	0.04	15.06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	55.24	2	27.62	1.26	0.3178
Fuente	55.24	2	27.62	1.26	0.3178
Variable	0.00	0	0.00	sd	sd
Error	262.37	12	21.86		
Total	317.60	14			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.88965

Error: 21.8639 gl: 12

Fuente	Medias	n	E.E.
Estanque 1	29.17	5	2.09 A
Rio Huallaga	30.28	5	2.09 A
Estanque 2	33.68	5	2.09 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.88965

Error: 21.8639 gl: 12

Variable Medias n E.E.

Piel 31.04 15 1.21 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

MO/%

Variable N R² R² Aj CV

MO/% 15 0.35 0.24 15.44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V. SC gl CM F p-valor

Modelo 113.25 2 56.62 3.17 0.0786

Fuente 113.25 2 56.62 3.17 0.0786

Variable 0.00 0 0.00 sd sd

Error 214.55 12 17.88

Total 327.80 14

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.13458

Error: 17.8792 gl: 12

Fuente Medias n E.E.

Rio Huallaga 24.31 5 1.89 A

Estanque 1 26.86 5 1.89 A

Estanque 2 30.98 5 1.89 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.13458

Error: 17.8792 gl: 12

Variable Medias n E.E.

Piel 27.38 15 1.09 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 9

DATOS METEREOLÓGICOS DE LA ESTACION DE TINGO MARIA

ESTACION: TINGO MARIA

Departamento : HUANUCO Provincia: LEONCIO PRADO Distrito: RUPA RUPA
 Latitud: 9°18'36.6" Longitud: 76°0'1.8" Altitud: 657 msnm.
 Tipo: Convencional - Metereologica CP-Metereologica Código: 109027

DIA/ MES/AÑO	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		
01/05/2025	28.9	21	89.2	0.1
02/05/2025	32.1	20	84.7	9.5
03/05/2025	27.9	21.2	90.9	4.6
04/05/2025	31.1	20.4	86.2	0.2
05/05/2025	30.3	21	91.6	2.6
06/05/2025	32.2	20.8	85.5	0
07/05/2025	32.7	21.9	80	1.1
08/05/2025	32.8	21.3	79.7	0
09/05/2025	33	21.5	81.4	14.5
10/05/2025	29.7	21.4	85.6	0
11/05/2025	27.7	21.7	92.5	12.7
12/05/2025	32.2	20.1	81.7	0
13/05/2025	30.2	21.6	83.8	0
14/05/2025	32.5	22	84.2	0
15/05/2025	33	21.8	78.6	0
16/05/2025	31.8	21.5	83.5	0
17/05/2025	31.7	22	86.3	0
18/05/2025	30.3	22.4	90.6	6.4
19/05/2025	31.8	21.2	85.5	0
20/05/2025	29.7	22	89.2	0.6
21/05/2025	32.3	21.2	85.6	10.6
22/05/2025	29.7	22.1	88.3	5.5
23/05/2025	30.7	21.5	84.7	0
24/05/2025	32.6	21.1	79.6	13.8
25/05/2025	31.5	22	86.2	6.3
26/05/2025	31.7	21.4	81.7	18.1
27/05/2025	30.4	21.1	84.2	0
28/05/2025	31.9	19.7	81.2	9.1
29/05/2025	28.7	21.5	88.5	20.2
30/05/2025	30.3	21	85.4	11.2
31/05/2025	30.9	21.7	88.2	28.4

Fuente: SENAMHI/DRD

ANEXO 10

PANEL FOTOGRAFICO

Piscigranja: Fundo: "Quispe"



Nota. La imagen muestra la piscigranja ubicada en el distrito de Pueblo Nuevo de la localidad de Saipai

Cartel con datos del proyecto



Nota. Cartel con el nombre del proyecto.

Recolección de muestras del pez Paco de la piscigranja.



Nota. La imagen muestra la recolección de peces para ser analizados en el laboratorio.

Recolección de muestras del estanque de la piscigranja.



Nota. En la imagen se observa que se recolectaron los peces en un frasco de vidrio, debidamente rotulado.

Recolección de muestra de agua en del estanque de la piscigranja.



Nota. En la imagen se observa /a recolección de la muestra de agua de la piscigranja.

Recolección de muestras de agua en los estanques de la piscigranja.



Nota. Tomando muestra de PH, conductividad, temperatura con el multiparámetro del estanque de la piscigranja.

Pescador artesanal en el río Huallaga.



Nota. La imagen muestra a un pescador artesanal con la pesca de Paco (*Piaractus brachypomus*) en el río Huallaga.

Recolección de muestra de agua del río Huallaga.



Nota. Toma muestra de PH, conductividad, temperatura con el multiparámetro en el río Huallaga.

Laboratorio de análisis de suelos, agua y ecotoxicología de la Universidad Agraria de la Selva



Nota. En la imagen se muestra la visita al laboratorio para llevar a cabo la disección de los peces en el laboratorio.

Proceso de disección de la muestra del pez Paco (*Piaractus brachipomus*) en el laboratorio.



Nota. Muestras respectivamente rotuladas para realizar el proceso de disección del pez en el laboratorio.

Proceso de disección de la muestra del pez Paco (*Piaractus brachipomus*) en el laboratorio.



Nota. Se procedió con el corte, extrayendo la piel del pez en el laboratorio.

Proceso de disección de la muestra del pez Paco (*Piaractus brachipomus*) en el laboratorio.



Nota. Se obtuvo la parte de la piel del pez para ser analizado.

Proceso de disección de la muestra del pez Paco (*Piaractus brachipomus*) en el laboratorio.



Nota. Se obtuvo la parte del musculo del pez para ser analizado.

Proceso de disección de la muestra del pez Paco (*Piaractus brachipomus*) en el laboratorio.



Nota. Se obtuvo la parte del hígado del pez para ser analizado.

Análisis de la muestra del pez Paco (*Piaractus brachipomus*) en el laboratorio.



Nota. Pesaje de la parte extraída de la piel del pez Paco.

Análisis de la muestra del pez Paco (*Piaractus brachipomus*) en laboratorio.



Nota. Pesaje de la parte extraída del musculo del pez Paco.

Análisis de la muestra del pez Paco (*Piaractus brachipomus*) en el laboratorio.



Nota. Pesaje de la parte extraída del hígado del pez Paco.

Supervisión del jurado en el distrito de Pueblo Nuevo de la localidad Saipai.



Nota. Supervisión del jurado de la tesis, el Mg. Raúl Cajahuanca Torres, en el lugar donde se llevó a cabo el proyecto.