



Esta obra está bajo una
[Licencia Creative Commons
Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

Tesis

**Determinación del contenido de metales pesados
en los músculos de la *Oreochromis niloticus*, en
la cuenca baja del Río Moche**

Para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario

Autor:

Keyla Quispe Guerrero

<https://orcid.org/0000-0001-8122-7271>

Asesor:

Blga. Dra. Astriht Ruiz Ríos

<https://orcid.org/0000-0002-1142-5851>

Moyobamba, Perú

2025



FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

Tesis

**Determinación del contenido de metales pesados
en los músculos de la *Oreochromis niloticus*, en
la cuenca baja del Río Moche**

Para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario

Autor:

Keyla Quispe Guerrero

Sustentado y aprobado el 11 de abril del 2025, por los siguientes jurados:

Presidente de Jurado
Ing. M.Sc. Santiago Alberto
Casas Luna

Secretario de Jurado
Ing. M.Sc. Mirtha Felicita Valverde
Vera

Vocal de Jurado
Blga. M.Sc. Estela Bances
Zapata

Asesor
Blga. Dra. Astriht Ruiz Ríos

Moyobamba, Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE ECOLOGÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME FINAL DE TESIS CONDUCENTES
A TÍTULO PROFESIONAL N° 006-2025-UNSM/EPIS/UI**

Jurado reconocido con Resolución N° 419-2021-UNSM/CFT/FE, Moyobamba 30 de noviembre del 2021 y modificado con Resolución N° 448-2024-UNSM/CF/FE, Moyobamba, 29 de agosto de 2024.

**FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA SANITARIA**

A las 10:00 horas del día viernes 11 de abril de 2025, se dio inicio al acto público de sustentación del informe final de tesis: **Determinación del contenido de metales pesados en los músculos de la *Oreochromis niloticus*, en la cuenca baja del Río Moche**, para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario, presentado por **Keyla Quispe Guerrero**, con la asesoría de la **Blga. Dra. Astriht Ruiz Ríos**.

Instalada la Mesa Directiva conformada por el **Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna** (Presidente del jurado), **Ing. M.Sc. Mirtha Felícita Valverde Vera** (Secretario), **Blga. M.Sc. Estela Bances Zapata** (Vocal) y acompañado por la **Blga. Dra. Astriht Ruiz Ríos** (Asesor), el presidente del jurado dirige brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la **Resolución N° 413-2023-UNSM/CFT/FE, de fecha 28 de setiembre de 2023**.

Seguidamente el autor expuso el informe final de tesis y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por la sustentante y evaluado por el jurado con la venia del asesor. Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia de la sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG-CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue **DIECISEIS (16)**, tal como se deja constar en la siguiente descripción.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE ECOLOGÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria



De acuerdo con el Artículo 40° del RG-CTI, la nota obtenida es APROBATORIA y correspondiente a la calificación de BUENO. Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo máximo de treinta (30) días calendarios.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de Sustentaciones N° 002 del Programa de Estudios de Ingeniería Sanitaria de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ecología de la UNSM.

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del informe final tesis, en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las 11:45 horas, el mismo día 11 de abril de 2025.

Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna
Presidente de Jurado

Ing. M.Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera
Secretario de Jurado

Blga. M.Sc. Estela Bancos Zapata
Vocal del Jurado

Blga. Dra. Astriht Ruiz Rios
Asesor

Keyla Quispe Guerrero
Autor

Declaratoria de autenticidad

Yo, Keyla Quispe Guerrero, identificado con DNI N° 76065530, egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, de la Facultad de Ecología, de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Determinación del contenido de metales pesados en los músculos de la Oreochromis niloticus, en la cuenca baja del Río Moche.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencia de las fuentes bibliográficas consultadas, siguiendo las normas APA actuales
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba, 11 de abril de 2025.


Keyla Quispe Guerrero
DNI N° 76065530



Ficha de identificación

<p>Título: Determinación del contenido de metales pesados en los músculos de la <i>Oreochromis niloticus</i>, en la cuenca baja del Río Moche</p>	<p>Área de investigación: Ciencia y Tecnología Línea de investigación: Saneamiento ambiental Sublínea de investigación: Tratamiento del agua Grupo de investigación: Tecnologías de tratamiento del agua (Nº 135-2023-UNSM/CF/FE) Tipo de investigación: Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p>Autor: Keyla Quispe Guerrero</p>	<p>Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria https://orcid.org/0000-0001-8122-7271</p>
<p>Asesor: Blga. Dra. Astrih Ruiz Rios</p>	<p>Dependencia local de soporte: Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria Unidad o Laboratorio Ingeniería Sanitaria https://orcid.org/0000-0002-1142-5851</p>

Dedicatoria

A Dios:

A Dios pues el siempre a velado por mi y nunca me ha dejado sola.

A mi Familia:

A mis Padres Enrique y Rosa, en lo poco o mucho siempre se han esforzado a apoyarme a terminar mi carrera profesional; a mis hermanas(os) quienes han estado conmigo motivándome a mis amigos y familiares por el tiempo de calidad que me transmitieron en esta etapa.

Agradecimientos

En primera instancia agradezco a **Dios**, mi padre celestial quien me regala la vida y salud cada día, que me dio una familia, quien puso en mi camino personas idóneas para mi motivación personal, que me dio sobre todo entendimiento para realizar y concluir este reto de mi vida.

A mi mamá Rosa, quien intercede por mi por medio de sus oraciones, para que cada día sea una mejor persona tanto en lo personal como en lo profesional, a ella a quien admiro y amo tantas gracias por existir mamá.

A mi padre Enrique, quien en vida me forjo y lucho hasta el final para verme triunfar en lo profesional; gracias papá.

A mi asesora, la Blga. M Sc. Astriht Ruiz Ríos por su apoyo orientativo en la realización de la investigación.

A mis amigos profesionales quienes me ayudaron en la orientación y motivación para llevar a cabo la culminación de este gran trabajo.

Índice general

Ficha de identificación.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimientos	8
Índice de tablas.....	11
Índice de figuras.....	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN	15
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. Antecedentes de la investigación.....	17
2.2. Fundamentos teóricos.....	18
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación	24
3.1.1 Contexto de la investigación.....	24
3.1.2 Periodo de ejecución	24
3.1.3 Autorizaciones y permisos.....	24
3.1.4 Control ambiental y protocolos de bioseguridad	24
3.1.5 Aplicación de principios éticos internacionales	24
3.2. Sistema de variables.....	25
3.3 Procedimientos de la investigación	25
3.3.1 Metales pesados existentes en los músculos de la <i>Oreochromis niloticus</i>	25
3.3.2 Concentraciones de metales pesados en el agua	26
3.3.3 Influencia de los metales pesados del agua en los músculos de la <i>Oreochromis niloticus</i>	27
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1 Concentraciones de metales pesados en los músculos de la <i>Oreochromis niloticus</i>	28

4.2	Determinar las concentraciones de metales pesados en el agua de la cuenca Baja del Rio Moche.....	29
4.3	Analizar la influencia de los metales pesados del agua en los músculos de la <i>Oreochromis niloticus</i>	30
	DISCUSIONES	36
	CONCLUSIONES	38
	RECOMENDACIONES	39
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
	ANEXOS	44

Índice de tablas

Tabla 1 Taxonomía de la Tilapia Negra.....	23
Tabla 2 Concentraciones de metales pesados de <i>Oreochromis niloticus</i>	28
Tabla 3 Resultados de calidad de agua del Rio Moche.....	29
Tabla 4 Metales pesados en el agua y en los musculos de la <i>Oreochromis niloticus</i>	29
Tabla 5 Prueba de normalidad.....	30
Tabla 6 Correlación de Rho de Spearman	32
Tabla 7 Exceso entre los resultados y los limites permitidos.....	33

Índice de figuras

Figura 1 <i>Diagrama de dispersión de puntos</i>	31
Figura 2 <i>Comparación entre metales y CMP</i>	33
Figura 3 <i>Comparación entre metales y ECA</i>	34

RESUMEN

Determinación del contenido de metales pesados en los músculos de la *Oreochromis niloticus*, en la cuenca baja del Río Moche

La creciente incidencia de enfermedades en todas las edades, frecuentemente asociada al consumo de alimentos contaminados, motivó la investigación centrada en la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y su posible contenido de metales pesados. El estudio se propuso diagnosticar y analizar tanto el ambiente de desarrollo de esta especie en el río Moche como la concentración de metales pesados en sus tejidos, abordando los siguientes objetivos específicos: Determinar las concentraciones de metales pesados en los músculos de la *Oreochromis niloticus*; Determinar las concentraciones de metales pesados en el agua de la cuenca Baja del Río Moche; Analizar la influencia de los metales pesados del agua en los músculos de la *Oreochromis niloticus*. La investigación, desarrollada durante siete meses (del 28/09/2023 al 27/04/2024), cabe destacar que se recolectó muestras de agua y tejido de tilapia en el puente Moche (coordenadas 718963.33; 9099361.93) con el fin de analizar la presencia de hierro, plomo, cadmio, cobre, zinc y arsénico. Los resultados revelaron concentraciones de estos metales en el agua por debajo de los límites normados por el ECA (D.S N° 004-2017-MINAM), mientras que en los tejidos de la tilapia se detectaron niveles bajos de hierro, plomo, cadmio y cobre, un nivel de zinc de 6.1 mg/kg y arsénico de 0.50 mg/kg, sugiriendo una posible bioacumulación a pesar de que los niveles en el agua cumplan con los estándares para la conservación del ambiente acuático (categoría 4).

Palabras clave: Tejido animal, metales pesados, *Oreochromis niloticus*.

ABSTRACT

Determination of heavy metal content in the muscles of *Oreochromis niloticus*, in the lower basin of the Moche River

The increasing incidence of diseases in all age groups, frequently associated with the consumption of contaminated food, motivated the research focused on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and its possible heavy metal content. The study aimed to diagnose and analyze both the development environment of this species in the Moche River and the concentration of heavy metals in its tissues, addressing the following specific objectives: Determine the concentrations of heavy metals in the muscles of *Oreochromis niloticus*; Determine the concentrations of heavy metals in the water of the lower basin of the Moche River; Analyze the influence of heavy metals in the water on the muscles of *Oreochromis niloticus*. The research was developed during seven months (from 28/09/2023 to 27/04/2024), in which water and tilapia tissue samples were collected at the Moche Bridge (coordinates 718963.33; 9099361.93) in order to analyze the presence of iron, lead, cadmium, copper, zinc and arsenic. The results revealed concentrations of these metals in the water below the limits regulated by the ECA (D.S N° 004-2017-MINAM), while low levels of iron, lead, cadmium and copper, a zinc level of 6.1 mg/kg and arsenic of 0.50 mg/kg were detected in the tilapia tissues, suggesting possible bioaccumulation despite the fact that the levels in the water meet the standards for the conservation of the aquatic environment (category 4).

Keywords: Animal tissue, heavy metals, *Oreochromis niloticus*.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

La creciente contaminación, especialmente por metales pesados, ha alterado gravemente el equilibrio de los ecosistemas acuáticos en las últimas décadas. Esta problemática, resultado del desarrollo industrial y otras actividades humanas que generan elevadas concentraciones de residuos vertidos a las aguas sin tratamiento adecuado, no solo deteriora la calidad hídrica, sino que también representa un riesgo significativo para la salud pública. Los metales pesados tienden a bioacumularse a lo largo de la cadena trófica, afectando a la fauna acuática y, consecuentemente, a los seres humanos que consumen organismos contaminados (Padilla, 2005).

Estudios en Perú indican que los metales provenientes de la minería como cobre, plomo, zinc, arsénico y cadmio, superan los límites permitidos y alteran cuerpos de agua. Un ejemplo claro es el río Mantaro, afectado por residuos mineros debido a la mala ubicación de las concentradoras y defectuosos sistemas de manejo de relaves. Esto genera graves daños a la fauna y flora acuática, llevando a la desaparición de especies (ANA, 2019).

En la región de Trujillo, provincia del departamento La Libertad, se presenta una situación crítica marcada por la contaminación de ríos y suelos, principalmente atribuida a la actividad minero-metalúrgica (Huerta y Rodríguez, 2018). Los cuerpos de agua de la zona, como el río Mantaro, han sido severamente afectados por el vertimiento de relaves mineros, que no solo alteran la composición química del agua, sino que también deterioran los ecosistemas acuáticos. La presencia de metales pesados como cobre, plomo, zinc, hierro, arsénico y cadmio, frecuentemente excede los límites máximos permisibles, lo que resulta en un grave riesgo para los humanos y el ambiente (Cardenas, 2002).

Además, la bioacumulación de metales pesados en especies como las tilapias, que habitan en estos cuerpos de agua contaminados, se debe a la exposición continua a estos contaminantes (Iarioja.org, 2019). Los relaves mineros y las emisiones atmosféricas provenientes de empresas como Doe Run Perú exacerban esta situación, afectando la calidad del aire y, por ende, la salud de los ecosistemas. Los efectos toxicológicos de esta contaminación son alarmantes, ya que los metales pesados no solo son persistentes en el ambiente, sino que también se acumulan en los tejidos de los peces, especialmente en órganos vitales como el hígado y los riñones (Mamani,

2007), aumentando más el problema por parte de la contaminación en los cursos de agua.

La combinación de una creciente producción industrial y la falta de regulación efectiva en el manejo de residuos ha llevado a una acumulación peligrosa de metales pesados, lo que constituye un serio problema de salud pública para las comunidades locales que dependen de la pesca y el consumo de estos organismos contaminados. Esta investigación se propone abordar y comprender esta problemática, buscando soluciones que promuevan la salud ambiental y la seguridad alimentaria en la región (García, 2012).

La concentración de metales pesados en *Oreochromis niloticus* y en el agua del Río Moche en Trujillo representa un riesgo ambiental y para la salud pública, debido a la contaminación por actividades industriales y desechos urbanos. Esto afecta tanto a la biodiversidad acuática como a las comunidades locales, que pueden sufrir efectos adversos por el consumo de pescado contaminado y agua no segura. Es crucial monitorear esta situación y establecer regulaciones efectivas para mitigar el problema, es por ello que se plantea la problemática ¿Cuál es la concentración de metales pesados en la *Oreochromis niloticus* y en el agua de la cuenca baja del Río Moche, Trujillo 2023?.

La hipótesis con la que se trabajó es: H1: La *Oreochromis niloticus* y el agua de la cuenca baja del Río Moche presentan altas concentraciones de metales pesados y H0: La *Oreochromis niloticus* y el agua de la cuenca baja del Río Moche no presentan altas concentraciones de metales pesados.

Se planteó el siguiente objetivo general Determinar las concentraciones de metales pesados en los músculos de la *Oreochromis niloticus* y en el agua de la cuenca baja del Río Moche – Trujillo, y como objetivos específicos: Determinar las concentraciones de metales pesados en los músculos de la *Oreochromis niloticus*; Determinar las concentraciones de metales pesados en el agua de la cuenca Baja del Río Moche; Analizar la influencia de los metales pesados del agua en los músculos de la *Oreochromis niloticus*.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

A nivel internacional

Escobar et al. (2018), en su investigación titulada “Metales pesados bioacumulables en Tilapia (*oreochromis niloticus*) en el cauce del río Balsas, Tierra Caliente de Guerrero”, siendo en setiembre del 2017 donde se colectó 85 especímenes, los cuales fueron enviados al laboratorio, resultando que si hay plomo en los peces, registrándose en el músculo unas concentraciones que superan a los límites establecidos, así mismo ocurre con los metales pesados de Mn, Cr y Cd encontrados en las branquias en concentraciones altas. Concluyendo que es muy importante realizar monitoreos con el fin de garantizar la calidad de las especies provenientes del río. Se concluye también que los niveles altos de metales pesados en el cuerpo humano producen escasa capacidad reproductiva, daños en los riñones, disfunción hepática, deterioro en la función renal, minimización en el coeficiente intelectual, anomalías de comportamiento, retardo del crecimiento, dificultades de audición y audición y dificultades de aprendizaje.

Meza et al. (2020), En Colombia se han realizado investigaciones para detectar mercurio en especies comerciales, particularmente en la región de la Mojana Ciénegas del Sur, en el departamento de Bolívar. Los estudios concluyeron que el metal más analizado en los peces es el mercurio, y se identificaron graves problemas de contaminación debido a la actividad industrial. Además, se hallaron contaminantes en los tejidos de los peces debido a la presencia de metales pesados.

Aveiga et al. (2022), en su investigación titulada “Distribución de metales pesados en agua, sedimentos y peces del río Carrizal, Ecuador” donde se analizó la distribución de metales pesados como el plomo, cadmio y cobre disueltos en el agua, sedimentos y peces del río Carrizal, para ello se estableció 21 estaciones de monitoreo para sedimento y agua, así mismo se extrajeron muestras de tejido hepático, branquial y muscular de las especies a estudiar. Los resultados indican que el Plomo en sedimento y agua es de 0,03 mg/kg y 0,41 mg/L respectivamente, lo cual demuestra un nivel que supera al límite establecido, en cuanto a las especies ictícolas, se encontraron mayores niveles de plomo en branquias y músculos, pero no se detectó niveles de cadmio y cobre.

A nivel nacional

Quispe (2023), En el estudio se recolectaron tres muestras de agua superficial y músculo de tilapia en la parte baja del río Moche: una a 100 metros corriente arriba del Puente Moche, otra justo en el puente, y la última a 100 metros corriente abajo. Se analizaron 47 metales en el agua, incluyendo aluminio (9,172 mg/L), arsénico (0,0838 mg/L), hierro (15,9876 mg/L), zinc (0,5679 mg/L), cadmio (0,0027 mg/L), cromo (0,0045 mg/L) y plomo (0,0225 mg/L), entre otros. En los músculos de los peces, se encontraron niveles elevados de hierro (13 mg/L) y aluminio (2,91 mg/L). Se concluyó que los niveles de metales pesados en las tilapias eran altos en todas las muestras.

Pinzon (2019), en su investigación titulada “Metales pesados en sedimentos y peces de la Ciénaga grande de Santa Martra, como indicadores de riesgo para la salud humana y el ambiente” la metodología fue la recolección de muestras en dos épocas del año (Seca y lluvia), se seleccionaron 04 estaciones de muestreo donde se recolecto los sedimentos y dos tejidos en peces. Resultando que las especies ictícolas presentan variaciones significativas en la concentración de metales pesados, así mismo se demostró una contaminación por actividad antrópica, también se encontró más Pb en todas las estaciones. En conclusión, no se evidencia concentraciones de metales pesados para el proceso de biomagnificación y bioacumulación.

Aveiga (2020), en su investigación titulada “Determinación de la bioacumulación de metales pesados en los órganos de los peces en río principal de la subcuenca del carrizal” Se determinó la bioacumulación de metales pesados en órganos de peces, analizando Hg y Zn en agua, sedimentos y peces. En agosto, se encontraron concentraciones elevadas, como 0,300 mg/Kg de Hg y 0,371 mg/Kg de Zn en las branquias de *Oreochromis niloticus*, y 1,615 mg/Kg de Hg en el músculo de *Hoplias microlepis*. Se concluyó que los altos niveles de metales pesados son consecuencia de las actividades agrícolas.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. Derechos de uso de agua, autorizaciones de vertimiento y reuso de aguas residuales

La (ANA) está encargada de su administración, por ende, si las empresas optan por emplear este recurso, primero deberán solicitar un derecho de uso para tomar el agua de los ríos y los lagos (ANA, 2009).

Al finalizar el uso por parte de la población o a las diferentes industrias, se origina un agua residual, teniendo en cuenta que debe tener un tratamiento previo para no originar un impacto negativo, dicho vertimiento tiene que ser acreditado por la ANA (MINEM, 2013).

2.2.2. Agua

Según estudios es la sustancia que mayor abundancia en el planeta además de encontrarse en sus tres estados (FAO, 2011). Es considerada un recurso renovable cuando se controla cuidadosamente su uso, tratamiento, liberación y circulación, de lo contrario es un recurso no renovable como resultados encontraron que entre (Contreras et al. 2003). Cabe indicar que el agua tiene características físicas, químicas, biológicas, como su capacidad solvente, de transporte, estructural y termorreguladora (Masters y Ela, 2008).

2.2.3. Aguas residuales

Proceden de la actividad del ser humano, animales y de las precipitaciones en sus diversas formas, siendo recogidas en el sistema de alcantarillado o en su defecto, arrojadas sin previo tratamiento al ambiente (Espigares y Pérez, 2015).

Según el Art. 131 del D.S. N° 001-2010-AG, hace referencia como las que han sufrido cambios en sus características, todo esto como resultado de las actividades humanas, además que al se vierte a fuentes de agua o ser reusadas, necesitan de un previo tratamiento (MIDAGRI, 2010).

Las aguas residuales previo a su vertimiento, deben cumplir con ciertos requisitos de calidad que están establecidas en la legislación ambiental de cada país, como propósito de preservar los (ECA-agua) a lo largo de los años y con esto la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos y terrestres (MINAM, 2017). Sin embargo, en los estados en vías de desarrollo, como es el caso del Perú, en su mayoría no se cumplen, siendo un mínimo porcentaje donde las aguas residuales reciben un tratamiento previo, esto representa un 14% de Latinoamérica (Vargas L., 2004); el resto son arrojados al mar, ríos, suelos, etc. Lo que conlleva a la población humana a estar expuestas a distintas enfermedades como las infecciones gastrointestinales de origen hídrico (OMS, 2023).

Asimismo, el sistema de alcantarillado no es ajena ante esta problemática, ya que es de un solo tipo que recibe los desechos, incluyendo los hospitalarios, generando composiciones de características variadas lo que genera dificultad en su tratamiento, más aún el de tipo biológico (DIGESA, 2004).

En Latinoamérica, existen normativas como los (VMA) y los (LMP) para regular la descarga de aguas residuales industriales y prevenir el deterioro del alcantarillado. Las empresas deben tratar sus desechos antes de ser descargados, cumpliendo con los valores establecidos. Además, al construir una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se deben considerar aspectos climatológicos, ambientales y la proyección del crecimiento poblacional para determinar su vida útil (Ramos, 2010).

2.2.4. Aguas residuales agropecuarias o agroindustriales

Hace referencia a las escorrentías de actividades agrícolas y mataderos, establos, granjas de todo tipo, etc.; que producen grandes cantidades de materia orgánica carbonácea, conformada por estiércol, purina de animales, así como residuos de pesticidas y fertilizantes agrícolas (Vargas, 2018).

2.2.5. Aguas residuales de origen minero – metalúrgico

Las aguas residuales originadas por la actividad minera se consideran las más contaminadas; de peligro para su aplicación ya que se componen principalmente de metales pesados como Plomo (Pb), Mercurio (Hg), etc (Kshyanaprava y Alok, 2023). Estos residuos son tóxicos, mutagénicos, cancerígenos y teratogénicos tanto para los ecosistemas acuáticos como para el ser humano, por lo que, sí es el usuario final, el agua residual provenientes de los desagües deben ser adecuadamente evaluados (Cairampoma y Villegas, 2020).

2.2.6. Calidad de agua

Están basadas en concentraciones que deben estar constantemente en cumplimiento, tal es el caso del abastecimiento de agua potable, actividades industriales en el sector alimenticio, usos recreativos, uso agrícola, acuicultura, conservación de la flora y fauna silvestre y del riego (Retamal et al, 2011). La calidad de cualquier cuerpo de agua, sea de cualquier tipo (superficial o subterráneo) se basa en factores naturales y relacionados a la actividad humana o antropogénicos; tales como la actividad industrial y su desarrollo y la expansión agrícola dando como resultado el cambio climático (FAO, 2011).

2.2.7. Estándares de calidad Ambiental (ECA) para agua DS 004-2017- MI NAM

Los ECAS se aprueban con el objeto de determinar el nivel o grado de concentración de elementos, sustancias, parámetros físico-químicos y biológicos del agua (SINIA, 2017), en su situación de cuerpo receptor y sustancia básica presentes en los ecosistemas acuáticos, que no sea un riesgo para la salud para los seres vivos ni para el ambiente (Miyashiro et al. 2014).

Según D.S. N° 023- 2 009-MINAM del 19/12/2 009, citado por (Miyashiro, et al., 2014): Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) presentan sus categorías.

2.2.8. Límites máximos permisibles (LMP)

Según la normativa vigente, señala que la descarga de aguas residuales provenientes de actividades minero-metalúrgicas está sujeta a valores indicados en los Límites Máximos Permisibles (LMP), estos se definen como valores absolutos de concentración (a excepción del pH) de una lista de parámetros, sin tener en cuenta la capacidad de emisión o asimilación de los cuerpos receptores (MINAM, 2017).

2.2.9. Metales pesados y sus implicaciones en la salud de las personas

La presencia de alimentos contaminados por metales pesados en un gran reto a nivel mundial que se incrementa con el tiempo lo cual en un reto significativo para la medicina moderna teniendo en cuenta que estos metales son los que ocasionan diversos daños o enfermedades en la salud de las personas (Pérez, 2013). Así mismo los metales pueden causar intoxicaciones en personas además de dolor de cabeza, náuseas, fatiga, debilidad muscular, irritación de la piel y, en casos graves, daño cerebral, daño renal y problemas cardíacos, pudiendo ser irreversibles en algunos casos (Lab, 2020).

2.2.10. Calidad del agua y la concentración de metales pesados

El aumento de los niveles de metales pesados en ecosistemas acuáticos sucede en su mayoría a través de mezclas complejas, por lo que es necesario un índice que muestre los efectos sinérgicos de su contaminación (Jiunian et al. 2018), a través de la correlación entre las variables como: la calidad del agua y los niveles de metales, determinaron que cantidades como oxígeno disuelto, carbono orgánico disuelto, potencial redox, conductividad y turbidez, presentan relación con algunos metales (Rajendiran et al. 2023).

Como lo describe (Adhikari et al., 2009) entre los parámetros ambientales críticos para corroborar el nivel de toxicidad de los metales pesados están el pH, la alcalinidad y la dureza, los cuales cumplen un gran rol, ya que influyen en la solubilidad y la especiación de los elementos y a sus repercusiones con el pH en aguas de baja fuerza iónica.

A continuación, se muestran descubrimientos importantes sobre la relación de algunos parámetros con la concentración de metales pesados:

- a) Conductividad eléctrica: La conductividad eléctrica presenta correlaciones directas, la presencia de metales en agua y, con prácticamente todas las sales solubles (Pérez, 2013)

- b) Potencial redox: Afecta los fenómenos de especiación metálica; dado que los equilibrios redox están controlados por la actividad de electrones libres en el agua, que a su vez vienen definidos por el potencial redox (Eh), a altos valores de Eh se asocian fenómenos oxidantes; y, por el contrario, fenómenos reductores a bajos valores (Industrial, 2019).
- c) Sulfatos: Tienen correlación positiva con metales como Pb, Cd, Zn, As, Na, K, Ca y Mg (Soto y Olvera, 2019).
- d) Sólidos totales: Indica la cantidad de sustancias disueltas en el agua, tales como aniones (carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos) y cationes (calcio, magnesio, sodio, potasio, amonio, etc.) (Pesántez, 2014).

2.2.11. Metales pesados en agua, sedimentos y peces

La seguridad alimentaria y la salud pública, están envueltas por la contaminación causados por la presencia de metales pesados, esto traza una problemática por su presencia en alimentos a través de los ecosistemas acuáticos, principalmente en países en vías de desarrollo como el Perú (Nava y Méndez, 2011).

Se hace referencia sobre el descubrimiento de contaminantes susceptibles a escapar del análisis de aguas (Moalla et al, 1997). Los peces adhieren a su cuerpo metales pesados a través de la ingestión o exposición con el agua o sedimento (Luna, 2014).

Los metales pesados presentan cierta atracción a algunos órganos de los peces se bioacumula en su mayoría en branquias, hígado, riñón y músculo (Cousillas, 2007).

Los peces son indicadores significativos por contaminación, debido a su exposición con los metales pesados generando su almacenamiento en altas proporciones, en comparación con los niveles existentes en el medio (García y Torres, 2022). Todo lo mencionado se demuestra en la concentración de estos elementos en branquias la cual muestran los valores metálicos del agua donde se desarrolla el pez (Luna, 2014).

2.2.12. *Oreochromis niloticus*

Se sabe que la *Oreochromis niloticus* "Tilapia negra", es considerada hostil y con capacidad de formar restos orgánicos en proteínas de alto nivel con respecto a su calidad (Crivelenti et al. 2011); en su época de adulto (3,5 meses) su longitud total rodea los 18 y 25 cm, con un peso que oscila entre los 150 a 300 g (Macías, 2016).

El pez posee una alta adaptación a situaciones en la que otras especies no lo harían, a las condiciones de alta densidad, además posee un alto potencial de rendimiento ya que puede crecer en aguas dulces o salobres (Palma, 2016).

La tilapia presenta la capacidad de filtrar, magnificar o bioacumular metales pesados en los ambientes acuáticos, esto es posible en sistemas de alta producción, semi-intensiva y en represas, embalses o lagos que incrementan la disponibilidad a la cadena trófica (Gracia et al. 2009), donde se incluyen peces filtradores de hábitos alimenticios lénticos o carnívoros.

Taxonomía

Tabla 1

Taxonomía de la Tilapia Negra

Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Super clase	Gnathostomata
Serie	Pisces
Clase	Actinopterygii
Orden	Perciformes
Suborden	Percoide
Familia	Cichlidae
Género	Oreochromis
Especie	Niloticus

Fuente: (Macias, 2016)

2.2.13. Hábitos alimenticios de la Tilapia (omnívoro).

El comportamiento alimenticio de la tilapia cambia con la edad. Los individuos juveniles y jóvenes son omnívoros, alimentándose principalmente de zooplancton, zoobentos (Paúl, 2007). El pH del estómago de la tilapia varía según su grado de saciedad, pudiendo descender a 1,4 cuando está completamente satisfecha, facilitando así la digestión de algas. La digestión enzimática ocurre en el intestino, donde el pH aumenta de 5,5 a 8 (Okuthe y Bhomela, 2020). La tilapia tiene un patrón de alimentación diurno, ingiriendo alimentos durante el día y realizando la digestión principalmente por la noche. Su tracto digestivo es aproximadamente seis veces más largo que su longitud total, lo que le proporciona una amplia superficie para la digestión y absorción de nutrientes, principalmente de origen vegetal (FAO, 2023).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

3.1.1. Contexto de la investigación

Ubicación política: El trabajo de estudio se ubica en el distrito y provincia de Trujillo en la región la Libertad (Luna, 2010).

Ubicación geográfica:

Se encuentra ubicado al norte y en la costa peruana a 34 m.s.n.m (miciudad, 2020). Así mismo abarca la sierra y selva peruana. Por el norte limita con Lambayeque; por el sur con Ancash y Huánuco, por el este, con San Martín y Cajamarca, por el oeste con el Mar de Grau. Los puntos de muestreo fueron realizados cerca al puente moche.

Superficie: 25 569 km²

Latitud: 6° 56´ 38" Sur

Longitud: 79° 27´ 9" Oeste, (Zavaleta et al., 2007)

3.1.2. Periodo de ejecución

Se realizó en un tiempo de 7 meses de ejecución en los periodos del 28 – 09 – 2 023 al 27 – 04 – 2 024 de acuerdo a resolución N° 413-2 023-UNSM/CF/FE Moyobamba, 28 de setiembre de 2 023.

3.1.3. Autorizaciones y permisos

No aplica

3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad

Las partes extraídas de la *Oreochromis niloticus* estuvieron a cargo del laboratorio en donde se hará su respectivo análisis y eliminación del riesgo. Para la recolección de las muestras se utilizó frascos limpios adecuados para el tipo de análisis y se conservó adecuadamente para evitar la degradación.

3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales

La investigación fue sujeta al manual vigente aprobado con resolución N° 291-2 022-UNSM/CU-R Tarapoto, 06 de abril del 2 022; Así mismo, también respetaremos los

nuevos reglamentos actuales con resolución N° 1 312-2 021-UNSM/CU-R Tarapoto, 29 de diciembre del 2021

Finalmente, el investigador y asesor se caracterizaron por los principios éticos que identifican a la institución, las cuales son totalidad/ integridad, respeto a las personas, respeto al ecosistema, beneficencia y justicia.

3.2. Sistema de variables

3.2.1. Variables principales

Metales pesados

- Hierro (Fe)
- Pb (Plomo)
- Cadmio (Cd)
- Cobre (Cu)
- Zin (Zn)
- Arsénico (As)

3.2.2. Variables secundarias

- Agua de la cuenca baja
- Recolección de pescado *Oreochromis niloticu*
- Recolección de muestra de agua
- Resultado de análisis de las partes extraídas de la *Oreochromis niloticus*

3.3. Procedimientos de la investigación

Se usó técnicas e instrumentos de recolección de datos para cada objetivo que se describe a continuación teniendo en cuenta un proceso lógico ascendente: Determinar las concentraciones de metales pesados en los músculos de la *Oreochromis niloticus*; Determinar las concentraciones de metales pesados en el agua de la cuenca Baja del Rio Moche; Analizar la influencia de los metales pesados del agua en los músculos de la *Oreochromis niloticus*

3.3.1. Metales pesados existentes en los músculos de la *Oreochromis niloticus*

- ✓ Reconocimiento del área de estudio

La visita hacia la parte baja de la cuenca del río Moche, fue el 11 de setiembre del 2023, donde se observó la situación poblacional aledaña al río, la cercanía al río fue uno de los criterios para la elección del punto de recolección de las muestras y en base a ello se georeferenció el área de estudio, obteniéndose las coordenadas mediante el equipo GPS con la finalidad de realizar un mapa de ubicación.

✓ Pesca de *Oreochromis niloticus*

El 12 de setiembre del 2023, se procedió con la pesca la *Oreochromis niloticus* en la zona de estudio y por consiguiente se realizó la extracción de los músculos de dicho pescado.

✓ Análisis en laboratorio

Las muestras del músculo fueron enviadas al laboratorio ALAB (ANALYTICAL LABORATORY), el mismo día de la recolección.

3.3.2. Concentraciones de metales pesados en el agua

✓ Ubicación del punto de muestreo

En este caso en la visita realizada el 11 de setiembre del 2023, se procedió a identificar la población más cercana al río y en base a ello se ubicó el punto de muestreo, mediante el equipo GPS, resultando las siguientes coordenadas:

X: -8.143027

Y: -79.012427

✓ Recolección de agua del río Moche

Se extrajo 200 ml de agua de río en un frasco de plástico y posterior a ello se agregó 10 gotas de HNO₃.

✓ Empaquetado y llenado de la cadena de custodia

Se procedió a realizar la conservación con hielo del quit de muestreo y a su vez el posterior llenado de la cadena de custodia para agua según las indicaciones del laboratorio.

✓ Interpretación de resultados

Los resultados emitidos por el laboratorio (ANALYTICAL LABORATORY) fueron comparados con la normativa vigente del Perú

3.3.3. Influencia de los metales pesados del agua en los músculos de la *Oreochromis niloticus*

- ✓ Interpretación de resultados

De acuerdo a los resultados del análisis del agua y de los músculos de la *Oreochromis niloticus* se procedió a analizar la relación de variables. Primero se evaluó la prueba de normalidad y la distribución de puntos, posteriormente se realizó la correlación de rho de spearman, todo este proceso fue realizado en el programa IBM SPSS Statistics.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.1. Concentraciones de metales pesados en los músculos de la *Oreochromis niloticus*

Tabla 2

Concentraciones de metales pesados de Oreochromis niloticus

Parametros	Unidades	Resultado	CMP		
			SANIPES	OMS	U. E
Hierro (Fe)	mg/kg	<10,0	0,03	0,01	0,03
Plomo (Pb)	mg/ kg	<3,0	0,30	0,20	0,30
Cadmio (Cd)	mg/ kg	<0,3	0,05	0,01	0,05
Cobre (Cu)	mg/ kg	<1,0	0,30	0,20	0,30
Zinc (Zn)	mg/ kg	6,1			0,30
Arsenico (As)	mg/ kg	<3,0	0,50	0,50	0,50

Dónde:

SANIPES*: Organismo Nacional de Sanidad Pesquera; OMS*: Organización Mundial de la Salud; U.E*: Unión Europea;

CMP*: Contenido Maximo Permitido de metales pesados

Los resultados mostrados en la tabla indican las concentraciones de metales pesados en *Oreochromis niloticus*, comparándolas con los límites máximos permitidos (CMP) establecidos por distintas organizaciones, incluyendo SANIPES, OMS y la Unión Europea.

- Hierro (Fe): Se reportó un valor de <10,0 mg/kg, lo que excede significativamente el límite de 0,03 mg/kg establecido por SANIPES y la Unión Europea. Esto sugiere una contaminación preocupante de hierro en los tejidos de la tilapia.
- Plomo (Pb): La concentración fue de <3,0 mg/kg, superando el límite de 0,30 mg/kg de SANIPES y la Unión Europea, lo que indica un riesgo potencial para la salud humana asociado al consumo de esta especie.
- Cadmio (Cd): Se encontró un valor de <0,3 mg/kg, que supera el límite de 0,05 mg/kg establecido por SANIPES y OMS, lo que es alarmante dado la potencial toxicidad del cadmio.
- Cobre (Cu): La concentración fue de <1,0 mg/kg, también por encima del límite de 0,30 mg/kg de SANIPES y la Unión Europea, sugiriendo contaminación por este metal pesado.

- Zinc (Zn): Con un valor de 6,1 mg/kg, se detecta una contaminación muy alta en comparación con el límite de 0,30 mg/kg, lo que representa un riesgo significativo para la salud.
- Arsénico (As): El resultado fue de <3,0 mg/kg, que se encuentra por encima del límite de 0,50 mg/kg establecido por las normativas, lo que sugiere que hay una preocupación inmediata por este metal en particular.

En resumen, los resultados evidencian que varios metales pesados en los músculos de *Oreochromis niloticus* superan los límites establecidos, destacando la preocupación por el hierro, plomo, cadmio, cobre, zinc y arsénico, lo que podría tener implicaciones serias para la salud pública y la seguridad alimentaria. Es decir, con los resultados de análisis, se demostró que, los musculos de la *Oreochromis niloticus* presentan altas concentraciones de metales pesados, especialmente el Hierro (Fe), Zin (Zn) y Plomo (Pb).

1.2. Determinar las concentraciones de metales pesados en el agua de la cuenca Baja del Rio Moche

Tabla 3
Resultados de calidad de agua del Rio Moche

Parametros	Unidades	Resultado	ECA
Hierro (Fe)	mg/L	1,262	0,3
Plomo (Pb)	mg/L	<0,0010	0.0025
Cadmio (Cd)	mg/L	<0,0002	0,00025
Cobre (Cu)	mg/L	0,0384	0,1
Zinc (Zn)	mg/L	0,0268	0,12
Arsenico (As)	mg/L	<0,0010	0,15

Los resultados de la tabla N° 3, reflejan la calidad del agua en términos de metales pesados, mostrando diferentes niveles de concentración en comparación con los estándares de calidad ambiental (ECA).

El hierro (Fe) presenta una concentración de 1,262 mg/L, lo que indica una presencia significativa de este metal en el agua. Este nivel es notablemente más alto que los estándares típicos, sugiriendo una posible fuente de contaminación que podría afectar tanto a la fauna acuática como a la salud humana a través del consumo de agua contaminada.

En cuanto al plomo (Pb), el resultado es $<0,0010$ mg/L, que se encuentra por debajo del límite establecido de $0,0025$ mg/L. Esto sugiere que, aunque se detecta plomo, las concentraciones son muy bajas, lo que podría no representar un riesgo inmediato para la salud, pero aún así indica la necesidad de monitoreo continuo.

El cadmio (Cd) también muestra una concentración de $<0,0002$ mg/L, que es inferior al umbral de $0,00025$ mg/L. Esto indica que los niveles de cadmio en el agua están controlados y no representan una amenaza significativa en este momento.

El cobre (Cu) tiene una concentración de $0,0384$ mg/L, lo que está por debajo del límite de $0,1$ mg/L. Aunque se encuentra dentro de los parámetros seguros, se debe continuar vigilando su presencia, ya que puede acumularse en el ecosistema.

Para el zinc (Zn), con un nivel de $0,0268$ mg/L, también está por debajo del límite de $0,12$ mg/L. Esto sugiere que no hay una preocupación inmediata respecto a este metal en el agua.

Finalmente, el arsénico (As) muestra una concentración de $<0,0010$ mg/L, que se sitúa muy por debajo del límite de $0,15$ mg/L. Esto es positivo, ya que el arsénico es altamente tóxico y su presencia en niveles bajos indica una buena calidad del agua en este aspecto.

En general, mientras que algunos metales como el hierro presentan niveles preocupantes, otros metales pesados se encuentran dentro de los límites permitidos, lo que indica que la calidad del agua es variable y requiere atención, especialmente en lo que respecta al hierro. Se recomienda un monitoreo continuo y medidas preventivas para abordar las fuentes de contaminación.

1.3. Analizar la influencia de los metales pesados del agua en los músculos de la *Oreochromis niloticus*

Tabla 4

Metales pesados en el agua y en los músculos de la Oreochromis niloticus

Parametros	Resultado Agua	Resultado musculo
Hierro (Fe)	1,262 mg/L	$<10,0$ mg/kg
Plomo (Pb)	$<0,0010$ mg/L	$<3,0$ mg/kg
Cadmio (Cd)	$<0,0002$ mg/L	$<0,3$ mg/kg
Cobre (Cu)	$0,0384$ mg/L	$<1,0$ mg/kg
Zinc (Zn)	$0,0268$ mg/L	$6,1$ mg/kg
Arsenico (As)	$<0,0010$ mg/L	$<3,0$ mg/kg

De acuerdo a la tabla N° 4, se evidencia los análisis realizados tanto en el agua como en los músculos de la *Oreochromis niloticus* revelan que las concentraciones de metales pesados se mantienen en niveles bajos. Sin embargo, se observa evidencia de contaminación en los tejidos de la tilapia, posiblemente debido a la bioacumulación derivada del tiempo de exposición en las aguas de dicho río.

Prueba de normalidad

H0: La variable presenta una distribución normal ($p > 0,05$)

H1: La variable presenta una distribución no normal ($p < 0,05$)

Tabla 5

Prueba de normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resultado_Agua	,326	6	,045	,785	6	,043
Resultado_Musculo	,264	6	,200*	,904	6	,395

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

El cuadro presenta los resultados de dos pruebas estadísticas para evaluar la normalidad de los datos de "Resultado_Agua" y "Resultado_Musculo": la prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS) y la prueba de Shapiro-Wilk (SW). Para "Resultado_Agua", ambos tests muestran p-valores menores a 0.05, lo que indica que los datos no siguen una distribución normal. En cambio, para "Resultado_Musculo", ambos tests presentan p-valores mayores a 0.05.

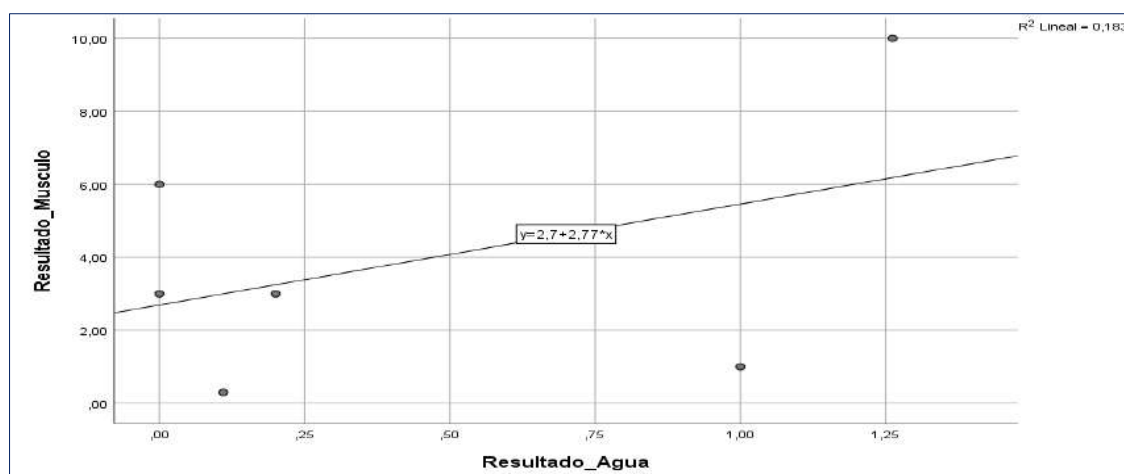


Figura 1

Diagrama de dispersión de puntos.

La ecuación $y = 2,7 + 2,77 * x$ describe una relación lineal entre “y” y “x”, con un intercepto de 2,7 y una pendiente de 2,77. El R^2 de 0,183 sugiere que la relación lineal entre “y” y “x” no es fuerte, ya que solo el 18,3% de la variabilidad en “y” se puede explicar por esta relación.

Con base en los resultados de las pruebas de normalidad y el diagrama de dispersión de puntos, se observa que para "Resultado_Agua": Ambos tests (Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk) tienen p-valores menores a 0,05 ($p = 0,045$ y $p = 0,043$ respectivamente), lo que indica que se rechaza la hipótesis nula (H_0). Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa (H_1), que afirma que la variable no sigue una distribución normal.

Para "Resultado_Musculo": Ambos tests (Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk) tienen p-valores mayores a 0,05 ($p = 0,200$ y $p = 0,395$ respectivamente), lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula (H_0). Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, que afirma que la variable sí sigue una distribución normal.

Correlacion de variables

Tabla 6
Correlación de Rho de Spearman

		Correlaciones		
		Resultado_Agua	Resultado_Musculo	
Rho de Spearman	Resultado_Agua	Coeficiente de correlación	1,000	
		Sig. (bilateral)	.	
		N	6	
	Resultado_Musculo	Coeficiente de correlación	,132	1,000
		Sig. (bilateral)	,803	.
		N	6	6

El análisis de correlación de Spearman entre las variables independiente y dependiente arroja un coeficiente de 0,132, lo que indica una relación muy débil. Además, el valor p de 0,803 sugiere que la correlación no es estadísticamente significativa, ya que es considerablemente mayor que el umbral de 0,05.

Prueba estadística para la hipótesis:

H_1 : La *Oreochromis niloticus* y el agua de la cuenca baja del Río Moche presentan altas concentraciones de metales pesados.

H0: La *Oreochromis niloticus* y el agua de la cuenca baja del Río Moche no presentan altas concentraciones de metales pesados.

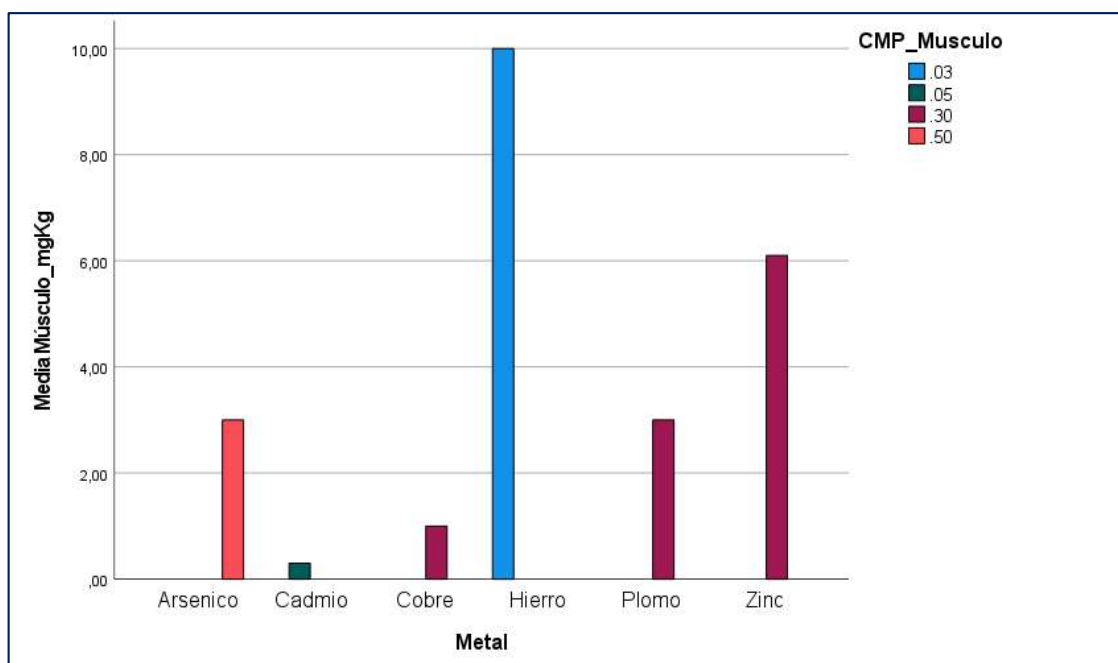


Figura 2

Comparación entre metales y CMP.

En la Figura 2, se muestra la comparación entre las concentraciones de metales pesados halladas en el músculo de *Oreochromis niloticus* y los valores establecidos como Concentración Máxima Permitida (CMP) para consumo humano. Se observa que:

- El hierro (Fe) presenta un valor de 10,00 mg/kg, superando ampliamente su CMP de 0,03 mg/kg, evidenciando una concentración 333 veces mayor al límite permitido.
- El plomo (Pb), con 3,00 mg/kg, supera su CMP de 0,30 mg/kg, es decir, por un factor de 10.
- El cadmio (Cd), con 0,30 mg/kg, excede su CMP de 0,05 mg/kg, en una proporción de 6 veces.
- El cobre (Cu) alcanza 1,00 mg/kg, superando su CMP de 0,30 mg/kg.
- El zinc (Zn) también se encuentra por encima del límite permitido, con 6,10 mg/kg frente a un CMP de 0,30 mg/kg.
- Finalmente, el arsénico (As), con 3,00 mg/kg, está significativamente por encima de su CMP de 0,50 mg/kg.

Estos resultados indican que todos los metales analizados superan los límites permitidos, lo que representa un riesgo potencial para la salud pública si este pescado es consumido regularmente por la población.

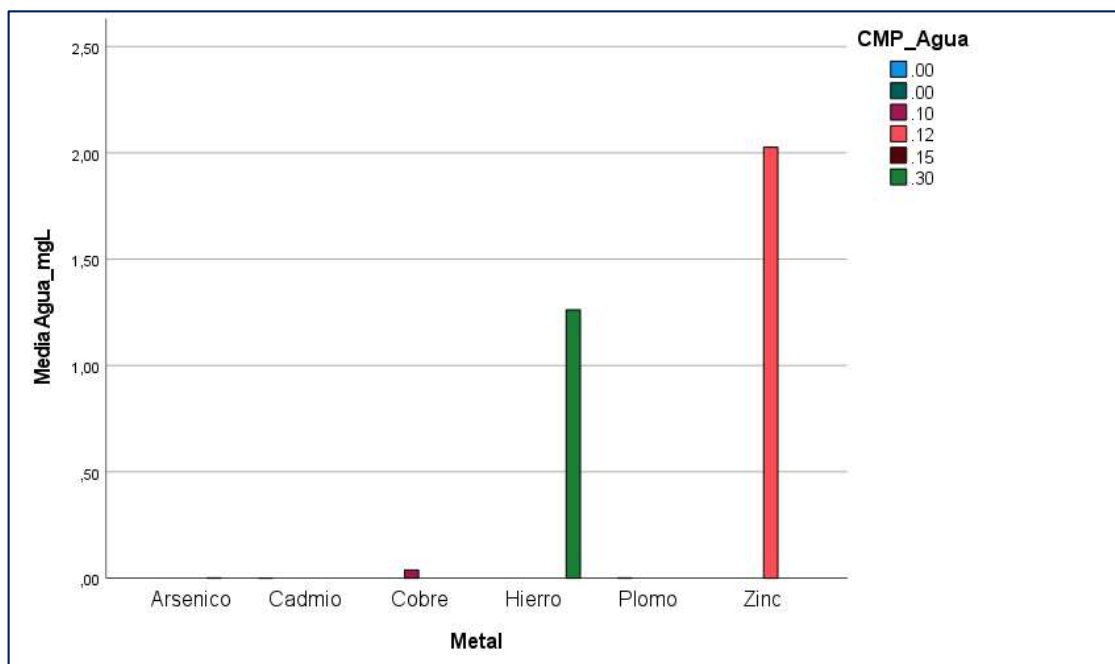


Figura 3

Comparación entre metales y ECA.

La Figura 3, muestra la relación entre las concentraciones de metales pesados encontradas en muestras de agua y los valores de Concentración Máxima Permitida (CMP) para agua destinada al consumo humano, según normativas nacionales o internacionales.

- El hierro (Fe) presentó una concentración de 1,262 mg/L, superando el CMP de 0,30 mg/L, lo cual indica una contaminación significativa por este metal.
- El zinc (Zn) alcanzó 0,0268 mg/L, que se encuentra por debajo de su CMP de 2,00 mg/L, y por tanto dentro del límite permitido.
- El cobre (Cu) mostró un valor de 0,0384 mg/L, también dentro del rango aceptable al estar por debajo del CMP de 2,00 mg/L.
- Los valores de plomo (Pb), cadmio (Cd) y arsénico (As) fueron reportados como menores al límite de detección de los equipos (<0,0010 mg/L, <0,0002 mg/L y <0,0010 mg/L, respectivamente), y por tanto no superan los CMP establecidos, aunque es importante mantener monitoreo continuo por su alta toxicidad.

En resumen, solo el hierro (Fe) supera los niveles permitidos en agua, mientras que los demás metales se encuentran dentro de los límites establecidos o por debajo del nivel de detección.

Tabla 7*Exceso entre los resultados y los límites permitidos*

Metal	Músculo mg/kg	CMP Musculo	Exceso	Agua mg/L	ECA	Exceso
Hierro	10,00	,03	9,97	1,26	,30	,96
Plomo	3,00	,30	2,70	,00	,00	,00
Cadmio	,30	,05	,25	,00	,00	,00
Cobre	1,00	,30	,70	,04	,10	-,06
Zinc	6,10	,30	5,80	2,03	,12	1,91
Arsenico	3,00	,50	2,50	,00	,15	-,15

Con base en los resultados obtenidos, se observa que todos los metales analizados en el músculo de *Oreochromis niloticus* (Fe, Pb, Cd, Cu, Zn y As) superan de manera significativa los valores establecidos como Concentración Máxima Permitida (CMP) para consumo humano. Por ejemplo, el hierro presenta un exceso de 9,97 mg/kg sobre su límite, el plomo 2,70 mg/kg, y el zinc 5,80 mg/kg.

En cuanto al agua, solo el hierro (Fe) y el zinc (Zn) superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua destinada al consumo humano, con excesos de 0,96 mg/L y 1,91 mg/L respectivamente. Los demás metales se encuentran por debajo de sus límites de detección o dentro del rango permitido.

Estos hallazgos evidencian la presencia de contaminación por metales pesados tanto en el recurso hidrobiológico como en el medio acuático. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1): *Oreochromis niloticus* y el agua de la cuenca baja del río Moche presentan altas concentraciones de metales pesados.

1.4. Discusiones

El estudio de Escobar et al. (2018) detectó niveles elevados de plomo y otros metales pesados en los músculos de los peces, lo que es consistente con los resultados del estudio de Quispe (2023), donde se encontraron concentraciones superiores a los límites permitidos para varios metales como hierro (Fe), plomo (Pb), cadmio (Cd), cobre (Cu), zinc (Zn) y arsénico (As) en los músculos de *Oreochromis niloticus*. Esto subraya los riesgos potenciales para la salud humana y la seguridad alimentaria, ya que la ingestión de estos metales puede causar graves problemas de salud.

Los resultados coinciden con lo reportado por Quispe (2023), quien identificó niveles elevados de metales pesados en *Oreochromis niloticus* del río Moche. Sin embargo, mientras Quispe encontró concentraciones muy altas también en el agua, en este estudio solo el hierro superó el ECA. A pesar de ello, la presencia de metales como plomo, cadmio y arsénico en los tejidos de los peces por encima de los límites normativos evidencia un proceso de bioacumulación, lo que confirma la persistencia del riesgo sanitario. Ambos estudios resaltan la necesidad urgente de monitoreo y control de la contaminación en la cuenca baja del río.

Los estudios de Aveiga (2020) y otros trabajos similares muestran que los metales pesados tienden a bioacumularse en los organismos acuáticos, especialmente en los tejidos de los peces, como branquias, hígado y músculos. A pesar de que el estudio de Pinzon (2019) no observó una biomagnificación significativa, la bioacumulación sigue siendo un fenómeno bien documentado, lo que es particularmente preocupante en peces de consumo humano. En este estudio, las concentraciones elevadas de hierro y zinc en los músculos de los peces podrían ser indicativas de un proceso de bioacumulación debido a la exposición continua a aguas contaminadas.

Respecto a la calidad del agua en la cuenca del río Moche, se encontraron concentraciones relativamente altas de hierro (Fe), aunque otros metales como plomo (Pb) y cadmio (Cd) se mantenían dentro de los límites permisibles. La elevada concentración de hierro en el agua podría tener implicaciones serias en términos de bioacumulación, como se observa en los tejidos musculares de los peces. Este hallazgo es consistente con los resultados de Aveiga et al. (2022), que también encontraron niveles elevados de metales en el agua, los sedimentos y los peces en su estudio del río Carrizal.

Los análisis realizados en este estudio mediante la prueba de normalidad y la correlación de Spearman muestran que, aunque algunos metales en los músculos y en

el agua superan los límites establecidos, la correlación entre las concentraciones de metales en el agua y los músculos de los peces es débil (coeficiente de correlación de 0,132) y no es estadísticamente significativa ($p = 0,803$). Este resultado sugiere que los metales en el agua no se acumulan de manera lineal en los músculos de los peces, lo que podría deberse a factores como la fisiología de los peces, la solubilidad y toxicidad de los metales, o variaciones en el tiempo de exposición y la asimilación de los metales en los tejidos.

Estos hallazgos coinciden con estudios previos que sugieren que la relación entre la concentración de metales en el ambiente acuático y su acumulación en los tejidos de los peces no siempre es directa ni predecible, como se observa en los estudios de Meza et al. (2020) y Aveiga et al. (2022). Esto resalta la complejidad de la bioacumulación y la necesidad de un monitoreo continuo para evaluar el impacto de los metales pesados en los ecosistemas acuáticos y la salud humana.

Los niveles elevados de metales pesados, como hierro, zinc y plomo, en los músculos de *Oreochromis niloticus* podrían representar un riesgo para la salud de las personas que consumen estos peces. La exposición prolongada a metales pesados como el plomo, cadmio y mercurio está asociada con efectos negativos en la salud humana, incluidos daño renal, problemas hepáticos y alteraciones neurológicas y reproductivas. Por lo tanto, es crucial implementar políticas de vigilancia más estrictas y emitir recomendaciones claras sobre el consumo de peces de áreas contaminadas.

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que los músculos de *Oreochromis niloticus* presentan concentraciones de metales pesados como hierro (Fe), plomo (Pb), cadmio (Cd), cobre (Cu) y zinc (Zn) que superan los límites establecidos por diversas normativas, lo que plantea un riesgo para la salud pública. Particularmente preocupante es la alta concentración de hierro, zinc y plomo, que exceden ampliamente los valores máximos permitidos y podrían tener efectos tóxicos en los consumidores si no se toman medidas para mitigar la contaminación.

Aunque la mayoría de los metales pesados en el agua del río Moche, como plomo, cadmio, cobre, zinc y arsénico, se encuentran dentro de los límites permitidos por los estándares de calidad ambiental, la concentración de hierro es notablemente alta. Esto indica que el hierro podría ser un contaminante predominante en el ecosistema acuático, impactando tanto la calidad del agua como la bioacumulación de metales en organismos acuáticos, como *Oreochromis niloticus*.

El análisis de correlación entre las concentraciones de metales en agua y en los músculos de los peces revela una relación débil y no significativa (coeficiente de correlación de 0,132 y $p = 0,803$). Esto sugiere que la bioacumulación de metales en los peces no sigue una relación lineal clara con las concentraciones de metales en el agua, lo que puede ser explicado por factores fisiológicos, diferencias en la solubilidad y la toxicidad de los metales, o variaciones en la exposición y absorción de los metales en los organismos acuáticos.

Para la prueba estadística de hipótesis según los hallazgos evidencian la presencia de contaminación por metales pesados tanto en el recurso hidrobiológico como en el medio acuático. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1): *Oreochromis niloticus* y el agua de la cuenca baja del río Moche presentan altas concentraciones de metales pesados.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a los estudiantes e investigadores involucrarse en estudios sobre la bioacumulación de metales pesados y sus efectos en la salud humana y ambiental. Se sugiere la realización de investigaciones que integren enfoques de ecología, toxicología y salud pública, promoviendo la colaboración entre disciplinas. Además, es vital que los resultados sean comunicados de manera efectiva a las comunidades locales y a las autoridades pertinentes para informar decisiones y políticas basadas en evidencia.

Se recomienda al Ministerio del Ambiente y a las autoridades sanitarias locales, establecer un programa de monitoreo regular que evalúe la calidad del agua y las concentraciones de metales pesados en los tejidos de *Oreochromis niloticus*. Esto debería incluir la realización de análisis trimestrales y la publicación de informes accesibles al público, para garantizar la salud de los ecosistemas y la seguridad alimentaria de las comunidades.

Se sugiere a las autoridades ambientales regionales y a las empresas mineras implementar políticas de gestión ambiental que aborden las fuentes de contaminación en la cuenca del río Moche.

Se recomienda a las organizaciones no gubernamentales (ONGs) y a las autoridades locales llevar a cabo programas de educación y concientización dirigidos a las comunidades ribereñas sobre los riesgos asociados al consumo de pescado contaminado. Estas campañas deberían incluir talleres, distribución de material educativo y sesiones informativas sobre prácticas de consumo responsable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adhikari, S., Ghosh, L., y Ayyappan, S. (2009). *Accumulation of Some Heavy Metals in Oreochromis niloticus from the Nile in Egypt: Potential Hazards to Fish and Consumers*. Disponible en: <https://www.scirp.org/%28S%28czeh2tfqyw2orz553k1w0r45%29%29/referenc/e/referencespapers.aspx?referenceid=1565444>
- ANA. (2019). *MINAGRI evalúa afectación de agua del río Mantaro por derrame de relave en Huancavelica*. <https://www.ana.gob.pe/noticia/minagri-evalua-afectacion-de-agua-del-rio-mantaro-por-derrame-de-relave-en-huancavelica>
- ANA. (2009). *Ley de recursos hídricos*. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/ley_29338_0_2.pdf
- Aveiga, A. (2020). *Determinación de la bioacumulación de metales pesados en los órganos de los peces en río principal de la subcuenca del carrizal*. .
- Aveiga, A., Banchon, C., & Mendoza, L. (2022). *Distribución de metales pesados en agua, sedimentos y peces del río Carrizal, Ecuador*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S168003382022000300013
- Baños, A. (2018). *¿Que nos dice la turbidez sobre la calidad del agua potable?* <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-del-agua-potable>
- Bertolotti, F., y Moccetti, N. (2018). *Concentración de plomo, mercurio y cadmio en músculo de peces y muestras de agua procedentes del Río Santa, Ancash - Perú*. <https://revistas.upch.edu.pe/index.php/STV/article/view/3376>
- Cardenas, D. (2002). *Mapa de peligros de la ciudad de Trujillo y zonas aledañas*. http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_La_Libertad/trujillo/trujillo_mp.pdf
- Crivelenti, L., Borin, S., Socha, J., y Mundim, A. (2011). *Valores bioquímicos séricos de tilapia del Nilo (Oreochromis niloticus) en cultivo intensivo*. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172011000400005&script=sci_abstract

- Contreras, J., y Mendoza, C. (2004). *Determinación de metales pesados en aguas y sedimentos del río Haina*. <https://www.redalyc.org/pdf/870/87029103.pdf>
- D.S.N°002-2008-MINAM. (s.f.). *Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua*. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-002-2008-minam/>
- DIGESA. (2004). *Norma técnica de manejo de residuos sólidos hospitalarios*. <http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/residuos/norma%20de%20residuos%20hospitalarios.pdf>
- Escobar, L., Perez, D., Zavala, F., Rodriguez, C., & Flores, M. (2018). *Metales pesados bioacumulables en Tilapia (oreochromis niloticus) en el cauce del río Balsas*.
- Garcia, H., y Torres, P. (2022). *Niveles de contaminación en peces, por metales pesados, debido al vertimiento de aguas residuales en el río Shilcayo, Tarapoto 2022*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/112737>
- Garcia, P. (2012). *Efectos interactivos entre la temperatura y la radiación solar sobre organismos acuáticos en un contexto de cambio climático*. <http://rdi.uncoma.edu.ar/bitstream/handle/uncomaid/192/GARCIATESIS%20DOCTORAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huerta, R., y Rodriguez, C. (2018). *Bioacumulación de metales pesados procedentes de la contaminación minera en tejidos de Trucha Arco Iris (ONCORHYNCHUS MYKISS) de los centros de Producción en jaulas flotantes. Juli - Puno*. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UANT_6ba7
- larioja.org. (2019). *Salud y metales pesados*. https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/calidad-aire-cambio-climatico/calidad-aire/red_biomonitorizacion-metales-pesados-rioja/salud-metales-pesados
- Kshyanaprava, R., y Alok, P. (2023). *Lead pollution: Impact on environment and human health and approach for a sustainable solution*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590182623000048>
- Mamani, A. (2007). *Complejo metalúrgico de La Oroya: Perú*. https://www.ecoportal.net/temasespeciales/contaminacion/complejo_metalurgico_de_la_oroya_peru/
- Meza, M., De la Ossa, J., Hernandez, J., & Marrugo, J. (2020). *Mercurio total en hígado de Trachemys callirostris (Gray, 1856) (Testudines: Emydidae) en tres zonas*

de la Mojana, Sucre-Colombia.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012342262020000100021

- MINAM. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Okuthe, G., y Bhomela, B. (2020). *Morphology, histology and histochemistry of the digestive tract of the Banded tilapia, Tilapia sparrmanii (Perciformes: Cichlidae)*. <https://www.scielo.br/j/zool/a/L9ncdBGt4vx7jZ8jKwTyKSw/?format=html&lang=en>
- OMS. (2023). *Agua para consumo humano*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Padilla, G. (2005). *Calidad de vida: panorámica de investigaciones*. <https://www.redalyc.org/pdf/804/80401408.pdf>
- Paúl, B. (2007). *La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas*. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332007000100022
- Pinzon, C. (2019). *Metales pesados en sedimentos y peces de la Ciénaga grande de Santa Martra, como indicadores de riesgo para la salud humana y el ambiente*. <https://repositorio.uniatlantico.edu.co/bitstream/handle/20.500.12834/603/METALES%20PESADOS%20SEDIMENTOS>
- Quispe, K. (2023). *Determinación del contenido de metales pesados en los músculos de la Oreochromis niloticus, en la cuenca baja del río Moche*. <https://dspace.unitru.edu.pe/items/0681c553-be65-4245-893a-b7c7ab63f401>
- Rajendiran, T., Sabarathinam, C., Panda, B., y Elumalai, V. (2023). *Influence of Dissolved Oxygen, Water Level and Temperature on Dissolved Organic Carbon in Coastal Groundwater*. <https://www.mdpi.com/2306-5338/10/4/85>
- SINIA. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>

Soto, M., y Olvera, D. (2019). *Elementos potencialmente tóxicos (Cd, Hg, Pb Y Zn) en suelos impactados por planta recicladora de plomo (Zacatecas, Mexico), a una década de parar operaciones.*
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018849992019000300651

Anexo 02: Reporte de laboratorio - Análisis tejidos biológicos de pescado.



INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-19491

N° Id.: 0000087655

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZÓN SOCIAL	: KEYLA QUISPE GUERRERO
2.-DIRECCIÓN	: Jr. Serafín Filomeno n 728
3.-PROYECTO	: DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS EN LOS MÚSCULOS DE LA OREOCHROMIS NILOTICUS, EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO MOCHE
4.-PROCEDENCIA	: NO INDICA
5.-SOLICITANTE	: KEYLA QUISPE GUERRERO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000004697-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2023-09-18

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Tejidos Biológicos Animal
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2023-09-12
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2023-09-12 al 2023-09-18

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



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

📍 SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

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

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

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

Pág. 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-19491

N° Id.: 0000087855

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales ²	EPA Method 200.3, Rev. 1, 1991 / EPA Method 200.7, Rev.4.4, 1994.	Metals: Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sr, Tl, Th, U, V, Zn, Hg. Sample Preparation Procedure for Spectrochemical Determination of Total Recoverable Elements in Biological Tissues / Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.

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

² Ensayo acreditado por el IAS

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA

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

SEDE AREQUIPA

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

SEDE PIURA

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

Pág. 2 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-19491

N° Id.: 0000087655

IV. RESULTADOS

ITEM	1			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-60982			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	01			
COORDENADAS:	E:0281012			
UTM WGS 84:	N:9006160			
PRODUCTO:	Tejidos Biológicos Animal			
SUB PRODUCTO:				
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA			
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	12-09-2023			
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	12-09-2023			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Metales Totales				
Cadmio ²	mg/Kg MS	0,1	0,3	<0,3
Arsénico ²	mg/Kg MS	0,8	3,0	<3,0
Cobre ²	mg/Kg MS	0,3	1,0	<1,0
Hierro ²	mg/Kg MS	3,0	10,0	<10,0
Zinc ²	mg/Kg MS	0,2	0,7	6,1
Plomo ²	mg/Kg MS	1,0	3,0	<3,0

² Ensayo acreditado por el IAS

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

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

SEDE PRINCIPAL
 Av. Guardia Chalaca N° 1877,
 Bellavista - Callao
 Telf.: (+01) 713 0756
 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

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

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

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

Pag. 3 de 3

Anexo 03: Reporte de laboratorio - Análisis del agua.



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



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-19490

N° Id.: 0000087854

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZÓN SOCIAL	: KEYLA QUISPE GUERRERO
2.-DIRECCIÓN	: Jr. Serafin Filomeno n. 728
3.-PROYECTO	: DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS EN LOS MÚSCULOS DE LA OREOCHROMIS NILOTICUS, EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO MOCHE
4.-PROCEDENCIA	: RIO MOCHE - TRUJILLO
5.-SOLICITANTE	: KEYLA QUISPE GUERRERO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000004697-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2023-09-18

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua Natural
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2023-09-12
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2023-09-12 al 2023-09-18

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



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

<p>SEDE PRINCIPAL</p> <p>Av. Guardia Chalaca N° 1877, Bellavista - Callao Telf.: (+01) 713 0756 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572</p>	<p>SEDE ZARUMILLA</p> <p>Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3, Bellavista - Callao Telf.: (+01) 713 0636 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572</p>	<p>SEDE AREQUIPA</p> <p>COOP SIDSUR Mz E Lt. 9, Arequipa Telf.: (+054) 616 843 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572</p>	<p>SEDE PIURA</p> <p>Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17, Castilla - Piura Telf.: (+073) 542 335 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572</p>
---	---	--	---

Pag. 1 de 3



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



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-19490

N° Id.: 0000087654

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales ICP-MS ⁽¹⁾	Method 200.8, Revision 5.4 1994. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance. Bi, B, Ca, Ce, Cs, Fe, Ga, Ge, Hf, K, La, Li, Lu, Mg, Na, Nb, P, Rb, Si, Sn, Sr, Ta, Te, Ti, W, Yb, Zr).	Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.

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

Pag 2 de 3

📍 **SEDE PRINCIPAL**
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

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

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

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



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



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-19490

N° Id.: 0000087654

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO				M-23-60980
CÓDIGO DEL CLIENTE:				01
COORDENADAS:				E:0281012
UTM WGS 84:				N:9006160
PRODUCTO:				Agua Natural
SUB PRODUCTO:				Agua Natural
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO :				10-09-2023
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Metales Totales ICP-MS				
Arsénico (*)	mg/L	0,0002	0,0010	<0,0010
Cadmio (*)	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002
Cobre (*)	mg/L	0,0001	0,0002	0,0384
Hierro (*)	mg/L	0,001	0,002	1,262
Plomo (*)	mg/L	0,0008	0,0010	<0,0010
Zinc (*)	mg/L	0,0001	0,0002	0,0268

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

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

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

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

📍 **SEDE PRINCIPAL**
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

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

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

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

Pag. 3 de 3

Anexo 04: Punto de recolección de muestreo.**Anexo 05: Recoleccion de muestras del agua.**

Se agregó 10 gotas de HNO_3 . A la muestra de agua.



Anexo 06: muestra protegida para enviar a laboratorio.



Anexo 07: Punto de muestreo.



Keyla Quispe Guerrero

Determinación del contenido de metales pesados en los músculos de la *Oreochromis niloticus*, en la cuenca baja del Rí...

 Revisión Repositorio Institucional UNSM

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:507023727

Fecha de entrega

2 oct 2025, 15:33 GMT-5

Fecha de descarga

2 oct 2025, 15:35 GMT-5

Nombre del archivo

Informe_final_Keyla_QG_Final[1].pdf

Tamaño del archivo

2.3 MB

52 páginas

9844 palabras

55.328 caracteres




20% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 17%  Fuentes de Internet
- 5%  Publicaciones
- 15%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

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