

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES**



Determinación de los metales tóxicos en el tejido muscular de la especie *Pimelodus blochii* Valenciennes, 1840, procedente del río Mayo, Moyobamba

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTORA**

Mabel Elizabet Llanos Delgado

**ASESOR**

Marco Alfredo Sánchez Peña

Rioja, Perú

2025

## METADATOS COMPLEMENTARIOS

### Datos del autor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

### Datos del asesor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (obligatorio)	

### Datos del Jurado

#### Datos del presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

#### Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

#### Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

**Datos de la obra**

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma (Normal ISO 639-3)	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

\*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

### ACTA N° 036-2025-UCSS/FCAA-DI

Siendo las 10:00 a. m. del 11 de junio de 2025 a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis integrado por:

- |                                 |                 |
|---------------------------------|-----------------|
| 1. Mario Antonio Anaya Raymundo | presidente      |
| 2. Rossio Del Pilar Alva Pretel | primer miembro  |
| 3. Bertha Marcelina Ruiz Jange  | segundo miembro |
| 4. Marco Alfredo Sánchez Peña   | asesor(a)       |

Se reunieron para la sustentación virtual de la tesis titulada:

#### **Determinación de los metales tóxicos en el tejido muscular de la especie *Pimelodus blochii* Valenciennes, 1840, procedente del río Mayo, Moyobamba**

Que presenta la bachiller en **Ciencias Ambientales**:

#### **Mabel Elizabet Llanos Delgado**

Cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el jurado acuerda:

APROBAR	<b>X</b>
DESAPROBAR	...

La tesis, con el calificativo de **SUFICIENTE** y eleva la presente acta al decanato de la **Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales**, a fin de que se declare EXPEDITA para conferir el **TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**.

Lima, 11 de junio de 2025.

Mario Antonio Anaya Raymundo  
Presidente

Rossio Del Pilar Alva Pretel  
1° miembro

Bertha Marcelina Ruiz Jange  
2° miembro

Marco Alfredo Sánchez Peña  
Asesor(a)

**Anexo 2**

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR DE TESIS CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Rioja 10 de Junio de 2025

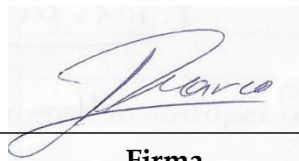
Señor(a),  
Wilfredo Mendoza Caballero  
Jefe del Departamento de Investigación  
Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que la **tesis** bajo mi asesoría, con **título:** Determinación de los metales tóxicos en el tejido muscular de la especie *Pimelodus blochii* Valenciennes, 1840, procedente del río Mayo, Moyobamba, presentado por Mabel Elizabet Llanos Delgado(código de estudiante 2013101429 y DNI 40158048) para optar el **título profesional** de **Ingeniero Ambiental**, ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 0 %**. Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



**Firma**

**Marco Alfredo Sánchez Peña,**

DNI N°: 41799695

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8773-6632>

Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales - UCSS

\* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

## **DEDICATORIA**

A Dios por guiarme y nunca dejarme de lado en el transcurso de mi vida personal y profesional.

De manera muy especial a mis padres Raquel y Ramiro, que siempre han sido mi fortaleza y amor incondicional y que siempre me inculcaron valores, sufrimiento, mutuo apoyo durante todo este proceso y demostraron que nunca debo de rendirme ante los obstáculos que se presenta durante la vida.

A mi hijo Renato Cisneros Llanos por ser fuente de inspiración para ser una mejor persona día a día y no rendirme jamás.

A mis hermanas y amigos que de alguna u otra manera nunca me han abandonado y siempre han estado para mí en los momentos más difíciles de mi vida personal y profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por guiarme y siempre estar de mi lado protegiéndome y dándome fortaleza para salir adelante y por permitirme cumplir una de mis metas trazadas.

Al Ing. Marco Alfredo Sánchez Peña, por su apoyo incondicional en el asesoramiento de esta investigación.

A la Universidad Católica Sedes Sapientiae, por haberme acogido durante el transcurso de mi formación académica.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE APÉNDICES .....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	4
Objetivo General .....	4
Objetivos Específicos .....	4
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Antecedentes .....	5
1.2. Bases teóricas especializadas .....	10
1.2.1. Metales pesados .....	10
1.2.2. Metales pesados del estudio .....	11
1.2.3. Factores fisicoquímicos del agua que influyen en la biodisponibilidad y acumulación de metales pesados.....	14
1.2.4. <i>P. blochii</i> .....	15
1.2.5. Vías de ingreso de metales pesados al cuerpo de los peces .....	17
1.2.6. Río Mayo.....	17
1.2.7. Límites máximos permisibles de metales tóxicos en estudio en peces.....	18
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS .....	19
2.1. Descripción de la investigación .....	19
2.2. Lugar y fecha.....	20
2.3. Población y muestra .....	22
2.4. Técnicas e instrumentos .....	23
2.5. Descripción de la investigación .....	24
2.6. Identificación de variables y su mensuración.....	29
2.7. Análisis estadísticos de datos .....	30
2.8. Materiales y equipos.....	30

CAPÍTULO III: RESULTADOS .....	31
3.1. Análisis del nivel de concentración de As, Cd, Pb y Hg en tejidos de peces de la especie <i>P. blochii</i> procedente del río Mayo, Moyobamba.....	31
3.2. Determinar la estación con el nivel más significativo de concentración de Sn, Cr, Ba, Cu, Mn, Se y Zn en el tejido de peces de la especie <i>P. blochii</i> procedente del río Mayo en Moyobamba .....	34
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN.....	36
4.1. Análisis del nivel de concentración de As, Cd, Pb y Hg en tejidos de peces de la especie <i>P. blochii</i> procedente del río Mayo, Moyobamba.....	36
4.2. Determinar la estación con el nivel más significativo de concentración de Sn, Cr, Ba, Cu, Mn, Se y Zn en el tejido muscular de peces de la especie <i>P. blochii</i> procedente del río Mayo en Moyobamba .....	38
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....	41
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES .....	42
REFERENCIAS .....	43
TERMINOLOGÍA .....	50
APÉNDICES .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Límites máximos permisibles de metales tóxicos</i> .....	18
Tabla 2. <i>Punto de coordenadas de ubicación con la descripción de cada estación</i> .....	21
Tabla 3. <i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos para determinar metales tóxicos en el tejido de la especie de P. blochii</i> .....	23
Tabla 4. <i>Variables y su mensuración</i> .....	29
Tabla 5. <i>Materiales y equipos para el desarrollo de la investigación</i> .....	30
Tabla 6. <i>Concentración de As en tejido de P. blochii procedente del río Mayo, Moyobamba</i> .....	31
Tabla 7. <i>Concentración de Cd en tejido de P. blochii procedente del río Mayo, Moyobamba</i> .....	32
Tabla 8. <i>Concentración de Pb en tejido de P. blochii procedente del río Mayo, Moyobamba</i> .....	33
Tabla 9. <i>Concentración de Hg en tejido de P. blochii procedente del río Mayo, Moyobamba</i> .....	33
Tabla 10. <i>Concentración de metales tóxicos (mg/kg) para determinar la estación con el nivel más significativo</i> .....	35
Tabla 11. <i>Análisis de varianza para comparar las medias de concentración de Sn, Ba, Mn, Zn, Cr, Cu y Se</i> .....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. <i>Mapa de ubicación del área de estudio</i> .....	22
Figura 2. <i>Identificación de la estación 1 - P1 con ayuda del GPS</i> .....	24
Figura 3. <i>Identificación de la estación 2 - P2 con ayuda del GPS</i> .....	25
Figura 4. <i>Recolección de muestras a través del proceso tradicional de pesca utilizando nylon</i> .....	26
Figura 5. <i>Selección de los peces de la especie de P. blochii en cada estación del río Mayo</i> .....	27
Figura 6. <i>Comparación de concentraciones de metales tóxicos</i> .....	34

## ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Resultados del laboratorio según el informe N° 1804562 – 2024 con valor oficial.....	52
Apéndice 2. Ficha técnica a través de una cadena de custodia de monitoreo .....	53
Apéndice 3. Panel fotográfico de las estaciones de muestreo .....	56

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la concentración de metales tóxicos en el tejido muscular del del “bagre” *Pimelodus blochii*, procedente del río Mayo, Moyobamba y analizar si estos valores superan la normativa estándar establecidos por Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES. El presente estudio fue de alcance descriptivo con diseño cuasi experimental. La población estuvo constituida por la totalidad de peces presentes en los seis puntos de muestreo, con una muestra de tres peces de *P. blochii* por cada estación. De acuerdo con los resultados, las concentraciones de metales tóxicos: arsénico (As) ( $< 0,07$ ), cadmio (Cd) ( $< 0,04$ ), plomo (Pb) ( $< 0,04$ ), y mercurio (Hg) ( $< 0,05$ ), de las diferentes estaciones fueron menores a los límites máximos permisibles establecidos por la normativa. En conclusión, la investigación demostró que *P. blochii* no contenía cantidades significativas de metales tóxicos en el tejido muscular para ser considerado inaceptable para consumo humano.

**Palabras clave:** *bioacumulación, límites máximos permisibles, metales tóxicos, P. blochii.*

## ABSTRACT

The present investigation aimed to determine the concentration of toxic metals in the muscle tissue of “catfishes” *Pimelodus blochii*, from the Mayo River, Moyobamba, and to analyze whether these values exceed the standard regulations established by Executive Directorate Resolution No. 057-2016-SANIPES. The present study was descriptive in scope with a quasi-experimental design. The population consisted of all the fish present at the six sampling points, with a sample of three *P. blochii* fish per station. According to the results, the concentrations of toxic metals: arsenic (As) (<0.07), cadmium (Cd) (<0.04), lead (Pb) (<0.04), and mercury (Hg) (<0.05), from the different stations were lower than the maximum permissible limits established by the regulations. In conclusion, the research demonstrated that *P. blochii* did not contain significant amounts of toxic metals in muscle tissue to be considered unacceptable for human consumption.

**Keywords:** *bioaccumulation, maximum permissible limits, toxic metals, P. blochii.*

## INTRODUCCIÓN

La presencia de los metales tóxicos en los ecosistemas acuáticos (peces) se ha convertido en un problema mundial debido a la permanencia a lo largo del tiempo y a la bioacumulación en los tejidos, músculos, branquias y órganos de los peces, generando incremento de metales tales como: Hg, Cd y Pb afectando a la salud del consumidor y al medio ambiente (Romero, 2021). El indicador más importante de la contaminación ambiental es la concentración de los metales tóxicos en el músculo de los peces que al ser consumidos generan problemas para la salud de las personas (Ortega y Peña, 2020). Asimismo, altas concentraciones de metales tóxicos en el agua pueden causar asfixia en los peces, debido a que bloquea el epitelio bronquial e impide el intercambio de gases (Malla, 2018).

Investigaciones recientes como las de (Ortega y Peña, 2020), corroboraron el problema de la concentración de metales pesados presentes en el tejido muscular de *P. blochii* registrando una concentración de  $(5 \pm 1,21 \mu\text{g/g})$  de  $\text{Pb} < \text{Hg} < \text{Cr} < \text{Zn}$ . De la misma forma, (Vega, 2021) reportó que la especie que obtuvo mayor presencia de plomo fue *Hypostomus oculus* Eschmeyer con un valor de 2,18 mg/kg, siendo el contenido máximo permitido del Organismo Nacional de Sanidad Pesquera y unión europea 0,3 mg/kg. Similares resultados nos presentan Romero y Moccetti (2018), quienes reportaron que las concentraciones de plomo en músculo de peces oscilan entre 1,826, 0,321 y 0,70,9 mg/kg respectivamente; la concentración de Cd entre 0,001, 0,0 y 0,002 mg/kg y de Hg estuvo en 0,344, 0,433 y 0,284 mg/kg. Asimismo, Covarrubias y Cabriales (2017) indicaron que a nivel mundial la contaminación por metales tóxicos como Hg, Pb, As y Cr son un problema ambiental de mucha relevancia debido a la persistencia en el ambiente y el grado de toxicidad es una amenaza de alto nivel para los ecosistemas acuáticos y salud de las personas. Por otro lado, Mero *et al.* (2019) mencionan que grandes cantidades de aguas servidas como industriales y domésticas son vertidos en los ríos con altas concentraciones de metales las cuales afectan a la vida acuática de estos reduciendo el crecimiento y supervivencia de la población de peces, así como la bioacumulación de metales en sus tejidos.

El Censo Nacional Agropecuario (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [CENAGRO], 2020) demuestra que la parte agrícola de Moyobamba corresponde a una superficie de 1 4891,45 ha, de las cuales el 32,1 % está dedicada al cultivo de maíz amarillo duro, el 31,3 % de arroz, el 0,8 % frijol, el 16 % de guineo o plátano, el 12 % de yuca y el 0,8 % de caña de azúcar para la producción de alcohol. Díaz (2020) y Oyarce y Rodríguez (2021) señalan que la región San Martín no es ajena a esta realidad, debido a que es una zona con grandes cantidades de producción de arroz, donde existe excesivo uso de agroquímicos, vertimiento de aguas servidas, presencia de residuos sólidos en las riberas, los cuales aportan metales tóxicos como Cd y Cr generando contaminación en los ríos y el medio ambiente, es por ello, que el recurso hidrobiológico del río Mayo está contaminado por metales tóxicos, afectando a la diversidad de especies de peces.

Según la Encuesta nacional de hogares [ENAHG], realizada entre los años 2010 y 2015, el consumo anual per cápita en kg de productos hidrobiológicos ha aumentado en la Región San Martín con un valor de 18,6; mientras que el promedio nacional oscila en 16,2; existiendo mayor consumo de pescado en la región San Martín. Moyobamba es una ciudad que pertenece a la región San Martín donde las personas capturan y consumen pescado de río a través del método tradicional de pesca con atarraya o nylon. Entre las especies que prefieren son: *P. blochii* “bagre”, *lamontichthys stibaros* “shitaris”, *Gerreidae* “mojarra”, *Prochilodus magdalenae* “boquichico”, etc. El programa “a comer pescado” en la ciudad de Moyobamba, promueve el consumo de peces del río Mayo, buscando incrementar el consumo por parte de las personas Según la Zonificación Ecológica Económica del Alto Mayo (ZEE, 2007) y la Dirección Regional de Producción de San Martín (DIREPRO), en el río Mayo los pobladores de la zona capturan especies de peces, tales como: boquichicos, zúngaros, shitaris, yulillas, bagres, mojarras, urquisho, bufurquis, carachamas, lisas, entre otras para consumo humano. Por tal motivo es muy interesante conocer los niveles de concentración de metales en el músculo de los peces existentes en el río Mayo.

En respuesta a lo expuesto, esta investigación es muy importante debido a que surge como respuesta a la necesidad de brindar información sobre la concentración de metales tóxicos tales como: As, Cd, Pb, Hg en la especie de *P. blochii* del río Mayo, con la finalidad de determinar el grado de afectación según los límites máximos permisibles establecidos por la

normativa vigente. Asimismo, los resultados de esta investigación repercutirán de manera positiva debido a que permitirá concientizar a la población respecto a la contaminación del agua; a las autoridades competentes ayudará a implementar estrategias para disminuir o prevenir la contaminación acuática y mejorar la salud de las personas con un consumo saludable de peces y servirá como antecedente para investigaciones futuras. Por tal motivo, el presente estudio tuvo como objetivo determinar la concentración de metales tóxicos en tejidos de la especie *P. blochii* procedente del río Mayo, Moyobamba por ser una de las especies más consumidas en la zona. Los objetivos específicos incluyen el análisis del nivel de concentración de los metales en estudio y si estos valores superan la normativa estándar establecidos por Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES.

El presente estudio se estructura por capítulos: Capítulo I: marco teórico, en este capítulo se detallaron los antecedentes y bases teóricas especializadas sobre el tema de estudio. Capítulo II: materiales y métodos, se especificaron los materiales y métodos que se utilizaron durante el estudio de investigación. Capítulo III: resultados, se mostraron los resultados obtenidos a partir del análisis estadístico de datos. Capítulo IV, se detallaron las discusiones del estudio entre los antecedentes, resultados y otros autores. Capítulo V, se señaló las conclusiones en base a los objetivos del estudio y en el Capítulo VI se especificaron algunas recomendaciones para complementar y realizar más investigaciones que se orienten a la concentración de metales tóxicos en tejido de peces.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

- Determinar la concentración de metales tóxicos en el tejido muscular del “bagre” *Pimelodus blochii* procedente del río Mayo, Moyobamba.

### Objetivos Específicos

- Analizar el nivel de concentración de arsénico (As), cadmio (Cd), plomo (Pb) y mercurio (Hg) en el tejido muscular del “bagre” *Pimelodus blochii* procedente del río Mayo, Moyobamba, y si estos valores superan la normativa SANIPES N° 057-2016.
- Determinar la estación con el nivel más significativo de concentración de estaño (Sn), cromo (Cr), bario (Ba), cobre (Cu), manganeso (Mn), selenio (Se) y zinc (Zn) en el tejido muscular del “bagre” *Pimelodus blochii* procedente del río Mayo en Moyobamba.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

#### Internacionales

Pedraza (2021) en el estudio “Diagnóstico de contaminación por Hg y As en bocachico y bagre en la ciénaga de Ayapel y el riesgo de exposición asociado a su consumo”, Colombia; tuvo como objetivo determinar la contaminación por Hg y As en bocachico y bagre y el riesgo de exposición. El estudio fue una investigación aplicada de tipo cuantitativo con análisis correlacional comparativo. Las técnicas e instrumentos para la recopilación de información fueron las encuestas donde conformó dos grupos: uno  $\leq 14$  años y el otro  $> 14$  años. La población objeto fueron todos los miembros de la comunidad y pescadores asociados a la captura de peces con una muestra de 200 personas. La metodología consistió en la toma de muestras de agua, sedimentos y peces. El tratamiento de los datos fue mediante un análisis estadístico multifactorial, para ello usaron el software estadístico R y verificó la normalidad y homocedasticidad de los datos usando pruebas de Shapiro Wilk y Bartlett. Los resultados indicaron que el Hg en el tejido muscular de bocachico fue  $(0,8 \pm 0,4 \text{ mg/kg})$  mayor que en el bagre  $(0,19 \pm 0,09 \text{ mg/kg})$  con un nivel de significancia del 0,05. Respecto al As, el tejido muscular de bocachico estuvo en  $(0,11 \pm 0,11 \text{ mg/kg})$  siendo mayor a las concentraciones de bagre  $(0,08 \pm 0,12 \text{ mg/kg})$  con un nivel de significancia de 0,1. Asimismo, el bocachico es una especie con mayor frecuencia de consumo por la población. El estudio concluyó en que los pobladores de la zona tuvieron escenarios de exposición múltiple de Hg y As a través de metilmercurio en peces y arsénico inorgánico en agua.

Ortega y Peña (2020) en el estudio “Evaluación del riesgo a la salud humana asociada al consumo de peces contaminados por metales pesados en el embalse del Guájaro”, Atlántico, Colombia; tuvieron como objetivo determinar la concentración de metales pesados presentes en el tejido muscular de: mojarra negra, arenca, bagre barbudo, doncella, viejito, mojarra

amarilla, pacora y tilapia. El estudio fue exploratorio. La metodología empleada fue a través de recolección de muestras y analizadas por espectrometría de absorción atómica. El tratamiento de los datos fue mediante un análisis exploratorio utilizando la prueba de kolmogorov - smirnov, para ello usaron el programa SPSS 10,5; con un nivel de significancia de  $P \geq 0,05$ . Los resultados mostraron que las concentraciones mayores de:  $Zn > Cr > Pb > Hg$  en las especies: arenca fue ( $0,862 \pm 0,790 \mu\text{g/g}$ ), pacora ( $0,222 \pm 0,08 \mu\text{g/g}$ ) y mojarra amarilla ( $0,088 \pm 0,063 \mu\text{g/g}$ ). Sin embargo, las concentraciones menores de:  $Pb < Hg < Cr < Zn$ , en las especies: bagre fue ( $5 \pm 1,21 \mu\text{g/g}$ ), pacora ( $0,012 \pm 0,005 \mu\text{g/g}$ ), tilapia ( $0,413 \pm 0,14 \mu\text{g/g}$ ) y doncella ( $0,12 \pm 0,05 \mu\text{g/g}$ ). El estudio concluyó en que todas las especies estudiadas presentaron concentraciones de metales pesados en los músculos analizados; por lo tanto, recomendó establecer estrategias para disminuir el consumo de las especies estudiadas ya que a lo largo del tiempo ocasionaría problemas a la salud del consumidor final.

Perea y Ochoa (2019) en el estudio “Bioacumulación de metales pesados en dos especies de peces vendidos en el mercado de Paloquemao”, Bogotá; tuvieron como objetivo evaluar la concentración de metales pesados en dos especies de peces: bagre rayado y bocachico. La metodología consistió en la selección y tratamiento de muestras, las cuales seleccionaron tres individuos de cada especie de peces, luego fueron pesados, medidos y lavados con agua destilada con el fin de realizar los cortes de las secciones musculares dorsales y branquiales. Las muestras fueron analizadas por absorción atómica. Las técnicas e instrumentos para comprobar la normalidad fue Shapiro-Wilk y para la homogeneidad de varianzas fue la prueba de Levene, seguido de un Anova y una prueba post hoc (Tukey). Los resultados indicaron que en los tejidos de la especie *Pseudoplatystoma magdaleniatum* hallaron similares concentraciones de Pb tales como en las branquias  $4,911 \pm 0,683 \text{ ng/g}$  y en el músculo hubo  $4,990 \pm 0,200 \text{ ng/g}$ ; sin embargo, la especie del *Prochilodus magdalenae* obtuvo valores mayores de Pb; tales como: branquias ( $3,217 \pm 0,578 \text{ ng/g}$ ) y músculo  $3,851 \pm 0,300 \text{ ng/g}$ . El estudio concluyó en que los metales tóxicos como Hg, Pb, Zn y Cr bioacumulados en las branquias y músculos de estas especies en estudio no sobrepasaron la normativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Caballero (2017) en el estudio denominado “Evaluación de la contaminación por metilmercurio en el tejido muscular y piel dorsal de la especie bagre rayado en un área de pesca del río Nechí”, Antioquia, Colombia; tuvo como objetivo determinar el grado de contaminación por metilmercurio en el tejido muscular dorsal, tejido adiposo de la piel dorsal del bagre rayado de las estaciones de muestreo. La metodología consistió en la recolección y tratamiento de muestras a través del método EPA 7374 – 2007. Los peces fueron recolectados en cinco estaciones del río Nechí incluyendo las épocas secas y lluviosas y fueron analizadas por espectroscopia de absorción atómica. El tratamiento de los datos fue mediante el análisis de varianza doble vía, con un nivel de confianza al 95 % y un nivel de potencia al 80 % e implementó la técnica de comparaciones múltiples a los resultados con diferencias significativas. Los resultados evidenciaron que los mayores niveles de metilmercurio estuvieron en el músculo del pez a una concentración de  $1\,582,9379 \pm 1\,093 \mu\text{g Me Hg/kg}$ , sin embargo, en la piel del pez encontró concentraciones menores tales como:  $981,49 \pm 280,3 \mu\text{g Me Hg/kg}$ . El estudio concluyó que las estaciones del año son muy importantes considerarlos para las investigaciones, debido a que en la época de verano encontró concentraciones altas en los dos tejidos (músculo y piel) y no existió diferencia significativa y la concentración de metilmercurio sobrepasó el límite establecido por la organización mundial de la salud (OMS), siendo  $0,5 \text{ mg Hg/kg}$  de peso fresco de pescado para el consumo humano.

Jiménez (2017) en el estudio “Determinación de Pb y Cd en sedimentos y organismos (peces comercializados) y el impacto generado”, Guayaquil, Ecuador; tuvo como objetivo analizar los metales pesados de Cd y Pb en sedimentos y peces. El estudio fue experimental con alcance descriptivo. La población estuvo constituida por cinco muestras de peces y 10 de sedimentos adicionales en campo. El lugar fue una zona de alto índice de descargas de aguas industriales y fue recolectado en el lugar in situ. La metodología para medir el problema ambiental fue de procedencia científica y utilizó métodos como: la revisión bibliográfica, campo y experimentación. Los resultados indicaron que la concentración promedio de Cd fue  $0,01 \text{ ppm}$ , la concentración media de Pb fue  $7,7 \text{ ppm}$ , encontrándose dentro de los límites máximos permisibles de la normativa canadiense. Asimismo, la especie lisa obtuvo un promedio de  $0,42 \text{ ppm}$  de concentración de Pb y para el metal Cd no fue detectable. El estudio concluyó que los niveles encontrados de Pb, Cd y otros metales no sobrepasaron los límites máximos permisibles según los estudios en sedimentos de la normativa canadiense,

mientras que para los peces los niveles de Pb sobrepasaron los límites máximos permisibles, obteniendo valores de 0,42 ppm según la norma de la comunidad europea.

## **Nacionales**

Vega (2021) en la investigación “Estudio de la concentración de Hg, Pb, Cd y As en peces y su comparación con las normativas: Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES), Organización mundial de la salud (OMS) y la Unión Europea”, Cajamarca, Perú; tuvo como objetivo determinar la concentración máxima de Hg, Pb, Cd y As en las distintas especies de peces. El estudio fue documental con un diseño no experimental. Las técnicas de esta investigación fueron cualitativas y los instrumentos que utilizó para la recolección de información fueron la revisión bibliográfica a través de la búsqueda y análisis de estudios similares. La población estuvo constituida por 25 estudios de concentraciones de metales pesados y la muestra fue cinco estudios de investigación. La metodología consistió en la comparación de cinco estudios teniendo como base concentraciones de metales pesados en los años 2009 al 2020. Dichos estudios fueron desarrollados en Arequipa, Tingo María, Apurímac, Buenos Aires (Argentina), Barranquilla (Colombia). Los resultados mostraron que, de los cinco estudios analizados, la especie que obtuvo mayor presencia de Pb fue carachama con un valor de 2,18 mg/kg, siendo el contenido máximo permitido del Organismo Nacional de Sanidad Pesquera y Unión Europea 0,3 mg/kg y la OMS es 0,2 mg/kg. Asimismo, las demás especies no sobrepasaron los valores establecidos por las organizaciones. El estudio concluyó recomendando implementar un plan de monitoreo de metales pesados en el sistema de agua y en los organismos bioacumuladores de metales y sedimentos.

Romero (2021) en el estudio “Determinación de Cd, Hg y Pb en peces amazónicos y análisis de agua procedentes del río Huallaga en el distrito Rupa Rupa”, Leoncio Prado, Huánuco; tuvo como objetivo determinar los niveles de concentración de metales pesados tales como: Cd, Hg y Pb en peces y agua según límites máximos permitidos de las normativas de la Legislación Unión Europea, Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES) y los estándares de calidad ambiental (ECA). El estudio fue cuasi experimental con enfoque cuantitativo y alcance correlacional. Las técnicas e instrumentos para la recolección de información fueron espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente

(ICP-OES) y el multiparámetro HQ 40d. La población estuvo constituida por todos los peces amazónicos adquiridos en el mercado y la muestra fue solo las especies de: carachama, bagre y toa. La metodología consistió en la recolección de 12 muestras entre ellas 9 de peces y tres de agua con tres repeticiones cada 15 días. Los resultados mostraron que para la concentración de Cd en la especie carachama fue 0,3 mg. L<sup>-1</sup>, 0,73 mg. L<sup>-1</sup> de Hg y 0,54 mg. L<sup>-1</sup> de Pb. Para la concentración de Cd en la especie bagre fue 0,11 mg. L<sup>-1</sup>, Hg 0,71 mg. L<sup>-1</sup> y Pb 0,60 mg. L<sup>-1</sup>. Además, para la concentración de Cd en la especie toa estuvo en 0,14 mg. L<sup>-1</sup>, Hg 0,62 mg. L<sup>-1</sup> y Pb 0,64 mg. L<sup>-1</sup>. El estudio concluyó afirmando que la concentración de los metales pesados de: Cd, Hg y Pb sobrepasaron las normativas establecidas.

Rosales *et al.* (2020) en el artículo bioacumulación de metales pesados en tres especies de peces bentónicos del río Monzón, Huánuco, tuvieron como objetivo determinar la concentración de Cu, Cd y Pb en las especies: boquichico, carachama y julilla. El estudio se desarrolló bajo un diseño completamente al azar, y las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de información fue realizar una digestión ácida de los tejidos como: hígado, músculo, agua y sedimentos mediante el espectrómetro de absorción atómica de llama. La metodología consistió en realizar el muestreo en tres puntos de 12 ejemplares por especie. El tratamiento de los datos fue mediante un análisis estadístico completo al azar (DCA) con la prueba de medias de Tukey, para ello usaron el programa SAS 9,1. Los resultados indicaron que la concentración promedio de Cd fue 1,62 ppm en el músculo de julilla, 1,59 ppm en carachama y 0,73 ppm en boquichico. De igual forma, en la especie carachama la concentración promedio de Pb fue 5,09 ppm y en boquichico 0,61 ppm. Adicionalmente encontraron concentraciones de Cu en las especies: carachama de 2,41 ppm, julilla de 2,78 ppm y boquichico de 2,44 ppm. El estudio concluyó que el tejido con mayor bioacumulación de metales fue el hígado; sin embargo, estas especies también acumularon Cu y Cd en el músculo, mientras que boquichico y carachama solo almacenaron Pb. Además, julilla fue la especie con mayor concentración de Cu y Cd en el músculo.

Rivera y Moccetti (2018) en el estudio “Concentración de Pb, Hg y Cd en músculo de peces originarios del río Santa”, Ancash, Perú; tuvieron como objetivo cuantificar la concentración de Pb, Hg y Cd en músculo de peces para consumo en tres zonas (A, B, C). El diseño de

estudio fue transversal descriptivo. La metodología empleada fue a través de recolección de muestras en tres puntos de comercialización de truchas arco iris obteniendo 15 muestras en total. Los análisis fueron realizados por la unidad de servicios de análisis químicos (USAQ) de la Universidad Mayor de San Marcos a través de la técnica de absorción atómica de flama (AASF). El tratamiento de los datos fue mediante estadísticas descriptivas. Los resultados indicaron que para las zonas A, B, C, la concentración de Pb en músculos de peces fue 1,826; 0,321 y 0,709 mg/kg. Asimismo, la concentración de Cd fue 0,001; 0,0 y 0,002 mg/kg y de Hg estuvo en 0,344; 0,433 y 0,284 mg/kg. El estudio concluyó que en las zonas A, B y C, las concentraciones de Pb excedieron la normativa de la comisión reguladora europea, por lo que los medios de contaminación de las personas con metales pesados fueron los peces y el agua.

Vásquez (2018) en el estudio “Calidad sanitaria de las especies: boquichico, bagre y palometa por presencia de Pb en las aguas del río Ucayali”, Ucayali; tuvo como objetivo determinar la concentración de Pb en los músculos de peces de las especies: palometa, bagre y boquichico. La metodología que utilizó fue a través de la recolección de tres muestras de 300 gramos de tejidos musculares de cada especie, logrando obtener 9 muestras en total. Dichos análisis fueron realizados en el laboratorio certificado por el Instituto Nacional de Inacal (INACAL) a través del método EPA 200,11 abril 1991. Los resultados indicaron que la concentración de Pb en los tejidos de ambas especies de peces obtuvo valores iguales de 0,05 mg/kg y el factor de bioconcentración fue de 3,96. El estudio concluyó que los niveles máximos (NM) del Codex Alimentarius – FAO es 0,3 mg/kg y que la concentración del metal pesado Pb no superó los niveles establecidos en la normativa, indicando una calidad sanitaria apta para el consumo de las personas.

## **1.2. Bases teóricas especializadas**

### **1.2.1. Metales pesados**

Los metales pesados son sustancias químicas cuyo número atómico es mayor a 20 o cuya densidad es mayor o igual a 5 g/cm<sup>3</sup>, excluyendo a los alcalinotérreos y alcalinos. Estos compuestos poseen efectos toxicocinéticos y, en algunos casos, se consideran metales ligeros a: berilio (Be), aluminio (Al) y metaloides como: Se, antimonio (Sb) y As (Shuan, 2023).

De la misma forma, Boy (2015) señala que los metales pesados se caracterizan por ser contaminantes ambientales altamente peligrosos, ya que se descomponen fácilmente y tienden a bioacumularse en el cuerpo de los seres vivos.

En el suelo podemos encontrar diversos metales pesados de manera natural en forma de iones libres que pueden quedar retenidos y formar parte de la naturaleza, pero en ciertas ocasiones llegan a moverse en el suelo mediante diversas acciones que podrían ser biológicas y/o químicas, sin embargo las últimas décadas ha sido notoria la intervención del hombre y a consecuencia de ello ha presentado acumulación de metales pesados por acción antropogénica de actividades industriales, agrícolas y la concentración de diversos residuos, los cuales llegan a dispersarse a los diferentes ecosistemas (Madueño, 2017).

### **1.2.2. Metales pesados del estudio**

#### **Arsénico (As)**

Es un elemento mineral no sintetizado que se encuentra en la corteza terrestre de manera natural y que generalmente está mezclado con otros elementos; siendo generado por actividades humanas (Medina *et al.*, 2018).

**Fuentes naturales y antrópicas de As.** Según la Organización mundial de la salud [OMS], (2022) afirma que las fuentes naturales y antropogénicas de As son:

*Naturales.* El metal pesado As se encuentra de forma natural en la corteza terrestre siendo obtenido por erupciones volcánicas, agua de escorrentía, aguas que se filtran a través del suelo, fosfatos, óxidos y sulfuros.

*Antropogénicas.* Estas fuentes provienen de las actividades humanas siendo los procesamientos de vidrio, los procesos industriales tales como la minería y la fundición de metales, residuos de usos agrícolas tales como insecticidas y rodenticidas.

**Fuentes de contaminación del As en el medio ambiente.** A nivel mundial, el metal As fue reportado como contaminador de aguas de pozos y muy tóxico en forma inorgánica, debido

a que este metal se encuentra en la corteza terrestre, zonas mineras, vertederos de residuos peligrosos, pesticidas, actividades industriales y depósitos naturales de As, ocasionando una amenaza para la salud pública (OMS, 2022).

### **Cadmio (Cd)**

Considerado como una sustancia química no esencial, escasa en la superficie terrestre y que en pocas concentraciones puede resultar tóxico a cualquier organismo vivo. El Cd puede acumularse en la naturaleza que nos rodea y ello es resultado de la industrialización poco sostenible que involucran la fabricación de baterías níquel - cadmio, el uso de combustibles fósiles, la emisión de partículas a causa de la fabricación fertilizantes fosfatados y cementos (Madueño, 2017).

La cantidad de Cd para generar toxicidad por ingestión es baja, de lo ingerido un aproximado del 5 - 10 % de lo que es absorbido viene a almacenarse en riñones formando metalotioneína, teniendo un período entre 10 a 30 años. Los niveles preocupantes es la corteza renal con un promedio 200 mg/kg teniendo variaciones de niveles normales en el rango de 20 a 100 mg/kg esto para una persona de 50 años en adelante (Núñez, 2023).

**Fuentes naturales y antrópicas del Cd.** Según Gamarra y Uceda (2017), las fuentes naturales y antropogénicas se clasifican de la siguiente manera:

*Naturales.* El metal pesado Cd se encuentra en la corteza terrestre de forma natural en la corteza terrestre, principalmente combinado con el oxígeno (O), cloro (Cl) y sulfuro (S), lo cual facilita su disolución en el agua. Asimismo, está presente en rocas, tipos de terrenos, minerales de carbón, abonos minerales, incendios forestales y la formación de sales marinas presentan ciertas cantidades de cd.

*Antropogénica.:* La actividad humana de minería son los que presentan mayor cantidad de Cd, siendo parte de los procesos industriales.

**Fuentes de contaminación del Cd en el medio ambiente.** El Cd se encuentra distribuido en el aire como cloruro de Cd en forma de partículas, en la atmósfera como óxido de Cd y

la movilidad depende del pH y materia orgánica del suelo; por lo tanto, el Cd proviene de las descargas industriales (Brito y Flor, 2023). Asimismo, es un metal utilizado en la agricultura y la industria, ocasionando constante aumento en la producción de Cd que es utilizado para la fabricación de diversos productos, solo el 5 % es reaprovechado y gran parte es desechado (Reyes *et al.*, 2016).

### **Mercurio (Hg)**

Es un elemento químico de simbología Hg con peso atómico de 200,59 y número atómico de 80, más conocido como metal noble de color blanco plateado a temperatura del ambiente (punto de fusión -38,4°C o -37,46 ° F); ebulle a 357°C (675,05 ° F) a presión atmosférica. Este metal presenta alta toxicidad por motivos que pueden atravesar la piel y causar ciertas enfermedades (Lenntech, 2018).

**Fuentes naturales y antrópicas del Hg.** Según Barraza (2018) las fuentes de Hg son:

*Naturales.* El Hg se encuentra en la erosión de rocas y actividades volcánicas debido a la movilización natural de la corteza terrestre, el cual perdura meses hasta un año.

*Antropogénicas.* Los combustibles fósiles como: petróleo y gas natural contienen un 85 % de Hg y se encuentra depositado en los suelos, agua, vertederos, sedimentos, y montículos de residuos, los cuales cumplen ciclos biológicos que en el proceso son emitidos a la atmósfera.

**Fuentes de contaminación del Hg en el medio ambiente.** Según Panduro *et al.* (2020), el mercurio (Hg) ingresa al ambiente de varias formas: En el aire, ingresa por las actividades humanas de minería, fundiciones, combustión de residuos sólidos, quema de productos fósiles, aplicación de fertilizantes en la agricultura y los vertimientos de aguas residuales industriales. En el agua, el Hg se encuentra como metilmercurio y tiende a ser absorbido por distintos organismos dañando el sistema nervioso; debido a que contiene elementos de mayor toxicidad. Las aguas de los ríos y lagos de manera superficial tienen grandes cantidades de Hg que puede acumularse en el tejido graso de los peces y en los alimentos que estos consumen.

## **Plomo (Pb)**

El plomo (Pb) es un elemento químico de simbología Pb con peso atómico de 207,19 y número atómico 82. Este metal está en forma natural en la corteza terrestre que al tener contacto con el aire empieza a formar óxido superficialmente formando un color gris azulado, con estructura blanda y el menos porfiado de todos los metales (Obregón y Zambrano, 2017).

**Fuentes naturales y antrópicas del Pb.** Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024), afirma que las fuentes naturales y antropogénicas de Pb son:

*Naturales.* Este metal se encuentra en la naturaleza a través de galenas, el cual es uno de los minerales que contiene grandes cantidades de Pb.

*Antropogénicas.* Algunas de las fuentes antrópicas que generan Pb son: la minería, reciclaje de minerales, combustibles de carbón, entre otros.

**Fuentes de contaminación del Pb en el medio ambiente.** Según Obregón y Zambrano (2017), las fuentes más comunes de emisión de Pb que contaminan el medio ambiente son aquellas que involucran a los procesos industriales, el cual han tenido gran impacto en la contaminación ambiental y a causa de ello ha incrementado considerablemente. Es por ello por lo que las fuentes de contaminación son innumerables entre ellas están: industrias de construcción, metalúrgica, las fábricas de acumuladores o baterías, las industrias del vidrio, pintura, plástico, petróleo, fabricación de licores en alambiques no adecuadas, entre otras.

### **1.2.3. Factores fisicoquímicos del agua que influyen en la biodisponibilidad y acumulación de metales pesados**

Los factores que influyen en la biodisponibilidad y acumulación de metales pesados en los peces son:

**pH.** Valores bajos de pH incrementan la solubilidad de los metales tóxicos ocasionando mayor absorción de metales por los peces (Salas *et al.*, 2020).

**Temperatura.** Cuando la temperatura del agua es mayor, incrementa la solubilidad de algunos metales tóxicos; sin embargo, en otros disminuye. Por lo tanto, este factor si cambia la solubilidad de los metales (Herrera *et al.*, 2024).

**Concentración de oxígeno disuelto.** Los peces dependen del oxígeno disuelto para la respiración y formación de compuestos. Por lo tanto, este factor es muy importante considerar para evaluar concentraciones de metales tóxicos, ya que al tener niveles bajos de oxígeno disueltos aumentan la toxicidad de concentración de metales (Zou *et al.*, 2024).

**Presencia de materia orgánica.** Cuando el agua contiene materia orgánica disuelta forma complejos con los metales tóxicos disminuyendo la biodisponibilidad y capacidad de ser absorbido por los peces (Nuñez *et al.*, 2023).

**Actividades humanas y sedimentos.** Según Pabón *et al.* (2020), indicaron que las actividades humanas más relevantes para la contaminación de metales pesados son: industria, minería y la agricultura. Estas actividades aumentan la concentración de metales en el cuerpo receptor (agua), generando biodisponibilidad para las especies acuáticas en los sedimentos del agua. La cantidad de sedimentos en el agua generan acumulación de metales, por lo tanto, es una fuente de exposición para los organismos acuáticos.

#### **1.2.4. *P. blochii***

Es una de las especies de peces más vistosos, llamado también bagre cogotúo, destacados por presencia de mostachos que lo utilizan para detectar el alimento, pertenecen a la familia Pimelodidae y la orden siluriformes y son peces que viven en agua dulce, gordos con mucha grasa y carne, exquisitos para el consumo humano a nivel mundial. Entre las especies incluidas en el género *Pimelodus* fue hallado el *P. blochii*, el cual está distribuido ampliamente en las cuencas del Amazonas (Chartre y Gomez, 2023).

#### **Características**

Las características físicas varían dependiendo de la especie de bagre; una de las características más comunes son los bigotes, barbilla o tentáculos que están a cada lado de

la mandíbula superior y otras especies también en la mandíbula inferior. Estos peces tienen diferentes formas de detectar los cambios de temperatura y metales del medio ambiente (Inaturalis Co., 2023).

Los bagres en su mayoría tienen características tales como: boca grande con pequeños dientes y labios delgados. Las familias de esta especie poseen piel lisa sin escamas, cabeza achatada, aletas dorsales y pectorales muy puntiagudas con distintos colores entre ellos: bagre tigre o pez gado y el bagre sapo (Inaturalis Co., 2023).

Para la perpetuidad y sobrevivencia de una especie, la reproducción en peces es una de las funciones de mayor importancia. Las actividades reproductivas, están ligadas íntimamente a cambios ambientales tales como los fenómenos cíclicos con uno o más desoves al año, la especie inicia el proceso reproductivo en noviembre y culmina en enero (Riofrío, 2021).

El crecimiento de un pez varía por factores ambientales como: niveles de oxígeno disuelto, temperatura del agua, disponibilidad de alimento, madurez, competencia, amonio, fotoperiodo, entre otros. Para las medidas de manejo es muy importante la estructura por tallas y el tipo de crecimiento. Para estimar el estado de una población es necesario considerar las tasas de crecimiento, mortalidad, longevidad y edad de primera madurez (Gómez *et al.*, 2020). Las hembras y machos de *P. nigricans* “boquichico” alcanzan una longitud de 50 % de talla media de maduración. Las machos maduran a los 23,4 cm, mientras que las hembras lo hacen a los 24,3 cm (Gómez *et al.*, 2020).

## **Hábitat**

Dávila *et al.* (2018), indicaron que la especie bagre no solo prefiere habitar en ríos de grandes caudales; sino también, pueden encontrarse en lagos y arroyos, inclusive en estanques y aguas de embalses. El hombre es uno de los principales depredadores, en especial de aquellas especies de gran tamaño ya que contienen carne nutritiva de buen sabor y es considerado un buen recurso económico debido a que existe en distintas zonas del planeta tierra. También,

*Camirus. Porosus* Germar, 1839, conocido como “tiburón poroso”, es otro depredador que no llega a representar una amenaza para la especie de *P. blochii* (Inaturalis Co., 2023).

### **Alimentación**

Satisface dicha alimentación con vegetación en descomposición, sanguijuelas, carroñas, huevos de peces, insectos acuáticos, cangrejos, gusanos, moluscos, caracoles, gambas, plantas acuáticas, otros peces, ranas e incluso serpientes que también se alimentan de algas y otros organismos de los bentos (Inaturalis Co., 2023).

#### **1.2.5. Vías de ingreso de metales pesados al cuerpo de los peces**

Romero (2021) señala que los metales pesados presentes en los ecosistemas acuáticos son incorporados en los peces por tres vías principales las cuales son:

**Branquias.** Medio directo por el cual ingresan las sustancias disueltas en el agua, debido a que los peces respiran 20 veces más que un animal terrestre con el fin de obtener oxígeno para sobrevivir; razón por la cual el sistema respiratorio esta propenso a acumular sustancias tóxicas o peligrosas.

**Ingesta de alimentos.** Los peces absorben, digieren y trasladan al sistema digestivo todos los elementos o sustancias toxicas de manera directa.

**Superficie corporal.** El 50 % de metales pesados están distribuido en aquellos peces con menos de 4 gramos de masa corporal, sin embargo, el 10 % están en los peces de más de 1 kg de masa corporal.

#### **1.2.6. Río Mayo**

Es una fuente importante de los recursos hídricos y está ubicada al norte con dirección al oeste de la región San Martín, el recorrido es de noreste al sureste, considerando al río Mayo una fuente de agua importante del río Huallaga; el cual, llega al río Marañón y este desemboca en el río Ucayali para dar origen al río más caudaloso del mundo como es el Amazonas. El río Mayo posee una distancia de 254,49 km desde el inicio hasta el final del cauce, formando un inmenso valle con abundante población; dicha cuenca está dividida en:

parte alta, media y baja (Escorra, 2017). Según el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2019), el río Mayo tiene corriente lenta y navegable con cauce de agua de 45 m, cauce seco de 90 m y posee sustratos en canto rodado, limo, grava y arena, con abundante vegetación como es: *Cecropia membranacea* Trécul, 1847 “cetico” y *Arundo donax* L “caña brava” en las orillas.

### 1.2.7. Límites máximos permisibles de metales tóxicos en estudio en peces

La Tabla 1 muestra el análisis comparativo y los valores obtenidos a través de un análisis de espectrometría de masas de plasma según la Resolución 057 de 2016 (Autoridad Nacional de Sanidad e Inocuidad en Pesca y Acuicultura [ANSIPA], 2016).

**Tabla 1**

*Límites máximos permisibles de metales tóxicos*

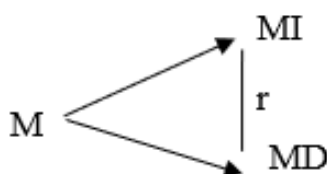
Metales tóxicos	Parámetros (mg/kg) SANIPES
As	1,00
Cd	0,05
Hg	0,5
Pb	0,30

*Nota.* Elaboración propia partir del SANIPES, (2016). Indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros y acuícolas para mercado nacional y de exportación. [http://www.sanipes.gob.pe/normativas/15\\_R\\_DE\\_N\\_057\\_2016\\_A1.pdf](http://www.sanipes.gob.pe/normativas/15_R_DE_N_057_2016_A1.pdf)

## CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Descripción de la investigación

El diseño del presente trabajo de investigación fue cuasi experimental, debido a que se manipuló libremente la variable independiente (especie de *P. blochii*), para observar su efecto y relación con de la variable dependiente (concentración de metales tóxicos). El alcance del estudio fue correlacional, puesto que permite conocer la relación que existe entre la variable dependiente e independiente (Hernández, *et al.*, 2018). El enfoque fue cuantitativo dado que busca indagar, describir, explicar y predecir los fenómenos (causalidad), generar y probar teorías, realizando el análisis de causa y efecto (Hernández, *et al.*, 2018). Asimismo, se realizó el análisis de las muestras de peces provenientes del río Mayo, gracias al recojo de información y/o resultados brindados por el (laboratorio "Servicios Analíticos Generales S.A.C." (Apéndice 1)). Permitiendo realizar la comparación detallada, teniendo en cuenta los límites máximos permisibles de la Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES. El diseño de la investigación se representa de la siguiente manera:



Donde:

- M : Muestra del estudio
- MI : Variable independiente
- MD : Variable dependiente
- R : Correlación entra las variables

## **2.2. Lugar y fecha**

El lugar donde se llevó a cabo esta investigación estuvo comprendido por un tramo del río Mayo, ubicado en la parte alta de la cuenca del mismo nombre, distrito y provincia de Moyobamba, región San Martín. Esta cuenca es birregional, debido a que se encuentra ubicada al sureste de la región Amazonas y al noroeste de la región San Martín; con una extensión aproximada de 8 897,94 km<sup>2</sup> en la región San Martín y 867,38 km<sup>2</sup> en la región Amazonas (Heredia, 2016). La presente investigación tuvo una duración de seis meses, que inició en el mes de mayo y culminó en el mes de noviembre del 2024, todo ello concerniente a la etapa de ejecución del proyecto.

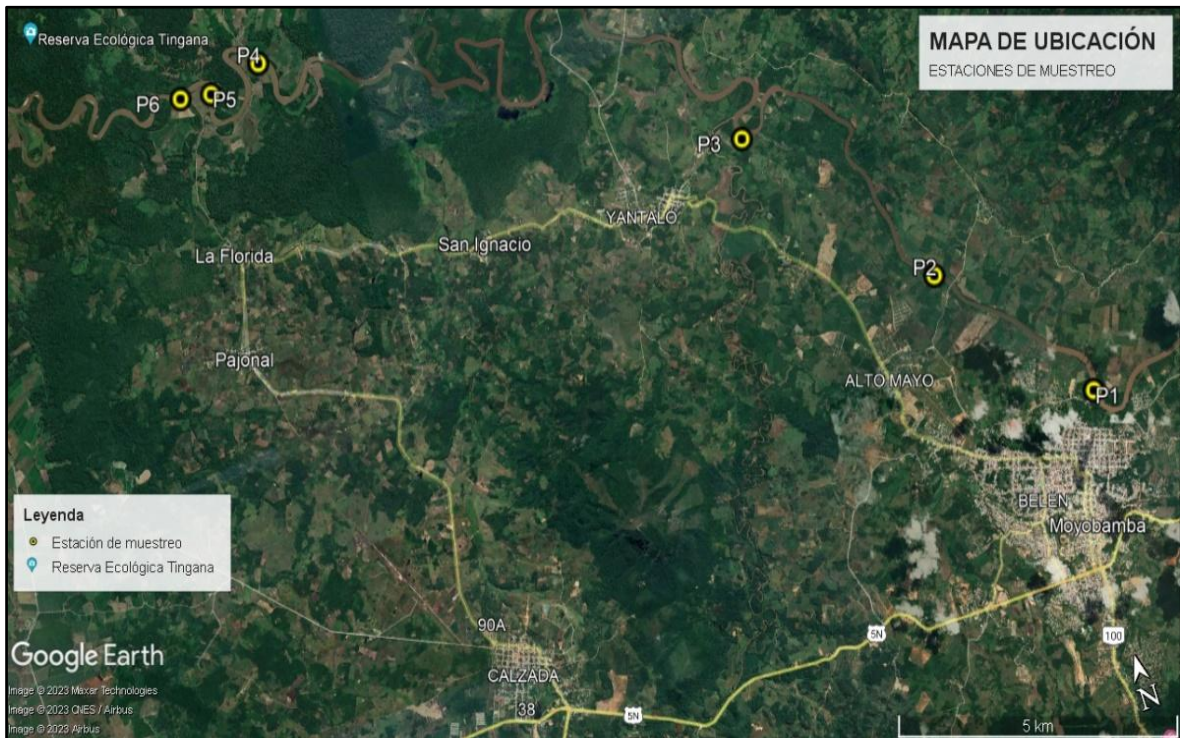
La Tabla 2 y la Figura 1 presentan los puntos de coordenadas de ubicación de las seis estaciones para la pesca, recolección de muestras y su respectiva descripción. Igualmente, las fotografías de cada estación se puede visualizar en el (Apéndice 3).

**Tabla 2***Punto de coordenadas de ubicación con la descripción de cada estación*

Estación	Coordenadas UTM - WGS84			Descripción
	Norte	Este	Altura	
Puerto Tahuishco (P1)	282685	9333860	803	Existe actividad agrícola y está posicionada a la desembocadura del río. Todas las áreas están relacionadas con los efluentes a los ríos y existen bastantes áreas de cultivos de arroz.
Puente Motilones (P2)	280536	9336568	807	Están localizados cultivos de arroz que desembocan al río Mayo. No solo recibe los efluentes de los vaciados de arroz, sino recoge la parte del Tangumi con otras actividades.
Puente Zapote (P3)	277916	9339830	810	Los puntos han dividido en sectores los cuales no solo residen en los efluentes de los cultivos de arroz, sino la influencia de otros cultivos que unen al río Mayo.
Sector Tingana (P4)	268300	9343736	811	La corriente de agua de las canaletas del cultivo de arroz va directamente al río Mayo.
Sector Huascayacu (P5)	268859	9343632	811	
Balsa Cautiva (P6)	269847	9343848	831	

**Figura 1**

*Mapa de ubicación del área de estudio*



*Nota:* P1 (estación 1), P2 (estación 2), P3 (estación 3), P4 (estación 4), P5 (estación 5), P6 (estación 6).

### **2.3. Población y muestra**

#### **Población**

La población de estudio fue integrada por la totalidad de peces presentes en los seis puntos de muestreo (estaciones) de la zona del río mayo – Moyobamba.

#### **Muestra**

La muestra fue tres peces por cada estación, obteniendo un total de 18 peces capturados de los cuales se obtuvieron 250 gramos de tejido muscular siguiendo la metodología de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Método EPA, 200.3).

## 2.4. Técnicas e instrumentos

La información presentada en la Tabla 3 indica a detalle las técnicas e instrumentos de la presente investigación; el cual se utilizó: ficha técnica mediante cadena custodia de monitoreo (Apéndice 2) y fichas de campo; recolección de datos con ayuda de un GPS; monitoreo *in situ* a través de la extracción de unidades muestrales por estación en un determinado tiempo, comenzando por la estación P1 (puerto Tahuishco), estación P2 (Puerto Motilones), estación P3 (puerto zapote), estación P4 (Puerto Tingana), estación P5 (puerto Huascayacu) y la estación P6 (puerto Cautiva). Las unidades muestrales seleccionadas por cada estación fueron enviadas al laboratorio para el respectivo análisis sobre la concentración de metales tóxicos en *P. blochii*. Como instrumento se utilizó un análisis documentario y apuntes de campo.

**Tabla 3**

*Técnicas e instrumentos de recolección de datos para determinar metales tóxicos en el tejido de la especie de P. blochii*

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Ficha técnica: Se realizó una cadena de custodia de monitoreo para determinar metales tóxicos en el tejido de <i>P. blochii</i> .	Fichas de campo
Recolección de datos: Se realizó una descripción de los puntos de coordenadas de ubicación de las seis estaciones para la pesca y recolección de muestras.	GPS
Monitoreo: Se realizó <i>in situ</i> la extracción de unidades muestrales que requirieron de un análisis de laboratorio.	Análisis documentario Apuntes de campo

## 2.5. Descripción de la investigación

Para determinar el nivel de concentración de metales tóxicos en el tejido muscular de peces de la especie *P. blochii* procedente del río Mayo se utilizó el método de Espectrofotometría de Emisión óptica con plasma acoplada inductivamente (ICP-OES). El procedimiento que se utilizó fue en 5 fases:

### Fase 1. Identificación de las estaciones de muestreo

Se realizó la identificación de las seis estaciones de muestreo del río Mayo, empleando puntos de georreferencia con ayuda del GPS, utilizando coordenadas UTM. La metodología que se utilizó para esta investigación fue basada en la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), conforme al método, 200.3. La identificación de la estación 1 y 2 se presentan en las Figuras 2 y 3, respectivamente

#### Figura 2

*Identificación de la estación 1 - P1 con ayuda del GPS*



### Figura 3

*Identificación de la estación 2 - P2 con ayuda del GPS*



### Fase 2. Recolección de muestras

La investigación tuvo en cuenta la especie íctica propia del río Mayo, las cual fue recolectada mediante el método tradicional de pesca utilizado por los pobladores de la zona, específicamente con el uso de nylon (Figura 4). La recolección de muestra de peces se efectuó en las seis estaciones de muestreo, siguiendo las sugerencias de Caballero (2017), quien realizó un procedimiento similar en distintas estaciones de pesca.

Los factores que se consideró para le selección de la especie *P. blochii* fue el valor comercial existente, la aceptación de la población para el consumo, presencia y permanencia de esta especie en el río Mayo durante todo el año.

## Figura 4

*Recolección de muestras a través del proceso tradicional de pesca utilizando nylon*



Nota. Recolección de muestras. (A) Puerto Tahuishco P1, (B) Puerto motilones P2; (C) puerto zapote P3.

### Fase 3. Tratamiento de muestras

Los peces seleccionados para la muestra fueron los más grandes (Figura 5), con la finalidad de obtener muestras representativas que aseguren el cumplimiento de los objetivos de esta investigación. Esta selección de muestra fue de acuerdo al tamaño de los peces con las sugerencias de Caballero (2017), quien también seleccionó la muestra por el tamaño de pez en su investigación.

Una vez seleccionada la especie de *P. blochii*, se procedió a pesar y extraer la parte dorsal con ayuda de un cuchillo anticipadamente desinfectado. Las muestras fueron puestas en un envase hermético a una temperatura de (3 – 6 °C) y enviados al laboratorio para analizar la concentración de metales tóxicos en el tejido muscular del *P. blochii*. Este procedimiento se realizó mediante las sugerencias de Romero (2021).

## Figura 5

*Selección de los peces de la especie de P. blochii en cada estación del río Mayo*



### Fase 4. Preparación de las muestras de pescado

Se utilizó las muestras *P. blochii* de unos 25 a 30 cm de longitud y peso promedio de 250 g de músculo de peces muestreados. El músculo de pescado fue secado en una estufa a 40 °C y, posteriormente se dejó secar por 10 días, con el objetivo de obtener masa seca. luego, se empleó un mortero y un pilón de ágata para triturar la muestra. Estas muestras fueron preparadas siguiendo la metodología descrita por Romero (2021). Asimismo, se eligió peces grandes con mayor tamaño y edad ya que estos acumulan mayor concentración de metales pesados tal como lo indica Rivera y Moccetti (2018), quienes evidenciaron que los peces depredadores de gran tamaño y edad tuvieron mayor concentración de Hg en su organismo

### **Fase 5. Digestión de las muestras de pescado**

La digestión de las muestras, se realizó siguiendo el procedimiento de Romero (2021). Se utilizó un matraz de 125 mL para pesar 250 g de muestra y se agregó 10 mL de ácido nítrico y 4,1 mL de ácido perclórico. Se usó una plancha de calentamiento para dirigir la muestra por 2 horas a 250 °C. Luego, se filtró con papel Whatman N° 20 y se aforó con agua ultra pura de tipo 2 en una fiola de 25 mL. Posterior a esto, quedó lista para realizar la lectura.

### **Fase 6. Lectura de las muestras**

Las lecturas se realizaron mediante el instrumento: Espectrofotómetro de Emisión óptica con plasma acoplada inductivamente (ICP-OES). Luego, estos resultados fueron comparados con la Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057 – 2016 - SANIPES. Una vez analizada toda la información se procedió a la interpretación de resultados y redacción del informe final de tesis.

## 2.6. Identificación de variables y su mensuración

A continuación, se detalla las variables y su mensuración en la investigación (Tabla 4).

**Tabla 4**

*Variables y su mensuración*

<b>Variables de estudio</b>	<b>Unidades o escala de medida</b>	<b>Método</b>
Variable independiente (Especie <i>P. blochii</i> )	mg/kg	Captura de <i>P. blochii</i> utilizando nylon con anzuelo. Se recolectó tres individuos por cada estación. Espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP - OES)
Variable dependiente (Concentración de metales tóxicos)	mg/kg	Metodología de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Método EPA, 200.3, Rev. 1 de abril. 1991. Metales totales recuperables en tejidos biológicos / Método EPA 200. 7, Rev. 4.4. EMMC versión 1994). Análisis de las concentraciones de metales tóxicos. Espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP - OES)

## 2.7. Análisis estadísticos de datos

Los datos recolectados respecto a los niveles de concentración de metales tóxicos brindados por el laboratorio fueron procesados utilizando los programas de Excel (versión 2016) y Minitab (versión 19). Se consideró un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$  para determinar diferencias estadísticas significativas. Los resultados fueron comparados con la normativa del (SANIPES, 2016).

Para desarrollar el objetivo dos, se obtuvieron las concentraciones de los metales tóxicos: Sn, Ba, Mn, Zn, Cr, Cu y Se. Posteriormente, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA unifactorial) para determinar la estación con el nivel más significativo de estos metales, en el tejido muscular de peces de la especie *P. blochii* procedente del río Mayo, Moyobamba.

## 2.8. Materiales y equipos

La Tabla 5 muestra los materiales utilizados para el desarrollo de esta investigación.

**Tabla 5**

*Materiales y equipos para el desarrollo de la investigación*

Ítem	Materiales	Equipos
1	Libreta de campo	GPS
2	Tablero de apuntes	Cámara fotográfica
3	Guantes de látex	Laptop
4	Envase para muestra	Microondas (Marx - 5)
5	Gel para congelar	Equipo de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP)
6	Caja de Tecnopor	Balanza analítica
7	Nylon de pesca	Placa calefactora
8	Cuchillo para filetear el pescado	
9	Equipos de protección personal (botas de jebe, capota de plástico, entre otros)	

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Análisis del nivel de concentración de As, Cd, Pb y Hg en tejidos de peces de la especie *P. blochii* procedente del río Mayo, Moyobamba

El principal resultado de esta investigación y con un gran aporte científico al estado situacional de *P. blochii* en el río Mayo de Moyobamba es que el contenido de As, Cd, Pb y Hg en el tejido muscular son menores al estándar establecidos por Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES. Los datos presentados en la Tabla 6 muestran que la concentración de As en el tejido de *P. blochii* procedente del río Mayo en las seis estaciones son constantes ( $< 0,07$ ), mostrando una homogeneidad en la distribución de este metal en los tejidos de la especie estudiada. Asimismo, el nivel máximo permitido de As es 1,0 mg/kg, lo cual fue un indicador positivo de que los niveles de este metal están muy por debajo de los límites máximos permitidos.

**Tabla 6**

*Concentración de As en tejido de P. blochii procedente del río Mayo, Moyobamba*

Estaciones	As (mg/kg)	Niveles máximos permitidos de contaminantes en productos Peces crudo, refrigerado congelado (mg/kg). Peces agua dulce. Resolución de Dirección Ejecutiva N°057-2026-SANIPES.	
1	$< 0,07$		
2	$< 0,07$		
3	$< 0,07$		
4	$< 0,07$		1,0
5	$< 0,07$		
6	$< 0,07$		
Promedio	$< 0,07$		

*Nota.* Niveles máximos permitidos de contaminantes en productos Peces crudo, refrigerado congelado (mg/kg). Peces agua dulce. Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES.

Los datos presentados en la Tabla 7 indican que la concentración de Cd en el tejido de *P. blochii* procedente del río Mayo en las seis estaciones fue ( $< 0,04$ ). Asimismo, el nivel máximo permitido de Cd es 0,05 mg/kg, mostrando resultados que se encuentran por debajo del valor de la normativa establecida.

**Tabla 7**

*Concentración de Cd en tejido de P. blochii procedente del río Mayo, Moyobamba*

Estaciones	Cd (mg/kg)	Niveles máximos permitidos de contaminantes en productos Peces crudo, refrigerado congelado (mg/kg). Peces agua dulce. Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES.	
1	< 0,04		
2	< 0,04		
3	< 0,04		
4	< 0,04		0,05
5	< 0,04		
6	< 0,04		
Promedio	< 0,04		

*Nota.* Niveles máximos permitidos de contaminantes en productos Peces crudo, refrigerado congelado (mg/kg). Peces agua dulce. Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES.

Los datos presentados en la Tabla 8 manifiestan que la concentración de Pb en el tejido de *P. blochii* procedente del río Mayo en las seis estaciones son constantes ( $< 0,04$ ) y el nivel máximo permitido de Pb es 0,3 mg/kg, indicando que las concentraciones de los metales tóxicos analizados estuvieron dentro de los límites máximos permisibles.

**Tabla 8***Concentración de Pb en tejido de P. blochii procedente del río Mayo, Moyobamba*

Estaciones	Pb (mg/kg)	Niveles máximos permitidos de contaminantes en productos Peces crudo, refrigerado congelado (mg/kg). Peces agua dulce. Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES.
1	< 0,04	
2	< 0,04	
3	< 0,04	
4	< 0,04	0,3
5	< 0,04	
6	< 0,04	
Promedio	< 0,04	

*Nota.* Niveles máximos permitidos de contaminantes en productos Peces crudo, refrigerado congelado (mg/kg). Peces agua dulce. Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES.

Los datos presentados en la Tabla 9, muestran que la concentración de Hg en los tejidos del *P. blochii* en las seis estaciones presentan una concentración constante (< 0,05 mg/kg) en las repeticiones, lo cual es un valor uniforme. Comparando este resultado con los niveles máximos permitidos por la normativa (0,5 mg/kg), se evidenció que las concentraciones de Hg están muy por debajo de los límites permitidos.

**Tabla 9***Concentración de Hg en tejido de P. blochii procedente del río Mayo, Moyobamba*

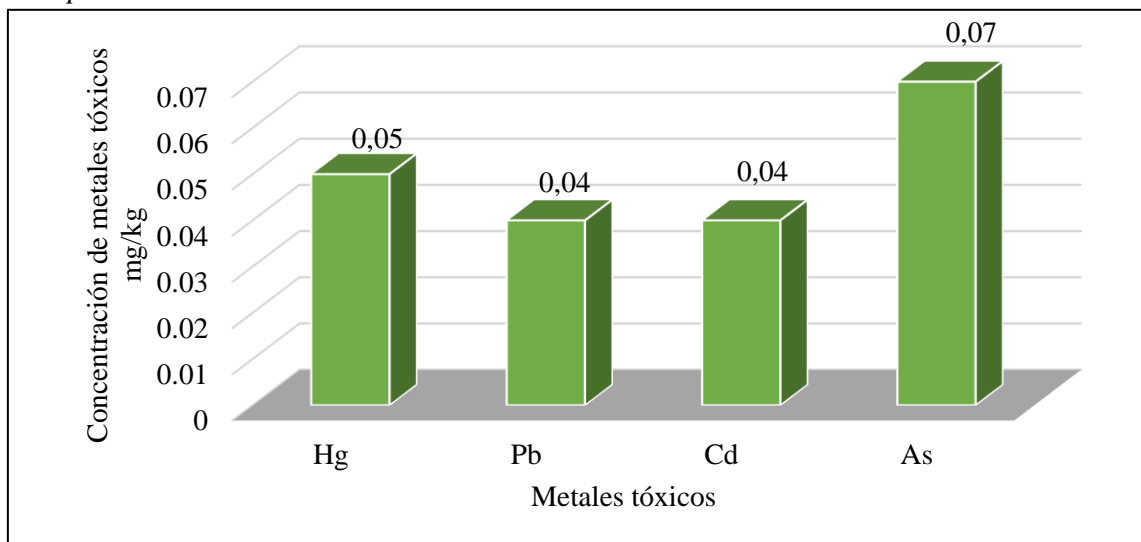
Estaciones	Hg (mg/kg)	Niveles máximos permitidos de contaminantes en productos Peces crudo, refrigerado congelado (mg/kg). Peces agua dulce. Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES.
1	< 0,05	
2	< 0,05	
3	< 0,05	
4	< 0,05	0,5
5	< 0,05	
6	< 0,05	
Promedio	< 0,05	

*Nota.* Niveles máximos permitidos de contaminantes en productos Peces crudo, refrigerado congelado (mg/kg). Peces agua dulce. Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES.

Tal como se puede observar en la Figura 6, la comparación de concentraciones de metales tóxicos indica que Hg estuvo con 0,05 mg/kg; Pb osciló con un valor de 0,04 mg/kg; Cd fue 0,04 mg/kg y As residió con 0,07 mg/kg encontrándose por debajo de los límites máximos establecidos en la Resolución de Dirección Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES.

**Figura 6**

*Comparación de concentraciones de metales tóxicos*



### **3.2. Determinar la estación con el nivel más significativo de concentración de Sn, Cr, Ba, Cu, Mn, Se y Zn en el tejido de peces de la especie *P. blochii* procedente del río Mayo en Moyobamba**

La Tabla 10 indica las concentraciones de varios metales tóxicos (mg/kg) en las seis estaciones para diferentes repeticiones. La estación 1 muestra que existió mayor presencia de Zn con un valor de 6,79 mg/kg, mientras que Cr (0,04 mg/kg) fue el metal encontrado con menos concentración, seguido por Ba con 0,10 mg/kg. En la estación 2, el Zn logró un valor de 11,66 mg/kg siendo el más alto; sin embargo, el Cr, Ba y Cu fueron concentraciones menores oscilando en 0,04 mg/kg, 0,28 mg/kg, 0,28 mg/kg. Igualmente, la estación 3, 4 y 5 alcanzaron valores altos en Zn oscilando en 17,44 mg/kg; 17,66 mg/kg; 17,56 mg/kg. De la misma forma, la estación 6 obtuvo 21,20 mg/kg en Zn siendo el valor más alto de todas las estaciones. El Zn mostró un patrón de incremento notable en todas las estaciones, con concentraciones que van desde 6,79 mg/kg hasta 21,20 mg/kg. Sin embargo, los niveles de

Cr y Cu fueron bajos, no superando 0,12 mg/kg y 0,42 mg/kg, respectivamente, mientras que el Se tuvo valores que oscilaron entre 0,28 mg/kg y 0,93 mg/kg.

**Tabla 10**

*Concentración de metales tóxicos (mg/kg) para determinar la estación con el nivel más significativo*

Estaciones	Metales tóxicos						
	Sn	Ba	Mn	Zn	Cr	Cu	Se
1	3,48	0,10	1,24	6,79	0,04	0,25	0,28
2	3,52	0,28	0,53	11,66	0,04	0,28	0,32
3	3,49	1,14	1,44	17,44	0,04	0,26	0,65
4	3,25	0,83	1,10	17,66	0,12	0,24	0,76
5	3,28	0,35	0,71	17,56	0,05	0,16	0,81
6	3,12	0,98	1,36	21,20	0,04	0,42	0,93

Los datos presentados en la Tabla 11 muestran los resultados de análisis de varianza realizado a la concentración de: Sn, Ba, Mn, Zn, Cr, Cu y Se. Dichos resultados indican que no existe diferencias estadísticas significativas ( $p$  \_ valor = 0,981), siendo mayor que ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 11**

*Análisis de varianza para comparar las medias de concentración de Sn, Ba, Mn, Zn, Cr, Cu y Se*

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	p-valor
Entre grupos	24,315	5	4,863	0,143	0,981
Dentro de grupos	1221,797	36	33,939		
Total	1246,112	41			

*Nota.* Considerando solo los valores de Sn, Ba, Mn, Zn, Cr, Cu, Se

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis del nivel de concentración de As, Cd, Pb y Hg en tejidos de peces de la especie *P. blochii* procedente del río Mayo, Moyobamba

Las concentraciones de As en el tejido de *P. blochii* procedente del río Mayo tuvieron un valor de ( $< 0,07$ ) y la normativa de SANIPES N° 057-2016 estableció que el límite máximo permitido es 1,0 mg/kg (Tabla 6). Indicando que se encuentra por debajo del límite establecido, lo que muestra una situación segura en cuanto a este metal. Resultados similares obtuvo Vega (2021), quién realizó análisis de As en tres especies (merluza austral, pescadilla y trucha arcoíris) obteniendo una concentración no mayor a 0,02 mg/kg en cada una de ellas. De la misma forma, Pedraza (2021) obtuvo que el nivel de concentración de As en el tejido muscular del bagre fue 0,08 mg/kg. Los resultados de estas investigaciones muestran la necesidad de un monitoreo continuo, ya que la acumulación de metales en los organismos acuáticos puede depender de factores ambientales, como la contaminación de las aguas y la bioacumulación en la cadena trófica trófico (Sánchez, 2023). En este contexto, los resultados de la presente investigación son alentadores y sugieren que la calidad del agua en el río Mayo, donde se recolectaron las muestras, podría estar en condiciones relativamente favorables en cuanto a la presencia de este metal pesado.

Respecto a las concentraciones de Cd en el tejido de *P. blochii* procedente del río Mayo obtuvieron un valor de ( $< 0,04$ ) y la normativa de SANIPES N° 057-2016 estableció que el límite máximo permitido es 0,05 mg/kg (Tabla 7), indicando que dichos valores están dentro de la normativa vigente. Resultados diferentes encontró Romero (2021) quien reportó concentraciones en 0,11 mg. L<sup>-1</sup> de Cd que superaron los estándares en otras regiones. De la misma forma, los hallazgos de Rosales *et al.* (2020) documentaron niveles más altos de metales pesados que sobrepasaron la normativa vigente. Estos resultados hacen referencia que los tejidos de *P. blochii* en el río Mayo no presentan un riesgo significativo en términos de bioacumulación y la ausencia de concentraciones preocupantes de Cd en los tejidos de

bagre muestran que el entorno acuático está menos expuesto a fuentes de contaminación industrial, agrícola o minera. Por lo tanto, los niveles de Cd en el río Mayo están dentro de los parámetros seguros, lo que lo distingue de otras zonas de mayor contaminación en la región amazónica y la calidad del agua es relativamente buena siendo confortador para la salud ecológica de la región. Sin embargo, es crucial continuar con el monitoreo y la evaluación de la calidad del agua, ya que factores ambientales y actividades humanas pueden influir en la acumulación de metales en el futuro.

De la misma forma, las concentraciones de Pb en el tejido de *P. blochii* procedente del río Mayo estuvieron con un valor de ( $< 0,04$ ) y la normativa de SANIPES N° 057-2016 estableció que el límite máximo permitido es 0,30 mg/kg (Tabla 8). Resultados similares encontraron Perea y Ochoa (2019), quienes demostraron que las concentraciones de Pb bioacumulados en el músculo dorsal del bagre fue  $4,990 \pm 0,200$  ng/g siendo inferiores a los límites establecidos en dicho estudio. Asimismo, Jiménez (2017) también reportó una concentración de 0,42 ppm de Pb en el organismo de los peces sobrepasando el límite máximo permisible de 0,30 ppm. Estos resultados refuerzan la idea de que, aunque los niveles actuales no son alarmantes, se deben considerar las implicaciones a largo plazo generando una alerta a las autoridades competentes debido a la presencia de estos metales en el músculo del bagre que pueden dañar la salud del consumidor. Los valores de las investigaciones sugieren que, a pesar de estar dentro de los estándares permitidos, existe la posibilidad de bioacumulación de metales tóxicos en esta especie, lo cual ha sido documentado en otros estudios. Teniendo en cuenta estos resultados, Romero (2021), en su investigación sobre metales pesados en peces amazónicos, destaca la importancia de realizar un seguimiento continuo de la contaminación, dado que los metales pueden acumularse en los tejidos de los organismos acuáticos, afectando así la salud de los ecosistemas y de los seres humanos que consumen estos peces. Por otro lado, Rosales *et al.* (2020) reportaron variaciones en la bioacumulación de metales en diferentes especies de peces en el río Monzón, sugiriendo que el entorno acuático puede influir en la concentración de estos contaminantes.

La concentración de Hg en los tejidos del *P. blochii* procedente del río Mayo revelaron una concentración promedio de  $< 0,05$  mg/kg. Este valor es significativamente inferior al límite

máximo permitido de 0,5 mg/kg (Tabla 9). Estos resultados sugieren una calidad del agua relativamente favorable en el río Mayo, lo que contrasta con estudios previos. Por ejemplo, Romero (2021) reportó niveles de Hg que excedían los límites permitidos en el río Huallaga, mientras que Vega (2021) también evidenció concentraciones preocupantes de Hg en diversas especies de peces de otras cuencas hidrográficas subrayando la necesidad de evaluar continuamente los niveles de Hg y otros metales pesados en peces, ya que la exposición crónica a estos contaminantes puede tener efectos adversos en la salud. Asimismo, Rosales *et al.* (2020) identificaron variaciones significativas en los niveles de Hg en distintos puntos de muestreo dentro de la región de Huánuco, lo que refleja una contaminación más dispersa y heterogénea en dicha área. En contraste, los resultados obtenidos para el río Mayo indican una uniformidad en las concentraciones de Hg entre las diferentes estaciones de muestreo, lo que sugiere una situación controlada en términos de la presencia de este metal tóxico. Este hallazgo es relevante, ya que el Hg es un contaminante persistente y bioacumulativo que puede representar un riesgo para la salud humana y las aguas de los ríos y lagos (Panduro *et al.*, 2020). El monitoreo continuo y la implementación de medidas preventivas son fundamentales para mantener estos niveles bajos y garantizar la seguridad tanto para la fauna como para las comunidades locales que dependen del río Mayo para el sustento.

#### **4.2. Determinar la estación con el nivel más significativo de concentración de Sn, Cr, Ba, Cu, Mn, Se y Zn en el tejido muscular de peces de la especie *P. blochii* procedente del río Mayo en Moyobamba**

Los resultados de análisis de varianza realizado a la concentración de: Sn, Ba, Mn, Zn, Cr, Cu y Se, no mostraron diferencias estadísticas significativas porque ( $p$  \_ valor = 0,981), siendo mayor que ( $p < 0,05$ ). La estación 1 muestra que existió mayor presencia de Zn con un valor de 6,79 mg/kg, mientras que Cr (0,04 mg/kg) fue el metal encontrado con menos concentración, seguido por Ba con 0,10 mg/kg. En la estación 2, el Zn logró un valor de 11,66 mg/kg siendo el más alto; sin embargo, el Cr, Ba y Cu fueron concentraciones menores oscilando en 0,04 mg/kg, 0,28 mg/kg, 0,28 mg/kg. Igualmente, la estación 3, 4 y 5 alcanzaron valores altos en Zn oscilando en 17,44 mg/kg; 17,66 mg/kg; 17,56 mg/kg. De la misma forma, la estación 6 obtuvo 21,20 mg/kg en Zn siendo el valor más alto de todas las estaciones. El Zn mostró un patrón de incremento notable en todas las estaciones, con

concentraciones que van desde 6,79 mg/kg hasta 21,20 mg/kg. Sin embargo, los niveles de Cr y Cu fueron bajos, no superando 0,12 mg/kg y 0,42 mg/kg, respectivamente, mientras que el Se tuvo valores que oscilaron entre 0,28 mg/kg y 0,93 mg/kg. El incremento de los niveles de concentración de Zn es por motivos que a orillas del río Mayo utilizan abonos que contienen grandes cantidades de Zn para la producción del cultivo de arroz, que producto de las lluvias y el vertimiento de agua de riego al río Mayo contribuyen al aumento de este metal en el músculo del *P. blochii*, lo cual surge una mayor acumulación de este metal en las últimas estaciones. Por lo tanto, estos resultados permiten evaluar la posible exposición a metales tóxicos y su distribución en diferentes áreas geográficas, lo que es crucial para comprender los riesgos asociados al consumo de estos peces.

Resultados similares encontraron Ortega y Peña (2020) quienes evaluaron el riesgo de la salud humana asociada al consumo de peces contaminados por metales pesados en el embalse del Guájaro, Colombia, con un nivel de significancia de  $P \geq 0,05$  puesto que mostraron resultados que las concentraciones de Zn en la especie bagre fue en un rango de (3,72 a 7,76  $\mu\text{g/g}$ ) y para el Cr fue (0,11 a 0,81  $\mu\text{g/g}$ ). Asimismo, Paetán y Alexander (2021) evaluaron los niveles de concentración de metales tales como: Cu, Mn, Se, Zn en dos zonas de muestreo (Ancón y Chorrillos) donde la concentración de Cd y Mn en el tejido muscular fue  $< 0,05 \text{ mg/kg}$  y  $< 0,08 \text{ mg/kg}$  para ambas zonas. Para la zona de Ancón, los niveles de concentración de Cu, Se, Zn fueron  $0,264 \pm 0,060 \text{ mg/kg}$ ;  $0,75 \pm 0,25 \text{ mg/kg}$ ;  $3,804 \pm 0,696 \text{ mg/kg}$ . Para la zona de chorrillos, los niveles de concentración de Cu, Se, Zn oscilaron en  $0,234 \pm 0,098 \text{ mg/kg}$ ;  $0,78 \pm 0,24 \text{ mg/kg}$ ;  $3,453 \pm 0,910 \text{ mg/kg}$ . En base a estos resultados determinó que no hay diferencia significativa entre las medias de las concentraciones para las dos zonas de muestreo guardando relación con la investigación, ya que en las 6 estaciones de muestreo no existió diferencia estadística. En lo que se refiere a los resultados antes mencionados se concuerda que el tejido muscular de los peces tiene concentraciones de metales tóxicos. Las concentraciones de Zn, Cr pueden estar asociados a la agricultura y al sector industrial debido al uso de agroquímicos, fertilizantes ricos en estos metales y vertimientos de aguas residuales. En ese sentido, resalta la importancia de un monitoreo integral y sistemático de la calidad del agua y de los organismos acuáticos en el río Mayo, para asegurar que los niveles de metales pesados se mantengan dentro de rangos seguros y prevenir potenciales riesgos a la salud pública ya que estas se pueden incrementar

a corto y mediano plazo, ocasionando efectos adversos tanto a los cuerpos que habitan en el ecosistema como a las personas que consumen estos organismos.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

1. De acuerdo con el objetivo general se concluye que las concentraciones de metales tóxicos: As, Cd, Pb, Hg Sn, Ba, Mn, Zn, Cr, Cu y Se en los tejidos de *P. blochii* procedente del río Mayo, Moyobamba en las diferentes estaciones de estudio se mantuvieron, en su mayoría, dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa SANIPES N° 057-2016 para peces de agua dulce indicando que el consumo de *P. blochii* no representa un riesgo significativo para la salud humana en términos de la exposición a metales tóxicos.
2. Según el primer objetivo específico se concluye que el nivel de concentración de As, Cd, Pb y Hg en el tejido muscular de peces de la especie *P. blochii* procedente del río Mayo oscilaron con valores de ( $< 0,07$  mg/kg;  $< 0,04$  mg/kg;  $< 0,04$  mg/kg;  $< 0,05$  mg/kg) indicando que se encuentran por debajo de los límites máximos permitidos por la normativa (1,0 mg/kg para As, 0,05 mg/kg para Cd, 0,5 mg/kg para Hg y 0,30 mg/kg para Pb). Los resultados indican que los niveles de estos metales no representan un riesgo significativo para el consumo de esta especie; sin embargo, urge la necesidad de estar en constante monitoreo para asegurar que los niveles de concentración de estos metales se encuentren dentro de rangos permitidos.
3. Según el segundo objetivo específico se concluye que no existe estación con nivel más significativo de concentración de: Sn, Ba, Mn, Zn, Cr, Cu y Se en el tejido muscular del “bagre” *P. blochii*; puesto que, el análisis de varianza (ANOVA) aplicado a las concentraciones de los metales en las seis estaciones de muestreo mostró que no existen diferencias estadísticas significativas indicando que las concentraciones de los metales analizados son similares en todas las estaciones.

## CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

1. Se sugiere implementar un sistema de monitoreo continuo de la calidad del agua y de los niveles de metales tóxicos en los organismos acuáticos a lo largo del tiempo. Esto ayudaría a identificar tendencias de acumulación de contaminantes y a tomar medidas correctivas en caso de incrementos significativos en las concentraciones de metales, protegiendo tanto la fauna como la salud humana.
2. Se recomienda que se realicen más estudios sobre “determinación de metales tóxicos en peces amazónicos del río Mayo”. Asimismo, hacer investigaciones en la fuente hídrica a fin de que las autoridades competentes establezcan estrategias, medidas de control a las empresas que durante el proceso productivo generen metales pesados que afecten la fauna acuática ocasionando impactos a la salud del consumidor.
3. Aunque las concentraciones de metales en *P. blochii* están dentro de los límites permisibles; se recomienda realizar estudios con una población más amplia de peces no solo de la misma especie, tomando mayor número de muestras en diferentes estaciones y analizando otros tejidos como: riñón, ovarios, hígado y branquias que permitan establecer con mayor precisión la bioacumulación.
4. Se recomienda concientizar a los pobladores de la zona frente a la contaminación hídrica por metales tóxicos y sus efectos.
5. Finalmente, es crucial desarrollar y fortalecer campañas de educación ambiental con el objetivo de minimizar la entrada de metales tóxicos al ecosistema acuático, protegiendo tanto la biodiversidad como la salud de las personas que dependen de estos recursos para el sustento familiar.

## REFERENCIAS

- Agencia de protección ambiental de los estados unidos (2024). Términos T. [https://espanol.epa.gov/espanol/terminost#:~:text=Toxicidad%20\(Toxicity\),la%20vida%20del%20organismo%20expuesto](https://espanol.epa.gov/espanol/terminost#:~:text=Toxicidad%20(Toxicity),la%20vida%20del%20organismo%20expuesto).
- Armenteras, D., González, M., Vergara, K., Luque, J., Rodríguez, N. y Bonilla, A. (2016). Revisión del concepto de ecosistema como “unidad de la naturaleza” 80 años después de su formulación. *Ecosistemas*, 25(1), 83-89. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-1.12>.
- Autoridad Nacional de Sanidad e Inocuidad en Pesca y Acuicultura. (2016, 23 de junio). *Resolución 057 de 2016: Por la cual se establecen los indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros y acuícolas para mercado nacional y de exportación* [Norma oficial].
- Barraza, M. (2018). *Análisis cuantitativo de metales pesados en pescados para exportación a la Unión Europea* [Trabajo de grado, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires]. Repositorio institucional UNICEN <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/items/057f5258-3cb5-457f-a52f-bc8cdce82212>
- Boy, M. (2015). *Determinación de metales pesados en agua, peces, almejas e Hydrilla verticillata del Lago de Izabal* [Tesis de pregrado, Universidad San Carlos de Guatemala]. Repositorio Institucional USAC. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_3741.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3741.pdf)
- Brito, B. y Flor, I. (2023). Incidencia de contenido de cadmio en el chocolate. *Revista Multidisciplinaria de Desarrollo Agropecuario, Tecnológico, Empresarial y Humanista.*, 5(2), 8-8. <https://orcid.org/0000-0002-0377-1930>
- Caballero, C. (2017). *Evaluación de la contaminación por metilmercurio en la especie Pseudoplatystoma fasciatum (bagre rayado) del área de pesca comprendida entre el corregimiento Bijagüal y la zona urbana de Nechí y los humedales El Sapo y Bijagüal del río Nechí; factor de riesgo químico que afecta la calidad de la especie* [Tesis Doctoral, Corporación Universitaria Lasallista]. Repositorio Institucional UNILASALLISTA. <https://repository.unilasallista.edu.co/server/api/core/bitstreams/3532753a-7d4a-4e32-99fb-50be5f2e0881/content>
- Carriquiriborde, P. (2021). *Biodisponibilidad, bioconcentración, bioacumulación y biomagnificación de los contaminantes*. Libros de Cátedra. Editorial de la

- Censo Nacional Agropecuario. (2020). Agropecuario, minería y potencialidades turísticas <http://proyectos.inei.gob.pe/Web/Biblioineipub/Bancopub/Est/Lib0262/Cap-05.Htm>
- Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño (2022). *Definición de riesgo*. <https://ciifen.org/definiciónriesgo/#:~:text=Definici%C3%B3n%20de%20riesgo%20%5B1%5D,la%20siguiente%20f%C3%B3rmula%20de%20riesgo>.
- Chartre, B. y Gomez, S. (2023). Bagre cogotúo. *Fishipedia*. <https://www.fishipedia.es/pez/pimelodus-blochii>
- Covarrubias, A., y Cabriales, P. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33, 7–21. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.esp01.01>
- Dávila, G., Riveiro, S., Silva, F., de Loayza, M., Chávez, A., Ruiz, C. y Renno, F. (2018). Peces de consumo de la Amazonía peruana. *Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP): Iquitos, Perú*.
- Díaz, W. (2020). *Factores que determinan el origen de la contaminación de suelos por arsénico en la comunidad de Llacuabamba, Pataz, mediante procedimientos secuenciales y alternos* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Cibertesis. <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/TE0334.pdf>
- Escorra, A. (2017). *Diversidad ictiológica y estado de conservación del río Mayo (provincias de Rioja, Moyobamba y Lamas), cuenca del río Huallaga, San Martín (2006–2017)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Cibertesis. [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/7418/Escorra\\_aa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/7418/Escorra_aa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gamarra, A. y Uceda, L. (2017). *Determinación de metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica en truchas arcoíris “*Oncorhynchus mykiss*” del río Chiapuquio de Ingenio* [Tesis de pregrado, Universidad Inca Garcilaso de la Vega]. Repositorio Institucional UIGV.

- Gómez, L., Peña, B., Guzmán, L., Salgado, H., Cervantes, A., Bautista, R. y Alejo, M. (2020). *Determinación de la edad y crecimiento de organismos acuáticos con énfasis en peces*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.zaragoza.unam.mx/wpcontent/Portal2015/publicaciones/libros/cbiologicas/libros/Determinacion-en-peces.pdf>.
- Heredia, E. (2016). *Proceso de creación de un comité de subcuenca en la Amazonía – cuenca del río Mayo*. <https://es.scribd.com/document/397542706/Csca-Cuenca-Rio-Mayo-Et-gi-csca>
- Hernández, S., Fernández, C., y Baptista, L. (2018). *Metodología de la investigación* (6.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sextaedicion.compressed.pdf>
- Herrera, E., Bryan, J., y Velarde Cruz, D. E. (2024). *Evaluación del comportamiento de los parámetros físicos del agua, para determinar el estado trófico del lago Cuicocha, provincia de Imbabura* [Plan de trabajo de integración curricular para optar al título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional UTN. <https://agris.fao.org/search/en/providers/124703/records/67051456b1dfe472e14574d1>.
- Inaturalis Co. (2023). *Naturalistas Colombia*. <https://colombia.inaturalist.org/taxa/49175-Siluriformes>.
- Instituto Nacional de Ciberseguridad. (2020). *Amenaza vs vulnerabilidad: Cómo diferenciarlas*. <https://www.incibe.es/empresas/blog/amenaza-vs-vulnerabilidad-diferenciarlos#:~:text=Definici%C3%B3n%20de%20vulnerabilidad%20y%20amenaza,o%20carencias%20que%20pueda%20tener>.
- Jiménez, D. (2017). *Determinación de plomo y cadmio en sedimentos y organismos (peces comercializados) en el Puente Portete del Estero Salado (Guayaquil) y su impacto generado* [Tesis de Maestría, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil. <https://repositorio.ug.edu.ec/bitstreams/76499eb1-ca15-4c2c-9981-53fdfeceee27/download>.
- Madueño, F. (2017). *Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (Lactuca sativa) en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional UNMSM. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/7349>

- Mallma, S. (2018). *Alteración histopatológica en alevines de tilapia (Oreochromis niloticus) expuestos al cloruro de cadmio en ensayos de toxicidad aguda* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. [https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/5093/UNFV\\_Mallma\\_Vivanco\\_Natali\\_Sofia\\_Titulo\\_Profesional\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/5093/UNFV_Mallma_Vivanco_Natali_Sofia_Titulo_Profesional_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Medina, M., Robles, P., Mendoza, M. y Torres, C. (2018). Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. *Revista Peruana de medicina experimental y salud pública*, 35, 93-102. <https://www.scielo.org/article/rpmesp/2018.v35n1/93-102>.
- Mero, M., Pernía, B., Ramírez, N., Bravo, K., Ramírez, L., Larreta, E., y Egas, F. (2019). Concentración de cadmio en agua, sedimentos, *Eichhornia crassipes* y *Pomacea canaliculata* en el río Guayas (Ecuador) y sus afluentes. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(3), 623–640. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.03.09>
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Línea base de la diversidad genética de los peces ornamentales, prospección de la diversidad, estudio socioeconómico, ecológico, flujo de genes y sistematización* (1ra ed.). <https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2020/02>
- Newrick, A. y Laca, A. (2024). Mitigación mediante bacterias, hongos y organismos superiores de los impactos ambientales ocasionados por microplásticos en ecosistemas acuáticos. *Ingeniería del Agua*, 28(3), 169–184. <https://doi.org/10.4995/ia.2024.21599>
- Núñez, F. (2023). *Evaluación toxicológica de cadmio, plomo y arsénico en suelo agrícola y rábano (Raphanus sativus) en zona Huachipa-Nievería, distrito Lurigancho-Chosica* [Tesis de licenciatura, Universidad Norbert Wiener]. Repositorio Institucional UWIENER. [https://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13053/9689/T061\\_09559667\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13053/9689/T061_09559667_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Núñez, W. E., Sotomayor, D. A., Ballardo, C. V., y Herrera, E. (2023). Potencial de la biomasa fúngica: producción y mecanismos de biorremediación de metales pesados del compost de residuos sólidos orgánicos municipales. *Scientia Agropecuaria*, 14(1), 79-91.
- Obregón, C., y Zambrano, J. (2017). *Evaluación microbiológica (aerobios mesófilos, Bacillus cereus y Staphylococcus aureus) y químico-toxicológica de metales pesados (Pb, Hg) en leche para consumo humano en el distrito de Puente Piedra-Lima* [Tesis

de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Cibertesis UNMSM. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/7053>

Organismo Nacional de Sanidad Pesquera. (2016). *Indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros y acuícolas para mercado nacional y de exportación*. [http://www.sanipes.gob.pe/normativas/15\\_R\\_DE\\_N\\_057\\_2016\\_A1.pdf](http://www.sanipes.gob.pe/normativas/15_R_DE_N_057_2016_A1.pdf).

Organización Mundial de la Salud. (2024). *Intoxicación por plomo*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health#:~:text=Las%20principales%20fuentes%20de%20contaminaci%C3%B3n,%C3%A1cido%20para%20veh%C3%ADculos%20de%20motor>

Ortega, A., y Peña, A. (2020). *Evaluación del riesgo a la salud humana asociado al consumo de peces contaminados por metales pesados en el embalse del Guájaro, Atlántico-Colombia* [Trabajo de grado, Corporación Universidad de la Costa]. Repositorio Institucional UC. <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/7836/EVALUACI%C3%93N%20DEL%20RIESGO%20A%20LA%20SALUD%20HUMANA%20ASOCIADO%20AL%20CONSUMO.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

Organización Mundial de la Salud. (2022). *Arsénico*. [https://www-who-int.translate.goog/news-room/fact-sheets/detail/arsenic?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es&\\_x\\_tr\\_pto=sge#:~:text=People%20are%20exposed%20to%20elevated,contaminated%20food%20and%20smoking%20tobacco](https://www-who-int.translate.goog/news-room/fact-sheets/detail/arsenic?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=People%20are%20exposed%20to%20elevated,contaminated%20food%20and%20smoking%20tobacco).

Oyarce, G. y Rodríguez, J. (2021). *Influencia en la contaminación por plaguicidas en la calidad de suelo de cultivo de arroz en el distrito de Cacatachi, provincia de San Martín* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/71922/Oyarce\\_QFG-Rodriguez\\_VJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/71922/Oyarce_QFG-Rodriguez_VJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Paetán, Q., y Alexander, S. (2021). Niveles de As, Cd, Cu, Mn, Se y Zn en tejido muscular y hepático del *Cheilodactylus variegatus* Valenciennes, 1833 “Pintadilla” en la zona costera de Lima, Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 87(2), 137–148. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v87i2.337>

Pabón, S., Benítez, R., Sarria, R. y Gallo, J. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción: Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9–18. <https://doi.org/10.31908/19098367.1734>

- Panduro, G., Rengifo, G. C., Barreto, J. L., Arbaiza-Peña, Á. K., Iannacone, J., Alvaríño, L. y Crnobrna, B. (2020). Bioacumulación por mercurio en peces y riesgo por ingesta en una comunidad nativa en la Amazonía peruana. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, **31**(3), e18177. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i3.18177>
- Perea, V. y Ochoa, V. (2019). Bioacumulación de metales pesados en dos especies de peces vendidos en el mercado de Paloquemao (Bogotá). *Ingeciencia*, **4**, 55–65. <https://revistas.ucentral.edu.co/index.php/Ingeciencia/article/view/3084>
- Pedraza, L. (2021). *Diagnóstico de contaminación por mercurio y arsénico en bocachico (Prochilodus magdalenae) y bagre blanquillo (Sorubim cuspicaudus) en la Ciénaga de Ayapel y el riesgo de exposición asociado a su consumo* [Tesis de maestría, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Repositorio Institucional UPTC. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/8857>
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M. y González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, **16**(2), 66–77. [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria\\_sogamoso/article/view/5447/4518](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/5447/4518)
- Rangel, R. (2017). Editorial: Metales tóxicos en alimentos. *Revista del Instituto Nacional de Higiene "Rafael Rangel"*, **48**(1–2). <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/06/1000319/editorial-metales-toxicos-en-alimentos.pdf>
- Riofrío, C. (2021). *Crecimiento, mortalidad, aspectos reproductivos y biometría de bagre (Pimelodus blochii) de la cuenca del río Ucayali (2013–2019)* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio Institucional UNU. [http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5050/B71\\_UNU\\_MAESTRIA\\_2021\\_TM\\_JOSE-RIOFRIO\\_V2.pdf?sequence=5&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5050/B71_UNU_MAESTRIA_2021_TM_JOSE-RIOFRIO_V2.pdf?sequence=5&isAllowed=y)
- Rivera, B. y Moccetti, N. (2018). Concentración de plomo, mercurio y cadmio en músculo de peces y muestras de agua procedentes del Río Santa, Ancash-Perú. *Salud y Tecnología Veterinaria*, **6**(1), 35. <https://doi.org/10.20453/stv.v6i1.3376>
- Romero, S. (2021). *Determinación de cadmio, mercurio y plomo en peces amazónicos y análisis de agua procedentes del río Huallaga en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco 2020* [Tesis de licenciatura, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional de la Universidad de Huánuco.
- Rosales, E., Cotrina, M., Valdivieso, G., Sales, F., García, E. y Ordoñez, E. (2020). Bioacumulación de metales pesados en tres especies de peces bentónicos del río

Monzón, región Huánuco. *Revista de Investigación Científica (Rebiol)*, 40(1), 69–78. <https://doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.01.08>

Sánchez, L. (2023). *Biomagnificación de metales pesados en una cadena trófica a través de un gradiente de contaminación en Huautla, Morelos* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. Repositorio Institucional UAEM. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3535/SASLLL02.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Salas-Mercado, D., Hermoza-Gutiérrez, M., y Salas-Ávila, D. (2020). Distribución de metales pesados y metaloides en aguas superficiales y sedimentos del río Crucero, Perú. *Revista Boliviana de Química*, 37(4), 185–193. <https://www.redalyc.org/journal/4263/426365221001/html/#:~:text=El%20pH%20tiene%20amplia%20influencia%20en%20el,toxicidad%20del%20cuerpo%20acu%C3%A1tico%20que%20los%20contiene>

Shuan, F. (2023). *Inmovilización de metales pesados en el humedal construido, para la recuperación del drenaje ácido de mina en Mesapata, Recuay–Ancash, 2022* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio Institucional UNASAM. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5749>

Vásquez G., A. P. (2018). *Calidad sanitaria de las especies: Prochilodus nigricans “boquichico”, Pimelodus blochii “bagre” y Mylossoma duriventre “palometa” por presencia de plomo (Pb) en las aguas del río Ucayali; tramo: confluencia del río Tambo con el río Urubamba hasta la desembocadura del río Pachitea, en la región Ucayali-julio 2017* [Tesis de pregrado, Universidad de Ucayali]. Repositorio Institucional UNU. <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3630/AMBIENTAL-2018-ANDYVASQUEZ-RESUMEN.pdf?sequence=1>

Zou, Y., Lou, S., Zhang, Z., Liu, S., Zhou, X., Zhou, F., y Fedorova, I. V. (2024). Predictions of heavy metal concentrations by physiochemical water quality parameters in coastal areas of Yangtze River estuary [Predicciones de concentraciones de metales pesados según parámetros fisicoquímicos de calidad del agua en zonas costeras del estuario del río Yangtze]. *Marine Pollution Bulletin*, 199, 115951. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115951>

Zonificación Ecológica Económica del Alto Mayo. (2007). *Informe temático de hidrobiología*. Convenio de cooperación entre el Proyecto Especial Alto Mayo y el Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana. [http://terra.iiap.gob.pe/assets/files/meso/07\\_zee\\_altomayo/06\\_Hidrobiologia\\_2007.pdf](http://terra.iiap.gob.pe/assets/files/meso/07_zee_altomayo/06_Hidrobiologia_2007.pdf)

## TERMINOLOGÍA

**Amenaza.** Son aquellos peligros que generan daños a los seres vivos y al medio ambiente ya sea de manera natural o causado por las personas [Instituto Nacional de Ciberseguridad (INCIBE, 2020)].

**Bioacumulación.** Acumulación de metales pesados con el paso del tiempo en un determinado organismo, ya sea animales o plantas (Rosales *et al.*, 2020).

**Bioconcentración.** Es aquella acumulación de los contaminantes en el organismo a partir del agua y por la ingestión de alimento llevándose a cabo un aumento de las concentraciones (Carriquiriborde, 2021).

**Contaminación.** Dispersión de un compuesto o elemento químico que genera alteraciones en un medio (suelo, aire y agua), generando efectos adversos en el medio ambientales y quienes lo habitan (Pabón *et al.*, 2020).

**Ecosistema.** Conjunto de especies u organismos en una determinada área interactuando entre ellas y con el medio ambiente (Armenteras *et al.*, 2016)

**Ecosistemas acuáticos.** Son aquellos ecosistemas como: mares, ríos, lagos, arroyos, lagunas, pantanos, etc que juegan un rol importante en los ciclos del agua (Newrick y Laca, 2024).

**Límites máximos permisibles (LMP).** Es la cantidad máxima aceptable de cierto elemento sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, para determinar la calidad y seguridad del consumo (MINAM, 2019).

**Metales tóxicos.** Son aquellos elementos químicos cuyo peso atómico está entre 63,55 y 200,59. Estos elementos químicos representan cierta toxicidad para el ser humano dependiendo de la concentración en que se encuentren (Rangel, 2017).

**Riesgo.** Probabilidad de una amenaza o un peligro que en un determinado tiempo se convierta en un desastre generando daño a los seres vivos y el entorno [Centro internacional para la investigación del fenómeno del niño (CIIFEN, 2022)]

**Toxicidad.** Capacidad que tiene una sustancia para generar daños a los seres vivientes; el cual puede ser crónica y aguda [Agencia de protección ambiental de los estados unidos (EPA, 2024)]

# APÉNDICES

## Apéndice 1

Resultados del laboratorio según el informe N° 1804562 – 2024 con valor oficial



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC. - IAS  
CON REGISTRO TL - 829



### INFORME DE ENSAYO N° 1804562-2024 CON VALOR OFICIAL

**RAZÓN SOCIAL** : LLANOS DELGADO MABEL  
**DOMICILIO LEGAL** : MOYOBAMBA - SAN MARTÍN - MOYOBAMBA  
**SOLICITADO POR** : LLANOS DELGADO MABEL  
**REFERENCIA** : RESERVADO POR EL CLIENTE  
**PROCEDENCIA** : RÍO MAYO - MOYOBAMBA  
**FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS** : 2024-06-20  
**FECHA(S) DE ANÁLISIS** : 2024-06-20 AL 2024-07-08  
**FECHA(S) DE MUESTREO** : 2024-06-18  
**MUESTREADO POR** : EL CLIENTE  
**CONDICIÓN DE LA MUESTRA** : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

#### I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	Unidades
<b>Total Metals (Biological Tissues)</b> Aluminum (Al), Antimony (Sb), Arsenic (As), Barium (Ba), Beryllium (Be), Cadmium (Cd), Calcium (Ca), Chromium (Cr), Cobalt (Co), Copper (Cu), Iron (Fe), Lead (Pb), Lithium (Li), Magnesium (Mg), Manganese (Mn), Mercury (Hg), Molybdenum (Mo), Nickel (Ni), Phosphorus (P), Potassium (K), Selenium (Se), Silver (Ag), Sodium (Na), Strontium (Sr), Thallium (Tl), Uranium (U), Vanadium (V), Zinc (Zn).	EPA Method 200.3, Rev. 1, April, 1991. Metals, Total Recoverable in Biological Tissues / EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version 1994.	mg/Kg

ING. TELLO PAUCAR  
MARILU  
SERVICIOS ANALITICOS  
GENERALES SAC  
Firmado con www.tocapu.pe

DIRECTOR TÉCNICO DE LABORATORIO

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

Cod. FI 005 / Versión: 03 / F.E.: 06/2023

Este informe de ensayo al estar en el marco de la acreditación del Organismo Internacional de Acreditación-IAS, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC.  
**OBSERVACIONES:** • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego será eliminadas.  
**IMPORTANTE:** • Este documento fue emitido con firma electrónica de valor legal en formato PDF. Debe solicitar su documento electrónico para verificar la autenticidad. Puedes comprobar la validez del mismo haciendo clic sobre la firma, saldrá un aviso. Validez de firma: firma válida, de no validarse el documento es falso. Notifique al correo: [laboratorio@sagperu.com](mailto:laboratorio@sagperu.com) si su informe ha sido adulterado.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio: Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
 • Central telefónica (511) 425-6885 • Web: [www.sagperu.com](http://www.sagperu.com) • Contacto Electrónico: [sagperu@sagperu.com](mailto:sagperu@sagperu.com)

Página 1 de 3



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC. - IAS  
CON REGISTRO TL - 829



INFORME DE ENSAYO N° 1804562-2024  
CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Tejido Animal	Tejido Animal	Tejido Animal
Matriz analizada	Tejido Animal	Tejido Animal	Tejido Animal
Fecha de muestreo	2024-06-18	2024-06-18	2024-06-18
Hora de inicio de muestreo (h)	10:30	10:40	10:50
Condiciones de la muestra	Refrigerada	Refrigerada	Refrigerada
Código del Cliente	P-1 BAGRE	P-2 BAGRE	P-3 BAGRE
Código del Laboratorio	24061359	24061360	24061361
ENSAYO ACREDITADO ANTE IAS-829			
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
<b>Metales totales</b>			
Silver / Plata (Ag)	0.05	mg/kg	0.06 <0.05 <0.05
Aluminium / Aluminio (Al)	0.7	mg/kg	<0.7 <0.7 <0.7
Arsenic / Arsénico (As)	0.07	mg/kg	<0.07 <0.07 <0.07
Boron / Boro (B)	0.10	mg/kg	<0.10 <0.10 <0.14
Barium / Bario (Ba)	0.09	mg/kg	0.10 0.28 1.14
Beryllium / Berilio (Be)	0.04	mg/kg	<0.04 <0.04 <0.04
Calcium / Calcio (Ca)	1.4	mg/kg	1773.3 3381.6 6632.6
Cadmium / Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	<0.04 <0.04 <0.04
Cerium / Cerio (Ce)	0.14	mg/kg	<0.14 <0.14 <0.14
Cobalt / Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	<0.04 <0.04 <0.04
Chromium / Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	<0.04 <0.04 <0.04
Copper / Cobre (Cu)	0.05	mg/kg	0.25 0.28 0.26
Iron / Hierro (Fe)	0.12	mg/kg	2.16 2.99 3.90
Mercury / Mercurio (Hg)	0.05	mg/kg	<0.05 <0.05 <0.05
Potassium / Potasio (K)	1.8	mg/kg	1765.5 2475.4 2509.3
Lithium / Litio (Li)	0.14	mg/kg	<0.14 <0.14 <0.14
Magnesium / Magnesio (Mg)	1.9	mg/kg	116.7 194.5 175.4
Manganese / Manganeso (Mn)	0.04	mg/kg	1.24 0.53 1.44
Molybdenum / Molibdeno (Mo)	0.07	mg/kg	<0.07 <0.07 <0.07
Sodium / Sodio (Na)	1.6	mg/kg	152.9 363.3 318.7
Nickel / Niquel (Ni)	0.05	mg/kg	<0.05 <0.05 <0.05
Phosphorus / Fósforo (P)	0.15	mg/kg	1950.39 3229.28 4760.23
Lead / Plomo (Pb)	0.04	mg/kg	<0.04 <0.04 <0.04
Antimony / Antimonio (Sb)	0.10	mg/kg	<0.10 <0.10 <0.10
Selenium / Selenio (Se)	0.16	mg/kg	0.28 0.32 0.65
Tin / Estaño (Sn)	0.05	mg/kg	3.48 3.52 3.49
Strontium / Estroncio (Sr)	0.04	mg/kg	1.44 4.53 7.83
Titanium / Titanio (Ti)	0.04	mg/kg	<0.04 <0.06 0.10
Talium / Talio (Tl)	0.15	mg/kg	<0.15 <0.15 <0.15
Vanadium / Vanadio (V)	0.05	mg/kg	<0.05 <0.05 <0.10
Zinc (Zn)	0.14	mg/kg	6.79 11.66 17.44
Uranium / Uranio (U)	0.15	mg/kg	<0.15 <0.15 <0.15

L.D.M.: Limite de detección del método

Cod. FI 005 / Versión: 03 / FE.: 06/2023

Este informe de ensayo al estar en el marco de la acreditación del Organismo Internacional de Acreditación-IAS, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC.  
**OBSERVACIONES:** • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego será eliminadas.  
**IMPORTANTE:** • Este documento fue emitido con firma electrónica de valor legal en formato PDF. Debe solicitar su documento electrónico para verificar la autenticidad. Puedes comprobar la validez del mismo haciendo clic sobre la firma, saldrá un aviso: 'Validez de firma : firma válida', de no validarse el documento es falso. Notifique al correo: [laboratorio@saggeru.com](mailto:laboratorio@saggeru.com) si su informe ha sido adulterado.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio: Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
 • Central telefónica (511) 425-6885 • Web: [www.saggeru.com](http://www.saggeru.com) • Contacto Electrónico: [saggeru@saggeru.com](mailto:saggeru@saggeru.com)



INFORME DE ENSAYO N° 1804562-2024  
CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Tejido Animal	Tejido Animal	Tejido Animal
Matriz analizada	Tejido Animal	Tejido Animal	Tejido Animal
Fecha de muestreo	2024-06-18	2024-06-18	2024-06-18
Hora de inicio de muestreo (h)	11:00	11:10	11:20
Condiciones de la muestra	Refrigerada	Refrigerada	Refrigerada
Código del Cliente	P-4 BAGRE	P-5 BAGRE	P-6 BAGRE
Código del Laboratorio	24061362	24061363	24061364
ENSAYO ACREDITADO ANTE IAS-829			
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
<b>Metales totales</b>			
Silver / Plata (Ag)	0.05	mg/kg	<0.05
Aluminium / Aluminio (Al)	0.7	mg/kg	<0.7
Arsenic / Arsénico (As)	0.07	mg/kg	<0.07
Boron / Boro (B)	0.10	mg/kg	<0.10
Barium / Bario (Ba)	0.09	mg/kg	0.83
Beryllium / Berilio (Be)	0.04	mg/kg	<0.04
Calcium / Calcio (Ca)	1.4	mg/kg	3955.3
Cadmium / Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	<0.04
Cerium / Cerio (Ce)	0.14	mg/kg	<0.14
Cobalt / Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	<0.04
Chromium / Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	0.12
Copper / Cobre (Cu)	0.05	mg/kg	0.25
Iron / Hierro (Fe)	0.12	mg/kg	3.80
Mercury / Mercurio (Hg)	0.05	mg/kg	<0.05
Potassium / Potasio (K)	1.8	mg/kg	2580.8
Lithium / Litio (Li)	0.14	mg/kg	<0.14
Magnesium / Magnesio (Mg)	1.9	mg/kg	202.2
Manganese / Manganeso (Mn)	0.04	mg/kg	1.10
Molybdenum / Molibdeno (Mo)	0.07	mg/kg	<0.07
Sodium / Sodio (Na)	1.6	mg/kg	423.9
Nickel / Niquel (Ni)	0.05	mg/kg	<0.05
Phosphorus / Fósforo (P)	0.15	mg/kg	3523.36
Lead / Plomo (Pb)	0.04	mg/kg	<0.04
Antimony / Antimonio (Sb)	0.10	mg/kg	<0.10
Selenium / Selenio (Se)	0.16	mg/kg	0.76
Tin / Estaño (Sn)	0.05	mg/kg	3.25
Strontium / Estroncio (Sr)	0.04	mg/kg	4.65
Titanium / Titanio (Ti)	0.04	mg/kg	0.08
Tallium / Talio (Tl)	0.15	mg/kg	<0.15
Vanadium / Vanadio (V)	0.05	mg/kg	<0.05
Zinc (Zn)	0.14	mg/kg	17.66
Uranium / Uranio (U)	0.15	mg/kg	<0.15

L.D.M.: Límite de detección del método

Lima, 09 de Julio del 2024.

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

Cod. FI 005 / Versión: 03 / FE.: 06/2023

Este informe de ensayo al estar en el marco de la acreditación del Organismo Internacional de Acreditación-IAS, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC.

**OBSERVACIONES:** • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego será eliminadas.

**IMPORTANTE:** • Este documento fue emitido con firma electrónica de valor legal en formato PDF. Debe solicitar su documento electrónico para verificar la autenticidad. Puedes comprobar la validez del mismo haciendo clic sobre la firma, saldrá un aviso: 'Validez de firma - firma válida', de no validarse el documento es falso. Notifique al correo: [laboratorio@sagperu.com](mailto:laboratorio@sagperu.com) si su informe ha sido adulterado.


SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio: Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
• Central telefónica (511) 425-6885 • Web: [www.sagperu.com](http://www.sagperu.com) • Contacto Electrónico: [sagperu@sagperu.com](mailto:sagperu@sagperu.com)

Página 3 de 3

## Apéndice 2

### Ficha técnica a través de una cadena de custodia de monitoreo



**CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS**

FR-005  
 Versión: 07  
 F.E: 12/2022  
 Página.....de.....

**Cliente:** Mabel Elizabet Llanos Delgado

**Lugar:** Río Mayo -Moyobamba

**Carta/Cotización:** 2024-06VH-17-1-1

**Contacto:** Mabel Llanos

**Empresa:**

**E-mail:** 2013101429@ucss.pe

**Planta:**

**Proyecto:**

MUESTREO POR SAG
  MUESTREO POR CLIENTE


  

PUNTO DE MUESTREO ó CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		TIPO DE MATRIZ	metal es totales	PARAMETROS IN SITU												ANALISIS DE LABORATORIO												CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
	FECHA	HORA																												
P-1 BAGRE	18-Jun	10:30	Tejido animal	X																									24061359	
P-2 BAGRE	18-Jun	10:40	Tejido animal	X																									24061360	
P-3 BAGRE	18-Jun	10:50	Tejido animal	X																									24061361	
P-4 BAGRE	18-Jun	11:00	Tejido animal	X																									24061362	
P-5 BAGRE	18-Jun	11:10	Tejido animal	X																									24061363	
P-6 BAGRE	18-Jun	11:20	Tejido animal	X																									24061364	
<div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; display: inline-block;">                     SERVICIOS ANALITICOS GENERALES  <b>RECIBIDO</b>                      20 JUN 2024                      RECEPCION DE MUESTRAS                      SAG                 </div>																														

Observaciones de Muestreo: Análisis Filete de pescado bagre

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Mabel Llanos Delgado

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: \_\_\_\_\_

Firma(s): 

Firma(s): \_\_\_\_\_

Recibido en laboratorio: PB

Día/Hora: 12:15

### Apéndice 3

#### *Panel fotográfico de las estaciones de muestreo*



*Nota.* Estación 1 – puerto Tahuishco (P1).



*Nota.* Estación 2 – puerto motilonos (P2).



*Nota.* Estación 3 – puente zapote (P3).



*Nota.* Estación 4 – sector Tingana (P4).



*Nota.* Estación 5 – sector Huascayacu (P5).



*Nota.* Estación 6 – balsa cautiva (P6).