

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE ALTO AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS**

**Escuela Profesional de Ciencias Biológicas y Acuicultura**



**TESIS**

Determinación de metales pesados en peces del corredor petrolero de

Loreto y su implicancia en la salud humana

Para obtener el título profesional de Biólogo acuícola

**PRESENTADO POR:**

Cynthia Elizabeth Zambrano Panduro

(Orcid: 0000-0001-7056-7692)

**ASESOR:**

Dr. Fred William Chu Koo

(Orcid: 0000-0002-1046-8147)

**Yurimaguas – Alto Amazonas**

**2025**



## MDJ-02. DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Dr. Marco Antonio Mathios Flores coordinador de la Facultad de Ingeniería y Ciencias, Programa de Estudios de Acuicultura, de la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas.

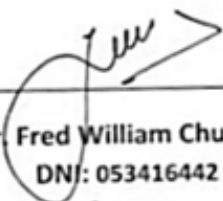
### DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "Determinación de metales pesados en peces del corredor petrolero de Loreto y su implicancia a la salud Humana", constituye la memoria que presenta el Bachiller Cynthia Elizabeth Zambrano Panduro para aspirar al título de Profesional en Bióloga acuícola

Ha sido realizado en la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Yurimaguas, a los 9 Días del mes de enero Del año 2026.



Dr. Fred William Chu Koo  
DN: 053416442  
Asesor

Determinación de metales pesados en peces del corredor petrolero de Loreto y su implicancia a la salud humana

## TESIS

Presentada para optar el título profesional de Bióloga Acuícola

### JURADO CALIFICADOR



---

Dr. Luis Alberto Arévalo  
López  
**Presidente**

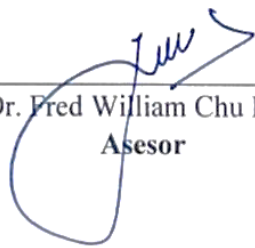


---

Mg. Magno Rosendo Reyes  
Bedriñana  
**Miembro**

---

Mg. Juvenal Napuchi Linares  
**Miembro**



---

Dr. Fred William Chu Koo  
**Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE ALTO AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS**

**Escuela Profesional de Ciencias Biológicas y Acuicultura**

**TESIS**

**Determinación de metales pesados en peces del corredor petrolero  
de Loreto y su implicancia en la salud humana**

Para obtener el título profesional de Biólogo acuícola

**PRESENTADO POR:**

Cynthia Elizabeth Zambrano Panduro

**ASESOR:**

Dr. Fred William Chu Koo

**Yurimaguas – Alto Amazonas  
2025**

## DEDICATORIA

*A mi querida mamá, Cynthia Trinidad Panduro López, quien ha sido mi apoyo inquebrantable, mi guía y mi fuente constante de amor. Tu sacrificio y dedicación me han inspirado a ser la mejor versión de mí misma. Gracias por todo lo que has hecho por mí.*

## AGRADECIMIENTO

- A Dios todopoderoso por protegerme todos los días de mi vida y haberme sostenido durante todos los años de mi formación académica.
- A la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas, que, por intermedio de la Vicepresidencia de Investigación, ha financiado la realización de esta tesis, como parte del proyecto de investigación titulado “*Distribución, contenido y evaluación de riesgos para la salud de metales pesados (loides) en peces de diferentes cuerpos de agua del Nor-orienté peruano*“. Este apoyo ha sido fundamental y ha tenido un impacto significativo en mi vida académica.
- A todos los docentes nombrados y contratados adscritos a la Escuela Profesional de Ciencias Biológicas y Acuicultura de la UNAAA, por compartir sus experiencias y conocimientos durante mi formación académica.
- Al Dr. Fred William Chu Koo, por su asesoramiento, comprensión y acompañamiento durante toda la fase de desarrollo de mi tesis.
- A los señores docentes de la UNAAA, Dra. Magaly Alejandra Brousett Minaya y MSc. Juvenal Napuchi Linares, por su invitación a formar parte del proyecto de investigación que financió mi trabajo de tesis, por el tiempo de trabajo compartido en campo y en laboratorio y por los valiosos consejos brindados en todo este tiempo.
- Finalmente, a todos aquellos que de una u otra forma contribuyeron en mi desarrollo personal y en la ejecución del presente trabajo de investigación, cuyos aportes a la sociedad espero sean de utilidad.

## RESUMEN

La tesis tuvo como objetivo determinar la presencia de metales pesados en el músculo de peces del Corredor Petrolero de Loreto (CPL) y evaluar sus posibles implicancias en la salud humana mediante el cálculo de índices de riesgo carcinogénico y no carcinogénico. Entre enero y febrero de 2023 se recolectaron muestras de músculo de peces en 22 estaciones distribuidas en cuatro cuencas hidrográficas: Corrientes, Tigre, Pastaza y Morona. Las muestras fueron agrupadas por estación, integrando todas las especies capturadas, y analizadas por duplicado para determinar las concentraciones de As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn y Hg. Los resultados evidenciaron concentraciones elevadas de Cr, As y Hg en diversas localidades. Destacó el río Tigre, donde se registró una concentración máxima de Cr de 1.047 mg/kg (peso húmedo) cerca del poblado 28 de Julio. Asimismo, se detectaron altos niveles de Hg en peces capturados en Paiche Playa y Piura, con valores superiores a los límites establecidos por la OMS, FAO y la Unión Europea. El análisis de riesgo indicó peligro no carcinogénico por exposición a Hg ( $THQ > 1$ ) en 10 comunidades y un riesgo carcinogénico significativo asociado al Cr en todas las cuencas evaluadas.

**Palabras claves:** Amazonía peruana, ecosistemas acuáticos, seguridad alimentaria, salud pública, carcinógeno

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis was to determine the presence of heavy metals in fish muscle from the Loreto Oil Corridor (LOC) and to assess their potential implications for human health through the calculation of carcinogenic and non-carcinogenic risk indices. Between January and February 2023, fish muscle samples were collected from 22 sampling stations located in four river basins: Corrientes, Tigre, Pastaza, and Morona. Samples were grouped by station, combining muscle tissues from all captured fish species, and analyzed in duplicate to determine concentrations of As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, and Hg. The results revealed elevated concentrations of Cr, As, and Hg in several locations. The Tigre River stood out, where a maximum Cr concentration of 1.047 mg/kg (wet weight) was recorded near the town of 28 de Julio. In addition, high Hg levels were detected in fish collected from Paiche Playa and Piura, exceeding the safety limits established by the WHO, FAO, and the European Union. Risk assessment indicated non-carcinogenic risk due to Hg exposure ( $THQ > 1$ ) in 10 communities and a significant carcinogenic risk associated with Cr in all evaluated river basins.

**Keywords:** Peruvian Amazon, aquatic ecosystems, food safety, public health, carcinogen.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE.....	vi
LISTA DE TABLAS.....	viii
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	9
1.1. Planteamiento Y Formulación.....	9
1.2. Formulación De Problema .....	10
1.2.1. Problema general .....	10
1.2.1. Problemas específicos .....	11
1.3. Objetivos .....	11
1.3.1. Objetivo General.....	11
1.3.2. Objetivos Específicos.....	11
1.4. Justificación E Importancia.....	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Antecedentes Del Estudio .....	14
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	14
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	16
2.2. Bases Teóricas .....	17
2.3. Definición De Términos Básicos.....	29
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN .....	34
3.1. Participantes .....	34
3.1.1. Población y muestra.....	34
3.2. Técnicas E Instrumento De Recolección De Datos.....	34
3.2.1. Muestras biológicas .....	34

3.2.2. Análisis químicos.....	35
3.2.3. Encuestas.....	35
3.3. Procedimiento.....	35
3.4. Tipo De Investigación.....	44
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1. Resultados .....	45
4.1.2. Presencia de metales en los músculos de los peces.....	45
4.1.2. Implicancias en la salud .....	49
4.1.3. Riesgo no cancerígeno .....	51
4.1.4. Riesgo cancerígeno .....	53
4.1.5. Análisis de riesgo no cancerígeno y riesgo cancerígeno .....	55
5.2. Discusión.....	57
5.2.1. Presencia de metales pesados en el músculo de pescado .....	57
5.2.2. Riesgo para la salud humana .....	60
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....	62
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES.....	63
CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64
ANEXO .....	69

## Lista De Tablas

<b>Tabla 1.</b> Niveles máximos permisibles de concentración de metales pesados (mg/kg) en músculo de peces según varias agencias internacionales. ....	22
<b>Tabla 2.</b> Listado de algunas especies de peces amazónicos capturadas y consumidas por la población amazónica. Listado de algunas especies de peces amazónicos capturadas y consumidas por la población amazónica. ....	23
<b>Tabla 3.</b> Nombre, etnia mayoritaria y ubicación geográfica (UTM) de las localidades seleccionadas para el estudio. ....	36
<b>Tabla 4.</b> Concentraciones de metales pesados presentes en músculos de peces colectados en 22 estaciones de muestreo localizados en cuatro ríos del Corredor Petrolero de Loreto (Tigre, Morona, Corrientes y Pastaza). ....	46
<b>Tabla 5.</b> Estadística descriptiva de la concentración de metales pesados (mg/kg de peso húmedo) en los músculos de los peces colectados en los cuatro ríos del corredor petrolero de Loreto. ....	47
<b>Tabla 6.</b> Niveles máximos permisibles de concentración de metales pesados (mg/kg) según directrices internacionales. ....	48
<b>Tabla 7.</b> Resultado de la ingesta diaria estimada (EDI) en mg/kg/día para cada elemento estudiadas de las cuencas de los ríos Tigre, Morona, Corrientes y Pastaza. ....	50
<b>Tabla 8.</b> Resultados de riesgo no cancerígeno (THQ) para cada metal analizado en las muestras agrupadas de pescado colectados de las cuencas de los ríos Tigre, Morona, Corrientes y Pastaza, región Loreto. ....	51
<b>Tabla 9.</b> Resultados del riesgo cancerígeno (CRI) para cada metal analizado en las muestras de pescado colectados de los ríos Tigre, Morona, Corriente y Pastaza, región Loreto. ....	53
<b>Tabla 10.</b> Análisis de riesgo no cancerígeno y riesgo cancerígeno de metales presentes en el pescado consumido en el Corredor Petrolero de Loreto. ....	56

## **CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Planteamiento y Formulación**

Los metales pesados son elementos de elevado peso atómico potencialmente tóxicos, que son derivados de procesos industriales y antropogénicos. Incluso en bajas concentraciones pueden ser un riesgo para la salud de la población en general (Heredia, 2017; Vargas & Marrugo, 2019).

Los peces son uno de los grupos de organismos acuáticos más afectados por la bioacumulación de elementos pesados en el tejido muscular, por lo cual son excelentes indicadores de contaminación, pero al mismo tiempo, su consumo a veces genera consecuencias negativas en la salud humana (Sarmiento & Faucheux, 2020). Se ha evidenciado que el consumo frecuente de peces con altas concentraciones de metales provoca diversas enfermedades tales como trastornos neurológicos, daños renales, daño de la piel, problemas del sistema circulatorio, cáncer, entre otros, siendo los niños y adultos mayores los grupos poblacionales más vulnerables (Gbogbo et al., 2018; Loghmani et al., 2022).

En tal sentido, se torna de vital importancia evaluar a las poblaciones de peces de zonas cercanas a áreas con altas sospechas de contaminación, ya que concentraciones altas de metales pesados son ciertamente tóxicas para las formas de vida y varían según la forma química, cantidad, tiempo, vía de exposición y vulnerabilidad en los órganos expuestos (Barriga et al., 2016; Guapi et al., 2022).

Investigaciones realizadas en la Amazonía peruana (Barriga et al., 2016; Panduro et al., 2020; Yousif et al., 2021), demuestran que especies de peces como el maparate, la sardina, la palometa, y la mota que son comercializadas y consumidas en la región Loreto, presentan concentraciones de metales que sobrepasan los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Unión Europea (UE), y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO).

Bajo este contexto, la problemática sobre la contaminación de metales en diferentes especies de peces es evidente y real, ya que, el pescado es la principal fuente de proteína animal en las poblaciones rurales y principalmente en las localidades ribereñas. En estos lugares, el pescado es capturado, comercializado y consumido, desconociéndose el peligro real al que se expone la población consumidora.

En el presente trabajo se determinaron las concentraciones de diferentes metales pesados como el cobre, cromo, cadmio, arsénico, plomo, níquel, zinc y mercurio en diferentes peces capturados en distintos puntos del corredor petrolero de la región Loreto y al mismo tiempo, se estimaron los riesgos potenciales o amenazas para la salud humana. La tesis abarcó estos aspectos que son cruciales para la salud de la población mayoritariamente indígena establecida en las provincias de Loreto y Datém de Marañón en la región Loreto.

## **1.2. Formulación de problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿La posible presencia de metales pesados en las poblaciones de peces puede representar un riesgo crítico para la salud pública en las comunidades rurales del Corredor Petrolero de Loreto, debido al consumo tradicional de pescado?

### **1.2.1. Problemas específicos**

- ¿Habrá presencia de Cr, Cd, Zn, As, Pb, Cu, Hg y Ni en las poblaciones de peces que habitan las cuencas del Corredor Petrolero de Loreto?
- ¿Se encuentran las concentraciones de estos metales en carne de pescado dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa internacional (OMS, FAO y UE)?
- ¿Existe algún tipo de riesgo cancerígeno y no cancerígeno para los pobladores rurales asentados en el Corredor Petrolero de Loreto que pueda ser relacionado al consumo de metales pesados presentes en la carne de pescado?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

- Determinar la presencia de metales pesados en las poblaciones de peces y evaluar los posibles riesgos para la salud pública en las comunidades rurales del corredor petrolero de Loreto, debido al consumo de pescado.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Determinar las concentraciones de Cr, Cd, Zn, As, Pb, Cu, Hg y Ni presentes en los músculos de las poblaciones de peces de consumo humano directo que habitan las cuencas del Corredor Petrolero de Loreto.
- Verificar si las concentraciones de metales pesados en carne de pescado se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa internacional (OMS, FAO y UE).
- Evaluar si existe algún tipo de riesgo cancerígeno y no cancerígeno para los pobladores rurales asentados en el Corredor Petrolero de Loreto que pueda ser relacionado al consumo de metales pesados presentes en la carne de pescado.

## **1.4. Justificación e Importancia**

### **Justificación**

La investigación propuesta contribuye a la protección de la salud pública, al brindar información científica sólida sobre los niveles de metales (loides) en peces y su posible bioacumulación a través de la cadena alimenticia. El conocimiento de estos datos permitirá tomar medidas adecuadas y oportunas para reducir los riesgos asociados con el consumo de pescado contaminado en poblaciones humanas asentadas en las distintas zonas de estudio.

El enfoque de la tesis se basó en un análisis riguroso de la presencia de metales(loides) en muestras de peces recolectados en el corredor petrolero de Loreto, un área particularmente extensa de dicha región amazónica, que abarca las cuencas de los ríos Tigre, Corrientes, Pastaza y Morona. Los métodos de análisis empleados siguieron estrictamente las normativas vigentes para asegurar la validez de los resultados.

La elección de Loreto como área de estudio se justifica por su relevancia en términos de actividad petrolera y de la ocurrencia frecuente de derrames de crudo en los últimos 10 años, lo que hace suponer un potencial impacto ambiental negativo en los ecosistemas acuáticos localizados en el denominado corredor petrolero. La recolección de muestras se llevó a cabo de manera sistemática y representativa, abarcando diferentes especies de peces y puntos clave dentro de la zona de estudio. La investigación se llevó a cabo mediante un riguroso proceso de captura, fotografía, preservación de muestras, preparación de muestras y análisis cuantitativos de metales pesados. Se utilizaron instrumentos y técnicas para asegurar la precisión y la confiabilidad de los datos recopilados.

**Importancia**

Este estudio es de vital importancia para comprender el impacto de los metales pesados en los peces y sus posibles implicancias en la salud humana dentro del corredor petrolero de Loreto. Los resultados de la tesis brindan una sólida base científica que permitirá tomar decisiones informadas a las autoridades sanitarias y ambientales del país, adoptar medidas preventivas para salvaguardar la salud de las comunidades locales, así como mejorar la gestión ambiental en las zonas críticas.

Además, los resultados de esta tesis pueden contribuir de manera significativa a la formulación de políticas públicas y buenas prácticas de gestión ambiental. Estas medidas son esenciales para proteger la calidad de los ecosistemas acuáticos, garantizar un monitoreo adecuado de los organismos en estos ambientes y salvaguardar la salud pública.

## Capítulo II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de estudio

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Keshavarzi et al. (2018), realizaron una indagación de cinco metales pesados y los riesgos potenciales para la salud relacionado a tres especies de peces de importancia comercial del Golfo Pérsico. Los investigadores recogieron 116 muestras de peces y de sus tejidos hepáticos y musculares. Sus resultados revelaron que las concentraciones de metales estudiados varían entre las estaciones de muestreo, y que el As consumido durante largos periodos de tiempo puede resultar en un efecto cancerígeno. Esta investigación buscó crear conciencia entre el público sobre la seguridad de consumir productos de alimentos cultivados en áreas particulares que puede contener metales pesados en los peces.

Liu et al. (2020), investigaron las concentraciones de metales pesados (As, Cd, Cu, Hg, Pb y Zn) en diferentes tejidos de peces marinos y cangrejos, recolectados en la costa media de la provincia de Zhejiang, China. Los resultados indicaron una variación considerable en las concentraciones de metales pesados en diferentes tejidos y órganos en diferentes especies. Por ejemplo, hallaron concentraciones más elevadas de varios metales pesados en branquias de peces que los músculos, siendo el Cu el metal más elevado en las branquias con  $0.021 \pm 0.007 \mu\text{g/g ww}$  en la especie de *H. nehereus* y el As con  $0.53 \pm 0.11$  y  $0.14 \mu\text{g/g ww}$  en los músculos de las especies *C. lucidus* y *M. miiuy* respectivamente.

Ullah et al. (2021), estudiaron en el río Panjkora, (Pakistán), la bioacumulación de metales pesados en el pez de *Tor putitora*, que está en peligro de extinción, Para esta

investigación, los investigadores compraron 60 peces a pescadores locales, y tomaron muestras para la cuantificación de Pb, Hg, Cu, Zn, Cr, Fe y Mg en branquias, hígado y tejidos musculares, utilizando un espectrofotométrico de absorción atómica. Los resultados indicaron que el órgano con mayor acumulación de metales era el hígado, seguido de los riñones, mientras que el Fe resultó ser el metal más acumulado con un nivel de 0.7 ug/g, seguido del Zn con 0.6 ug/g, los cuales presentaron niveles altos de reactivos de oxígeno (ROS) y la peroxidación lipídica (LPO).

Ai et al. (2022), realizaron una investigación sobre los patrones de acumulación y distribución de Pb, As, Hg, Cd, y Cr en peces de agua dulce entre los años 2010 y 2020, en China y también evaluaron el riesgo para la salud humana. De acuerdo con los resultados obtenidos en dicho trabajo, las autoridades determinaron que la máxima ingesta diaria de pescado no debiera ser mayor a 52.5 g/d en niños y 55.8 g/d adultos.

Marrugo et al. (2022), evaluaron el riesgo de exposición de metales pesados para la salud humana a través del consumo de alimentos locales en un área minera de Colombia. Los autores encontraron ciertos contaminantes presentes en frutos y pescados, especialmente concentraciones elevadas de Hg y As en los tejidos de pescados. Estas concentraciones superaron los límites recomendados por la FAO y OMS, los resultados indicaron una estimado de ingesta semanal de 1.9 y 2.4 µg/g PC/semana, respectivamente.

Costa et al. (2022), destacan que, en Brasil, la deforestación y la minería fluvial han afectado el ecosistema acuático, introduciendo mercurio a través de influentes urbanos e industriales, se realizaron pruebas de peces durante dos años en cinco lugares, analizaron 64 muestras de músculo y 54 de hígado mediante espectrometría de absorción atómica a vapor en frío (FINS-400) para determinar las concentraciones de Hg total. Los resultados indicaron que no hubo variaciones significativas en las

concentraciones de Hg total durante el ciclo hidrobiológico. En el músculo las concentraciones de Hg total fueron de  $1.09 \pm 0.72$  mg kg<sup>-1</sup>, mientras que en el hígado fueron de  $1.28 \pm 1.23$  mg kg<sup>-1</sup>. Ambas concentraciones excedieron los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Rivera y Moccetti (2018), realizaron una investigación cuyo objetivo fue cuantificar las concentraciones de Pb y Hg en el músculo de peces destinado al consumo humano y en muestras de agua del río Santa en Ancash. Los resultados mostraron que las concentraciones de Pb en el músculo de los peces fue de 1.826 mg/kg, mientras que la concentración de Hg fue de 0.433 y 0.284 mg/kg. Estas concentraciones superaron los niveles permitidos por la comisión reguladora europea.

Sarmiento y Faucheux (2020), realizaron un estudio sobre los niveles de mercurio en los peces de mayor consumo en el mercado de Tacna. Los resultados revelaron que las concentraciones de mercurio excedían los límites permitidos por las entidades reguladoras. Los datos mostraron que los peces como el “bonito” presentó la concentración promedio de Hg más alta, con  $1.264 \pm 0.115$  ppm, mientras que la “caballa” obtuvo la concentración promedio más baja, con  $0.639$  ppm  $\pm 0.226$  ppm. En relación con los límites máximos permisibles establecidos por la administración alimentaria y medicamentos, y el Organismo Nacional de la Sanidad Pesquera (SANIPES), se encontró que el 43.3 % de las muestras excedían los límites establecidos de 1.0 ppm.

Chui et al. (2021), evaluaron las concentraciones de metales pesados en el músculo de truchas criadas en las zonas noreste del Lago Titicaca (región Puno). Dichos autores emplearon el método espectrofotométrico y la técnica de plasma de anclaje inductivo. Los resultados obtenidos mostraron la secuencia de concentraciones de

metales pesados en truchas recolectadas en las provincias de Puno y Huancané. En las truchas de la provincia de Puno la secuencia fue  $Zn > Fe > Mn > Cu > Pb > Cd > Hg$ , mientras que en Huancané fue  $Zn > Fe > Mn > Cu > Pb > Cd > Hg$ . Además, identificaron diferencias estadísticas significativas en las concentraciones de Pb en los músculos de las truchas en Puno con  $0.051 \text{ mg.kg}^{-1}$  y de Huancané  $0.049 \text{ mg.kg}^{-1}$ , por debajo de los límites máximos permisibles para Pb en peces establecidos por la Comisión Europea.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. El Corredor Petrolero de Loreto**

#### **- Descripción de la zona de estudio**

El Corredor Petrolero de Loreto (CPL) es una zona estratégica ubicada en la región de Loreto (noreste del Perú, selva baja amazónica), que concentra una importante actividad de exploración y explotación de hidrocarburos desde la década de 1970's. Este corredor abarca varias cuencas sedimentarias ricas en petróleo y gas natural, siendo una de las áreas más significativas para la industria energética del Perú.

El CPL se extiende principalmente en la provincia de Loreto, aunque también incluye zonas de las provincias de Datem del Marañón, Alto Amazonas y Maynas. Cubre una vasta extensión de la selva baja peruana, atravesada por importantes ríos como el Marañón, Tigre, Corrientes, Morona y Pastaza. Esta zona alberga varios bloques y yacimientos petroleros operados por empresas peruanas e internacionales. Entre los más destacados se encuentran los siguientes:

- Lote 192 (ex Lote 1AB): Uno de los más productivos históricamente, operado actualmente por Petroperú y antes por Pluspetrol.
- Lote 8: También con alta producción, asociado a la cuenca del río Corrientes.

- Lote 95 y Lote 64: Ubicados en la cuenca del Tigre.
- Lote 67 (río Napo): Operado por Perenco, con reservas significativas.

Además, incluye áreas de exploración en las cuencas de Marañón, Ucayali y Santiago.

Con respecto a las características geológicas y reservas de crudo, el CPL cuenta con cuencas sedimentarias que contienen formaciones de los periodos Cretácico y el Paleozoico, donde se han encontrado importantes acumulaciones de petróleo pesado y liviano. Se estima que esta zona contiene una parte considerable de las reservas probadas y probables de hidrocarburos del Perú. El petróleo extraído del CPL es principalmente crudo pesado, con alto contenido de azufre, lo que requiere procesos de refinamiento especializados. El crudo es transportado principalmente a través del Oleoducto Norperuano, que recorre más de 1,000 km desde la selva hasta la costa (Bayóvar, Piura). La falta de carreteras hace que el transporte dependa de ríos y helicópteros en muchas zonas. La navegación fluvial es clave para el abastecimiento de las operaciones petroleras.

La actividad petrolera en Loreto representa un pilar clave para la economía regional y nacional, generando ingresos fiscales y regalías. Sin embargo, ha generado conflictos socioambientales debido a la contaminación de ríos por derrames recurrentes de crudo, con la consecuente afectación a comunidades indígenas (Achuar, Kichwa, Urarina, entre otros) presentes en la zona y problemas de salud por metales pesados. Desde hace décadas existen reclamos por remediación ambiental y mayor distribución de los beneficios económicos derivados de la explotación de hidrocarburos.

En resumen, el CPL es una de las zonas más importantes para la producción de hidrocarburos en el Perú, pero su desarrollo está marcado por desafíos ambientales, sociales y de gobernanza que requieren un manejo sostenible.

En el marco de la investigación, se seleccionaron 22 puntos de colecta cercanos a centros poblados mestizos e indígenas asentados en las cuencas de los ríos Pastaza, Morona, Tigre y Corrientes, elegidas por su importancia en la actividad petrolera y los frecuentes reportes de derrames de petróleo crudo.

Para la recolección de muestras, nos centramos en los músculos de los peces. El análisis de estas muestras nos brindó información valiosa sobre la presencia y concentración de metales en los peces de estas cuencas hidrográficas de la región Loreto.

### **2.2.2. Metales pesados**

La presencia de metales pesados como plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd) y otros en el medio ambiente puede ser resultado de fenómenos naturales o actividades humanas, lo que representa una preocupación ambiental significativa. Estos metales pueden ser liberados al medio ambiente debido a procesos naturales como la erosión de rocas y minerales, así como a actividades antropogénicas como la minería, la industria, y la quema de combustibles fósiles (Gbogbo et al., 2018).

La presencia de metales pesados es una preocupación seria no solo debido a su efecto tóxico en los ecosistemas y la vida acuática, sino también por los efectos indirectos que pueden tener en la salud humana. Los metales pesados tienen la propiedad de bioacumularse en la cadena alimentaria, lo que significa que se van acumulando en los organismos a medida que se mueven a través de la cadena trófica. Como resultado, los peces y otros animales que consumen estos metales pesados contaminados pueden llegar a tener concentraciones muy altas en sus tejidos (Loghmani et al., 2022).

El consumo de carne de pescado y alimentos contaminados con metales pesados puede tener efectos negativos en la salud humana, ya que estos metales pueden ser tóxicos para el sistema nervioso, el riñón, el hígado y otros órganos. Además, pueden causar problemas de desarrollo en los niños y tener efectos adversos en la salud reproductiva. Por lo tanto, es fundamental abordar esta preocupación ambiental grave implementando el control y la gestión para reducir la liberación de metales pesados al medio ambiente y garantizar la seguridad alimentaria y el bienestar de las comunidades locales (Ortega et al., 2020; Panduro et al., 2020).

### **2.2.3. Mercurio**

El Hg es un elemento altamente tóxico y perjudicial para la salud humana, incluso a bajas concentraciones, especialmente cuando se ingiere de manera prolongada. Este metal pesado puede tener efectos adversos en diversos sistemas del cuerpo humano, incluyendo el sistema nervioso, cardiovascular, renal y reproductivo (Vargas & Marrugo, 2019). Una de las formas más comunes de exposición al mercurio es a través del consumo de alimentos contaminados, especialmente pescados y mariscos que han acumulado este metal en sus tejidos debido a la contaminación del agua. El Hg puede convertirse en metilmercurio en el agua, una forma altamente tóxica que es fácilmente absorbida por los organismos vivos y que se va acumulando en la cadena alimentaria. El Hg es categorizado como un elemento tóxico perjudicial para el ser humano, incluso en bajas concentraciones, cuando se ingieren durante periodos prolongados (Chui et al., 2021a).

### **2.2.4. Plomo**

El Pb es un elemento altamente nocivo para la salud humana, y la exposición excesiva a este metal puede tener consecuencias graves. Entre los problemas asociados a la exposición al plomo se encuentran trastornos neurológicos que empeoran el

desarrollo y el funcionamiento del sistema nervioso, así como alteraciones hematológicas que florecen la producción de células sanguíneas. Además, la exposición prolongada al Pb puede provocar insuficiencia renal, hipertensión y aumentar el riesgo de padecer cáncer. Estos efectos hacen que el Pb sea motivo de alarma para la salud humana (Argumedo, 2021).

#### **2.2.5. Cadmio**

El cadmio es un metal que tiende a acumularse en el organismo, especialmente en los riñones, y esto puede provocar hipertensión arterial. La exposición prolongada al cadmio también está asociada con enfermedades pulmonares y puede causar osteoporosis tanto en seres humanos como en animales. Es esencial tomar medidas para evitar la exposición a este metal tóxico y proteger la salud de las personas y la vida silvestre (Heredia, 2017).

#### **2.2.6. Arsénico**

El arsénico puede provocar trastornos digestivos, taquicardia e hipotensión, lo cual representa problemas de salud comunes en las personas expuestas a este metal. Los biólogos señalan que la exposición crónica al arsénico se asocia con diversas patologías, varios tipos de cáncer en la piel, pulmones, vejiga y riñón, así como enfermedades cardiovasculares. Estos efectos son consecuencia del consumo de arsénico y destacan la importancia de tomar medidas para evitar la exposición a esta sustancia tóxica y proteger la salud pública (Villalba, 2021).

#### **2.2.7. Limite permisible de toxicidad por metales en músculo de peces**

La contaminación, especialmente por metales pesados, representa un grave peligro para los ecosistemas acuáticos, los organismos que los habitan y los seres humanos consumidores de productos hidrobiológicos. Diversos entes internacionales

como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Unión Europea (EU), entre otras, han establecido normas que indican la concentración máxima permitida de metales pesados en los alimentos, incluido el pescado y mariscos. Estas normas se basan en informes que determinan los límites máximos tolerables de estos metales en los alimentos, específicamente en el caso del pescado. Se ha comprobado que incluso niveles pequeños de metales pesados son tóxicos y dañinos para la salud humana (Yousif et al., 2021).

**Tabla 1.** Niveles máximos permisibles de concentración de metales pesados (mg/kg) en músculo de peces según varias agencias internacionales.

Concentraciones de metales pesados (mg/ kg)								
	Cu	Cd	Cr	As	Ni	Hg	Pb	Zn
<b>FAO</b>	30	0.05	0.1	1	30	1	0.1-0.5	40
<b>OMS</b>	-	2	0.1	1	-	0.5-1	0.5	-
<b>UE</b>	-	0.1	-	1	-	0.1	0.1	30

Fuente: Tahity et al. (2022)

### 2.2.8. Peces amazónicos

Los ecosistemas acuáticos neotropicales se encuentran entre los más biodiversos y ecológicamente importantes del planeta Tierra. Pocos grupos destacan tanto en los neotrópicos como los peces de agua dulce. Es probable que existan más de 7000 especies de peces de agua dulce en América del Sur y Central, que corresponde aproximadamente a uno de cada cinco peces en el mundo o uno de cada 10 vertebrados. En ese mismo sentido, la cuenca amazónica posee la mayor diversidad de especies de peces en comparación con cualquier otra cuenca del mundo, llegándose a estimar un aproximado de 5000 especies que estarían habitando dicha cuenca (Albert & Reis, 2011).

Desafortunadamente, los ecosistemas amazónicos están seriamente amenazados por la sobrepesca, la deforestación, así como por la destrucción y contaminación de sus hábitats por actividades humanas tales como la minería y actividades petroleras. Por ejemplo, los peces contaminados por residuos de metales pesados (loides) que circulan en el agua, tienen la capacidad de almacenar en su organismo gran variedad de residuos de metales pesados, que puede ser perjudiciales para los humanos que lo consuman, causando trastornos enfermedades y también hasta cáncer (Sarmiento & Faucheux, 2020).

La presente tesis resalta la importancia de evaluar la presencia de metales pesados en las distintas especies de peces que son capturadas y consumidas por la población mestiza e indígena en la región nororiental del Perú. Esta evaluación es crucial para comprender el nivel de exposición de la población de metales pesados a posibles metales presentes en los peces, considerando que la región es un corredor petrolero y que existen riesgos de contaminación. Al analizar los tipos de peces consumidos, pudimos identificar aquellos que tienen mayor probabilidad de acumular metales pesados y, por ende, podrían representar un riesgo para la salud humana.

**Tabla 2.** Listado de algunas especies de peces amazónicos capturadas y consumidas por la población amazónicas.

<i>Nombre Común</i>	<i>Nombre Científico</i>
Boquichico	<i>Prochilodus nigricans</i>
Llambina	<i>Potamorhina altamazonica</i>
Maparate	<i>Hypophthalmus marginatus</i>
Mojarra	<i>Cheirodon interruptus</i>
Ractacara	<i>Psectrogaster amazonica</i>
Palometa	<i>Myleus rubripinnis</i>
Denton	<i>Roeboides myersi</i>
Sardina	<i>Triporthus angulatus</i>
Sábalo	<i>Brycon amazonicus</i>

**Fuente:** Barriga et al. (2016)

### **2.2.9. Bioacumulación**

La bioacumulación es el proceso de acumulación de sustancias químicas en un organismo vivo de forma que estos alcanzan concentraciones más elevadas que las concentraciones en su medio o en los alimentos. Por ejemplo, la bioacumulación de metales pesados en los peces depende principalmente del ambiente acuático donde viven y sus hábitos de vida, esto debido a que los contaminantes metálicos no están uniformemente distribuidos en el medio acuático y es por eso que la acumulación de metales pesados en el músculo de los peces pueda tener grandes variaciones (Chui et al., 2021).

La comunidad científica ha manifestado gran interés en demostrar el proceso de la bioacumulación de sustancias tóxicas en los principales alimentos de la población, por ello, los peces han sido objeto de investigación (Licona Vargas & Negrete Marrugo, 2019).

### **2.2.10. Espectrometría de Absorción Atómica (EAA)**

Es una técnica analítica utilizada para determinar la concentración de diferentes elementos presentes en muestras líquidas o sólidas. Esta técnica se basa en la absorción de radiación electromagnética por parte de los átomos de los elementos en la muestra. El proceso de análisis implica la atomización de la muestra, lo que convierte los elementos en átomos libres. Luego, se hace pasar una fuente de radiación electromagnética, generalmente luz visible o ultravioleta, a través de la muestra. Los átomos de los elementos presentes absorben selectivamente ciertas longitudes de onda de la radiación, lo que genera señales específicas en el espectro.

**Figura 1.**

*Partes de los componentes básicos de un equipo espectrofotómetro de absorción atómica*



Fuente: (FAO, 1994)

La lámpara de cátodo hueco es la fuente más común en la absorción atómica. Tiene un cátodo del metal a analizar y un gas inerte. Al aplicar un potencial, emite el espectro del metal. En la EAA, se usan atomizadores con y sin llama para crear átomos libres. Los atomizadores con llama usan un nebulizador y un quemador para convertir la muestra en aerosol y luego en átomos. Los sin llama, como el horno de grafito, calientan la muestra en un tubo de grafito. Los espectrofotómetros tienen monocromadores para aislar una línea del espectro y un fotomultiplicador que detecta la luz, convirtiéndola en una señal eléctrica que se amplifica y se lee (FAO, 1994).

### **2.2.11. Evaluación de riesgo a la salud humana debido al consumo de carne de pescado con presencia de metales pesados.**

#### ***2.2.11.1. Ingesta diaria estimada (EDI)***

La EDI es la cantidad estimada de una sustancia específica que una persona podría ingerir diariamente a lo largo de su vida. En el contexto de los metales en carne de pescado, la EDI se refiere a la cantidad diaria estimada de metales que una persona podría ingerir a través del consumo de pescado. Esta estimación se realiza teniendo en cuenta varios factores, como la concentración de metales en el pescado, la cantidad de pescado consumido y el peso corporal de la persona (INEGI, 2018).

Para calcular el EDI ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  de peso corporal/día) se utiliza la siguiente ecuación.

$$\text{EDI} = \frac{C_m \times \text{FIR}}{BW}$$

$C_m$  : Concentración media del metal pesado, medida en microgramos por gramo ( $\mu\text{g}/\text{g}$ ).

$\text{FIR}$ : Factor de ingesta de pescado, medida en gramos por día ( $\text{g}/\text{día}$ ).

$BW$ : El peso promedio de la persona que consume el pescado, medido en kilogramos ( $\text{kg}$ )

Es importante tener en cuenta que la EDI nos proporciona un dato valioso para evaluar los posibles riesgos para la salud asociados con la exposición a metales pesados a través de la ingesta de pescado. Al consumir pescado, las personas pueden estar expuestas a estos metales, y la EDI nos ayuda a estimar la cantidad de metales que podrían estar ingiriendo.

#### ***2.2.11.2.Potencial de riesgo no cancerígeno (THQ)***

El Potencial de Riesgo No Cancerígeno (THQ) es una medida que evalúa el riesgo de efectos no cancerígenos asociados con la exposición a una sustancia química específica. En el contexto de los metales pesados en carne de pescado, el THQ se utiliza para evaluar el riesgo no cancerígeno para la salud humana derivado del consumo de estos metales (MINSALUD, 2018).

El THQ se calcula considerando la concentración de metales en el pescado y la frecuencia y cantidad de consumo de pescado por parte de la población estudiada. Se utilizan bases de datos internacionalmente reconocidas y valores de referencia establecidos por organizaciones como la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) para determinar el nivel de riesgo no cancerígeno.

Es importante destacar que el THQ no evalúa el riesgo cancerígeno, sino el riesgo de efectos no cancerígenos para la salud humana. Para evaluar el riesgo cancerígeno asociado al consumo de pescado, se utiliza en el CRI, que se centra específicamente en evaluar el riesgo de efectos cancerígenos asociados con la exposición a sustancias químicas (Huang et al., 2019).

Para calcular el THQ se utiliza la siguiente ecuación.

$$THQ = \frac{EDI}{RfD}$$

EDI (Ingesta Diaria Estimada): Cantidad de metal pesado consumido diariamente a través del pescado, medida en mg/kg/día.

RfD (Dosis de Referencia): Es la dosis diaria tolerable del metal pesado, cuyos valores referenciales son publicadas por la EPA.

### **2.2.11.3. Potencial de riesgo cancerígeno (CRI)**

El Potencial de Riesgo Cancerígeno (CRI) es similar al THQ, pero se centra en evaluar el riesgo de efectos cancerígenos asociados con la exposición a una sustancia química. En el contexto de los metales en la carne de pescado, el CRI se aplicaría para evaluar el riesgo cancerígeno para la salud humana derivado del consumo de estos metales.

El CRI se calcula teniendo en cuenta la cantidad de metales presentes en la carne de pescado consumida y la Ingesta Diaria Estimada (EDI) de esos metales. La EDI representa la cantidad estimada de metales que una persona podría ingerir diariamente a través del consumo de pescado. Al comparar la EDI con los valores de referencia establecidos para cada metal, se puede determinar el potencial de riesgo cancerígeno asociado con la exposición a esos metales a través del consumo de pescado.

Para calcular el CRI se utiliza la siguiente ecuación

$$CRI = \frac{FIR \times E_f \times E_d}{BW \times T_A} \times SF_i \times C_i$$

FIR (Factor de Ingesta de Pescado): Cantidad de pescado consumido por día (kg/día).

Ef (Frecuencia de Exposición): Número de días de exposición por año.

Ed (Duración de la Exposición): Número de años de exposición.

BW (Peso Corporal): Peso promedio de la persona (kg).

TA (Tiempo Promedio de Exposición): Período de tiempo sobre el cual se promedia la exposición (días).

SFi (Factor de Potencia Cancerígena del contaminante i): Coeficiente que representa el riesgo de cáncer asociado con la exposición a un contaminante específico, medido en (mg/kg/día)<sup>-1</sup>.

Ci (Concentración del contaminante i): Cantidad de metal pesado en el pescado (mg/kg).

La evaluación del riesgo cancerígeno asociado al consumo de pescado se realiza mediante el análisis de la presencia de metales y sustancias químicas potencialmente cancerígenas en la carne de pescado, así como la estimación de la exposición humana a estas sustancias. Para evaluar el riesgo cancerígeno, se consideran factores como la concentración de metales como el mercurio, el cadmio y el plomo en el pescado, así como la frecuencia y cantidad de consumo de pescado por parte de la población.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos y otras organizaciones internacionales establecen límites y valores de referencia para la presencia de metales y sustancias químicas en los alimentos, incluyendo el pescado. Estos límites se basan en estudios científicos que evalúan los efectos cancerígenos de estas sustancias (Huang et al., 2019).

### 2.3. Definición de términos básicos

✓ **Bioacumulación:**

Proceso mediante el cual ciertas sustancias, como los metales pesados o productos químicos, se acumulan y concentran en los tejidos de organismos vivos a lo largo del tiempo.

✓ **Biomagnificación:**

Proceso por el cual la concentración de una sustancia, usualmente un contaminante tóxico, aumenta progresivamente en los organismos a medida que se asciende en los niveles tróficos (o eslabones) de la cadena alimentaria.

✓ **Contaminación:**

Es la introducción al medio ambiente (agua, aire o suelo) de cualquier agente (físico, químico o biológico) o de una forma de energía (como calor, luz o ruido) en cantidades o concentraciones tales que alteran desfavorablemente sus condiciones naturales y pueden ser nocivos para la salud o el bienestar de la población, o para la vida animal y vegetal.

✓ **Polución:**

Es una contaminación intensa y dañina del agua o del aire, producida generalmente por los residuos de procesos industriales o biológicos. Se refiere a un tipo de contaminación específica, más intensa y perjudicial.

✓ **Vertimiento:**

Es la descarga final de elementos, sustancias, o compuestos contenidos en un medio líquido (generalmente aguas residuales) a un cuerpo receptor.

✓ **Efluentes:**

Es el líquido que fluye fuera de un recipiente, sistema o cuerpo de agua. En el contexto ambiental, se refiere específicamente hacia aguas residuales que salen de una planta de

tratamiento, una fábrica, un proceso industrial o un hogar, y que está a punto de ser vertida.

✓ **Hidrocarburos:**

Compuesto químico orgánico que está formado únicamente por átomos de carbono e hidrógeno.

✓ **Elemento químico:**

Es un tipo de materia pura que no puede descomponerse en sustancias más simples por medios químicos. Se define por la estructura de sus átomos.

✓ **Metal:**

Es una de las tres categorías principales de elementos químicos (junto con los no metales y metaloides), caracterizada por propiedades físicas y químicas distintivas.

✓ **Agente cancerígeno:**

Sustancia que puede ser química, física o biológica, que actúa dañando el material genético celular, lo que puede llevar a un crecimiento celular descontrolado y a la formación de tumores malignos.

✓ **Cuantificación:**

Proceso de medir o determinar la cantidad o magnitud de una sustancia o fenómeno específico. En el contexto científico y analítico, la cuantificación implica el uso de técnicas y métodos para expresar numéricamente la concentración, cantidad o proporción de un elemento, compuesto o variable en una muestra o sistema.

✓ **Espectrofotometría de absorción atómica:**

Técnica ampliamente usada en la química analítica para la determinación de elementos traza en diversos tipos de muestras biológicas, aguas, alimentos, bebidas y suelos.

✓ **Metilmercurio:**

Es la forma más común de mercurio orgánico que se encuentra en la naturaleza.

✓ **Órganos hepáticos:**

Conjunto de estructuras y tejidos que componen el hígado, el órgano más grande del cuerpo humano situado en el lado derecho del abdomen, debajo del diafragma.

✓ **Reactivos de oxígeno:**

Sustancias químicas que participan en reacciones de oxidación, donde el oxígeno actúa como agente oxidante.

✓ **Ictiología:**

Es la rama de la Zoología que se dedica al estudio de los peces. Analiza todos los aspectos de los peces (tanto marinos como de aguas continentales), incluyendo su clasificación (taxonomía), anatomía (morfología), comportamiento, distribución (ictiogeografía) y ecología.

✓ **Ictiodiversidad:**

Término específico para referirse a la diversidad de peces en un área o ecosistema determinado. Es un componente de la biodiversidad total y se mide por el número de especies de peces diferentes (riqueza de especies) y la abundancia relativa de estas especies en dicho lugar (composición).

✓ **Recurso íctico:**

Se refiere al conjunto de peces que existen en un cuerpo de agua (mar, río, lago) y que son susceptibles de ser aprovechados por el ser humano, principalmente para el consumo. Es un subconjunto del Recurso Hidrobiológico.

✓ **Recurso hidrobiológico:**

Es el concepto más amplio que incluye a todos los seres vivos que habitan en cuerpos de agua (marinos o continentales) y que tienen potencial de ser aprovechados. Comprende no solo a los peces, sino también a moluscos, crustáceos, algas, mamíferos marinos, y cualquier otra forma de vida acuática.

✓ **Pesca:**

Es la actividad extractiva que consiste en la captura de especies acuáticas (peces, mariscos, etc.) de su ambiente natural (mares, ríos, lagos) utilizando diversos artes y métodos. La pesca es la acción de extraer el recurso.

✓ **Pesquería:**

Es el conjunto integrado de actividades y agentes involucrados en la explotación de un recurso acuático específico en un área concreta. Una pesquería se define por la combinación de:

- Un recurso pesquero (especie objetivo, ej. la anchoveta).
- Un área geográfica de explotación.
- Una flota y los métodos de pesca utilizados.
- Los pescadores y la industria asociada.

Es, en esencia, el sistema de explotación del recurso.

✓ **Recurso pesquero:**

Es un recurso hidrobiológico que posee un valor comercial, alimenticio o deportivo, y que es objeto de la actividad pesquera. Son las especies de organismos acuáticos que son activamente buscadas y capturadas (ej. sardina, camarón, atún).

✓ **Stock pesquero:**

También conocido como población o stock, se refiere al conjunto de individuos de una especie de recurso pesquero que viven en una zona determinada y que se gestionan como una unidad biológica y de explotación.

✓ **Dieta:**

Conjunto de alimentos y bebidas que un ser vivo consume habitualmente.

✓ **Alimentos:**

Cualquier sustancia (natural o elaborada, sólida o líquida) que, al ser ingerida por un ser vivo heterótrofo (como el ser humano y los animales).

✓ **Alimentación:**

Proceso consciente y voluntario que abarca el conjunto de acciones necesarias para proporcionar alimentos al organismo, y que culmina con la ingestión.

✓ **Ingestión:**

Es el acto físico y mecánico de introducir alimentos o líquidos en el organismo a través de la boca. La ingestión es el mecanismo de introducción de los alimentos al cuerpo.

## **Capítulo III: METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN**

### **3.1. Participantes**

#### **3.1.1. Población y muestra**

Para llevar a cabo la presente investigación, se colectaron un total de 393 peces pescados que fueron capturados en 22 puntos distribuidos entre las cuencas de los ríos Pastaza, Morona, Tigre y Corrientes, todos ellos ubicados en el denominado corredor petrolero de Loreto (CPL).

La población objeto de estudio incluye a pobladores indígenas de las etnias Kichwa, Achuar, Kandozi, Shapra, Shawi y Wampis, así como a personas de origen mestizo de comunidades ribereñas asentadas a lo largo de los ríos Tigre, Corrientes, Morona y Pastaza que corresponden a los distritos de El Tigre, Trompeteros, Morona y Pastaza, respectivamente, en la región Loreto, nororiente del Perú. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2020), la población total de estos cuatro distritos es de 29,084 personas.

### **3.2. Técnicas e instrumento de recolección de datos**

#### **3.2.1. Muestras biológicas**

Los peces fueron capturados por pescadores contratados en las distintas comunidades asentadas en la zona del CPL que seleccionamos para el estudio. Las artes

y aparejos de pesca empleadas para la captura de los peces fueron principalmente redes de espera (conocidas como trampas), tarrafas y anzuelos.

### 3.2.2. Análisis químicos

- **Digestor de microondas marca CEM modelo MARS 6.** El cual es un equipo avanzado diseñado para la digestión rápida y eficiente de muestras en aplicaciones analíticas, especialmente en preparación de muestras para análisis de metales pesados, el cual se lleva un proceso, empleando tres litros de ácido nítrico, un litro de clorhídrico, y un litro de peróxido de hidrogeno.
- **Espectrofotómetro de absorción atómica.** El cual nos sirvió para cuantificar la concentración de metales pesados en las muestras de músculo del pescado.

### 3.2.3. Encuestas

**Cuestionario estructurado.** Herramienta que sirvió para llevar a cabo una encuesta alimentaria a los pobladores de las comunidades seleccionadas para el estudio. Estas encuestas fueron de suma importancia para estimar la frecuencia y la ingesta diaria de pescado (g/persona/día) en cada comunidad del CPL.

## 3.3. Procedimiento

### Área de estudio

El área de estudio de esta investigación abarcó dos provincias de la región Loreto (Loreto y Datém del Marañón) y cuatro distritos (Tigre, Trompeteros, Pastaza y Morona). Para las capturas de los peces se seleccionaron 22 localidades situadas en las partes alta, media y baja de las cuencas de los ríos Tigre, Corrientes, Pastaza y Morona. Los nombres de las localidades, así como las etnias predominantes en la zona y la ubicación geográfica de los puntos de colecta de las muestras se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Nombre, etnia mayoritaria y ubicación geográfica (UTM) de las localidades seleccionadas para el estudio.

N°	Localidad	Etnia	Río	Distrito	Coordenadas		Dirección relativa
1	Paiche playa	Kichwa	Tigre	El Tigre	18M0465853	UTM966350	Este – Norte
2	Intuto	Kichwa	Tigre	El Tigre	18M0525502	UTM9614787	Este – Norte (Sureste)
3	28 de Julio	Kichwa	Tigre	El Tigre	18M0525502	UTM9614787	Este – Norte (Sureste)
4	Piura	Kichwa	Tigre	El Tigre	18M0564489	UTM9543413	Este – Norte (Sureste)
5	Nueva York	Kichwa	Tigre	El Tigre	18M0565000	UTM9543000	Este – Norte (Sureste)
6	Inka Roca	Shapra / Wampis	Morona	Morona	18M028758	UTM9586991	Este – Norte
7	Caballito	Wampis	Morona	Morona	18M0243878	UTM9570902	Este – Norte (Suroeste)
8	Shoroya Nuevo	Shapra	Morona	Morona	18M0256102	UTM9550318	Este – Norte (Sur)
9	Pinshacocha	Mestizo	Morona	Morona	18M0255845	UTM9544976	Este – Norte (Sur)
10	San Martín	Shawi	Morona	Morona	18M0252084	UTM9531581	Este – Norte (Sur)
11	Puerto Alegría	Mestizo	Morona	Morona	18M0253213	UTM9520265	Este – Norte (Sur)
12	Puerto América	Mestizo	Morona	Morona	18M0268758	UTM9479060	Este – Norte (Sur)
13	Nueva Valencia	Achuar	Corrientes	Trompeteros	18M0425033	UTM9655525	Este – Norte
14	Pucacuro	Achuar	Corrientes	Trompeteros	18M0451274	UTM9616246	Este – Norte (Sur)
15	Villa Trompeteros	Mestizo	Corrientes	Trompeteros	18M0493729	UTM9580328	Este – Norte (Sur)
16	Providencia	Achuar	Corrientes	Trompeteros	18M0545331	UTM9585671	Este – Norte (Sureste)
17	Nuevo Soplín	Mestizo	Pastaza	Pastaza	18M0354682	UTM9619112	Este – Norte
18	Sungachi	Kichwa	Pastaza	Pastaza	18M0338792	UTM9582344	Este – Norte (Sur)
19	Loboyacu	Kichwa	Pastaza	Pastaza	18M0348151	UTM9593752	Este – Norte (Sur)
20	San Fernando	Kandozi	Pastaza	Pastaza	18M0327907	UTM9533319	Este – Norte (Sur)
21	Musakarusha	Kandozi	Pastaza	Pastaza	18M0316178	UTM9507040	Este – Norte (Sur)
22	Nueva Alianza	Mestizo	Pastaza	Pastaza	18M 0327879	UTM9482081	Este – Norte (Sur)

Fuente: elaboración propia

### Desarrollo de encuestas alimentarias a los pobladores

Se encuestó a un total de 995 pobladores de 22 comunidades ribereñas del corredor petrolero (Marañón, Pastaza, Morona, Tigre y Corrientes) para estimar la frecuencia y la ingesta diaria de pescado (g/persona/día) el cual se muestra en el anexo 1. Previo a la aplicación de las encuestas se solicitó y obtuvo la autorización de los *apus* de cada comunidad, explicándoles el propósito de la investigación, tal como se muestra en las Figuras 2 y 3.

**Figura 2.**

*Miembro del equipo de investigación solicitando autorización al Apu de una de las comunidades Kichwa del río Tigre para realizar las encuestas de alimentación en su comunidad.*



**Figura 3.**

*Miembros del equipo de investigación realizando encuestas alimenticias a pobladores de una comunidad del CPL.*



### **Colecta de músculos de peces**

Se recolectaron un total de 393 muestras de músculo de peces capturados en los 22 puntos de colecta seleccionados a lo largo de los ríos Tigre, Corrientes, Pastaza y Morona. La recolección siguió los procedimientos descritos en el manual “Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas” de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y la NORMA TÉCNICA NTP 700.002 – 2012.

Para la recolección de muestras, se contrataron los servicios de pescadores locales que capturaron diversas especies de peces en zonas de pesca cercanas a sus localidades promoviendo la colaboración de los propios miembros de las comunidades en el estudio. Luego, los peces capturados fueron fotografiados, medidos y pesados y dichos datos fueron anotados en fichas de campo. Luego se seleccionaron individuos representativos de cada especie de pez capturado para el proceso de obtención de músculo dorsal por el método del fileteado, asegurando así de que cada localidad o punto de colecta estuviera representada por una sola muestra compuesta por todas las especies capturadas en dicha zona, a las cuales se les denominó como “muestras agrupadas”. Este proceso garantizó la representatividad de todas las posibles especies de peces en la muestra a ser analizada y una mayor autenticidad de los datos en base a la realidad, ya que los pobladores no se alimentan de una misma especie de pez, sino de un conjunto de especies que capturan en sus faenas de pesca. Las muestras agrupadas fueron etiquetadas y conservadas en refrigeración para mantener su integridad hasta el arribo a la ciudad de Yurimaguas. A continuación, se presentan las Figuras 4 y 5 que ilustran este proceso.

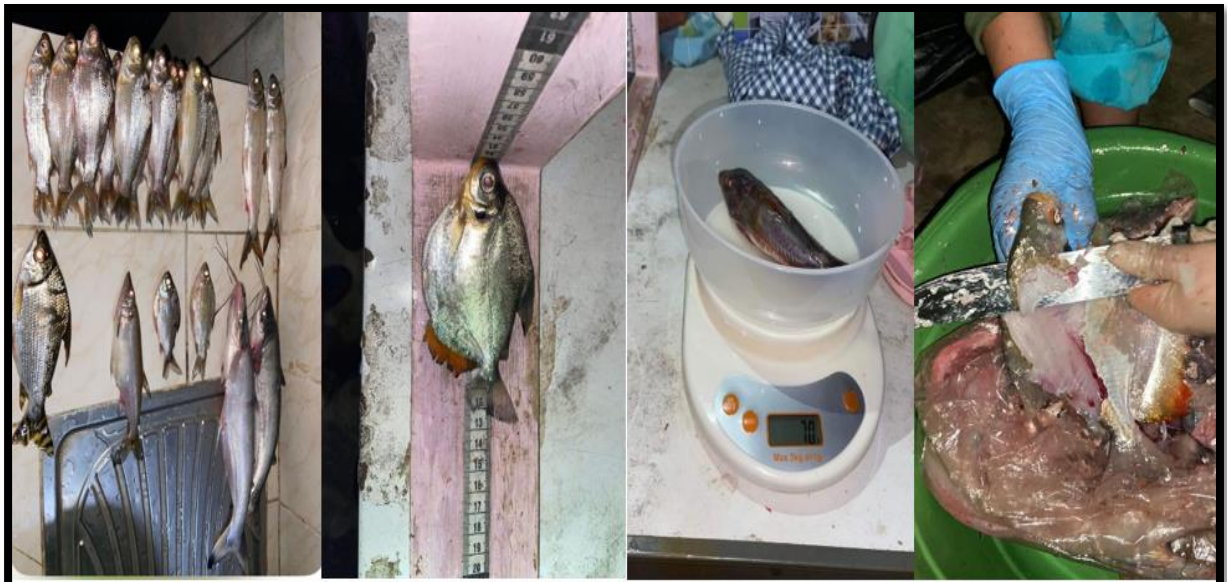
**Figura 4.**

*Captura de peces a través del apoyo de pescadores locales en los distintos poblados del CPL.*



**Figura 5.**

*Toma de datos biométricos y proceso de fileteado para la obtención de tejidos de los peces capturados en el CPL.*



## Traslado y tratamiento de muestras

Las muestras agrupadas de músculos de pescado de cada punto de colecta fueron mantenidos en refrigeración y transportados hasta el Laboratorio de Química de la UNAAA, donde se realizaron las fases de pretratamiento y tratamiento, que constaron de varios pasos detallados a continuación:

- **Deshidratación:** Las muestras agrupadas de músculo de pescado fueron sometidas a un proceso de deshidratación a una temperatura constante de 105°C durante un período de 72 horas. Este paso es crucial para eliminar la humedad y estabilizar las muestras para el análisis posterior.
- **Molienda:** Después de la deshidratación, las muestras secas se molieron manualmente usando un mortero hasta obtener una harina fina y homogénea. Este proceso asegura que las muestras estén en una forma adecuada para la digestión ácida y el análisis posterior, facilitando una distribución uniforme de los metales pesados en la muestra.
- **Digestión Ácida:**
  - A. Equipos y Procedimientos: Las muestras de harina de pescado se sometieron a un proceso de digestión ácida utilizando un digestor de microondas, siguiendo el modelo establecido por la Universidad Nacional San Agustín (UNSA) siguiendo el método mencionado por Qin et al. (2015).
  - B. Reactivos Utilizados:
    - Ácido Nítrico (HNO<sub>3</sub>):** Se emplearon tres litros de ácido nítrico para oxidar y descomponer los componentes orgánicos de las muestras.
    - Ácido Clorhídrico (HCl):** Se utilizó un litro de ácido clorhídrico para ayudar en la disolución de ciertos metales y mejorar la eficiencia de la digestión.

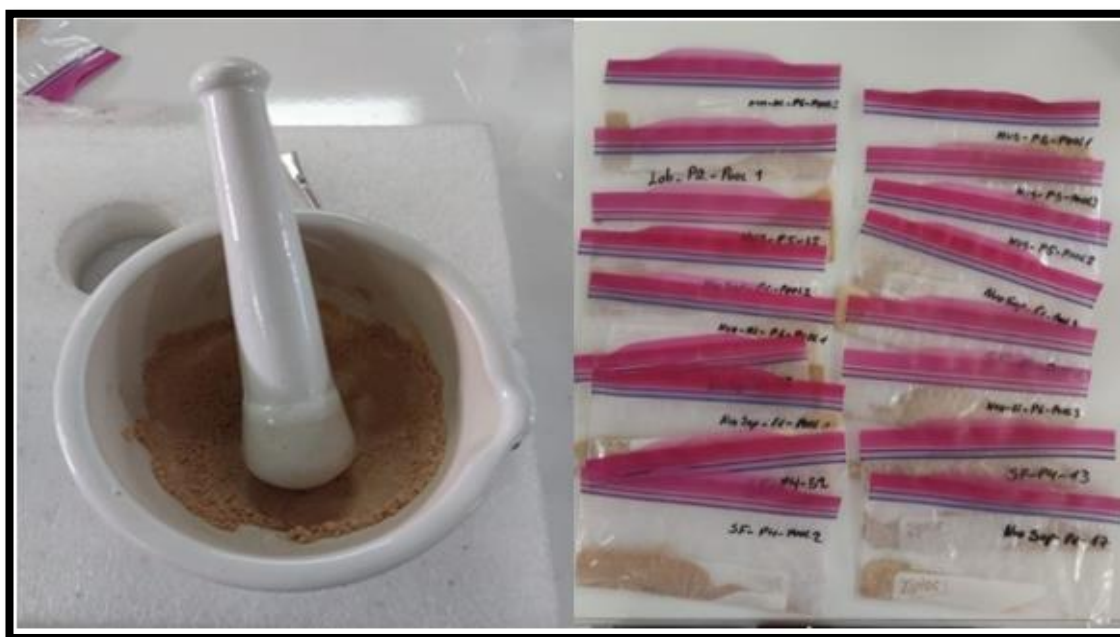
**Peróxido de Hidrógeno ( $H_2O_2$ ):** Se añadió un litro de peróxido de hidrógeno como agente oxidante adicional para asegurar la completa descomposición de los materiales orgánicos.

C. Proceso Controlado: Los reactivos fueron añadidos de manera controlada para evitar reacciones violentas y asegurar una digestión completa y eficiente de las muestras. Este proceso transforma las muestras sólidas en una solución líquida que contiene los metales pesados disueltos, listos para su análisis.

A continuación, se muestra la Figura 6, que ilustra el tratamiento de las muestras.

**Figura 6.**

*Tratamiento de muestras agrupadas en la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas.*



### **Análisis por Espectrofotometría de Absorción Atómica:**

Una vez completada la digestión ácida, las soluciones resultantes fueron transportadas al laboratorio de espectrofotometría de absorción atómica para medir la concentración de metales pesados presentes en las muestras digeridas. Este equipo es altamente preciso y

permitió determinar la concentración de Cr, Cd, Zn, As, Pb, Cu, Hg y Ni. En la Figura 7 se muestra el uso del espectrofotómetro de absorción atómica.

**Figura 7.**

*Lectura de las muestras agrupadas previamente digeridas, en el espectrofotómetro de absorción atómica de la UNAAA para determinar las concentraciones de metales pesados.*



### **Evaluación de riesgos para la salud**

La evaluación de riesgo para la salud humana desempeña un papel fundamental en nuestra investigación, la cual se centró en la determinación de las concentraciones de metales pesados en pescados del CPL y su posible impacto en la salud humana como consecuencia de la ingesta de pescado. Para estimar las posibles implicancias en la salud de las poblaciones asentadas en el área de estudio, se determinaron las siguientes variables: ingesta diaria estimada (EDI), riesgo no cancerígeno (THQ) y riesgo cancerígeno (CRI).

- **Ingesta diaria estimada:** se calculó estos elementos como Cr, Cd, Zn, As, Pb, Cu, Hg y Ni utilizando esta ecuación.

$$EDI = \frac{C_m \times FIR}{BW}$$

Donde:

**FIR** es el consumo de pescado (g/persona /día, peso húmedo), cuyos resultados se muestran en el Anexo 1.

**C<sub>m</sub>** es la concentración media del metal en la muestra de pescado (mg/kg), y

**BW** es el peso corporal de un adulto (70 kg en este estudio) según (FAO 2003).

- **Riesgo no cancerígeno:** Expresado en este caso con el **THQ** (Cociente de Peligro Objetivo), calculado con la relación EDI/RfD, donde EDI (Ingesta Diaria Estimada) es la cantidad de un contaminante que se ingiere diariamente a través de los alimentos, mientras que la Dosis de Referencia Oral (RfD, µg/kg/día) son datos establecidos y proporcionados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA 2023). El THQ se obtuvo usando la siguiente formula.

$$THQ = \frac{EDI}{RfD}$$

En el caso del THQ existen tres escenarios identificados por Huang et al. (2019):

Cuando el THQ < 1, no se esperan riesgos adversos para la salud en la población.

Cuando el THQ = 1, los individuos podrían experimentar efectos sobre la salud no relacionados con el cáncer.

Cuando el THQ > 1, la probabilidad de enfrentar riesgos adversos para la salud aumenta.

- **Riesgo cancerígeno:** Calculado usando el CRI (Índice de Riesgo Cancerígeno) para Cr, As y Cd. Valores de CRI inferiores a 10<sup>-6</sup> son considerados seguros, y valores superiores a 10<sup>-4</sup> indican alto riesgo cancerígeno (Huang et al. 2019).

$$CRI = \frac{FIR \times E_f \times E_d}{BW \times T_A} \times SF_i \times C_i$$

Donde  $E_f$  es la frecuencia de exposición (365 días),  $E_d$  es la duración de la exposición (70 años),  $T_A$  es el tiempo promedio ( $365 E_d$  d), y  $SF_i$  es el factor dependiente oral (( $\text{mg kg}^{-1} \text{d}^{-1}$ )<sup>-1</sup>) para un solo metal pesado. La ingesta oral de factor dependiente cancerígeno para Cr, As, y Cd son 0.50, 0.38 y 1.50, respectivamente. Cuando el valor de CRI es inferior a  $10^{-6}$ , el compuesto es seguro para los seres humanos. Cuando el valor CRI está entre  $10^{-5}$  y  $10^{-4}$ , hay potencial riesgo cancerígeno para la población expuesta. Cuando el valor CRI es mayor a  $10^{-4}$ , las personas expuestas se encontrarían en alto de riesgo cancerígeno (Huang et al. 2019).

### 3.4. Tipo de investigación

La presente investigación se clasifica como de tipo cuantitativa, ya que se ocupó en la recolección y análisis de datos numéricos. En cuanto a su finalidad, fue considerada como del tipo aplicada debido a su contribución en la construcción de nuevo conocimiento y su objetivo de mejorar la calidad de vida de las poblaciones del área de estudio. Por otro lado, el nivel de investigación adoptado fue el descriptivo. Este enfoque se basa en la descripción de las características de un fenómeno ya existente, así como en su manifestación, mediante la recolección de datos y la presentación de hechos observados.

## **Capítulo IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Resultados**

Culminada la fase de campo y realizados todos los análisis de determinación de metales pesados en las muestras de carne de pescado, presentamos a continuación los resultados del presente trabajo de tesis.

#### **4.1.2. Presencia de metales en los músculos de los peces**

En la Tabla 4 se muestran las concentraciones de siete metales (Ni, Cr, Cd, Hg, Cu, As, Zn y Pb) presentes en las muestras de carne elaborados en base a los tejidos musculares de los peces capturados en los 22 puntos de colecta establecidos en los cuatro ríos del CPL monitoreados.

Los puntos de colecta se identifican con letras (T, M, C, P) seguidos de un número. En la tabla también se indica el número de ejemplares capturados en cada punto de colecta.

**Tabla 4.** Concentraciones de metales pesados presentes en músculos de peces colectados en 22 estaciones de muestreo localizados en cuatro ríos del Corredor Petrolero de Loreto (Tigre, Morona, Corrientes y Pastaza).

Punto de colecta	Localidad	N° de peces colectados	Concentración de metales (mg/kg de muestra húmeda)							
			Cr	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Hg
<b>T1</b>	Paiche playa	16	0.604	0.173	0.523	5.304	0.059	0.008	0.025	0.407
<b>T2</b>	Intuto	19	0.349	0.038	0.275	4.137	0.006	0.007	0.071	0.331
<b>T3</b>	28 de julio	28	1.047	0.487	0.749	8.278	0.038	0.008	0.056	0.200
<b>T4</b>	Piura	11	0.993	0.146	0.472	6.471	0.003	0.005	0.052	0.405
<b>T5</b>	Nueva York	30	0.322	0.087	0.612	6.204	0.007	0.002	0.055	0.201
<b>M1</b>	Inka Roca- Tigreyacu	10	0.818	0.134	0.538	5.49	0.003	0.004	0.032	0.107
<b>M2</b>	Caballito	19	0.789	0.108	0.56	6.432	0.007	0.007	0.063	0.156
<b>M3</b>	Shoroya Nuevo	10	0.379	0.044	0.513	4.51	0.038	0.001	0.011	0.352
<b>M4</b>	Pinshacocha	17	0.32	0.131	0.594	4.471	0.036	0.004	0.026	0.111
<b>M5</b>	San Martin	41	0.225	0.125	0.239	4.704	0.002	0.018	0.025	0.301
<b>M6</b>	Puerto Alegría	13	0.267	0.08	0.45	6.438	0.008	0.007	0.063	0.157
<b>M7</b>	Puerto América	15	0.413	0.092	0.319	5.359	0.066	0.002	0.065	0.104
<b>C1</b>	Nueva Valencia	18	0.484	0.17	0.455	6.781	0.029	0.005	0.069	0.102
<b>C2</b>	Pucacuro	19	0.662	0.139	0.444	6.304	0.018	0.004	0.122	0.1
<b>C3</b>	Trompeteros	17	0.548	0.133	0.355	5.601	0.003	0.004	0.031	0.127
<b>C4</b>	Providencia	31	0.427	0.318	0.629	7.636	0.025	0.007	0.028	0.114
<b>P1</b>	Nuevo Soplín	13	0.312	0.015	0.285	7.718	0.012	0.004	0.032	0.305
<b>P2</b>	Loboyacu	18	0.417	0.127	0.295	4.865	0.013	0.015	0.065	0.202
<b>P3</b>	Sungachi	18	0.72	0.125	0.556	6.365	0.008	0.012	0.056	0.317
<b>P4</b>	San Fernando	10	0.307	0.021	0.409	4.637	0.01	0.012	0.043	0.516
<b>P5</b>	Musakarusha	12	0.36	0.024	0.324	5.167	0.01	0.011	0.053	0.202
<b>P6</b>	Nueva alianza	8	0.286	0.034	0.59	4.171	0.014	0.014	0.127	0.119

Punto de colecta del río Tigre (T1, T2, T3, T4, T5), Punto de colecta del río Morona (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7), Punto de colecta del río Corrientes (C1, C2, C3, C4) y Punto de colecta del río Pastaza (P1, P2, P3, P4, P5, P6).

**Fuente:** Elaboración propia.

En general, se observa que las concentraciones de metales varían significativamente entre los diferentes puntos de colecta. Por ejemplo, en el punto T3, se registraron las concentraciones más altas de Cr y Zn, con valores de 1.047 mg/kg y 8.278 mg/kg respectivamente. En contraste, el punto P1 mostró una de las concentraciones más bajas de Ni con 0.015 mg/kg. El Hg presentó valores preocupantes en varios puntos, destacándose T1 con 0.407 mg/kg y T4 con 0.405 mg/kg. Estos niveles son preocupantes debido a los efectos tóxicos del mercurio en la salud humana. En cuanto al Pb, las concentraciones fueron relativamente bajas en la mayoría de los puntos, con un valor máximo de 0.071 mg/kg en T2. El As también mostró variabilidad, siendo notablemente alto en P3 con 0.056 mg/kg.

La Tabla 5 muestra las medias, desviación estándar, rango y el coeficiente variación de las concentraciones de metales pesados presentes en los tejidos musculares de los peces capturados en los ríos Tigre, Morona, Corrientes y Pastaza.

**Tabla 5.** Estadística descriptiva de la concentración de metales pesados (mg/kg de peso húmedo) en los músculos de los peces colectados en los cuatro ríos del corredor petrolero de Loreto.

Elementos	Tigre (n=104)			Morona (n=125)			Corrientes (n=85)			Pastaza (n=79)		
	Media	DE	CV	Media	DE	CV	Media	DE	CV	Media	DE	CV
<b>Cr</b>	0.66	0.34	<b>51.3</b>	0.46	0.24	<b>53.2</b>	0.53	0.1	<b>19</b>	0.4	0.16	<b>40.8</b>
<b>Ni</b>	0.19	0.18	<b>96.8</b>	0.1	0.03	<b>32</b>	0.19	0.09	<b>45.7</b>	0.06	0.05	<b>92.4</b>
<b>Cu</b>	0.53	0.18	<b>34.2</b>	0.46	0.13	<b>28.9</b>	0.47	0.11	<b>24.3</b>	0.41	0.13	<b>32.7</b>
<b>Zn</b>	6.08	1.53	<b>25.3</b>	5.34	0.84	<b>15.8</b>	6.58	0.85	<b>13</b>	5.49	1.32	<b>24</b>
<b>As</b>	0.02	0.02	<b>113.6</b>	0.02	0.02	<b>106</b>	0.02	0.01	<b>61</b>	0.01	0	<b>20</b>
<b>Cd</b>	0.01	0	<b>41.7</b>	0.01	0.01	<b>95</b>	0.01	0	<b>28.3</b>	0.01	0	<b>34.2</b>
<b>Pb</b>	0.05	0.02	<b>32.7</b>	0.04	0.02	<b>54.6</b>	0.06	0.04	<b>70.1</b>	0.06	0.03	<b>53.4</b>
<b>Hg</b>	0.31	0.1	<b>33.3</b>	0.18	0.1	<b>54.8</b>	0.11	0.01	<b>11.3</b>	0.28	0.14	<b>50</b>

n: el número de muestras de musculo de pescados; DE: desviación estándar; CV: coeficiente de variación (%)

**Fuente:** Elaboración propia

En el caso del Cr, las concentraciones medias varían desde 0.40 mg/kg en el río Pastaza hasta 0.66 mg/kg en el río Tigre, con una variabilidad más baja en el río Corriente con un coeficiente de variación del 19%. Para el Ni, las concentraciones medias son más altas en los ríos Tigre y Corriente 0.19 mg/kg y más bajas en el río Pastaza 0.06 mg/kg, con alta variabilidad en los ríos Tigre con el 96.8% y Pastaza con el 92.4%. Respecto al Cu, las concentraciones medias oscilan entre 0.41 mg/kg en el río Pastaza y 0.53 mg/kg en el río Tigre, con menor variabilidad en el río Corrientes del 24.3%. El Zn presenta concentraciones más altas en el río Corrientes con 6.58 mg/kg y más bajas en el río Morona con 5.34 mg/kg, con menor variabilidad en el Corrientes del 13%. Las concentraciones de As son uniformemente bajas en todos los ríos, con valores de 0.01 a 0.02 mg/kg, pero con alta variabilidad en los ríos Tigre del 113.6% y Morona con el 106%. El Cd muestra concentraciones bajas y consistentes en todos los ríos con 0.01 mg/kg, aunque con variabilidad significativa en el río Morona está al 95%. Para el Pb, las concentraciones medias varían entre 0.04 mg/kg en el río Morona y 0.06 mg/kg en los ríos Corrientes y Pastaza, con mayor variabilidad en el Corrientes con un 70.1%. Finalmente, el Hg presenta concentraciones más altas en el río Tigre con 0.31 mg/kg y más bajas en el Corrientes con 0.11 mg/kg, con menor variabilidad en este último con el 11.3%.

**Tabla 6.** Niveles máximos permisibles de concentración de metales pesados (mg/kg) según directrices internacionales.

Guía/ referencia	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Hg
FAO/ (FAO, 2003)				50		0.05	0.2	0.5
OMS/ (Tahity et al., 2022)	0.1				1.0	2.0	0.5	0.5
UE / (UE, 2008)	0.5	5.0	30	50		0.1	0.3	0.5

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura),  
OMS (Organización Mundial de la Salud), UE (Unión Europea)

Tanto la Tabla 4 como la Tabla 5 presentan los resultados generales y estadísticos de las muestras de músculo de pescado con concentraciones de metales pesados. Al comparar estos resultados con los límites máximos establecidos por la FAO, OMS y la UE, según la Tabla 6, se observan algunas diferencias importantes.

Las concentraciones de Cr en las localidades T3 (1.047 mg/kg) y T4 (0.993 mg/kg) superan el límite máximo de 0.5 mg/kg establecido por la UE. Esto indica que, en estas localidades, el nivel de cromo en los pescados podría representar un riesgo para la salud si se consume en grandes cantidades.

En cuanto al Hg, la concentración en la localidad P4 (0.516 mg/kg) supera ligeramente el límite máximo de 0.5 mg/kg establecido por la FAO, OMS y la UE. Este hallazgo sugiere que el consumo de pescado de esta localidad podría ser preocupante debido a los efectos tóxicos del mercurio.

Por otro lado, las concentraciones de níquel, cobre, zinc, arsénico, cadmio y plomo en todas las localidades están por debajo de los límites máximos permitidos por las directrices internacionales. Esto sugiere que, en general, el consumo de pescado de estas áreas no debería representar un riesgo significativo para la salud en términos de exposición a estos metales pesados.

#### **4.1.2. Implicancias en la salud**

##### **Ingesta diaria estimada (EDI) para cada elemento de la muestra de músculo de pescado.**

A continuación, se presentan los resultados de la ingesta diaria estimada (EDI) de cada punto de análisis de muestras de pescado en las poblaciones de los ríos Corriente, Tigre, Pastaza y Morona, donde se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 7.** Resultado de la ingesta diaria estimada (EDI) en mg/kg/día para cada elemento estudiadas de las cuencas de los ríos Tigre, Morona, Corrientes y Pastaza.

Punto de colecta	Localidad	FIR	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Hg
<b>T1</b>	Paiche playa	146.15	1,262	0,362	1,092	11,075	0,123	0,017	0,053	0,851
<b>T2</b>	Intuto	86.75	0,432	0,047	0,341	5,127	0,007	0,009	0,087	0,410
<b>T3</b>	28 de julio	175.68	2,628	1,223	1,881	20,776	0,094	0,020	0,139	0,503
<b>T4</b>	Piura	268	3,800	0,559	1,807	24,776	0,011	0,019	0,198	1,549
<b>T5</b>	Nueva York	56.62	0,261	0,070	0,495	5,018	0,006	0,002	0,044	0,163
<b>M1</b>	Inka Roca- Tigreyacu	302.59	3,534	0,580	2,324	23,733	0,014	0,016	0,139	0,465
<b>M2</b>	Caballito	434.67	4,901	0,672	3,476	39,939	0,046	0,044	0,388	0,967
<b>M3</b>	Shoroya nuevo	383	2,072	0,240	2,809	24,676	0,209	0,006	0,058	1,928
<b>M4</b>	Pinshacocha	63.15	0,288	0,118	0,535	4,034	0,033	0,003	0,024	0,100
<b>M5</b>	San Martin	63.19	0,203	0,113	0,216	4,246	0,002	0,017	0,023	0,272
<b>M6</b>	Puerto Alegría	63.3	0,242	0,072	0,407	5,821	0,008	0,006	0,057	0,142
<b>M7</b>	Puerto América	101.83	0,601	0,134	0,465	7,796	0,096	0,003	0,094	0,152
<b>C1</b>	Nueva Valencia	103	0,713	0,251	0,670	9,978	0,043	0,007	0,101	0,150
<b>C3</b>	Pucacuro	103.2	0,976	0,205	0,654	9,294	0,027	0,006	0,179	0,147
<b>C4</b>	Trompeteros	67.89	0,532	0,129	0,344	5,433	0,003	0,004	0,030	0,123
<b>C6</b>	Providencia	60	0,366	0,273	0,539	6,545	0,021	0,006	0,024	0,098
<b>P1</b>	Nuevo Soplín	60	0,267	0,013	0,244	6,615	0,010	0,004	0,027	0,262
<b>P2</b>	Loboyacu	302.3	1,801	0,549	1,276	21,012	0,057	0,063	0,280	0,873
<b>P3</b>	Sungachi	100	1,029	0,179	0,795	9,092	0,012	0,017	0,079	0,453
<b>P4</b>	San Fernando	100	0,439	0,030	0,585	6,624	0,014	0,017	0,062	0,737
<b>P5</b>	Musakarusha	82.43	0,424	0,028	0,382	6,085	0,012	0,013	0,063	0,237
<b>P6</b>	Nueva Alianza	64.23	0,262	0,031	0,542	3,827	0,013	0,013	0,116	0,109

Puntos de colecta del río Tigre (T1, T2, T3, T4, T5), Puntos de colecta del río Morona (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7), Puntos de colecta del río Corrientes (C1, C2, C3, C4) y Puntos de colecta del río Pastaza (P1, P2, P3, P4, P5, P6)

**Fuente:** Elaboración propia

En la Tabla 7 se detallan los valores de la ingesta diaria estimada (EDI) para cada uno de los metales evaluados en las muestras de músculo de pescado provenientes

de las cuencas de los ríos Tigre, Morona, Corrientes y Pastaza. Estos valores representan la cantidad aproximada de cada metal que una persona podría incorporar a su organismo por mg/kg/día de peso corporal al día, en función del consumo estimado de pescado (FIR) en cada localidad.

#### 4.1.3. Riesgo no cancerígeno

A continuación, se presentan los resultados de riesgo no cancerígeno para los pobladores de las comunidades asentadas en los ríos Tigre, Corrientes, Morona y Pastaza, según el cociente de peligro objetivo (THQ) para cada metal analizado (Tabla 8).

*Tabla 8. Resultados de riesgo no cancerígeno (THQ) para cada metal analizado en las muestras agrupadas de pescado colectados de las cuencas de los ríos Tigre, Morona, Corrientes y Pastaza, región Loreto.*

Punto de colecta	Localidad	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Hg
<b>T1</b>	Paiche playa	0.421	0.018	0.027	0.037	0.408	0.017	0.035	2.836
<b>T2</b>	Intuto	0.144	0.002	0.009	0.017	0.024	0.009	0.058	1.366
<b>T3</b>	28 de julio	0.876	0.061	0.047	0.069	0.314	0.02	0.093	1.677
<b>T4</b>	Piura	1.267	0.028	0.045	0.083	0.038	0.019	0.132	5.165
<b>T5</b>	Nueva York	0.087	0.004	0.012	0.017	0.02	0.002	0.029	0.543
<b>M1</b>	Inka Roca	1.178	0.029	0.058	0.079	0.048	0.016	0.092	1.548
<b>M2</b>	Caballito	1.634	0.034	0.087	0.133	0.152	0.044	0.259	3.222
<b>M3</b>	Shoroya nuevo	0.691	0.012	0.07	0.082	0.695	0.006	0.039	6.426
<b>M4</b>	Pinshacocha	0.096	0.006	0.013	0.013	0.109	0.003	0.016	0.333
<b>M5</b>	San Martin	0.068	0.006	0.005	0.014	0.007	0.017	0.015	0.907
<b>M6</b>	Puerto Alegría	0.081	0.004	0.01	0.019	0.026	0.006	0.038	0.472
<b>M7</b>	Puerto América	0.126	0.004	0.007	0.016	0.201	0.002	0.04	0.319
<b>C1</b>	Nueva Valencia	0.238	0.013	0.017	0.033	0.143	0.007	0.067	0.5
<b>C3</b>	Pucacuro	0.325	0.01	0.016	0.031	0.09	0.006	0.12	0.491
<b>C4</b>	Trompeteros	0.216	0.008	0.011	0.022	0.012	0.005	0.024	0.501
<b>C6</b>	Providencia	0.122	0.014	0.013	0.022	0.07	0.006	0.016	0.326

<b>P1</b>	Nuevo Soplín	0.089	0.001	0.006	0.022	0.033	0.004	0.018	0.872
<b>P2</b>	Loboyacu	0.6	0.027	0.032	0.07	0.189	0.063	0.187	2.911
<b>P3</b>	Sungachi	0.343	0.009	0.02	0.03	0.038	0.017	0.053	1.509
<b>P4</b>	San Fernando	0.146	0.002	0.015	0.022	0.046	0.017	0.041	2.458
<b>P5</b>	Musakarusha	0.141	0.001	0.01	0.02	0.039	0.013	0.042	0.791
<b>P6</b>	Nueva alianza	0.087	0.002	0.014	0.013	0.044	0.013	0.077	0.364

Puntos de colecta del río Tigre (T1, T2, T3, T4, T5), Puntos de colecta del río Morona (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7), Puntos de colecta del río Corrientes (C1, C2, C3, C4) y Puntos de colecta del río Pastaza (P1, P2, P3, P4, P5, P6).

**Fuente:** Elaboración propia

En la Tabla 8 se observa que el Hg presenta un riesgo significativo en varias localidades. En la cuenca del río Tigre, las localidades de T2, T3, T1 y T4 mostraron valores de THQ superiores a 1, con valores de 1.366, 1.677, 2.836 y 5.165 respectivamente. En la cuenca del río Morona, las localidades de M1, M2 y M3 también superaron el umbral de  $THQ > 1$ , con valores de 1.548, 3.222 y 6.426 respectivamente. En la cuenca del río Pastaza, las localidades de P2, P3 y P4 presentaron valores altos de THQ de 2.911, 1.509 y 2.458 respectivamente.

En contraste, los otros metales evaluados (Cr, Ni, Zn, Cd, As, Pb y Cu) no mostraron niveles de exposición significativos en la mayoría de las localidades, con excepción del Cr en T4 ( $THQ = 1.267$ ), M1 ( $THQ = 1.178$ ) y M2 ( $THQ = 1.634$ ). En general, los THQ calculados para los metales estudiados están dentro de los límites considerados seguros para las poblaciones humanas. En lo que respecta a la cuenca del río Corrientes, todos los valores de THQ estuvieron por debajo de 1, indicando que la exposición a los metales evaluados se considera segura y no se espera que cause efectos adversos significativos en la salud.

#### 4.1.4. Riesgo cancerígeno

En la Tabla 9, se presentan los resultados del índice de riesgo carcinogénico (CRI) el cual se utiliza para evaluar los riesgos carcinógenos potenciales para la población humana derivados del consumo de pescado. En este caso solo se trabajó con Cr, As, Cd.

**Tabla 9.** Resultados del riesgo cancerígeno (CRI) para cada metal analizado en las muestras de pescado colectados de los ríos Tigre, Morona, Corriente y Pastaza, región Loreto.

Punto de colecta	Localidad	Cr	As	Cd
<b>T1</b>	Paiche playa	$6.3 \times 10^{-4}$	$4.6 \times 10^{-5}$	$2.59 \times 10^{-5}$
<b>T2</b>	Intuto	$2.2 \times 10^{-4}$	$2.8 \times 10^{-6}$	$1.28 \times 10^{-5}$
<b>T3</b>	28 de julio	$1.3 \times 10^{-3}$	$3.6 \times 10^{-5}$	$2.99 \times 10^{-5}$
<b>T4</b>	Piura	$1.9 \times 10^{-3}$	$4.3 \times 10^{-6}$	$2.79 \times 10^{-5}$
<b>T5</b>	Nueva York	$1.3 \times 10^{-4}$	$2.2 \times 10^{-6}$	$2.88 \times 10^{-6}$
<b>M1</b>	Inka Roca	$1.8 \times 10^{-3}$	$5.5 \times 10^{-6}$	$2.4 \times 10^{-5}$
<b>M2</b>	Caballito	$2.5 \times 10^{-3}$	$1.7 \times 10^{-5}$	$6.6 \times 10^{-5}$
<b>M3</b>	Shoroya nuevo	$1.1 \times 10^{-3}$	$7.9 \times 10^{-5}$	$8.4 \times 10^{-6}$
<b>M4</b>	Pinshacocha	$1.4 \times 10^{-4}$	$1.2 \times 10^{-5}$	$5.05 \times 10^{-6}$
<b>M5</b>	San Martin	$1.01 \times 10^{-4}$	$7.59 \times 10^{-7}$	$2.5 \times 10^{-5}$
<b>M6</b>	Puerto Alegría	$1.2 \times 10^{-4}$	$2.9 \times 10^{-6}$	$9.4 \times 10^{-6}$
<b>M7</b>	Puerto América	$3.00 \times 10^{-4}$	$3.6 \times 10^{-5}$	$5.2 \times 10^{-6}$
<b>C1</b>	Nueva Valencia	$3.56 \times 10^{-4}$	$1.63 \times 10^{-5}$	$1.09 \times 10^{-5}$
<b>C3</b>	Pucacuro	$4.88 \times 10^{-4}$	$1.02 \times 10^{-5}$	$8.38 \times 10^{-6}$
<b>C4</b>	Trompeteros	$2.7 \times 10^{-4}$	$1.13 \times 10^{-6}$	$5.72 \times 10^{-6}$
<b>C6</b>	Providencia	$1.83 \times 10^{-4}$	$8.01 \times 10^{-6}$	$9.17 \times 10^{-6}$
<b>P1</b>	Nuevo Soplín	$1.34 \times 10^{-4}$	$3.79 \times 10^{-6}$	$5.583 \times 10^{-6}$
<b>P2</b>	Loboyacu	$9.01 \times 10^{-4}$	$2.15 \times 10^{-5}$	$9.512 \times 10^{-5}$
<b>P3</b>	Sungachi	$5.14 \times 10^{-4}$	$4.38 \times 10^{-6}$	$2.489 \times 10^{-5}$
<b>P4</b>	San Fernando	$2.19 \times 10^{-4}$	$5.3 \times 10^{-6}$	$2.57 \times 10^{-5}$
<b>P5</b>	Musakarusha	$2.12 \times 10^{-4}$	$4.41 \times 10^{-6}$	$1.92 \times 10^{-5}$
<b>P6</b>	Nueva alianza	$1.31 \times 10^{-4}$	$4.99 \times 10^{-6}$	$1.902 \times 10^{-5}$

Puntos de colecta del río Tigre (T1, T2, T3, T4, T5), Puntos de colecta del río Morona (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7), Puntos de colecta del río Corrientes (C1, C2, C3, C4) y Puntos de colecta del río Pastaza (P1, P2, P3, P4, P5, P6).

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 9 se presenta la evaluación de riesgos cancerígenos (CRI) debido a la exposición a metales pesados en las poblaciones humanas asentadas en las cuencas de los ríos Tigre, Morona, Corriente y Pastaza. Los resultados revelan un panorama inquietante en cuanto a la preocupación de riesgo cancerígeno asociado a la exposición a metales específicos.

En la cuenca del río Tigre, se observó un riesgo cancerígeno significativo debido a la exposición al Cr con valores superiores a  $10^{-4}$  en todas las ubicaciones. Asimismo, se identificaron riesgos potenciales considerables de cáncer relacionados con la exposición al As en las localidades de T1 y T3, con valores de  $10^{-5}$ . Además, se encontraron riesgos similares asociados al Cd con valores de  $10^{-5}$  en todas las localidades, a excepción de T5.

En la cuenca del río Morona, se observó un riesgo cancerígeno significativo debido a la exposición al Cr con valores superiores a  $10^{-4}$  en todas las ubicaciones. También se identificaron riesgos potenciales considerables de cáncer relacionados con la exposición al As en las localidades de M2, M3, M4 y M6, con valores de  $10^{-5}$ . Además, se encontraron riesgos similares asociados al Cd con valores de  $10^{-5}$  en las localidades de M1, M2 y M5.

En la cuenca del río Corrientes, se observó un riesgo cancerígeno significativo debido a la exposición al Cr con valores de  $10^{-4}$  en todas las ubicaciones. Asimismo, se identificaron riesgos potenciales considerables de cáncer relacionados con la exposición al As en las localidades de C1 y C2, con valores de  $10^{-5}$ . Además, se encontró un riesgo asociado al Cd con valores de  $10^{-5}$  en la localidad de C1.

En la cuenca del río Pastaza, se observó un riesgo cancerígeno significativo debido a la exposición al Cr con valores superiores a  $10^{-4}$  en todas las ubicaciones.

También se identificó un riesgo potencial considerable de cáncer relacionado con la exposición al As en la localidad de P2, con valores de  $10^{-5}$ . Además, se encontraron riesgos similares asociados al Cd con valores de  $10^{-5}$  en todas las localidades, a excepción de P1.

Estos resultados plantean serias preocupaciones sobre la salud de las comunidades locales que dependen de las fuentes acuáticas, destacando la necesidad de medidas urgentes para mitigar la exposición a estos metales pesados.

#### **4.1.5. Análisis de riesgo no cancerígeno y riesgo cancerígeno**

A continuación, se presenta una evaluación promedio de riesgos cancerígenos (CRI) y no cancerígenos (THQ) debido a la exposición a metales pesados en las poblaciones humanas asentadas en las cuencas de los ríos Tigre, Morona, Corrientes y Pastaza. Los datos incluyen el promedio de ingesta diaria estimada (EDI) de varios metales, y la dosis referencial oral (RfD). Esta información es crucial para entender los niveles de exposición y los posibles riesgos para la salud asociados con el consumo de pescado contaminado en estas localidades ubicadas en el corredor petrolero de Loreto.

**Tabla 10.** Análisis de riesgo no cancerígeno y riesgo cancerígeno de metales presentes en el pescado consumido en el Corredor Petrolero de Loreto.

Metal	RÍO TIGRE			RÍO MORONA			RÍO CORRIENTES			RÍO PASTAZA		
	EDI ( $\mu\text{g}/\text{kg}/$ día)	THQ	CRI ( $10^{-6}$ )	EDI ( $\mu\text{g}/\text{kg}/$ día)	THQ	CRI ( $10^{-6}$ )	EDI ( $\mu\text{g}/\text{kg}/$ día)	THQ	CRI ( $10^{-6}$ )	EDI ( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$ ía)	THQ	CRI ( $10^{-6}$ )
Cr	1.68	0.559	$8.3 \times 10^{-4}$	1.66	0.553	$8.5 \times 10^{-4}$	0.676	0.2253	$3.23 \times 10^{-4}$	0.704	0.235	$3.52 \times 10^{-4}$
Ni	0.45	0.023		0.268	0.013		0.221	0.0111		0.138	0.007	
Cu	1.12	0.028		1.437	0.036		0.571	0.0143		0.637	0.016	
Zn	13.35	0.045		15.338	0.051		8.113	0.027		8.876	0.03	
As	0.05	0.161	$1.8 \times 10^{-5}$	0.053	0.177	$2.2 \times 10^{-5}$	0.024	0.0788	$8.92 \times 10^{-6}$	0.019	0.065	$7.41 \times 10^{-6}$
Cd	0.01	0.013	$1.9 \times 10^{-5}$	0.013	0.013	$2.04 \times 10^{-5}$	0.006	0.0059	$8.56 \times 10^{-6}$	0.021	0.021	$3.159 \times 10^{-5}$
Pb	0.1	0.07		0.107	0.071		0.085	0.0567		0.105	0.07	
Hg	0.7	2.317		0.567	1.89		0.136	0.4544		0.445	1.484	

EDI (Ingesta diaria estimada), THQ (cociente de peligro objetivo) límite:1, CRI (índice de riesgo cancerígeno) Cuando el valor es mayor que  $10^{-4}$ , las personas expuestas se encontrarían en riesgo cancerígeno excesivo.

**Fuente:** elaboración propia

En la Tabla 10 se presenta una evaluación de los riesgos cancerígenos (CRI) y no cancerígenos (THQ) debido a la exposición a metales pesados en las poblaciones humanas de las cuencas de los ríos Tigre, Morona, Corrientes y Pastaza. Los datos incluyen la ingesta diaria estimada (EDI) de varios metales, comparada con los límites de referencia establecidos por organismos internacionales como la FAO/WHO (JECFA, 2003).

Los resultados muestran que el Hg presenta valores de THQ superiores al límite de 1 en varias localidades, lo que indica un riesgo significativo. En el río Tigre, el THQ de Hg es 2.317, en el río Morona es 1.89, y en el río Pastaza es 1.484. Además, los valores de EDI de Hg en estas áreas superan el límite de  $0.228 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$  establecido por la FAO/WHO (JECFA, 2003), lo que sugiere que la exposición a este metal podría tener efectos adversos importantes en la salud de las poblaciones humanas locales.

En cuanto a los riesgos cancerígenos, el Cr muestra valores de CRI superiores a  $10^{-4}$  en todas las cuencas, lo que indica un riesgo elevado de cáncer. En el río Tigre, el CRI de Cr es  $8.3 \times 10^{-4}$ , en el río Morona es  $8.5 \times 10^{-4}$ , en el río Corrientes es  $3.23 \times 10^{-4}$ , y en el río Pastaza es  $3.52 \times 10^{-4}$ . Además, el As y el Cd también presentan riesgos cancerígenos en varias localidades, aunque en menor medida.

## 5.2. Discusión

### 5.2.1. Presencia de metales pesados en el músculo de pescado

Los resultados obtenidos en este estudio sobre las concentraciones de metales pesados en las muestras agrupadas de músculos de pescado de los ríos Tigre, Morona, Corrientes y Pastaza, revelan importantes hallazgos en comparación con estudios previos y los límites establecidos por organizaciones internacionales como la FAO, OMS y la UE.

Por ejemplo, las concentraciones de Cr en las localidades T3 (1.047 mg/kg) y T4 (0.993 mg/kg) superan el límite máximo de 0.5 mg/kg establecido por la UE. Este hallazgo es preocupante, ya que niveles elevados de Cr pueden tener efectos tóxicos en la salud humana. Del mismo modo, Samantara et al. (2023), observaron concentraciones elevadas de Cr (1.93 –55.24, promedio: 15.2 mg/kg de peso seco) en peces de la Costa de Tami Nadu, Bahía de Bengala en comparación con otras regiones, lo que podría atribuirse a una contaminación localizada, destacando la importancia de monitorear continuamente estos niveles para evaluar los riesgos potenciales para la salud.

En cuanto al Ni, las concentraciones en todas las localidades estuvieron muy por debajo del límite máximo de 5 mg/kg establecido por la UE, lo que sugiere que el consumo de pescado de estas áreas no representa un riesgo significativo en términos de exposición a este metal. Este resultado es consistente con los hallazgos de

Bakhshalizadeh et al. (2022), quienes observaron que las concentraciones de Ni y Cd en el músculo de *Mugil cephalus* capturadas en el Faro Lake (Italia) no representaban riesgos significativos para la salud y fue baja en dicha región.

Las concentraciones de Cu variaron entre 0.239 mg/kg y 0.749 mg/kg, todas por debajo del límite máximo de 30 mg/kg establecido por la UE. Esto indica que las concentraciones de Cu en los pescados de estas localidades no presentan un riesgo para la salud. Este resultado contrasta con lo reportado por Liu et al. (2020), quienes encontraron que el Cu era uno de los metales más elevados en las branquias de peces marinos, lo que resalta la importancia de considerar diferentes tejidos en los estudios de bioacumulación.

Las concentraciones de Zn estuvieron por debajo del límite máximo de 50 mg/kg permitidos por la FAO y la UE, lo que sugiere que el consumo de pescado de estas áreas es seguro en términos de exposición al Zn. Este hallazgo contrasta con los estudios de Ullah et al. (2021), quienes encontraron que el Zn era uno de los metales más acumulados en los tejidos del pez asiático *Tor putitora*.

Las concentraciones de As en las muestras agrupadas de todas las localidades estudiadas se mantuvieron por debajo del límite máximo de 0.1 mg/kg permitido por la OMS y la UE. Sin embargo, Keshavarzi et al. (2018) advirtieron que el consumo prolongado de As puede tener efectos cancerígenos, lo que subraya la necesidad de monitorear continuamente estos niveles para proteger la salud pública en las comunidades asentadas en el Corredor Petrolero de Loreto.

Las concentraciones de Cd también se mantuvieron por debajo del límite máximo de 0.05 mg/kg establecido por FAO y de 0.1 mg/kg permitido por la UE, lo que indica que el consumo de pescado en estas áreas no representa un riesgo significativo en términos de exposición a este metal. Este resultado es consistente con los hallazgos de

Łuczyńska et al. (2019), quienes al estudiar el contenido de este metal en siete especies de peces del Mazurian Lake District (Polonia) encontraron que las concentraciones de Cd en los músculos oscilaron entre 0.0006 mg/kg y 0.0104 mg/kg, y que el cociente de riesgo objetivo (THQ) fue inferior a 1, lo que significa que estos peces eran seguros para el consumidor. Sin embargo, no siempre se dan estos casos. Por ejemplo, Hasan et al. (2022) en Bangladesh, revelaron concentraciones de metales pesados (As, Pb, Zn, Cd y Cr) en que excedieron los límites permitidos establecidos por las referencias estándar internacionales (FAO/OMS, USFDA, MOFL, EC) para las tres especies de peces que ellos estudiaron en el río Shitalakshya, el mismo que está amenazado por la contaminación por metales pesados debido a los numerosos contaminantes industriales que fluyen por sus arroyos.

Las concentraciones de Pb en las muestras agrupadas colectadas en todas las localidades del CPL están por debajo del límite máximo de 0.2 mg/kg y 0.3 mg/kg establecidos por la FAO y la UE, respectivamente, lo que sugiere que el consumo de pescado de estas áreas es seguro en términos de exposición a este metal. Ai et al. (2022) también evaluaron los riesgos para la salud humana asociados con la exposición a Pb, recomendando límites de ingesta diaria de pescado para minimizar los riesgos.

La concentración de Hg en la localidad P4 (0.516 mg/kg) supera ligeramente el límite máximo de 0.5 mg/kg establecido por la FAO, OMS y la UE, respectivamente. Este hallazgo es preocupante, ya que el Hg es altamente tóxico y puede tener efectos adversos significativos en la salud humana. Costa et al. (2022) también encontraron concentraciones elevadas de Hg en peces debido a la deforestación y la minería fluvial en Brasil, lo que resalta la necesidad de monitorear y gestionar adecuadamente las fuentes de contaminación por Hg. Asimismo, Rivera y Moccetti (2018), como también Sarmiento y Faucheux (2020), reportaron concentraciones de Hg que excedían los límites

permitidos, lo que subraya la prevalencia de este problema en diferentes regiones del mundo.

### **5.2.2. Riesgo para la salud humana**

Los resultados de esta investigación destacan algunas preocupaciones relacionadas a la exposición de los pobladores de las comunidades asentadas en las cuencas de los ríos Tigre, Morona, Corriente y Pastaza a metales pesados, derivadas del consumo de pescado. Los valores de ingesta diaria estimada (EDI) de Hg en los ríos Tigre, Morona y Pastaza exceden el límite de  $0.228 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$  establecido por la FAO/WHO (JECFA, 2003). Además, los valores de THQ para Hg en estas tres cuencas son significativamente superiores al límite de 1, lo que indica un riesgo no cancerígeno considerable. Estos hallazgos sugieren que la exposición al Hg podría tener efectos adversos importantes en la salud de las poblaciones locales, incluyendo daños neurológicos y renales (FAO/WHO, 2003).

Los valores de CRI para el Cr en todas las cuencas superan el umbral de  $10^{-4}$ , lo que indica un riesgo elevado de cáncer. Este metal es conocido por sus efectos carcinogénicos, y su presencia en niveles elevados en los peces consumidos por las comunidades locales plantea serias preocupaciones sobre la incidencia de cáncer en estas poblaciones (ATSDR, 2012).

Aunque en menor medida que el Cr, el As y el Cd también presentan riesgos cancerígenos en ciertas localidades donde los valores de CRI para estos dos metales superan el umbral de  $10^{-4}$ , lo que sugiere un riesgo adicional de cáncer. El As es conocido por causar cáncer de piel, pulmón y vejiga, mientras que el Cd está asociado con cáncer de pulmón y próstata (IARC, 2012).

Por su parte, los niveles de Ni, Cu, Zn y Pb no mostraron niveles de exposición significativos en la mayoría de las localidades, manteniéndose dentro de los límites considerados seguros para las poblaciones humanas. Sin embargo, es importante continuar monitoreando estos metales para asegurar que sus niveles no aumenten en el futuro (USEPA, 2000).

Los hallazgos de esta investigación subrayan la necesidad de implementar medidas de mitigación para reducir la exposición a metales pesados en las comunidades locales. Esto podría incluir la regulación de actividades industriales y mineras en la región, así como programas de educación y concientización para las comunidades sobre los riesgos asociados con el consumo de pescado contaminado (OMS, 2010).

## Capítulo V: CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio, se concluye lo siguiente:

- Con excepción del Cr, que en ciertas zonas presentaron niveles preocupantes, los niveles de presencia de Ni, Cu, Zn, Hg, Pb y As en las muestras agrupadas de músculos de pescado colectados en las 22 estaciones de estudio se encuentran por debajo de los límites de referencia establecidos por la OMS, FAO y UE, respectivamente.
- Se registraron riesgos no cancerígenos ( $THQ > 1$ ) para los pobladores de al menos diez comunidades localizadas en las cuencas de los ríos Tigre, Morona y Pastaza relacionadas directamente con la exposición al Hg derivada del consumo de pescado.
- Se registraron un moderado nivel de riesgo cancerígeno por acción del Cr para los pobladores del 100% de las comunidades evaluadas en el presente trabajo, derivado del consumo de pescado.

## Capítulo VI: RECOMENDACIONES

Basado en los hallazgos de este estudio, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Establecer un programa de monitoreo continuo de las concentraciones de metales pesados en los peces del Corredor Petrolero de Loreto. Esto permitirá una evaluación constante de la seguridad alimentaria y la identificación temprana de riesgos para las poblaciones humanas mestizas y originarias.
- Implementar regulaciones efectivas para limitar la contaminación por metales pesados en los ecosistemas acuáticos del CPL, sean estas derivadas de las actividades petroleras u otras fuentes contaminantes.
- Informar y educar a la población local sobre los riesgos asociados con el consumo de pescado contaminado por metales pesados, especialmente en áreas con concentraciones elevadas como 28 de Julio en el río Tigre. Se deben proporcionar pautas claras de consumo seguro de pescado.
- Realizar investigaciones adicionales para comprender mejor los factores ambientales y geográficos que contribuyen a las concentraciones extremadamente elevadas de Cr y Hg en algunas poblaciones de peces. Esto ayudaría a diseñar estrategias de mitigación más específicas.

## Capítulo VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ai, L., Ma, B., Shao, S., & Zhang, L. (2022). Heavy metals in Chinese freshwater fish: Levels, regional distribution, sources and health risk assessment. *Science of the Total Environment*, 853.
- Albert, J., & Reis, R. (2011). *Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes*. Los Angeles : University of California Press.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2012). Toxicological Profile for Chromium. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service
- Argumedo, C. D. (2021). Bioconcentración de metales pesados (Zn, Hg, Pb) en tejidos de *Ariopsis felis* y *Diplodus annularis* en el río Ranchería, Norte de Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 68(2). <https://doi.org/10.15446/RFMVZ.V68N2.98025>
- Bakhshalizadeh, S., Liyafoyi, A.R., Saoca, C., Piccione, G., Cecchini, S., & Fazio, F. (2022). Nickel and cadmium tissue bioaccumulation and blood parameters in *Chelon auratus* and *Mugil cephalus* from Anzali free zone in the south Caspian Sea (Iran) and Faro Lake (Italy): A comparative analysis. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 72, 126999. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2022.126999>.
- Barriga, M., Salas, A., Albrecht, M., Chu-Koo, F., & Ortega, H. (2016). *Información nutricional y determinación de metales pesados en algunos peces comerciales de la Amazonia Peruana*. <http://repositoriodigital.minam.gob.pe/xmlui/handle/123456789/524>
- Bertolotti Rivera, F., & Noé 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>
- Chui, H. N., Roque, B., Huaquisto, E., Sardón, D. L., Belizario, G., Calatayud, A. P., Chui, H. N., Roque, B., Huaquisto, E., Sardón, D. L., Belizario, G., & Calatayud, A. P. (2021a).

- Metales pesados en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de crianza intensiva de la zona noroeste del lago Titicaca. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(3), 20398. <https://doi.org/10.15381/RIVEP.V32I3.20398>
- da Costa, I. D., Do Nascimento, E. L., Facchetti, M. S. de A., Nunes, N. N. D. S., Gomes, J. P. de O., de Almeida, A. R., & Bastos, W. R. (2022). Mercury in muscle and liver of *Plagioscion squamosissimus* (Acanthuriformes: Sciaenidae) from the Machado River, Brazilian Amazon. *Acta Amazonica*, 52(1), 60–68. <https://doi.org/10.1590/1809-4392202001032>
- EPA. (2022). *Regional Screening Levels (RSLs) - Generic Tables | US EPA*. <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables>
- Food and Agriculture Organization/World Health Organization (2003). Food Additives and Contaminants. Roma, Italia: FAO
- Gbogbo, F., Arthur-Yartel, A., Bondzie, J. A., Dorleku, W. P., Dadzie, S., Kwansa-Bentum, B., Ewool, J., Billah, M. K., & Lamptey, A. M. (2018). Risk of heavy metal ingestion from the consumption of two commercially valuable species of fish from the fresh and coastal waters of Ghana. *PLoS ONE*, 13(3). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0194682>
- Guapi Alava, G., Guerron Troya, V., & Moreno Rojas, R. (2022). Valoración del riesgo para la salud por consumir Bocachico y dama con metales pesados. *Revista Científica Pentaciencias*, 4. <http://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/189>
- Hasan, G.M.M.A., Satter, M.A., Das, A.K. & Asif, M. (2022). Detection of heavy metals in fish muscles of selected local fish varieties of the Shitalakshya River and probabilistic health risk assessment. *Measurement: Food*, 8, 100065. <https://doi.org/10.1016/j.meafao.2022.100065>
- Heredia Rodríguez, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *MEDISAN*, 21(12), 3372.
- Huang, X. L., Qin, D. L., Gao, L., Hao, Q., Chen, Z., Wang, P., Tang, S., Wu, S., Jiang, H., & Qiu, W. (2019). Distribution, contents and health risk assessment of heavy metal(loid)s in fish from different water bodies in Northeast China. *RSC Advances*, 9(57), 33130–33139. <https://doi.org/10.1039/C9RA05227E>
- INEGI. (2018). *Encuesta Nacional y Nutrición*. Secretaria de Salud.

- INEI. (2020). *Encuesta Nacional de Hogares (ENAH) 2020 - [Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI]*. Obtenido de <https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/encuesta-nacional-de-hogares-enaho-2020-instituto-nacional-de-estad%C3%ADstica-e-inform%C3%A1tica-inei>
- International Agency for Research on Cancer (2012). *Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts*. Lyon, Francia: IARC.
- Keshavarzi, B., Hassanaghahi, M., Moore, F., Rastegari Mehr, M., Soltanian, S., Lahijanzadeh, A. R., & Sorooshian, A. (2018). Heavy metal contamination and health risk assessment in three commercial fish species in the Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 129(1), 245–252. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2018.02.032>
- Licona Vargas, P. S., & Negrete Marrugo, L. J. (2019). Mercurio, metilmercurio y otros metales pesados en peces de Colombia: riesgo por ingesta. *Acta Biológica Colombiana*, 24(2), 232–242. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.74128>
- Liu, Q., Liao, Y., Xu, X., Shi, X., Zeng, J., Chen, Q., & Shou, L. (2020). Heavy metal concentrations in tissues of marine fish and crab collected from the middle coast of Zhejiang Province, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(5), 1–12. <https://doi.org/10.1007/S10661-020-8234-1>
- Loghmani, M., Tootooni, M. M., & Sharifian, S. (2022). Risk assessment of trace element accumulation in two species of edible commercial fish *Scomberoides commersonianus* and *Cynoglossus arel* from the northern waters of the Oman Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 174. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2021.113201>
- Łuczyńska, J., Paszczyk, B., & Łuczyński, M.J. (2019). Determination of Cadmium in muscles and liver of freshwater fish species from Mazurian Lake District, and risk assessment of fish consumption (Poland). *Turk. J. Fish. & Aquat. Sci.*, 19(11), 935-945.
- Marrugo-Madrid, S., Pinedo-Hernández, J., Paternina-Uribe, R., Marrugo-Negrete, J., & Díez, S. (2022). Health risk assessment for human exposure to mercury species and arsenic via consumption of local food in a gold mining area in Colombia. *Environmental Research*, 215. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2022.113950>
- MINSALUD. (2018). Ministerio de Salud y Protección. Bogotá.
- Rosales Ortega, E., Cotrina Doria, M., Valdivieso Arenas, G., Sales Dávila, F., García Zare, E., & Ordoñez, E. S. (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. <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.01.08>
- Panduro, G., Rengifo, G. C., Barreto, J. L., Arbaiza-Peña, Á. K., Iannacone, J., Alvarino, L., & 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). <https://doi.org/10.15381/RIVEP.V31I3.18177>
- Qin, Y., & Tao, Y. (2022). Pollution status of heavy metals and metalloids in Chinese lakes: Distribution, bioaccumulation and risk assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 248. <https://doi.org/10.1016/J.ECOENV.2022.114293>
- Quiroga Martínez, R. (2007). *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe manuales*.
- Samantara, M.K., Panigrahi, S., Mohanty, A.K., Sahu, G., Mishra, S.S., Palaniswami, K., Subramanian, V., & Venkatraman, B. (2023). Heavy metal concentration in marine edible fishes and associated health risks: An assessment from Tamil Nadu coast, Bay of Bengal. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.09.002>.
- Sarmiento, P. N. N., & Faucheux, R. O. (2020). Niveles de mercurio en los pescados de mayor consumo en los mercados de Tacna exceden límites permitidos por entidades regulatorias. *Revista Médica Basadrina*, 14(1), 27–32. <https://doi.org/10.33326/26176068.2020.1.922>
- Tahity, T., Islam, Md. R. U., Bhuiyan, N. Z., Choudhury, T. R., Yu, J., Noman, Md. A., Hosen, M. M., Quraishi, S. B., Paray, B. A., Arai, T., & Hossain, M. B. (2022). Heavy metals accumulation in tissues of wild and farmed barramundi from the northern Bay of Bengal coast, and its estimated human health risks. *Toxics*, 10(8), 410. <https://doi.org/10.3390/TOXICS10080410>
- Ullah, S., Li, Z., Hassan, S., Ahmad, S., Guo, X., Wanghe, K., & Nabi, G. (2021). Heavy metals bioaccumulation and subsequent multiple biomarkers-based appraisal of toxicity in the critically endangered *Tor putitora*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 228. <https://doi.org/10.1016/J.ECOENV.2021.113032>
- U.S. Environmental Protection Agency (2000). National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table. Washington, DC: USEPA.

- Vargas Liconá, S. P., & Marrugo Negrete, J. L. (2019). Mercury, methylmercury and other heavy metals in fish in Colombia: Risk from ingestion. *Acta Biológica Colombiana*, 24(2), 232–242. <https://doi.org/10.15446/ABC.V24N2.74128>
- Vasconcellos, A. C. S., Ferreira, S. R. B., de Sousa, C. C., de Oliveira, M. W., de Oliveira Lima, M., & Basta, P. C. (2022). Health risk assessment attributed to consumption of fish contaminated with mercury in the Rio Branco Basin, Roraima, Amazon, Brazil. *Toxics*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/TOXICS10090516>
- Villalba, M. J. (2021). *Las concentraciones de mercurio y arsénico en peces del embalse Río Tercero podrían afectar la salud de quienes los consumen*. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/19906>
- Yousif, R. A., Choudhary, M. I., Ahmed, S., & Ahmed, Q. (2021). Review: Bioaccumulation of heavy metals in fish and other aquatic organisms from Karachi Coast, Pakistan. *Nusantara Bioscience*, 13(1). <https://doi.org/10.13057/NUSBIOSCI/N130111>
- World Health Organization (2010). *Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution*. Geneva, Suiza: WHO.

## Anexo

**Anexo 1.** Encuestas establecidas por comunidades ribereñas del corredor petrolero (Pastaza, Morona, Tigre y corrientes).

<b>Distrito</b>	<b>Provincia</b>	<b>Región</b>	<b>Fecha</b>	<b>Género de la persona encuestada</b>	<b>Edad</b>	<b>N° de personas que habitan en una casa</b>	<b>consumo por día (kg)</b>	<b>consumo frecuente</b>
Trompeteros	Loreto	LORETO	25/02/2023	Femenino	38	6	2.0	3 veces por semana
Trompeteros	Loreto	LORETO	26/02/2023	Femenino	37	8	2.0	2 veces por semana
Trompeteros	Loreto	LORETO	26/02/2023	Femenino	32	4	1.0	Una vez por semana
Trompeteros	Loreto	LORETO	26/02/2023	Femenino	28	5	1.0	2 veces por semana
Trompeteros	Loreto	LORETO	26/02/2023	Masculino	73	3	1.0	2 veces por semana
Trompeteros	Loreto	LORETO	26/02/2023	Masculino	50	2	1.0	Todos los días
Trompeteros	Loreto	LORETO	26/02/2023	Femenino	50	6	1.0	Todos los días
Trompeteros	Loreto	LORETO	26/02/2023	Masculino	74	4	2.0	Una vez por semana
Trompeteros	Loreto	LORETO	26/02/2023	Masculino	45	7	2.0	2 veces por semana
Trompeteros	Loreto	LORETO	26/02/2023	Femenino	22	4	1.0	2 veces por semana
Trompeteros	Loreto	LORETO	26/02/2023	Femenino	33	6	1.0	2 veces por semana
Trompeteros	Loreto	LORETO	26/02/2023	Femenino	29	6	2.0	2 veces por semana
Trompeteros	Loreto	LORETO	26/02/2023	Femenino	37	8	2.0	2 veces por semana
Trompeteros	Loreto	LORETO	26/02/2023	Masculino	62	1	0.5	2 veces por semana
Trompeteros	Loreto	LORETO	26/02/2023	Femenino	31	5	1.0	2 veces por semana
Trompeteros	Loreto	LORETO	26/02/2023	Femenino	37	9	2.0	2 veces por semana
Trompeteros	Loreto	LORETO	26/02/2023	Masculino	21	4	1.0	2 veces por semana

<b>Distrito</b>	<b>Provincia</b>	<b>Región</b>	<b>Fecha</b>	<b>Género de la persona encuestada</b>	<b>Edad</b>	<b>N° de personas que habitan en una casa</b>	<b>consumo por día (kg)</b>	<b>consumo frecuente</b>
Tigre	Loreto	LORETO	28/02/2023	Femenino	31	8	5.0	Todos los días
Tigre	Loreto	LORETO	28/02/2023	Femenino	48	4	2.0	Todos los días
Tigre	Loreto	LORETO	28/02/2023	Femenino	29	5	4.0	3 veces por semana
Tigre	Loreto	LORETO	28/02/2023	Masculino	45	7	3.0	3 veces por semana
Tigre	Loreto	LORETO	28/02/2023	Femenino	62	2	0.5	Todos los días
Tigre	Loreto	LORETO	28/02/2023	Femenino	75	4	1.0	Todos los días
Tigre	Loreto	LORETO	28/02/2023	Masculino	56	7	2.0	Todos los días
Tigre	Loreto	LORETO	28/02/2023	Masculino	42	3	2.0	Todos los días
Tigre	Loreto	LORETO	28/02/2023	Femenino	42	6	3.0	3 veces por semana
Tigre	Loreto	LORETO	28/02/2023	Femenino	17	8	2.0	3 veces por semana
Tigre	Loreto	LORETO	28/02/2023	Masculino	52	10	2.0	Todos los días
Tigre	Loreto	LORETO	28/02/2023	Femenino	19	6	1.0	Todos los días
Tigre	Loreto	LORETO	28/02/2023	Femenino	66	5	2.0	Todos los días
Tigre	Loreto	LORETO	28/02/2023	Femenino	39	7	1.0	Todos los días
Tigre	Loreto	LORETO	28/02/2023	Masculino	59	4	1.5	Todos los días

<b>Distrito</b>	<b>Provincia</b>	<b>Región</b>	<b>Fecha</b>	<b>Género de la persona encuestada</b>	<b>Edad</b>	<b>Nº de personas que habitan en una casa</b>	<b>consumo por día (kg)</b>	<b>consumo frecuente</b>
Morona	Daten de Marañón	LORETO	7/03/2023	Femenino	27	3	1.0	Todos los días
Morona	Daten de Marañón	LORETO	7/03/2023	Femenino	31	5	1.0	3 veces por semana
Morona	Daten de Marañón	LORETO	7/03/2023	Femenino	37	6	1.0	3 veces por semana
Morona	Daten de Marañón	LORETO	7/03/2023	Femenino	19	3	0.5	Todos los días
Morona	Daten de Marañón	LORETO	7/03/2023	Masculino	63	1	0.4	Todos los días
Morona	Daten de Marañón	LORETO	7/03/2023	Femenino	39	7	1.0	3 veces por semana
Morona	Daten de Marañón	LORETO	7/03/2023	Femenino	43	7	1.0	3 veces por semana
Morona	Daten de Marañón	LORETO	7/03/2023	Femenino	41	6	1.0	3 veces por semana
Morona	Daten de Marañón	LORETO	7/03/2023	Femenino	51	7	1.0	Todos los días
Morona	Daten de Marañón	LORETO	7/03/2023	Femenino	39	6	1.0	Todos los días
Morona	Daten de Marañón	LORETO	7/03/2023	Femenino	33	5	1.0	Todos los días
Morona	Daten de Marañón	LORETO	7/03/2023	Femenino	21	4	0.4	3 veces por semana
Morona	Daten de Marañón	LORETO	7/03/2023	Femenino	40	7	1.0	Todos los días
Morona	Daten de Marañón	LORETO	7/03/2023	Femenino	31	5	1.0	Todos los días
Morona	Daten de Marañón	LORETO	7/03/2023	Femenino	56	9	1.0	Todos los días
Morona	Daten de Marañón	LORETO	7/03/2023	Femenino	39	5	1.0	3 veces por semana
Morona	Daten de Marañón	LORETO	8/03/2023	Femenino	33	5	1.0	3 veces por semana

<b>Distrito</b>	<b>Provincia</b>	<b>Región</b>	<b>Fecha</b>	<b>Género de la persona encuestadas</b>	<b>Edad</b>	<b>Nº de personas que habitan en una casa</b>	<b>consumo por día (kg)</b>	<b>consumo frecuente</b>
<b>Pastaza</b>	Daten de Marañón	LORETO	13/3/2023	Femenino	59	5	1 kg	3 veces por semana
<b>Pastaza</b>	Daten de Marañón	LORETO	13/3/2023	Femenino	68	3	1.5 kg	3 veces por semana
<b>Pastaza</b>	Daten de Marañón	LORETO	13/3/2023	Femenino	45	4	2 kg	2 veces por semana
<b>Pastaza</b>	Daten de Marañón	LORETO	13/3/2023	Masculino	59	3	1 kg	Todos los días
<b>Pastaza</b>	Daten de Marañón	LORETO	13/3/2023	Masculino	73	3	1.5 kg	3 veces por semana
<b>Pastaza</b>	Daten de Marañón	LORETO	13/3/2023	Masculino	46	4	1.5 kg	3 veces por semana
<b>Pastaza</b>	Daten de Marañón	LORETO	13/3/2023	Masculino	45	1	1 kg	Una vez por semana
<b>Pastaza</b>	Daten de Marañón	LORETO	13/3/2023	Masculino	33	4	2 kg	3 veces por semana
<b>Pastaza</b>	Daten de Marañón	LORETO	13/3/2023	Masculino	42	7	2 kg	3 veces por semana
<b>Pastaza</b>	Daten de Marañón	LORETO	13/3/2023	Masculino	28	5	2 kg	3 veces por semana
<b>Pastaza</b>	Daten de Marañón	LORETO	13/3/2023	Femenino	27	6	2 kg	3 veces por semana
<b>Pastaza</b>	Daten de Marañón	LORETO	13/3/2023	Masculino	54	2	1 kg	Todos los días

**Anexo 2.** Nombre científico y común, hábito alimenticio, datos biométricos y número de ejemplares de peces capturados en las cuatro cuencas del Corredor Petrolero de Loreto (Tigre, Corriente, Pastaza, Morona).

Nombre Científico	Nombre Común	Hábito alimenticio	Cuencas				Total	Talla Promedio (cm)	Peso Promedio (kg)
			Pastaza	Corriente	Morona	Tigre			
<i>Acestrorhynchus falcirostris</i>	Cachorro	Piscívoro	1	3		1	5	23.9	142.23
<i>Agamyxis pectinifrons</i>	Rego rego	Omnívoro			4		4	13.75	43.75
<i>Ageniousus inermis</i>	Bocon	Carnívoro	1		2	1	4	27.87	277.83
<i>Amblydoras affinis</i>	Rego rego	Omnívoro			2		2	13.7	47
<i>Ancistrus dolichopterus</i>	Carachama barbuda	Omnívoro			1		1	19.1	108
<i>Ancistrus temminckii</i>	Carachama bigote	Omnívoro			4		4	20.57	81.25
<i>Apteronotus sp.</i>	Macana	Carnívoro		4			4	76.5	326
<i>Astronatus ocellatus</i>	Acarahuazu	Omnívoro	2				2	25.75	337
<i>Astyanax fasciatus</i>	Mojarra	Omnívoro		2	1		3	10.05	18.75
<i>Biotodoma cupido</i>	Bujurqui	Omnívoro	2				2	21.45	182.5
<i>Brachyplatytoma vaillantii</i>	Manitoa	Piscívoro	1				1	56.8	795
<i>Brycon amazonicus</i>	Sábalo	Carnívoro		1	3		4	42.42	1444
<i>Bunocephalus coraoideus</i>	Sapo cunchi	Omnívoro			1		1	20.3	116
<i>Calophysus macropterus</i>	Mota	Carnívoro	1				1	59.5	107
<i>Chaetobranchius flavescens</i>	Bujurqui	Omnívoro	5	19			24	18.4	108.75
<i>Chilodus punctatus</i>	Chilodus	omnívoro		6			6	16.1	62.8
<i>Cichla monoculus</i>	Tucunare	Carnívoro	2	1		1	4	32	835.17
<i>Curimata meyeri</i>	Chio Chio	Detritívoro	1				1	21.2	116
<i>Cynodon gibbus</i>	Dientón	Carnívoro	1				1	15.6	32
<i>Hemiodus microlepis</i>	Yulilla	Omnívoro	1	3		1	5	26.33	139.33
<i>Heros efasciatus</i>	Bujurqui hacha	Carnívoro	1				1	18.8	119
<i>Heros severus</i>	Severum	omnívoro		3			3	14.6	63
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>	Shuyo	Omnívoro	6		1		7	25.64	206.5
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>	Shuyo	Omnívoro			1		1	21.4	117

<i>Hoplias malabaricus</i>	Fasaco	Carnívoro	7	5	7	3	22	22.7	173
<i>Hoplosternum littorale</i>	Shirui	Detritívoro	4				4	19.05	115.25
<i>Hyphessobrycon copelandi</i>	Wira mojarra	Omnívoro			5		5	12.36	30.6
<i>Hypophthalmus edentatus</i>	Maparate	Planctofaga/Filtradora		1		14	15	30.3	174
<i>Hypselecara temporalis</i>	Bujurqui morado	Omnívoro	5				5	16.96	99.38
<i>Leporinus friderici</i>	Lisa	Herbívoro			6	1	7	25.22	239.18
<i>Liposarcus pardalis</i>	Carachama parda	Omnívoro			6		6	22.03	126.6
<i>Megaleporinus trifasciatus</i>	Lisa 4 Bamdas	omnívoro		1			1	26.2	133
<i>Mylossoma deriventre</i>	Palometa	Omnívoro	6	7	1	10	24	18.27	122.58
<i>Pimelodus blochii</i>	Bagre	Omnívoro	1		1	1	3	20.7	88
<i>Potamorhina altamazonica</i>	Llambina	Detritívoro	4	22	5	6	37	19.21	105.15
<i>Potamotrygon magdalenae</i>	Raya	Detritívoro		2			2	24.8	183.5
<i>Prochilodus nigricans</i>	Boquichico	Detritívoro	12	12	18	1	43	28.97	322.2
<i>Psectrogaster amazonica</i>	Ractacara	Detritívoro		26	6	11	43	18.52	91.24
<i>Pterigoplychthys sp.</i>	Carachama	Omnívoro		1	10		11	26.85	241.3
<i>Pterodoras granulosus</i>	Cahuara	omnívoro		2			2	18.6	62
<i>Pygocentris nattereri</i>	Paña roja	Carnívoro	1		1		2	20.88	231.65
<i>Rhophiodon vulpinus</i>	Chambira	Carnívoro			1		1	39.5	476
<i>Roeboides myersii</i>	Dentón	Carnívoro	1	1	4	2	8	25.83	166
<i>Satanoperca jurupari</i>	Bujurqui punta	Carnívoro	3				3	22.8	197
<i>Satanoperca sp.</i>	Bujurqui	Carnívoro	2		2		4	18.15	122.5
<i>Schizodon fasciatus</i>	Lisa	Herbívoro	4		6		10	29.68	286.25
<i>Semaprochilodus insignis</i>	Yaraqui	Detritívoro	2	2		1	5	30.25	339.97
<i>Serrasalmus rhombeus</i>	Paña	Carnívoro	3		6	1	10	30.55	303.03
<i>Serrasalmus sp.</i>	Piraña	Carnívoro			4		4	26.08	339.25
<i>Trachelyopterus galeatus</i>	Cunchi novia	Omnívoro	4			1	5	29	231.37
<i>Triportheus angulatus</i>	Sardina	Omnívoro	7	3	4	3	17	20.43	50.1
<i>Hemisorubim platyrhynchos</i>	Toa	Carnívoro				1	1	28	146
<i>Lamontichthys stibaros</i>	Shitari	Filtrador				1	1	22	37
<i>Pinirampus pirinampu</i>	Piriarampus	Carnívoro				1	1	22	82


FOTO 1:

Expedición de trabajo a la zona de estudio (ríos Tigre, Corrientes, Morona y Pastaza)



FOTO 2:

Cuestionario aplicado a los pobladores

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE ALTO AMAZONAS</b>
<p>Le agradecemos llenar este formulario, cuyos datos serán usados para efectos de investigación. No necesita colocar sus datos personales.</p>	
<p>Nombre de la Comunidad: _____</p>	
<p>Distrito: _____</p>	
<p>Provincia: _____</p>	
<p>Fecha: _____</p>	
<p>Sexo/Género de la persona encuestada: Masculino ( <input type="checkbox"/> )      Femenino ( <input type="checkbox"/> )      Otro ( <input type="checkbox"/> )</p>	
<p>Edad de la persona encuestada: _____ años.</p>	
<p>Número de personas que viven en la casa: _____ personas.</p>	
<p><b>¿Qué cantidad (peso aproximado) de pescado consume usted en un día normal?:</b></p>	
<p>a) 100 a 200 gramos      b) 201 a 300 gramos      c) 301 a 400 gramos</p>	
<p>d) Medio kilo (500 gramos)      e) Más de medio kilo.</p>	
<p><b>¿Con qué frecuencia consume pescado o derivados?</b></p>	
<p>a) Todos los días      b) Tres veces por semana      c) Dos veces por semana</p>	
<p>d) Una vez por semana      e) Dos veces por mes      f) Una vez por mes</p>	

# Cynthia Elizabeth Zambrano Panduro

## INFORME DE TESIS Cynthia Zambrano Final - PDF.pdf

 Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas

---

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::15388:541888676

Fecha de entrega

18 dic 2025, 10:25 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

18 dic 2025, 10:28 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

INFORME DE TESIS Cynthia Zambrano Final - PDF.pdf

Tamaño del archivo

852.8 KB

55 páginas

14.790 palabras

72.873 caracteres




# 14% Similitud general

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

## Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

## Fuentes principales

- 11%  Fuentes de Internet
- 6%  Publicaciones
- 9%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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