

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**TESIS**

---

**“DETERMINACIÓN DE CADMIO, MERCURIO Y PLOMO EN PECES  
AMAZÓNICOS Y ANÁLISIS DE AGUA PROCEDENTES DEL RÍO  
HUALLAGA EN EL DISTRITO RUPA RUPA, PROVINCIA LEONCIO  
PRADO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO 2020”**

---

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

**AUTORA: Romero Salazar, Sheyla Valeria**

**ASESOR: Salas Vizcarra, Christian Joel**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2021**

# U

### TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Modelación, análisis y control de la contaminación ambiental

**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2018-2019)

### CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería ambiental

**Disciplina:** Ingeniería ambiental y geológica

# D

### DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

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

### DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 76395223

### DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 41135525

Grado/Título: Magister en derecho y ciencias políticas  
derecho procesal

Código ORCID: 0000-0003-4745-4889

# H

### DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Riveros Agüero Elmer	Maestro en administración y gerencia en salud	28298517	0000-0003-3729-5423
2	Torres Marquina, Marco Antonio	Ingeniero metalurgista	22514557	0000-0003-4006-7683
3	Duran Nieva, Alejandro Rolando	Biólogo - microbiólogo	21257549	0000-0001-5596-0445



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

---

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:15 horas del día 03 del mes de febrero del año 2021, mediante la plataforma Google Meet, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- Mg. Elmer Riveros Agüero (Presidente)
- Ing. Marco Antonio Torres Marquina (Secretario)
- Blgo. Alejandro Rolando Duran Nieva (Vocal)

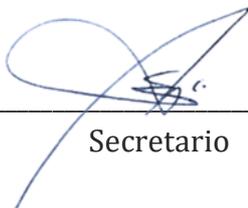
Nombrados mediante la Resolución N°077-2021-D-FI-UDH, para evaluar la **Tesis** intitulada: “**DETERMINACIÓN DE CADMIO, MERCURIO Y PLOMO EN PECES AMAZÓNICOS Y ANÁLISIS DE AGUA PROCEDENTES DEL RÍO HUALLAGA EN EL DISTRITO RUPA RUPA, PROVINCIA LEONCIO PRADO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO 2020**”, presentado por el (la) **Bach. Sheyla Valeria ROMERO SALAZAR**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

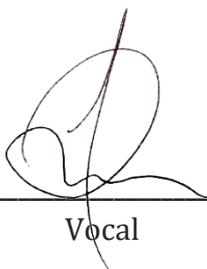
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO** por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 17 y cualitativo de MUY BUENO (Art. 47).

Siendo las 17:12 horas del día 03 del mes de febrero del año 2021, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Vocal

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres, porque con su amor y apoyo incondicional me enseñaron el camino hacia la superación. A mis hermanos, porque deseo cumplan sus sueños y anhelos, al igual que yo. A mi Ángel porque su apoyo y cariño se convirtió en mi mayor motivación para seguir adelante y lograr mis metas.

## AGRADECIMIENTO

A Dios por forjar mi camino, por brindarme fortaleza de superación, por su amor incondicional, por ser mi guía, mi verdad y por haber constituido la luz del universo a mi favor,

A mis padres, Hernán y Zoraida por darme el ejemplo de superación, valores y enseñanzas que hoy en día se aplican en las decisiones de mi vida personal y profesional. Y sobre todo agradezco por enseñarme que todo es posible solo sí uno está dispuesto a conseguirlo,

A mis hermanos Krissia y Daniel, quienes son parte del impulso que necesité para seguir escalando en esta larga y ardua tarea,

A mi tía Ruth, quién desde pequeña me impulsó y ayudó a continuar escalando pese a las dificultades y sobre todo por haberme brindado dos hermanas llamadas primas a quienes agradezco su apoyo y cariño,

A mi Ángel, quién jamás dejó de creer que vencería las adversidades en el desarrollo de esta ardua tarea, mi brazo derecho, porque con sus palabras de aliento nunca dejé de creer que si te esfuerzas lo logras y que no hay nada mejor que sentir satisfacción por lo que uno hace.

A mi asesor de tesis y jurados, por las recomendaciones y paciencia en la preparación, ejecución y presentación del trabajo profesional de investigación.

# ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN .....	xiii
SUMMARY.....	xv
INTRODUCCIÓN .....	xvii
CAPÍTULO I.....	19
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	19
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	21
1.3. OBJETIVO GENERAL .....	22
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	24
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
CAPÍTULO II.....	27
MARCO TEÓRICO .....	27
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	27
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	27
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	30
2.1.3. Antecedentes Locales .....	33
2.2. BASES TEÓRICAS.....	34
2.2.1. Metales Pesados.....	34
2.2.2. Metales Tóxicos de Estudio y sus Efectos .....	37

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES .....	61
2.4. HIPÓTESIS .....	62
2.4.1. Hipótesis general.....	62
2.4.2. Hipótesis específicas.....	62
2.5. VARIABLES .....	64
2.5.1. Variable dependiente .....	64
2.5.2. Variable independiente.....	64
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	65
CAPÍTULO III .....	66
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	66
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	66
3.1.1. Enfoque .....	66
3.1.2. Alcance o nivel de Investigación .....	66
3.1.3. Diseño de la investigación .....	66
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	68
3.2.1. Población .....	68
3.2.2. Muestra .....	69
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	70
3.3.1. Para la recolección de muestras de peces.....	70
3.3.2. Para la recolección de muestras de agua .....	72
3.3.3. Recolección de datos en gabinete .....	76
3.3.4. Para la presentación de datos .....	78
3.3.5. Para el análisis e interpretación de datos .....	79
CAPÍTULO IV.....	80
RESULTADOS.....	80
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS .....	80
4.1.1. Resultados de la concentración de cadmio, mercurio y plomo en peces y agua procedentes del río Huallaga.....	80

4.1.2. Análisis estadístico de la concentración de cadmio, mercurio y plomo en especies amazónicas y en las aguas procedentes del río Huallaga.....	82
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	104
CAPÍTULO V.....	109
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	109
CONCLUSIONES .....	113
RECOMENDACIONES.....	114
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	115
ANEXOS.....	119

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de los puntos de monitoreo de peces .....	26
Sistema de Proyección: UTM / Datum horizontal: WGS84 .....	26
Tabla 2. Coordenadas de los puntos de monitoreo de agua .....	26
Sistema de Proyección: UTM / Datum horizontal: WGS84 .....	26
Tabla 3. Propiedades químicas del Cadmio (Cd).....	38
Tabla 4. Propiedades químicas del mercurio (Hg) .....	42
Tabla 5. Propiedades químicas del plomo (Pb) .....	46
Tabla 6. Clasificación Taxonómica del pez Carachama .....	52
Tabla 7. Clasificación taxonómica del pez Bagre.....	53
Tabla 8. Clasificación taxonómica del pez Toa .....	55
Tabla 9. Límites máximos permisibles de Cd, Hg y Pb en peces .....	59
Tabla 10. Límites máximos permisibles de Cd, Hg y Pb en el agua .....	59
Tabla 11. Parámetros físico-químicos del agua .....	60
Tabla 12: Operacionalización de Variables.....	65
Tabla 13. Ubicación de los puntos de monitoreo de peces.....	68
Sistema de Proyección: UTM/Datum horizontal WGS84 .....	68
Tabla 16. Total, de muestras de agua .....	69
Tabla 17. Concentración de cadmio (mg/kg) en peces amazónicos (Carachama, Bagre y Toa) .....	80
Tabla 18. Concentración de mercurio (mg/kg) en peces amazónicos (Carachama, Bagre y Toa) .....	80
Tabla 19. Concentración de plomo (mg/kg) en peces amazónicos (Carachama, Bagre y Toa) .....	81
Tabla 20. Concentración de Cd, Hg y Pb (mg/L) en las aguas procedentes del río Huallaga.....	81

Tabla 21. Análisis físico-químico en las aguas procedentes del río Huallaga .....	82
Tabla 22. Análisis estadístico de la concentración de cadmio (mg/l) en la especie carachama.....	83
Tabla 23. Análisis estadístico de la concentración de mercurio (mg/l) en la especie carachama.....	84
Tabla 24. Análisis estadístico de la concentración de plomo (mg/l) en la especie carachama.....	85
Tabla 25. Análisis estadístico de la concentración de cadmio (mg/l) en la especie bagre .....	87
Tabla 26. Análisis estadístico de la concentración de mercurio (mg/l) en la especie bagre .....	89
Tabla 27. Análisis estadístico de la concentración de plomo (mg/l) en la especie bagre .....	90
Tabla 28. Análisis estadístico de la concentración de cadmio (mg/l) en la especie toa .....	92
Tabla 29. Análisis estadístico de la concentración de mercurio (mg/l) en la especie toa .....	93
Tabla 30. Análisis estadístico de la concentración de plomo (mg/l) en la especie toa .....	95
Tabla 31. Análisis estadístico de la concentración de cadmio (mg/l) en el agua .....	99
Tabla 32. Análisis estadístico de la concentración de mercurio (mg/l) en el agua.....	100
Tabla 33. Análisis estadístico de la concentración de plomo (mg/l) en el agua .....	102
Tabla 34. Valores físico-químicos del agua procedente del río Huallaga...	104
Tabla 35. Comparación de la concentración media de cadmio, mercurio y plomo en la especie carachama con los límites máximos permisibles (mg/l) .....	105

Tabla 36. Comparación de la concentración media de cadmio, mercurio y plomo en la especie bagre con los límites máximos permisibles (mg/l).....	105
Tabla 37. Comparación de la concentración cadmio, mercurio y plomo en la especie toa con los límites máximos permisibles (mg/l) .....	106
Tabla 38. Comparación de la concentración media de Cd, Hg y Pb en los análisis de agua procedentes del río Huallaga – ECA AGUA (mg/l).....	107
Tabla 39. Comparación del análisis físico–químico del agua procedente del río Huallaga, ECA-MINAM .....	107

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vía de ingreso por las branquias .....	56
Figura 2. Vía de ingreso por la ingesta de alimentos .....	57
Figura 3. Vía de ingreso por la superficie corporal.....	57
Figura 4. Bioacumulación de metales pesados en peces .....	58
Figura 5. Biomagnificación de metales pesados en peces .....	59
Figura 6. Diseño de la Investigación .....	67
Figura 7. Rotulado de las muestras .....	70
Figura 8. Adquisición de los especímenes.....	70
Figura 9. Fileteado de músculo de pescado .....	71
Figura 11. Almacenamiento de la muestra de la especie toa .....	72
Figura 12. Almacenamiento de la muestra de la especie carachama.....	72
Figura 13. Preparación de envase para la toma de muestra .....	73
Figura 14. Toma de muestras de agua .....	73
Figura 15. Análisis de agua según los parámetros en campo .....	74
Figura 16. Medición de pH.....	74
Figura 17. Medición de la conductividad.....	75
Figura 18. Medición del oxígeno disuelto.....	75
Figura 19. Almacenamiento y conservación de las muestras de agua .....	76
Figura 20. Muestras de peces y agua codificadas.....	77
Figura 21. Preparación del equipo (ICP-OES).....	78
Figura 22. Aspiración de muestras para su lectura.....	78
Figura 23. Lectura de las muestras en el software .....	78
Figura 24. Concentración de cadmio en la especie carachama .....	82
Figura 25. Concentración de mercurio en la especie carachama .....	84
Figura 26. Concentración de plomo en la especie carachama .....	85

Figura 27. Concentración de Cd, Hg y Pb en la especie carachama.....	86
Figura 28. Concentración de cadmio en la especie bagre .....	87
Figura 29. Concentración de mercurio en la especie bagre.....	88
Figura 30. Concentración de plomo en la especie bagre .....	90
Figura 31. Concentración de Cd, Hg y Pb en la especie bagre .....	91
Figura 32. Concentración de cadmio en la especie Toa .....	92
Figura 33. Concentración de mercurio en la especie Toa.....	93
Figura 34. Concentración de plomo en la especie Toa.....	94
Figura 35. Concentración de Cd, Hg y Pb en la especie Toa .....	96
Figura 36. Comparación de Cd en las especies de estudio.....	97
Figura 37. Comparación de Hg en las especies de estudio.....	97
Figura 38. Comparación de Pb en las especies de estudio .....	98
Figura 39. Concentración de cadmio en el agua procedente del río Huallaga.....	99
Figura 40. Concentración de mercurio en el agua procedente el río Huallaga.....	100
Figura 41. Concentración de plomo en el agua procedente del río Huallaga.....	101
Figura 42. Concentración de Cd, Hg y Pb en los análisis de agua procedentes del río Huallaga.....	103

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia de la investigación.....	120
Anexo 02. Árbol de causas y efectos.....	121
Anexo 03. Árbol de medios y fines.....	122
Anexo 04. Formatos para el recaudo de información en campo.....	123
Anexo 05. Ubicación de los puntos de monitoreo de peces .....	124
Anexo 06: Ubicación de los puntos de monitoreo de agua .....	125
Anexo 07. Resultados de las muestras de peces y agua .....	126
Anexo 08. Panel fotográfico.....	127
Anexo 09. Resolución de aprobación del proyecto de investigación .....	131
Anexo 10. Resolución de aprobación del asesor de tesis.....	132

## RESUMEN

El trabajo de investigación titulada: “Determinación de cadmio, mercurio y plomo en peces amazónicos y análisis de agua procedentes del río Huallaga en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020”, tuvo como objetivo determinar los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo según el límite máximo permisible en peces y agua, brindado por SANIPES (Organismo Nacional de Sanidad Pesquera), La legislación de la Unión Europea y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua.

Para la recolección de los especímenes: *Hypostomus oculeus* (Pez carachama), *Pimelodus blochii* (Pez bagre) y *Hemisorubim platyrhynchos* (Pez toa), fueron adquiridos directamente del mercado modelo de la ciudad Tingo María y las muestras de agua fueron recolectadas del río Huallaga, por cada muestra se realizaron 3 repeticiones teniendo en cuenta la siguientes unidades: 500 gr de muslo de pescado por cada especie y 1L de agua por cada muestra, para luego ser procesadas en el Laboratorio Central de la Universidad Nacional Agraria la Selva – Tingo María.

Para la preparación de las muestras de pescado se secaron a una estufa a 40 °C para la obtención de masa seca, seguidamente se le añadió solución de ácido nítrico y ácido perclórico 4:1 para su posterior digestión en la plancha de calentamiento a 250 °C por 2 horas.

Para la preparación de las muestras de agua se le añadieron 5 ml de ácido nítrico y peróxido de hidrógeno, seguidamente fueron digeridas en la plancha calefactora por 2 horas, luego fueron filtradas y aforadas con agua ultra pura, quedando lista para su posterior lectura.

El método que se aplicó para la lectura de las muestras fue Espectrometría de Emisión Óptica de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES), los resultados que arrojaron fueron los siguientes: para la concentración de Cd en la especie carachama fue 0.3 mg/l > LMP (SANIPES y UE), Hg 0.73 mg/l > LMP (SANIPES y UE) y Pb 0.54 mg/l > LMP (SANIPES y UE) ; para la concentración de Cd en la especie bagre fue 0.11 mg/l > LMP (SANIPES y UE), Hg 0.71 mg/l > LMP (SANIPES y EU) y Pb 0.60 mg/l > LMP (SANIPES y EU); para la concentración de Cd en la especie toa fue 0.14 mg/l > LMP (SANIPES y EU), Hg 0.62 mg/l > LMP (SANIPES y UE) y Pb 0.64 mg/l >

LMP (SANIPES y UE); para la concentración de Cd en el análisis de agua fue 0.0014 mg/l > ECA, Hg 0.14mg/l > ECA y Pb 0.010666 mg/l > ECA; para los parámetros físico-químicos del agua, los resultados fueron los siguientes: conductividad 187.4 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) < ECA, oxígeno disuelto 6.26 (mg/l) < ECA, potencial de hidrógeno 7.59 (pH) < ECA y Temperatura 23.1°C < ECA.

La investigación se concluye afirmando que la concentración de cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb), exceden los límites máximos permisibles en el análisis de peces y agua procedente del río Huallaga, lo que representa un alto potencial de contaminación ambiental. Por otro lado, los parámetros físico-químicos del agua se mantienen dentro de los límites máximos permisibles emitidos por los Estándares de calidad ambiental, por lo que no representa un peligro medio ambiental.

**Palabras claves:** Bioacumulación, Intoxicación, Biomagnificación y Metales pesados.

## SUMMARY

The research work entitled: "Determination of cadmium, mercury and lead in Amazonian fish and analysis of water from the Huallaga river in the Rupa Rupa district, Leoncio Prado province, Huánuco department, 2020", aimed to determine the concentration levels of cadmium, mercury and lead according to the maximum permissible limit in fish and water, provided by SANIPES (National Organization for Fisheries Health), European Union legislation and Environmental Quality Standards (ECA) for water.

For the collection of the specimens: *Hypostomus oculeus* (Carachama fish), *Pimelodus blochii* (Catfish fish) and *Hemisorubim platyrhynchos* (Toa fish), were acquired directly from the model market of the city Tingo María and the water samples were collected from the Huallaga river, For each sample, 3 repetitions were carried out, taking into account the following units: 500 gr of fish thigh for each species and 1L of water for each sample, to later be processed in the Central Laboratory of the Universidad Nacional Agraria la Selva - Tingo María.

For the preparation of the fish samples, they were dried in a 40 °C oven to obtain dry mass, then 4: 1 nitric acid and perchloric acid solution was added for subsequent digestion on the heating plate at 250 °C by 2 hours.

For the preparation of the water samples, 5 ml of nitric acid and hydrogen peroxide were added, then they were digested on the heating plate for 2 hours, then they were filtered and volumetric with ultra-pure water, being ready for later reading.

The method used to read the samples was Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES), the results were as follows: for the Cd concentration in the carachama species it was 0.3 mg/l > LMP (SANIPES and UE), Hg 0.73 mg/l > LMP (SANIPES and UE) and Pb 0.54 mg/l > LMP (SANIPES and EU); for the concentration of Cd in the bagre catfish species it was 0.11 mg/l > LMP (SANIPES and UE), Hg 0.71 mg/l > LMP (SANIPES and EU) and Pb 0.60 mg/l > LMP (SANIPES and EU); for the concentration of Cd in the toa species it was 0.14 mg/l > LMP (SANIPES and EU), Hg 0.62 mg/l > LMP (SANIPES and UE) and Pb 0.64 mg/l > LMP (SANIPES and UE); for Cd concentration in water analysis was 0.0014 mg/l > ECA, Hg 0.14mg/l > ECA

and Pb 0.010666 mg/l > ECA; in the physical-chemical parameters of the water, they showed the following: conductivity 187.4 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) < ECA, dissolved oxygen 6.26 (mg/l) < ECA, hydrogen potential 7.59 (pH) < ECA and Temperature 23.1 ( $^{\circ}\text{C}$ ) < ECA.

The investigation concludes stating that the concentration of cadmium (Cd), mercury (Hg) and lead (Pb), exceed the maximum permissible limits in the analysis of fish and water from the Huallaga river, which represents a high potential for environmental contamination. On the other hand, the physical-chemical parameters of the water coming from the Huallaga River remain within the environmental quality standards, so it does not represent an environmental hazard.

**Keywords:** Bioaccumulation, Poisoning, Biomagnification and Heavy Metals.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación del medio ambiente, producto de la presencia de metales pesados, se ha convertido en un problema de interés mundial, debido a su toxicidad permanente a lo largo del tiempo en el medio acuático (peces), así como su bioacumulación y biomagnificación en la cadena alimenticia, debido a ello se genera el incremento de metales pesados tales como: mercurio (Hg), cadmio (Cd) y plomo (Pb), creadores de los impactos adversos hacia el medio ambiente y a la salud del consumidor.

Los centros de abastecimiento de alimentos de origen pesquero, son los principales puntos que deben evaluarse antes de su comercialización, acorde a los límites máximos permisibles según los indicadores sanitarios y de inocuidad de alimentos de origen pesquero y acuícola, de igual forma el origen y/o hábitat de los mismos con el fin de determinar la relación existente.

Por lo que se vio necesario determinar el nivel de concentración de metales pesados como el cadmio, mercurio y plomo en los organismos de origen acuático (peces), comercializados en el mercado modelo de la ciudad de Tingo María, provenientes del río Huallaga y a su vez el análisis de agua comparadas con los estándares de calidad ambiental, con el fin de que las entidades responsables del cuidado de la salud humana y medio ambiente tomen las medidas preventivas y/o correctivas frente a los problemas existentes.

La tesis está conformada por cinco capítulos, el Capítulo I contiene el problema de investigación, los objetivos, la justificación, las limitaciones y la viabilidad del estudio. El Capítulo II presenta los antecedentes internacionales, Nacionales y Locales, el marco conceptual con las definiciones y conceptos usados, las hipótesis y las variables. En el Capítulo III presenta la metodología de la investigación, el enfoque, nivel y diseño del estudio, así como, la población y muestra, las técnicas e instrumentos para la recolección de datos. En el Capítulo IV se presentan los resultados de la investigación, para los cuales se utilizan distintos instrumentos estadísticos, que facilitan el análisis y explicación de los hallazgos encontrados y contrastación de hipótesis. En el Capítulo V se discute y analiza los resultados obtenidos. Y por último se presentan los resultados y recomendaciones de la investigación, así como la

bibliografía y anexos.

A continuación, se presentará el desarrollo del estudio de investigación científica.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La contaminación ambiental es un problema de origen mundial, debido a las alteraciones que existen en la calidad del aire, agua y suelo por la existencia de contaminantes superiores a los límites tolerables por el ser humano y el medio ambiente, generadas por las actividades industriales, urbanas, agrícolas y mineras, creadas con el fin de mantener el equilibrio económico como medio de subsistencia debido al crecimiento y desarrollo demográfico.

La contaminación producto de las actividades industriales, agropecuarias, minería y la aplicación desmedida de diferentes fertilizantes químicos en el suelo, se añaden finalmente a los ríos, animales acuáticos y alimentos que varían la sostenibilidad de la cadena trófica, propiciando desmedidamente el incremento de los metales pesados tales como el mercurio (Hg), cadmio (Cd) y plomo (Pb), y como consecuencia directa la contaminación hídrica debido a su elevada permanencia medio ambiental y su alta toxicidad para los organismos vivos. Londoño, Londoño y Muñoz (2016)

El efecto causado en la salud por exposición prolongada a ciertos metales pesados por encima de los límites máximos permisibles resulta alarmante, dependiendo de la varianza del metal o metaloide, se desarrollan efectos que van desde daños en órganos indispensables hasta enfermedades cancerígenas (Combariza, 2009; Nava- Ruíz & Méndez Armenta 2011).

El uso desmedido e inadecuado de mercurio en actividades mineras y agrícolas, ha llevado que la afectación por metales pesados se constituya una de las de mayor riesgo e impacto para los ecosistemas acuáticos considerando a los seres vivos presente en ellos, como es en el caso de los peces, quienes almacenan mayor concentración de estos químicos peligrosos, por lo que diversos estudios indican que el consumo de los mismos se puede convertir en un grave problema para

la salud de las poblaciones que se alimentan de este recurso (Rodríguez y León, 2005).

A nivel global se ha reportado casos de enfermedades como consecuencia del consumo de agua y alimentos contaminados por la elevada carga de metales pesados. En países como México, Argentina, Chile, El Salvador, Nicaragua, Colombia y Perú, aproximadamente cuatro millones de personas consumen aguas contaminadas por arsénico, cadmio, plomo, cromo y mercurio (Reyes, Vergara, Torres, Díaz y González, 2016). En ciertas poblaciones que practican la pesca artesanal (Brasil, Canadá, Colombia y Groenlandia) se ha visto que 17 de cada mil niños presentan trastornos cognitivos (leve retraso mental) causados por el consumo de pescado contaminado, citado según La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2011).

En el Perú, la minería ilegal es uno de los causantes con mayor relevancia presente en la contaminación hídrica por metales pesados. “Se cuantifica que, en los últimos 20 años, más de 3000 toneladas de mercurio (Hg) han sido depositadas a los ríos Amazónicos, contaminando el agua, a los organismos acuáticos (flora y fauna) y a las poblaciones humanas, que consumen el agua y el pescado”, información brindada por Ministerio del Ambiente (MINAM, 2017).

Diversos estudios desarrollados por organizaciones como la Autoridad Nacional del Agua (ANA), en distintas cuencas de Madre de Dios muestran el impacto directo negativo causados por metales pesados, tales como el mercurio (Hg), arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd) y níquel (Ni), que se encuentran sobre los límites máximos permisibles, constituyendo un riesgo negativo para la salud de las personas (MINAM, 2016).

En Huánuco, provincia de Leoncio Prado, según un estudio realizado, se determinó que los resultados de cadmio (Cd) y plomo (Pb) encontrados en tejido muscular de peces de la especie carachama procedentes del río Huallaga, exceden los límites establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), Organización Mundial de la Salud (OMS), Unión

Europea y Organismo Nacional de Sanidad Pesquera. (Jorge, 2019, p.82)

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **PROBLEMA GENERAL**

¿Cuáles son los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en peces amazónicos y en las aguas procedentes del río Huallaga en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020?

### **PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿Cuáles son los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en peces amazónicos procedentes del río Huallaga, en el distrito Rupa, Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020?

¿Cuáles son los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en las aguas procedentes del río Huallaga, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020?

¿Cuáles son los valores de los análisis físico-químicos de las aguas procedentes del río Huallaga, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020?

### **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Determinar los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en peces amazónicos y en las aguas procedentes del río Huallaga, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento Huánuco, 2020.

### **1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar los niveles máximos permisibles de cadmio, mercurio y plomo en los peces amazónicos procedentes del río Huallaga, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

Determinar los niveles máximos permisibles de cadmio, mercurio y plomo en las aguas procedentes del río Huallaga, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

Determinar los valores de los análisis físico-químicos de las aguas procedentes del río Huallaga en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

## 1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La contaminación de las fuentes de hídricas, producto de la existencia de metales pesados en elevadas concentraciones, se bioacumulan fácilmente en las especies acuáticas, especialmente en los peces; por lo que la ejecución del presente estudio de investigación es de suma importancia, porque surge como respuesta a la necesidad de proporcionar información sobre la existencia de metales tóxicos como el cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) en las especies: *Hypostomus oculus* (Pez carachama), *Pimelodus blochii* (Pez bagre) y *Hemisorubim platyrhynchos* (Pez toa), y en las aguas procedentes del río Huallaga, al igual que sus valores físico-químicos, con el fin de analizar la relación existente entre las mismas.

A nivel teórico, la determinación de cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) en peces amazónicos y en las aguas procedentes del río Huallaga, nos permite conocer su grado de afectación según los límites máximos permisibles emitidos por la normativa vigente.

A nivel metodológico, se aplicó Espectrometría de Emisión Óptica de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES), para determinar la concentración de cadmio, mercurio y plomo en peces amazónicos y en las aguas procedentes del río Huallaga.

A nivel práctico, los resultados de la investigación permitirán la toma de decisiones en el campo de la salud y la concientización de la población frente a la contaminación del recurso hídrico. Repercutirá positivamente en la región, ya que los resultados son fidedignos y veraces, sirviendo como base y antecedente para futuras investigaciones.

## 1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación abarcó el análisis de Cadmio (Cd), Mercurio (Hg) y Plomo (Pb) en peces amazónicos y análisis de agua procedentes del río Huallaga en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, el cual como toda investigación presentó barreras para su ejecución y desarrollo, datadas a continuación:

- Escasa información sobre la determinación de metales pesados en peces y agua, mediante el método de Espectrometría de Emisión Óptica de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES).
- A nivel regional sólo se cuenta con un equipo (ICP-OES), en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por lo que se tuvo que gestionar el préstamo del equipo y asesoramiento de un profesional calificado para la ejecución del análisis de las muestras de estudio.
- No existen entidades locales que brinden el servicio de alquiler o venta de equipos de multiparámetro HQ 40d, para el análisis físico - químico del agua, por lo que se tuvo que gestionar con una entidad externa.
- Escasa información local sobre investigaciones para la determinación de metales pesados bioacumulables en peces amazónicos.
- No conté son subvención externa para realizar este tipo de investigación, de tal manera que asumí con todos los gastos correspondientes para su ejecución.

## 1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La ejecución del estudio de investigación es viable por lo que se describe a continuación:

- Disponibilidad de tiempo y recursos económicos necesarios para el correcto desarrollo del estudio de investigación.
- Disponibilidad de recursos humanos, conté con el asesoramiento profesional de los docentes del Programa Académico de Ingeniería Ambiental. Por otro lado, tuve el asesoramiento de un Especialista del Laboratorio Central de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para la manipulación y uso eficiente del equipo (ICP-OES).
- Disponibilidad de equipos (multiparámetro HQ 40d / ICP-OES) y materiales que fueron necesarios para la toma y evaluación de muestras de peces y agua procedentes del río Huallaga.
- Los resultados del análisis de metales pesados para músculo de peces, fueron comparados con los límites máximos permisibles de los indicadores sanitarios y de inocuidad de alimentos y piensos de origen pesquero y acuícola, establecidos por la Ley N° 30063, Ley de creación del Organismo Nacional de Sanidad Pesquera – SANIPES, de igual forma se consideró, la Legislación de la Unión Europea, para contenidos máximos de metales pesados en productos alimenticios.
- Los resultados del análisis de agua, fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua – Categoría 4: Conservación del ambiente acuático.

**Tabla 1.** *Coordenadas de los puntos de monitoreo de peces*  
*Sistema de Proyección: UTM / Datum horizontal: WGS84*

<b>PUNTOS DE MUESTREO</b>	<b>COORDENADAS</b>		<b>ALTITUD</b>
	ESTE	NORTE	
<b>P1</b>	389850.05	8971752.79	650
<b>P2</b>	389926.78	8971704.22	msnm
<b>P3</b>	389793.19	8971658.00	
<b>P4</b>	389870.97	8971609.99	

*Fuente: (Romero, 2020)*

**Tabla 2.** *Coordenadas de los puntos de monitoreo de agua*  
*Sistema de Proyección: UTM / Datum horizontal: WGS84*

<b>PUNTOS DE MUESTREO</b>	<b>COORDENADAS</b>		<b>ALTITUD</b>
	ESTE	NORTE	
<b>PM1</b>	389107.00	8970157.00	660 msnm
<b>PM2</b>	389075.00	8970314.00	668 msnm
<b>PM3</b>	389089.00	8970427.00	663 msnm

*Fuente: (Romero, 2020)*

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Londoño et al. (2016), Colombia. Desarrollaron su revista, titulada: *“Los Riesgos de los metales pesados en la Salud Humana y Animal”*, en la Universidad Tecnológica de Pereira, publicada en la revista de Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial, tuvo como objetivo examinar la presencia de metales pesados teniendo en cuenta su origen, distribución, diversidad de usos y las principales afectaciones sobre el medio ambiente, además de su impacto negativo en la salud humana y animal, con el fin de concientizar a la población y disminuir los riesgos de los metales pesados en los ecosistemas. Concluye su revista, citando que los metales pesados en el medio ambiente y los alimentos, pueden producir diversos problemas a la salud, causando daños irreparables en la vida humana y animal como los defectos congénitos, cáncer, e incluso la muerte.

Barros, Doria y Marrugo (2016), Colombia. Desarrollaron su artículo de investigación, titulada: *“Metales pesados (Pb, Cd, Ni, Zn, y Hg) en tejidos de lutjanus synagris y lutjanus vivanus de la Costa de Guajira, Norte de Colombia”*, en la Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Básicas, tuvo como objetivo establecer la influencia de los metales pesados provenientes de fuentes antrópicas, sobre la biota marina de las costas de La Guajira, con el fin de detectar los posibles impactos del ecosistema. Para su investigación aplicó la metodología de espectrofotometría de absorción atómica en hígado y riñón de peces en la especie Lutjanus. Los resultados oscilaron de la siguiente manera: Pb (54,61-123,94 µg/Kg), Cd (0,98- 2,84 µg/Kg), Ni (80,0-1220 µg/Kg), Zn (250-630 µg/Kg) y Hg (0,15-0,27 µg/Kg), en los tejidos de los organismos se detectó la presencia de metales

pesados en concentraciones de: Pb (65 µg/Kg), Cd (5,1 µg/Kg), Ni (2500 µg/Kg), Zn (2450 µg/Kg) y Hg (49 µg/Kg). Las especies *Lutjanus synagris* y *Lutjanus vivanus* contienen concentraciones de Ni, Pb y Zn dentro del límite máximo permisible y en las concentraciones de Pb, Cd y Hg en riñón e hígado también se encontraron por debajo del límite de tolerancia. Concluye su investigación indicando que los metales pesados no sobrepasan los límites máximos permisibles en tejidos y riñón de peces en la especie *Lutjanus synagris* y *Lutjanus vivanus*, acorde a las Leyes Nacionales e Internacionales, por lo que no presenta riesgo para el ecosistema acuático.

Bermeo y Céleri (2016), Ecuador. Desarrollaron su trabajo de tesis, titulada: *“Cuantificación de la cantidad de metales pesados presentes en dos especies de peces (*Oncorhynchus mykiss* y *Cyprinus carpio*), y su relación con edad y tamaño en el embalse Daniel Palacios Proyecto Hidroeléctrico Paute – Molino”*, en la Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, tuvo como objetivo establecer las concentraciones de metales pesados en dos especies de peces (*Cyprinus carpio* y *Oncorhynchus mykiss*), además de analizar la concentración respecto a la edad y tamaño de espécimen en el embalse Daniel Palacios. La metodología que aplicaron fue Espectrofotometría de absorción atómica, en 32 muestras respectivamente. Los resultados de la investigación determinaron que en el primer grupo todas las muestras presentan Arsénico (As), 3 de ellas mercurio (Hg) y 2 plomo (Pb), superando los límites tolerables y en el segundo grupo encontraron que 9 de las 20 muestras presentaba arsénico (As) por encima de los límites máximos permisibles, de igual forma en 16 muestras se encontraron cadmio (Cd), 14 muestras presentaron mercurio (Hg) y en uno de ellos alta concentración de plomo (Pb). Concluyen la investigación afirmando la existencia de bioacumulación de arsénico (As) y mercurio (Hg) en el hígado de las especies *Oncorhynchus mykiss* y *Cyprinus carpio*, especialmente en las especies de menor tamaño, de igual forma

analizaron la calidad del agua, la misma que se encontraba dentro de los límites máximos tolerables.

Roldán (2017), México. En su tesis, titulada: “*Bioacumulación y Biomagnificación de elementos potencialmente tóxicos en el pulpo Octopus hubbsorum del Puerto minero de Santa Rosalía, Golfo de California*”, realizada en el Instituto Politécnico Nacional La Paz, tuvo como objetivo analizar y evaluar la bioacumulación y biomagnificación de elementos potencialmente tóxicos en la especie *Octopus hubbsorum*, en el área minera, para analizar si manifiesta posibles afectaciones a la salud pública. La metodología que aplicó para la detección de elementos tóxicos en tejido muscular, glándula digestiva, corazones branquiales y branquias fue por Espectrometría de Emisión Óptica de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES). Concluyó la investigación afirmando que las concentraciones más elevadas fueron encontradas en: Mg>Cu>Fe>Zn. Los tejidos que se evaluaron con mayor bioacumulación de elementos tóxicos fueron: glándula digestiva y corazones branquiales, en el primero se detectó los siguientes resultados: Cu>Zn>Cd>Pb>Hg y en el segundo: Ni>Co>Sr>V>Mn>Al>Cr. Finalmente el autor recomienda, evitar su consumo masivo, debido a las afectaciones en la salud pública.

Barraza (2018), Argentina. En su tesina, titulada: “*Análisis cuantitativo de metales pesados en pescados para exportación de la Unión Europea*”, realizada en la Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires, en la Facultad de ciencias veterinarias, tuvo como objetivo evaluar y establecer la concentración de cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb), en tejido muscular de la merluza austral (*Merluccius australis*) y pescadilla (*Cynoscion striatus*), la metodología que aplicaron para su investigación fue Espectrofotometría de absorción atómica en los 3 métodos: horno de grafito, llama y de vapor frío con formación de hidruros. Los resultados arrojaron que las concentraciones de cadmio, mercurio y plomo en tejido muscular no exceden los límites máximos permisibles acorde a las normativas nacionales y

europas. Concluye la investigación afirmando que las concentraciones de los metales de estudio se encuentran dentro del límite de tolerancia, lo que indica que no presenta riesgo alguno, para su consumo.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Huancaré (2014), Cajamarca. En su trabajo de tesis, titulada: *“Identificación Histopatológica de lesiones inducidas por bioacumulación de metales pesados en branquias, hígado y músculo de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss), de cultivo en etapa comercial de la Laguna Mamacocha, área de influencia minera, Cajamarca- Perú”*, desarrollada en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria, tuvo como objetivo evaluar las lesiones hispatológicas en la trucha Arcoíris, *Oncorhynchus mykiss*, de cultivo por exposición a un ambiente tóxico. La metodología que empleó para su desarrollo fue Espectrofotometría de absorción atómica, en 35 muestras de peces, además tomó una muestra de agua de la laguna respectivamente. Los resultados del estudio determinaron que los niveles de metales pesados en agua se encuentran dentro del límite máximo permisible, sin embargo, en As, Cd, y Hg en sedimento superaron los límites máximos tolerables, de igual forma en los análisis de tejido se encontró cantidades elevadas de Zn y Ba y en menor cantidad en Cd, Cr, Cu. Concluye la investigación afirmando que la contaminación producida por los metales pesados, presenta la probabilidad de generar consecuencias adversas hacia el ecosistema.

Álvarez y Amancio (2014), Huaraz. En su trabajo de tesis, titulada: *“Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del río Santa y de la laguna Chinancocha – Llanganuco”*, desarrollada en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, tuvo como objetivo comparar los niveles de bioacumulación de metales pesados como: Hierro, Plomo, Cadmio, Cromo, Zinc y Mercurio, en los peces que vive en el río Santa, con

los que viven en la Laguna Chinancocha – Llanganuco, para ello aplicaron la metodología de Espectrofotometría de absorción atómica (EEA) y para la evaluación del mercurio (Hg) lo efectuaron por EEA acoplado la cámara de vapor frío. Los resultados arrojaron lo siguiente: el análisis de agua proveniente del río Santa, superaron los límites máximos permisibles de plomo, cromo y zinc, comparados según la normativa vigente; en el análisis de peces, retienen aluminio, manganeso y zinc en las branquias y en el hígado acumula cadmio, hierro y cobre, superando los límites máximos permisibles a diferencia de la laguna Chinancocha, que se encuentra por debajo de los LMP. Concluyen la investigación afirmando que el consumo de peces provenientes del río Santa debe ser limitado, con el fin de prevenir enfermedades humanas posteriormente.

Espinoza y Falero (2015), Tumbes. En su artículo de investigación, titulada: *“Niveles de mercurio, cadmio, plomo y arsénico en peces del río Tumbes y riesgos para la salud humana por su consumo”*, desarrollada en la Universidad Mayor de San Marcos, publicada en la revista del Instituto de Investigación, su objetivo fue determinar la concentración de metales pesados en peces (lisa, mojarra, chalaco y sábalo), provenientes del río Tumbes y compararlas con los contenidos máximos de la Unión Europea. La metodología que aplicaron fue Espectrofotometría de Absorción Atómica. Los resultados arrojaron: concentración de As y Hg, no supera los CMP, a diferencia del contenido de Pb y Cd que superaron los límites máximos permisibles y finalmente el contenido de Hg oscilaron de la siguiente manera: periche > dica > camotillo > mojarra > chalaco > lisa > sábalo; en Cd fue: periche > chalaco > camotillo > mojarra > sábalo > dica > lisa; en plomo: lisa > camotillo > mojarra > sábalo > periche > chalaco > dica; y para arsénico fue sábalo > lisa > mojarra > chalaco > dica > camotillo > periche. Concluyeron la investigación afirmando que existe riesgo de que los niños de la edad de 1 a 9 años, pueden presentar efectos

adversos hacia la salud, debido al consumo de las especies antes mencionadas, por la presencia de arsénico inorgánico.

Gamarra y Uceda (2017), Huancayo. En su tesis, titulada: *“Determinación de metales pesados por Espectrofotometría de Absorción Atómica en Truchas Arcoíris (Oncorhynchus mykiss), del río Chiapuquio de Ingenio – Huancayo”*, desarrollada en la Universidad Inca Garcilaso de la Vega, de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímica, tuvo como objetivo evaluar los niveles de concentración de metales pesados en truchas arcoíris *“Oncorhynchus mykiss”* y la identificación de valores de los análisis del agua del río Chiapuquio de Ingenio Huancayo para que finalmente sean comparados con el límite máximo permisible. La metodología que aplicaron para evaluar la concentración de metales fue por Espectrofotometría de absorción atómica en horno gafito. Los resultados arrojaron que la concentración de Pb en hígado y branquias de peces, estuvieron por debajo de los límites máximos tolerables según: Codex Alimentarius y la Norma Peruana de Sanidad Pesquera, a diferencia de los análisis de agua que superaron los LMP para Cd, según el Ministerio del Ambiente, sin embargo, las muestras de agua proveniente del río Chiapuquio, superó los límites máximos permisibles. Concluyen su investigación afirmando que la concentración de metales pesados en trucha Arcoíris, no superan los límites máximos tolerables por lo que su consumo es óptimo, ya que no presenta riesgo para la salud humana.

Bertolotti y Noé (2018), Huaraz. En su artículo científico titulado: *“Concentración de plomo, mercurio y cadmio en músculo de peces y muestras de agua procedentes del río Santa, Ancash – Perú”*, desarrollada en la Universidad Mayor de San Marcos y la Universidad Peruana Cayetano Heredia Lima, Perú. Publicada en la revista Salud y Tecnología, tuvo como objetivo definir la concentración de Pb, Hg y Cd en músculo de peces destinados a consumo humano y análisis de agua del río de 3 localidades, datadas de la siguiente manera: Catac, Taricá y Palmira, de la

ciudad de Huaraz. La metodología que se aplicaron fue por Espectrofotometría de Absorción Atómica en Flama. Para el análisis emplearon 5 muestras de peces y 1 litro de agua por cada localidad, los resultados arrojaron lo siguiente: La concentración de plomo (Pb) en peces en las 3 localidades superan los límites máximos permisibles, a diferencia de la concentración de (Cd) cadmio, mercurio (Hg) en agua en las 3 localidades también superan los niveles permitidos, dados por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos. Concluyen la investigación afirmando que la concentración de Pb y Hg en peces y agua de las localidades mencionadas con anterioridad, representan alto grado de contaminación por metales pesados.

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

Jorge (2019), Tingo María. En su tesina, titulada: *“Bioacumulación de cadmio y plomo en la especie Hypostomus oculus (Carachama) del río Huallaga, Tingo María”*, desarrollada en la Universidad Agraria de la Selva, de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, su finalidad fue evaluar la bioacumulación de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en la especie carachama, procedente del río Huallaga. La metodología que aplicó fue Espectrofotometría de Absorción Atómica en llama, en 3 muestras respectivamente (peces adquiridos en el mercado modelo de la ciudad y de los pescadores del río Huallaga), cada 15 días. Los resultados arrojaron lo siguiente: Las concentraciones de cadmio (Cd) y plomo (Pb), adquiridos en el mercado modelo de la ciudad y de los pescadores del río Huallaga, exceden los límites máximos permisibles, según La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, de igual forma para la Unión Europea, Organización Mundial de la Salud y el Organismo de Sanidad Pesquera. Concluye la investigación afirmando la existencia de bioacumulación de metales pesados en la especie carachama, con el fin de concientizar a la población sobre la

contaminación directa generada, recomienda también que su consumo debe ser limitado o reemplazado.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Metales Pesados**

La definición de metal pesado se refiere a cualquier elemento químico metálico con alto peso atómico, cuya densidad es cinco veces mayor que la del agua y sea tóxico inclusive a niveles bajos. Soler (Barraza, 2018)

Se caracterizan por ser uno de los contaminantes ambientales más peligrosos, debido a que no se pueden descomponer fácilmente y a su facilidad de bioacumulación en los seres vivos. Basterrechea y Calderón (Boy, 2015)

Los metales pesados se clasifican en 2 grupos:

- Oligoelementos o micronutrientes, componentes de vital importancia para los seres vivos (flora y fauna) para completar su ciclo vital, dentro de ellos se encuentran: Arsénico (As), Boro (B), Monóxido de carbono (Co), Cromo (Cr), Molibdeno (Mo), Manganeso (Mn), Níquel (Ni), Selenio (Se) y Zinc (Zn). (Boy,2015)
- Metales pesados sin función biológica conocida, se caracterizan por ser altamente tóxicos, debido a que pueden bioacumularse fácilmente en los seres vivos, entre ellos tenemos principalmente al Cd, Hg y Pb. La toxicidad de estos metales se debe a su capacidad de mezclarse con una gran variedad de moléculas orgánicas, pero la reactividad de cada metal es distinta al igual que los efectos que causan en el medio. Guevara (Boy, 2015).

#### **2.2.1.1. Concentración de metales pesados**

El agua de los océanos, ríos, lagos y lagunas presentan pequeñas concentraciones naturales de metales pesados que son básicos para el crecimiento de los organismos vivos y no resultan dañinos para el

ecosistema, la dificultad aparece cuando se aumenta la concentración natural de estos compuestos, convirtiéndolos en sustancias peligrosas para los organismos acuáticos y su almacenamiento en la cadena trófica. Álvarez (Granada y Escobar, 2012)

El medio acuático puede ser dividido en 3 casillas principales: agua, sedimentos y organismos vivos. Los compuestos metálicos naturalmente encajados en el ambiente o introducidos artificialmente por las actividades humanas se dividen en estos compartimientos en función de diversos mecanismos de naturaleza química, física o biológica. Los intercambios entre estos compartimientos estarán impactados por las variaciones de los factores ecológicos abióticos (características físico químicas del agua y de los sedimentos) o bióticos (hábitat, régimen alimentario, naturaleza y cantidad de alimento disponible), y por las variaciones del débito fluvial según las estaciones y fluctuaciones climatológicas. Anadon (Álvarez y Amancio, 2012)

#### **2.2.1.2. Contaminación del recurso hídrico por metales pesados**

Los metales pesados son contaminantes que se incorporan al sedimento desde las cuencas hidrográficas, produciendo en el tiempo la carga elevada de sus concentraciones y posteriormente la bioacumulación en organismos que viven en estos ecosistemas. Es por ello que la contaminación por metales pesados en el medio acuático se convierte en una gran problema, no solo por la probabilidad de daños directos al recurso hídrico, sino también por su peligro directo a los recursos pesqueros, representando así un alto potencial de riesgo ambiental para la salud humana, debido a que contienen sustancias muy peligrosas que

muy fácilmente se pueden bioacumular o biomagnificar en los organismos acuáticos (por ejemplo en peces) y ser transportados a los seres humanos a través de su consumo (Álvarez y Amancio, 2014).

Los metales pesados se pueden hallar en porciones elevadas en lo más profundo de los ríos y en cantidades inferiores en la superficie. La forma en que los metales pesados llegan directamente hacia los seres vivos, se da porque las plantas absorben estos compuestos a través de sus raíces y a la vez los animales que se alimentan de aquellas. Una vez que son emitidos en el ambiente pueden perdurar durante largas décadas, además el grado de concentración aumenta en los seres vivos que son ingeridos por otros, provocando mayor intoxicación de los mismos. Guevara (Jorge, 2019)

#### **2.2.1.3. Fuentes de contaminación en ambientes acuáticos**

Los metales pesados en ambientes acuáticos poseen fuentes naturales y antropogénicas. De las fuentes naturales las más importantes son el drenaje continental, la deposición atmosférica y la erosión de los suelos.

Cheung (Jorge, 2019)

De las fuentes antropogénicas se detallarán a continuación:

- Materiales relacionados con la agricultura y ganadería, presentan fertilizantes que contienen Cadmio (Cd) y Plomo (Pb); pesticidas Plomo (Pb); fungicidas y aguas residuales (Cd y Pb), compost derivado de los residuos sólidos orgánicos (Cd y Pb). Jaramillo (Jorge, 2019).
- El sistema de desagüe urbano, no solo transporta desechos domésticos, sino también desechos industriales y aguas de escorrentías que contiene

diversos contaminantes, entre ellos grandes cantidades de compuestos orgánicos y diferentes metales pesados

Lombardi (Jorge, 2019)

- Extracción industrial de metales minerales, la combustión de carbón y derivados del petróleo  
Jaramillo (Jorge, 2019)
- Fuentes de contaminación por Mercurio (Hg), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en sistemas fluviales y marinos, son las industrias y se juntan además la descarga de aguas residuales municipales, la minería ilegal, combustión de combustibles fósiles, la deforestación y fertilizantes utilizados en la agricultura

Zuluaga (Jorge, 2019)

### **2.2.2. Metales Tóxicos de Estudio y sus Efectos**

Estudios realizados recientemente han afirmado la consecuencia negativa de los metales pesados presentes en el sistema biológico y la salud del ser humano. Actualmente se tiene mayor información sobre las causas más relevantes de estos compuestos, cuya exposición está íntimamente enlazado con afecciones a la salud como el aplazamiento en el desarrollo, variedad de tipos de cáncer, deterioro en los riñones e incluso existen casos de pérdidas humanas. Los niveles de mayor concentración de mercurio (Hg) y plomo (Pb), están asociadas a la producción de la autoinmunidad (el sistema inmunológico ataca a sus propias células tomándolas por invasoras) Järup (Boy, 2015).

#### **Cadmio (Cd)**

Es un metal pesado dúctil, muy sólido a la corrosión, se caracteriza por contener un color blanco plateado, es uno de los metales más peligrosos debido a su toxicidad, asociado directamente a la contaminación ambiental e industrial. Presenta cuatro características temidas de un tóxico: efectos adversos

para los seres vivos y el medio ambiente, bioacumulación, permanencia en el medio y se traslada a largas distancias, gracias a la fuerza del viento y la corriente del curso de agua. Gamarra y Uceda (2017).

**Tabla 3.** *Propiedades químicas del Cadmio (Cd)*

<b>Nombre</b>	<b>Cadmio</b>
Número atómico	48
Valencia	2
Estado de oxidación	+2
Electronegatividad	1,7
Radio covalente (Å)	1,48
Radio iónico (Å)	0,97
Radio atómico (Å)	1,54
Primer potencial de ionización (eV)	9,03
Masa atómica (g/mol)	112,40
Densidad (g/ml)	8,65
Punto de ebullición (°C)	766.8
Punto de fusión (°C)	320,9

*Fuente: (lenntech.com.2011)*

### **Fuentes de Cadmio**

**Naturales:** El cadmio está presente de forma natural en la corteza terrestre y en conjunto con diferentes compuestos como: el oxígeno (óxido de cadmio), el cloro (cloruro de cadmio) o el sulfuro (sulfato o sulfuro de cadmio), son elementos que se diluyen muy fácilmente en el agua, siendo los cloruros y sulfatos los más solubles. Los tipos de terrenos y rocas, incluyendo minerales de carbón y abonos minerales, presentan mínimas cantidades de cadmio, la actividad volcánica es la principal fuente natural de emisión de cadmio a la atmósfera, pero al no

presentar un olor o sabor fuerte, es inapreciable, los incendios forestales y la formación de sales marinas también son una fuente natural de cadmio.

**Antropogénicas:** La mayor cantidad de cadmio se origina por la presencia de actividades humanas, como, por ejemplo: la minería, quién origina la mayor concentración de este elemento, también se encuentra dentro de los procesos industriales como parte de la materia prima (Gamarra y Uceda, 2017).

### **Principales usos y aplicaciones del Cadmio**

- Pigmento en diversos tipos de pinturas, esmaltes, plásticos, textiles, vidrios, tintas para impresión, caucho, lacas, etc.
- En aleación con cobre, aluminio y plata
- En la elaboración de pilas – níquel
- Como estabilizador de termoplásticos como el PVC
- En la elaboración de fotografías, litografía y procesos de grabado, como endurecedor de ruedas y llantas de automóviles
- En la fabricación de foto – conductores y células solares fotoeléctricas

Su duradera vida no permite el reciclaje por lo que es bioacumulable en el medio ambiente. Menos del 5% del metal puede ser reciclado (Ramírez, 2002).

### **Fuentes de contaminación de cadmio en el medio ambiente**

El cadmio se presenta de distintas formas, según las características detalladas a continuación:

- En el Aire: Se encuentra bajo la estructura de óxido de cadmio (CdO), en diminutos elementos, trasladándose a largas distancias, antes de volver a la tierra como polvo, lluvia o nieve. En las investigaciones de mayor complejidad se detectaron la existencia de cadmio en algunas ciudades, excediendo las concentraciones

- permitidas, por lo que son fuente de afectación a la salud de las personas e incluso mortal para las mismas.
- En el Suelo: El uso inadecuado de los fertilizantes o la aplicación de estiércol de animales en los medios de cultivo, aumentan la permanencia de cadmio en las plantas (raíces, hojas y frutos).
  - En el Agua: Son provenientes de los derrames o fugas de los residuos peligrosos, de igual forma por el vertimiento de aguas industriales y domésticas, las que pueden a su vez contaminar a los seres vivos del medio acuático como: peces, mariscos y crustáceos.
  - En los Alimentos: Se encuentran mayormente en los frutos, semillas, vegetales, pescados, crustáceos y cereales, considerado así uno de los elementos metálicos más tóxicos y peligrosos, debido a las diversas afectaciones que tiene sobre la salud del ser humano al consumir alimentos contaminados. (Gamarra y Uceda, 2017).

### **Vías de ingreso y afectación de cadmio en los seres humanos**

El cadmio posee dos vías de ingreso: Inhalación e Ingestión,

Presentando intoxicaciones agudas y crónicas:

#### **Intoxicación aguda:**

Vía por Inhalación, vía de mayor absorción, tiene la propiedad de absorber entre el 25% al 50% de lo inhalado, los síntomas después de inhalación de cadmio (Cd), aparece durante las primeras cuatro a ocho horas después de la exposición, citadas a continuación:

- Síndrome gripal, oscila entre 39 °C a 40 °C

- Dolores torácicos, inflamación de la garganta (tos), disnea, cianosis, esputo espumoso y neumonitis aguda dentro de las 24 horas

- Alteraciones renales
- Otros: Anemia, hepatitis y por sus características tóxicas puede causar ulceración de la mucosa nasal y pérdida total del olfato

Vía por Ingestión, presenta mayor toxicidad, ya sea por ingesta de agua y alimentos contaminados. Incluye los siguientes síntomas:

- Alteraciones gastrointestinales
- Alteraciones renales
- Otros: Alteraciones en la función hepática, acidosis metabólica y coagulopatía

**Intoxicación crónica:**

- Alteración renal, manifestándose durante un periodo de diez a veinte años
- Alteraciones pulmonares
- Alteraciones óseas
- Hipertensión arterial
- Otros: coloración amarilla de la dentadura y aumento de caries dental.

**Mercurio**

Elemento químico, de símbolo Hg, número atómico 80 y peso atómico 200.59, conocido por ser un metal noble, soluble en la presencia de soluciones oxidantes. El mercurio moldea soluciones llamadas amalgamas debido a la combinación de otros metales (por ejemplo, oro, plata, platino, uranio, cobre, plomo, sodio y potasio). La traslación del Hg es a través de su metilación, que corresponde a la producción de un compuesto

organometálico. En el caso concreto del mercurio, se forma el metilmercurio (CH<sub>3</sub>Hg), el cual al igual que otros compuestos organometálicos, es liposoluble. En consecuencia, estos elementos presentan alta toxicidad, debido a que pueden atravesar rápidamente las membranas biológicas y en particular, la piel, y a partir de este punto, la unión del metal en la cadena trófica está asegurada. Guevara (Boy, 2015)

**Tabla 4.** *Propiedades químicas del mercurio (Hg)*

<b>Nombre</b>	<b>Mercurio</b>
Número atómico	80
Valencia	1,2
Estado de oxidación	+2
Electronegatividad	1,9
Radio covalente (Å)	1,49
Radio iónico (Å)	1,10
Radio atómico (Å)	1,57
Primer potencial de ionización (eV)	10,51
Masa atómica (g/mol)	200,59
Densidad (g/ml)	16,6
Punto de ebullición (°C)	357
Punto de fusión (°C)	-38,4

*Fuente:* (lenntech.com.2011)

### **Fuentes de Mercurio**

**Naturales:** Descarga de Hg debido a la movilización natural en la corteza terrestre, tal como se encuentra en las actividades volcánicas o en la erosión de las rocas. El tiempo de estadía del mercurio elemental en la corteza terrestre puede perdurar meses hasta un año aproximadamente. Bijesh (Barraza, 2018)

**Antropogénicas:** Están presentes en los combustibles fósiles como el petróleo, carbón o gas natural, con un contenido de aproximadamente 85% de mercurio. El Hg depositado en suelos, sedimentos, agua, vertederos y apilamiento de desechos, pasan nuevamente a la atmósfera formando parte de los ciclos biológicos. La incineración de residuos médicos ocupa el cuarto lugar entre las principales fuentes de contaminación con mercurio (Hg). Los hospitales contribuyen en aproximadamente 4 al 5 % del porcentaje total de mercurio presente en las aguas residuales. Oyarzum e Higuera (Barraza, 2018)

### **Principales usos y aplicaciones**

- Industrias de Cloro-Álcali con cátodo de mercurio, consecuentemente que están siendo reemplazadas con el tiempo, existen todavía en todo el mundo un gran porcentaje de este tipo de industrias, encargadas de la producción de Hidróxido de sodio (NaOH) y Dicloro ( $Cl_2$ ), su efecto directo hacia el medio ambiente es perjudicial debido al uso inadecuado e indiscriminado del mercurio (Hg).
- Para la producción de pilas, aunque en muchos países ya no se comercializa y en gran porcentaje ha disminuido su consumo, aún existen pilas o baterías producidas a partir de celdas de zinc (Zn) y mercurio (Hg).
- Los compuestos de mercurio han sido utilizados para desarrollar actividades fungicidas (dificulta el crecimiento o elimina los hongos y mohos de las plantas y/o animales), por lo que vieron la necesidad de incluirlos en la producción de pinturas para coberturas en depósitos de semillas.
- Para la elaboración de cloruro de vinilo ( $C_2H_3Cl$ ), usado para la creación de cloruro de polivinilo (PVC), con el fin

de fabricar diversas variedades de productos de plástico, alambres, cables, entre otros.

- Usado en la producción de aparatos eléctricos, lámparas, rectificadores de corriente, termómetros, barómetros, entre otros. Gaona (2004)
- En la combustión de combustibles fósiles
- Procesamiento en la minería
- Reprocesamiento de oro, cobre y plomo

### **Fuentes de contaminación de mercurio en el ambiente**

El mercurio se presenta de distintas formas, según las características de los medios, detallados a continuación:

- En el Aire: una vez liberada a la atmósfera, tiene un tiempo de estadía alrededor de un año aproximadamente y en alguno de los casos se convierten en mercurio inorgánico presente en las gotas de agua de las nubes. (Gaona, 2004)
- En el Suelo: una vez reposada el elemento, están sujetas a presentar reacciones químicas y biológicas, afectando grandemente a las condiciones del suelo (pH, temperatura, ácido húmico, entre otros), que son propicios para generar compuestos inorgánicos favorables para una tierra fértil. (Gaona, 2004)
- En el Agua: se encuentra como metilmercurio, representa uno de los elementos de mayor toxicidad, debido a su elevada estabilidad, solubilidad en lípidos y sus propiedades iónicas que generan un alto porcentaje de ingreso en la biota acuática OMS (Huancaré, 2014).
- En Alimentos: el metilmercurio (MeHg), tiene la capacidad de biomagnificarse en la cadena alimenticia, como por ejemplo en peces y mariscos, generando su intoxicación, convirtiéndose así en fuente potencial de

envenenamiento para su consumidor Eisler (Huancaré, 2014).

### **Vías de ingreso y afectación de mercurio en los seres humanos**

El mercurio posee 3 vías de ingreso: Inhalación, ingestión y vía cutánea, presentadas a continuación:

Vía Inhalación: es una de las rutas más importantes y de mayor impacto debido a que el 80% del mercurio inhalado es absorbido por los seres humanos, distribuido en todo el organismo, atravesando la sangre – placenta y cerebro, presentando los siguientes síntomas:

- Dificultad en la respiración (disnea)
- Expulsión de sangre por los pulmones (hemoptisis)
- Neumonitis intersticial (mortal)

Vía Ingestión: por esta vía es absorbido casi en su totalidad 90% y es trasladado directamente al torrente sanguíneo, presentando los siguientes síntomas:

- Gastroenteritis ulcerosa
- Necrosis tubular aguda (mortal)

El riñón es el órgano de mayor vulnerabilidad al ingerir sales de mercurio inorgánico, desarrollándose síndromes nefríticos. (Gaona, 2003)

Al ingerir metilmercurio, el sistema nervioso sufre mayor daño, afectando la visión y audición y en dosis más altas afecta grandemente al sistema nervioso periférico, creando síntomas de debilidad neuromuscular. (Gaona, 2003)

Vía cutánea: es muy posible que el mercurio tenga la facultad de traspasar la piel del ser humano, según estudios realizados en la actualidad, sin embargo, aún no se ha podido probar mediante porcentajes cuantitativos, por lo que su afirmación aún no puede ser viable (Gaona, 2003).

## Plomo

Elemento químico, de símbolo Pb, número atómico 82 y peso atómico 207.19. Presenta un color gris azulado, brillante en las superficies nuevas, presenta una estructura blanda y es el menos tenaz de todos los metales (Gamarra y Uceda, 2017). Es persistente al ataque de los ácidos sulfúrico y clorhídrico, pero se diluye progresivamente en ácido clorhídrico. El plomo tiene la propiedad de fabricar muchas sales, óxidos y compuestos organolépticos (Lenntech, 2011).

**Tabla 5.** *Propiedades químicas del plomo (Pb)*

Nombre	Plomo
Número atómico	82
Valencia	2,4
Estado de oxidación	+ 2
Electronegatividad	1,9
Radio covalente (Å)	1,47
Radio iónico (Å)	1,20
Radio atómico (Å)	1,75
Primer potencial de ionización (eV)	7,46
Masa atómica (g/mol)	207,19
Densidad (g/ml)	11,4
Punto de ebullición (°C)	1725
Punto de fusión (°C)	327,4

*Fuente: (lenntech.com.2011)*

### Fuentes de plomo

**Naturales:** El plomo se encuentra presente de forma natural en yacimientos (lugar en el que se encuentran las rocas, fósiles y minerales) de galena (cristalina o maciza). Muñiz y Venturini (Barraza, 2018). Según estudios realizados detectaron que

determinados suelos presentan alta manifestación de plomo y esto se debe a que las rocas subyacentes son ricas en este mineral. Rand y Petrocelli (Barraza, 2018). La concentración de Pb en el aire, posee gran porcentaje a comparación del agua, debido a los aportes de origen volcánico en forma de polvo, permaneciendo así en la atmósfera por varios meses y durante ese tiempo se traslada fácilmente a largas distancias con ayuda de los factores climatológicos (tormentas de viento y huracanes). Cousillas (Barraza, 2018)

**Antropogénicas:** Las pinturas de plomo fueron eliminadas del mercado, sin embargo, los residuos procedentes del mismo, son fuente silenciosa de contaminación para el recurso hídrico y el suelo progresivamente, de igual forma los vehículos que utilizan nafta con plomo son generadores del crecimiento continuo de la toxicidad en el ambiente. Por otro lado, según estudios realizados afirman que actualmente el consumo de plomo corresponde a la fabricación de baterías, generando gran cantidad de residuos sólidos peligrosos, las mismas que no son destinadas adecuadamente. Muñiz y Venturini (Barraza, 2018)

### **Principales usos y aplicaciones**

El plomo se utiliza de diversas maneras: el 40% del Pb, es usado como metal, el 25% es aplicado en combinaciones y un 35% se emplea en los elementos químicos orgánicos e inorgánicos. Algunos ejemplos se detallarán a continuación:

- Producción tuberías de conducción
- Para la fabricación de perdigones (tipo de proyectiles de la munición de escopeta)
- Aleado con el antimonio (Sb), para tipos de imprenta
- Para la fabricación de proyectiles de armas fuego (revólver)
- El óxido de plomo (PbO) se emplea para la producción de pinturas y actúa como aditivo en la industria de vidrios

- El óxido de plomo (PbO) se usa como aditivo en la industria de jebes
- El acetato de plomo (compuesto químico cristalino, sustancia tóxica y altamente peligrosa), es usado masivamente en los tintes, para cabello humano
- El plomo metálico también es añadido a ciertas relaciones como el bronce, acero y latón, para obtener ciertas características codiciables.
- Aleación de plomo y estaño para soldaduras.  
(Ubillos, 2003).

### **Fuentes de contaminación de plomo en el ambiente**

El plomo se presenta de distintas formas, se detalla a continuación:

- En el Aire: el plomo es emitido a la atmósfera por la combustión de carbón, petróleo o desechos, los mismos que pueden viajar a largas distancias dentro de un periodo extenso, solo si presentan una estructura muy pequeña que les permita deslizarse muy fácilmente. Solo puede ser removidos de la atmósfera si las partículas caen al suelo o aguas superficiales producto de las lluvias, citado según La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR, 2016). Los efectos en la salud producto de la contaminación atmosférica por Pb, genera en los seres humanos problemas neurológicos y cardiovasculares, teniendo mayor afectación en los niños y adultos mayores. (airgo.com.2018)
- En el Suelo: las partículas de polvo procedentes de la atmósfera finalmente terminan en el suelo, conjuntamente con las partículas que se desprenden de la pintura con Pb, desde los edificios, al igual que los residuos procedentes de los diversos procesos de manufactura, permaneciendo en la capa superficial del suelo durante

varios meses, incluso años, ocasionando que el Pb se concentre en la biota, afectando al ecosistema, por su bioacumulación y biomagnificación en la cadena trófica (ATSDR, 2016). Las plantas tienen la facilidad de absorber del suelo grandes niveles de Pb, hasta los 500 ppm. La presencia de Pb en plantas, limita la síntesis clorofílica, también perjudica el crecimiento progresivo de las mismas. (Lenntech.com. 2010)

- En el Agua: las industrias y las actividades mineras, son los principales cooperadores y/o contaminantes directos de los recursos hídricos, que en su mayoría terminan en la red de servicio de agua o en las redes de tubería para el abastecimiento de agua potable (carbotecnia.com. 2020), el Pb y sus compuestos, son contaminantes tóxicos para las fuentes hídricas, desde un punto de vista toxicológico (Lenntech.com.2010). La fauna del ecosistema marino sufre las consecuencias directas, ocasionadas por las elevadas cargas de Pb, generadores de enfermedades tales como: teratogénico y mutagénico. (Bauer, 2005)
- En Alimentos: el plomo, tiene la capacidad de biomagnificarse en la cadena alimenticia, como por ejemplo en peces y mariscos, generando su intoxicación, convirtiéndose así en fuente potencial de envenenamiento para su consumidor. Eisler (Huancaré, 2014)

### **Vías de ingreso y afectación de plomo en los seres humanos**

El plomo puede incorporarse al organismo por tres vías de exposición:

(Inhalación, ingestión y por vía cutánea)

- Vía Inhalación: Las partículas inhaladas suelen ser microscópicas, se introducen fácilmente hasta el alveolo reteniéndose por completo. Según estudios realizados se

cuantifica que el 50 % de las partículas inhaladas son conservadas y de estas se absorbe el 90 % (Gamarra y Uceda, 2017).

- Vía ingestión: Se puede ingerir por 2 fuentes, la primera por ingestión de alimentos contaminados y el segundo por la deglución del Pb inhalado y conservado en el moco de la nasofaringe y bronquios. En la absorción digestiva, las personas de mayor edad absorben el 10% de Pb, a diferencia de los niños que absorben 50% del Pb ingerido. (Gamarra y Uceda, 2017)
- Vía cutánea: Los derivados inorgánicos de plomo (Pb) no se absorben por la piel íntegra, los procedentes orgánicos son extremadamente liposolubles por ende de fácil absorción; el plomo que traspasa la piel pasa a través de los folículos pilosos y glándulas sebáceas y sudoríparas en dirección al torrente circulatorio. (Gamarra y Uceda, 2017)
- Vía digestiva: Tiene dos orígenes

Ingestión de alimentos tóxicos en la cadena de polución, niños que tienen contacto directo con objetos pintados con pinturas tipo esmalte (de alto contenido de plomo).

Deglución del plomo inhalado que quedó atrapado en el moco de la nasofaringe y bronquios (Gamarra y Uceda, 2017).

Los efectos biológicos del plomo (Pb), son los mismos independientemente de que ingresen al organismo por inhalación, ingestión o por la vía cutánea, dados de la siguiente manera:

- Efectos neurológicos: son afecciones del sistema nervioso central y periférico, es decir del cerebro, médula espinal y nervios craneales (OMS, 2016). Produce defectos continuos en el desarrollo neurológico del área

cognitiva y psicomotricidad fina. En los niños puede presentar problemas de aprendizaje y en los adultos existen problemas de concentración. (Gamarra y Uceda, 2017)

- Efectos hematológicos: son aquellas que alteran la producción de la sangre y sus elementos, como los glóbulos rojos, blancos, la hemoglobina y el mecanismo de coagulación, citado según la Sociedad Iberoamericana de Información Científica (SiicSalud, 2020). El Pb impide la capacidad del organismo para procesar hemoglobina y citocromos, trayendo como consecuencia anemia hemolítica (descomposición de los glóbulos rojos), la misma que se manifiesta cuando el Pb permanece durante periodos largos de tiempo en la sangre. (Gamarra y Uceda, 2017)
- Efectos endocrinos: el Pb interacciona con el sistema endocrino, produciendo efectos adversos hacia la salud, imposibilitando el desarrollo y maduración celular de huesos y dientes. (Gamarra y Uceda, 2017)
- Efectos renales: daño o enfermedades del riñón (nefropatía). Puede desarrollarse la enfermedad conocida como gota, resultado del hallazgo de ácido úrico elevado en la sangre. Según estudios realizados detectaron que la insuficiencia renal (afección que los riñones pierdan la capacidad de eliminar desechos y equilibrar fluidos), es el responsable de que el 10% de pacientes mueran a causa de la gota. (Gamarra y Uceda, 2017)
- Efectos cancerígenos: La Agencia Internacional para la investigación sobre el cáncer (IARC, 2018) ha ordenado al Pb inorgánico y sus elementos en el Grupo 2B, como fuente potencial de enfermedades cancerígenas para el hombre. (Gamarra y Uceda, 2017)

### 2.2.3. Peces Amazónicos de Estudio

#### **Pez Carachama (*Hypostomus Oculeus*)**

La carachama es un pez detritívoro (se alimenta de los pequeños organismos que habitan en la materia orgánica del fondo), su boca funciona como un órgano succionador, tanto para alimentarse como para adherirse fuertemente a los trozos de madera sumergida u otros sustratos del fondo, incluso en cauces de agua rápida. Por lo general es un pez nocturno, de hábitos bentónicos (reside en contacto o en sumisión directa con el fondo del mar o los lagos continentales), permanecen ocultos o debajo de troncos durante la luz del día, sin embargo, se adaptan muy fácilmente a diferentes ambientes. Ortega et al. (Jorge, 2019)

Es un pez oriundo de la Amazonía, sus pobladores lo consumen comúnmente en caldos (chilcano), por su valor nutritivo (contenido de fósforo, omega 3 y vitaminas A, D, E y B12). (IIAP, 2011)

**Tabla 6.** *Clasificación Taxonómica del pez Carachama*

<b>Reino</b>	<b>Animalia</b>
Súper clase	Gnathostomata
Clase	Actinopterygil
Sub clase	Neopterygil
División	Teleostei
Sub división	Euteleostei
Sub orden	Osteriophysy
Orden	Siluriforme
Familia	Loricariidae
Género	Hypostomus
Nombre común	Carachama
Especie	Hypostomus oculeus

**Fuente:** Rivadeneira, Anderson y Dávila (Jorge, 2019) – Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Trujillo (Jorge, 2019)

**Características:** Posee un aspecto tenebroso, debido a la estructura de su cuerpo por la presencia de escamas, se caracteriza por el color negro de sus ojos y la cabeza achatada, es de color marrón claro con puntos negros, aleta adiposa, dientes en forma de cuchara (que le brinda la facilidad para raspar los troncos), ausente de costillas y quillas desarrolladas. Meza (Jorge, 2019)

**Alimentación:** En su mayoría se alimentan principalmente de restos de vegetales, algas, madera en proceso de descomposición e insectos acuáticos. Rivadeneira, Anderson y Dávila (Jorge, 2019)

**Hábitat:** Se caracteriza por habitar en agua dulce y de clima cálido (23°C – 27°C), generalmente en las cuencas hidrográficas de los ríos (Huallaga, Aguaytía, Pachitea, Urubamba, Pisqui, Purús, Madre de Dios y el Amazonas) (EcuRed, 2019)

### **Pez Bagre (*Pimelodus blochii*)**

Es uno de los peces más vistosos a nivel mundial, llamado también pez gato, destaca por sus sobresalientes bigotes o barbillones filamentosos, que son utilizados como órgano sensorial para detectar fácilmente el alimento que van a consumir. En su mayoría pertenecen al orden de los siluriformes y de la familia pimelodiadee, en este grupo se encuentran los peces obesos, de abundante grasa y carne, posee gran cantidad de proteínas y un sabor exquisito, motivo por el cual su comercialización y consumo es realmente masivo a nivel mundial. (depeces.com. 2018)

**Tabla 7.** Clasificación taxonómica del pez Bagre

<b>Reino</b>	<b>Animalia</b>
Clase	Siluriformes
Sub clase	Neopterygii

Nombre científico	Pimelodus blochii
Nombre común	Bagre
Sub división	Euteleostei
Sub orden	Ostariophysii
Orden	Piscis
Familia	Pseudopimelodidae
Género	IctalurusP
Especie	Punctatus
Filo	Chordata

*Fuente: (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana [IIAP], 2011).*

**Características:** Poseen unos bigotes formados por tentáculos en la boca, que se asemejan a los bigotes de los gatos. Tienen una piel muy dura y no posee escamas, existen en algunos grupos placas dérmicas que actúan como coraza para protegerse de sus depredadores, según el tipo de familia oscilan desde los 50 cm de tamaño hasta los 2 metros y en cuanto al peso desde los 5 kg hasta los 200 kg. (IIAP, 2011)

Presenta una coloración entre ceniza y amarillenta, en algunos casos se forma una o dos manchas irregulares en los dos lados del cuerpo, aleta adiposa alta y triangular. (MINAM, 2018).

**Alimentación:** Su alimentación varía si su hábitat es el agua dulce o salada. Los que habitan en los ríos, esperan que la corriente traslade sus alimentos, motivo por el cual es considerado un pez oportunista. Por otro lado los que habitan en los mares, son depredadores de peces más pequeños y/o crustáceos. (Infomarina.net.2020)

**Hábitat:** Pueden habitar en el agua dulce (ríos) y en el agua salada (mares), se limita a los sitios tropicales y subtropicales, se encuentran en zonas poco profundas pero que dispongan de

suficiente vegetación para su supervivencia. (Infomarina.net.2020)

**Pez Toa (*Hemisorubim platyrhynchos*)**

Pez de tamaño mediano, alcanza hasta los 50 cm. Presenta ojos de gran tamaño en posición superior y con el margen libre. Los barbicelos maxilares pueden alcanzar hasta la aleta adiposa, su aleta dorsal presenta una espina y seis radios, con pequeñas manchas oscuras. Los volúmenes de captura son muy bajos en promedio 0.1 toneladas por año. (MINAM, 2018)

**Tabla 8.** Clasificación taxonómica del pez Toa

Reino	Animalia
Filo	Chordata
Orden	Piscis
Clase	Actinopterygii
Familia	Pimelodidae
Sub clase	Neopterygii
Superorden	Ostariophysi
Género	Hemisorubim
Nombre común	Toa
Especie	H. platyrhynchos

Fuente: (IIAP, 2011).

**Características:** Presenta una característica única dentro de la familia de los pimelodidae, la mandíbula inferior propulsada por delante de la superior, haciendo que la abertura bucal parezca volteada livianamente. Se caracteriza por ser de color marrón oscuro en el dorso, con algunos puntos negros dispersos a los del cuerpo y la aleta con un par de manchas de color negro en el lóbulo superior. (MINAM, 2018)

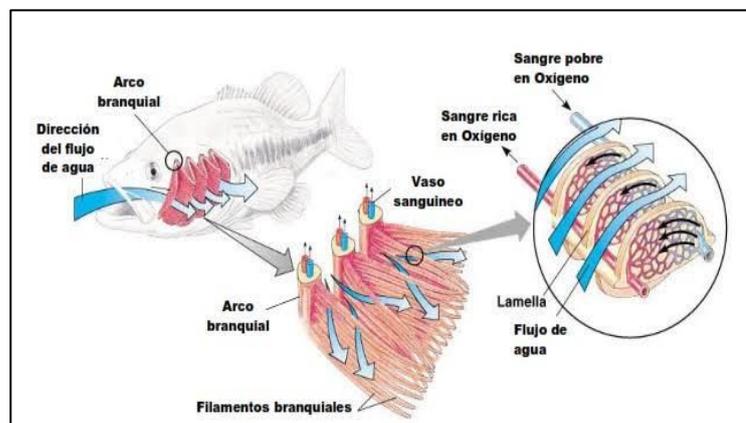
**Alimentación:** Es un pez carnívoro, consume peces de menor tamaño, se considera un pez nocturno ya que son cazadores activos durante la noche. (MINAM, 2018)

**Hábitat:** Usualmente viven en América del Sur (Brasil, Venezuela, Bolivia, Colombia y Perú). En la Amazonía peruana fue registrada en los ríos: Amazonas, Samiria, Ucayali, Arabela, Curaray, Huallaga, Napo, Putumayo, Yavari, Nanay y Pastaza. Existe en mayor porcentaje en ríos y lagunas de agua blanca, negra y clara, prioriza las partes más hondas y calmadas. (MINAM, 2018)

#### 2.2.4. Vías de Ingreso de Metales Pesados en Peces

Los metales pesados presentes en el ambiente acuático, son incorporados en los peces por 3 vías distintas, presentadas a continuación:

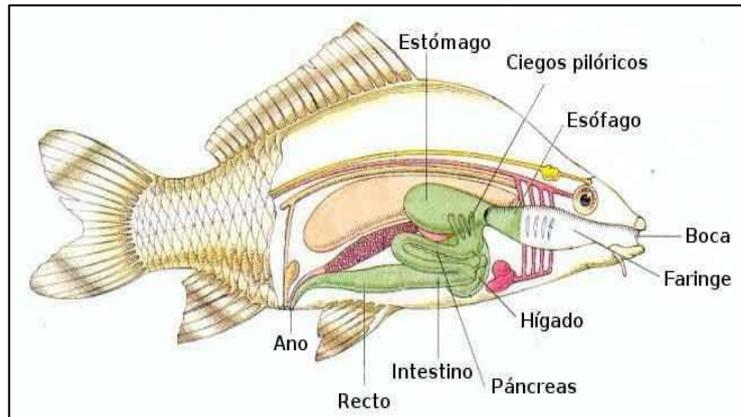
- Por medio de las branquias: es considerado el principal medio directo de ingreso de sustancias disueltas en el agua, ya que un pez debe respirar 20 veces más que un animal terrestre para obtener la cantidad suficiente de oxígeno para sobrevivir, razón por la que su sistema respiratorio está propenso a contener cantidades mayores de elementos peligrosos a comparación que la de los animales terrestres.



Fuente: (Casa, 2018)

**Figura 1.** Vía de ingreso por las branquias

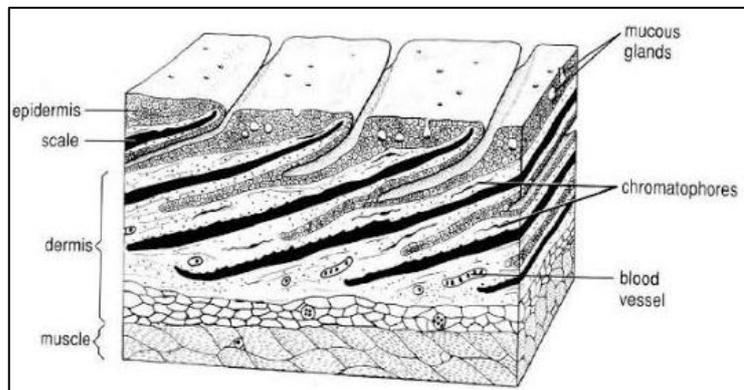
- A través de la ingesta de alimentos: los elementos y/o sustancias tóxicas, son digeridos, absorbidos y trasladados al sistema digestivo directamente.



Fuente: (Fonseca, 2016)

**Figura 2.** *Vía de ingreso por la ingesta de alimentos*

- A través de la superficie corporal (cutánea): en peces con menos de 4 gramos de masa corporal, existe una exposición parcial de elementos tóxicos hasta un 50% representativamente, mientras que en los peces de más de 1 kg de masa corporal existe una exposición de menos del 10%. Maya y varas



Fuente: (Maya y Varas, 2018)

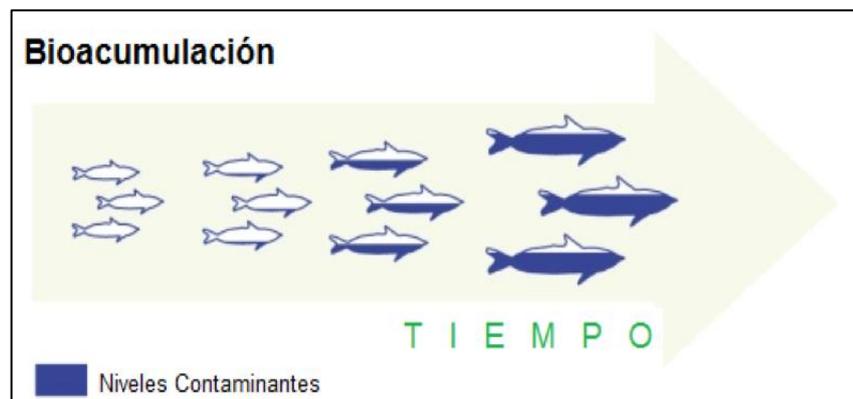
**Figura 3.** *Vía de ingreso por la superficie corporal*

#### 2.2.4.1. Bioacumulación y Biomagnificación en Peces

**Bioacumulación**, es la concentración total de un elemento y/o sustancia tóxica que es atraída y retenida por los organismos acuáticos (peces), por exposición directa (alimentación o el medio al que están expuestas). Diversos

estudios han demostrado que los organismos marinos, tienen la fortaleza de bioacumular más de 100 veces la concentración de diversos metales tóxicos presentes en su medio. Marckay y Clark (Nefertiti, 2017)

En la cadena alimenticia, los peces de mayor tamaño y los más longevos, son los que presentan alto porcentaje de bioacumulación de metales pesados, ya que se acumulan a lo largo de su tiempo de vida, permaneciendo en los tejidos duros y en los blandos ricos en grasa (riñón, hígado, branquias, huesos y tejido muscular). (Nefertiti, 2017)



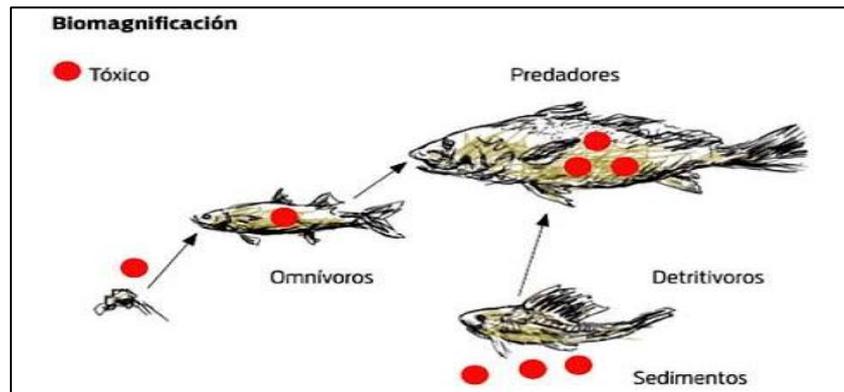
*Fuente:* (Olenick, 2013)

**Figura 4.** *Bioacumulación de metales pesados en peces*

**Biomagnificación,** es el incremento en la concentración de elementos y/o sustancias tóxicas presentes en los organismos acuáticos de un nivel trófico inferior a uno superior, donde los depredadores presentan elevadas concentraciones a comparación que sus presas. Este proceso se da debido a la transferencia de los elementos tóxicos a través de las redes tróficas y al almacenamiento de las mismas adquiridas por la comida. Newman (Nefertiti, 2017)

Una vez que el metal pesado se encuentra en el agua puede ingresar muy fácilmente a la cadena alimenticia e ir ascendiendo hasta alcanzar la cúspide de la pirámide del consumo, siendo los últimos en su mayoría los seres

humanos por lo que presentan riesgos hacia la salud. Yi y Zhang (Barraza, 2018)



Fuente: (Lago, 2018)

Figura 5. Biomagnificación de metales pesados en peces

### 2.2.5. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES EN PECES

Tabla 9. Límites máximos permisibles de Cd, Hg y Pb en peces

PARÁMETROS (mg/kg)	UNIÓN EUROPEA	SANIPES
Cadmio (Cd)	0,05	0,05
Mercurio (Hg)	0.50	0,50
Plomo (Pb)	0.30	0,30

Fuente: Unión Europea [UE], 2019 y Organismo Nacional de Sanidad Pesquera [SANIPES], 2016.

### 2.2.6. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA AGUA CATEGORÍA 4: Conservación del Ambiente Acuático

Tabla 10. Límites máximos permisibles de Cd, Hg y Pb en el agua

PARÁMETROS INORGÁNICOS	UNIDAD DE MEDIDA mg/l	E2: RÍOS – SELVA
Cadmio (Cd)	mg/L	0,00025
Mercurio (Hg)	mg/L	0,0001
Plomo (Pb)	mg/L	0,0025

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

### 2.2.6.1. PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS DEL AGUA

Tabla 11. *Parámetros físico-químicos del agua*

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	E2: RÍOS – SELVA
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	1000
Oxígeno disuelto	(mg/L)	$\geq 5$
Potencial de Hidrógeno	(pH)	6,5 – 9,0
Temperatura	$^{\circ}$ C	$\Delta 3$

Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

### 2.2.7. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 2.2.7.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El río Huallaga, nace en las alturas de Cerro de Pasco por la mezcla de los ríos: Ticlayan, Pariamarca y Pucurhuay. El río Huertas es uno de los principales afluentes del río Huallaga y uno de los más caudalosos. Recorre hacia el Norte y Nor Este por los departamentos de Cerro de Pasco y Huánuco, alcanzando mayor extensión en Huánuco, sus tributarios fundamentales son: río Tingo, Condoroga, Chaupihuananga, Coquín, Quío, Huancachupa, Higueras, Garbanza, Chinobamba, Acomayo y procedentes de las alturas de Huánuco en su margen derecha recibe caudales de las quebradas: Chicuy, Pumarini, Olijmayo y Yanamayú. (ecosanmartin.com.2017)

Tiene una longitud de 1138 km, con una cuenca hidrográfica de 95.000 km<sup>2</sup>, por lo que es constituido como el quinto río más largo del territorio peruano. En el transcurso del trayecto, se encuentran ubicadas las poblaciones de mayor importancia de la región, tales como: Ambo, Huánuco, Tingo María y Aucayacu. (ríosdelplaneta.com.2017)

### 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

**Contaminación:** La contaminación ambiental o polución es la introducción de sustancias u otros elementos físicos en un medio, que provocan que este sea inseguro o no apto para su uso. Newman y Jorgensen (Nefertiti, 2017)

**Metales pesados:** Cualquier elemento químico metálico, de mayor densidad, tóxico y/o venenoso, que representa un alto riesgo para los organismos vivos. (Lenntech.es.2020)

**Tóxico:** Adjetivo que se utiliza para referirse a todos aquellos componentes y/o sustancias que resultan dañinos para la salud y vida de los organismos vivos. (Gamarra y Uceda, 2017)

**Bioacumulación:** El término se refiere a la acumulación neta de metales pesados en las fuentes bióticas y abióticas, través del tiempo. Newman y Jorgensen (Nefertiti, 2017)

**Biomagnificación:** Incremento en la concentración de un elemento y/o sustancia tóxica, con el aumento en el nivel trófico, se debe a la bioacumulación constante a través de la dieta. Newman (Nefertiti, 2017)

**Concentración:** Se refiere a la medición de la cantidad de soluto (solvente), que está presente en una disolución. (Químicas.net.2015)

**Límites Máximos Permisibles (LMP):** Es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. (MINAM, 2017)

**Estándares de Calidad Ambiental (ECA):** Instrumento de gestión ambiental que se establece para medir el estado de la calidad del ambiente en el territorio nacional. Establece los niveles de concentración de elementos o sustancias presentes en el ambiente que no representan riesgos para la salud y el medio ambiente. (MINAM, 2017)

**Espectrofotometría:** Es un método científico, utilizado para analizar cuanta luz absorbe una sustancia química. Utilizado también para cuantificar la cantidad de un producto químico en una sustancia. (EcuRed.cu.2019)

**pH del agua:** Medida de concentración de iones de hidrógeno en el agua. (por debajo de 7 son ácidas y por encima de 7 alcalinas). Pueden causar el asolamiento de la flora y fauna acuática. (Álvarez y Amancio, 2014)

**Conductividad:** Se refiere a la habilidad o poder del agua para conducir o transferir calor, electricidad o sonido. (Lenntech.es 2020)

**Oxígeno Disuelto:** Porción de oxígeno que esta disuelta en el agua, sustancial para los riachuelos y lagos saludables. Indica de cuan contaminada está el agua. (Lenntech.es 2020)

**Temperatura:** Es uno de los parámetros físicos más relevantes en el agua, influye en el aplazamiento o celeridad de la actividad biológica, absorción de oxígeno, precipitación de compuestos, floculación, sedimentación y filtración. (Álvarez y Amancio, 2014)

**Turbiedad:** Se refiere a la medida del grado en el cual el agua desperdicia su transparencia debido a la instancia de partículas en suspensión. (Lenntech.es.2020)

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. Hipótesis general**

**Hi.** Los peces amazónicos y las aguas procedentes del río Huallaga, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco 2020, contienen concentración de cadmio, mercurio y plomo.

**Ho.** Los peces amazónicos y las aguas procedentes del río Huallaga, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco 2020, no contienen concentración de cadmio, mercurio y plomo.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

**Ha1.** Los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en la especie carachama procedentes del río Huallaga, se encuentran incrementados según el límite máximo permisible, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

**Ho1.** Los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en la especie carachama procedentes del río Huallaga, no se encuentran incrementados según el límite máximo permisible, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

**Ha2.** Los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en la especie bagre procedentes del río Huallaga, se encuentran incrementados según el límite máximo permisible, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

**Ho2.** Los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en la especie bagre procedentes del río Huallaga, no se encuentran incrementados según el límite máximo permisible, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

**Ha3.** Los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en la especie toa procedentes del río Huallaga, se encuentran incrementados según el límite máximo permisible, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

**Ho3.** Los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en la especie toa procedentes del río Huallaga, no se encuentran incrementados según el límite máximo permisible, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

**Ha4.** Los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en las aguas procedentes del río Huallaga, superan los límites máximos permisibles, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

**Ho4.** Los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en las aguas procedentes del río Huallaga, no superan los límites máximos permisibles, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

**Ha5.** Los valores de los análisis físico-químicos de las aguas procedentes del río Huallaga, superan los límites máximos permisibles, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

**Ho5.** Los valores de los análisis físico-químicos de las aguas procedentes del río Huallaga, no superan los límites máximos permisibles, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. Variable dependiente**

Concentración de cadmio, mercurio y plomo

### **2.5.2. Variable independiente**

Especies amazónicas y análisis de agua procedentes del río Huallaga

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 12:** Operacionalización de Variables

**Título:** “DETERMINACIÓN DE CADMIO, MERCURIO Y PLOMO EN PECES AMAZÓNICOS Y ANÁLISIS DE AGUA PROCEDENTES DEL RÍO HUALLAGA, EN EL DISTRITO RUPA RUPA, PROVINCIA LEONCIO PRADO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO 2020”

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS
<b>Variable Independiente</b>				
Especies amazónicas y análisis de agua procedentes del río Huallaga	Análisis de cadmio, mercurio y plomo en peces amazónicos	Cadmio Mercurio Plomo	mg/kg mg/kg mg/kg	Espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES)
	Análisis de cadmio, mercurio y plomo en las aguas procedentes del río Huallaga	Cadmio Mercurio Plomo	mg/kg mg/kg mg/kg	
	Análisis físico – químico de las aguas procedentes del río Huallaga	Temperatura Potencial de hidrógeno Conductividad Oxígeno disuelto	°C pH µS/cm mg/l	
<b>Variable Dependiente</b>				
Concentración de cadmio, mercurio y plomo	Concentración de cadmio Concentración de mercurio Concentración de plomo	LMP de Cadmio LMP de Mercurio LMP de Plomo	mg/kg mg/kg mg/kg	Espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES)

*Fuente:* Bach. Romero Salazar, Sheyla Valeria.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1 Enfoque**

El presente estudio es de tipo cuantitativo porque busca indagar, describir, explicar y predecir los fenómenos (causalidad), generar y probar teorías, realizando el análisis de causa y efecto. (Hernández, Fernández y Baptista, 2018, p.4)

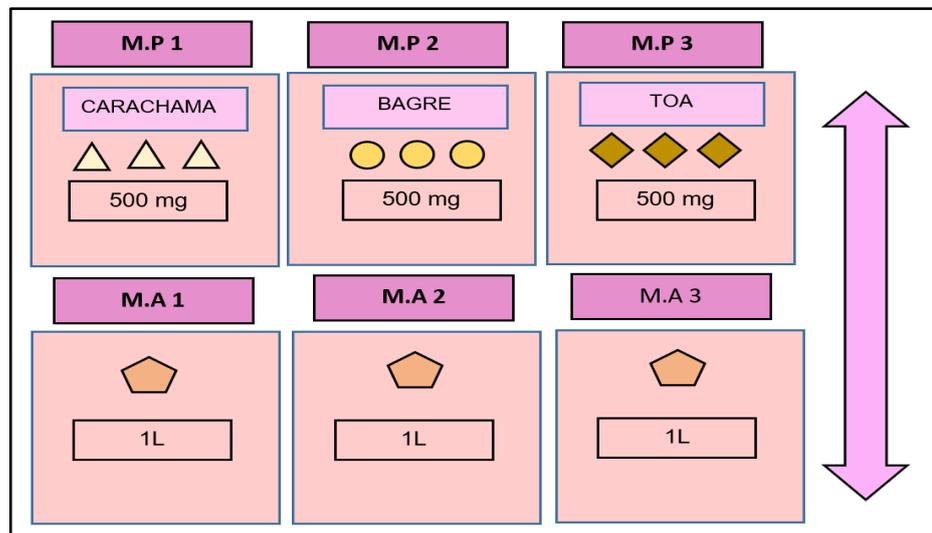
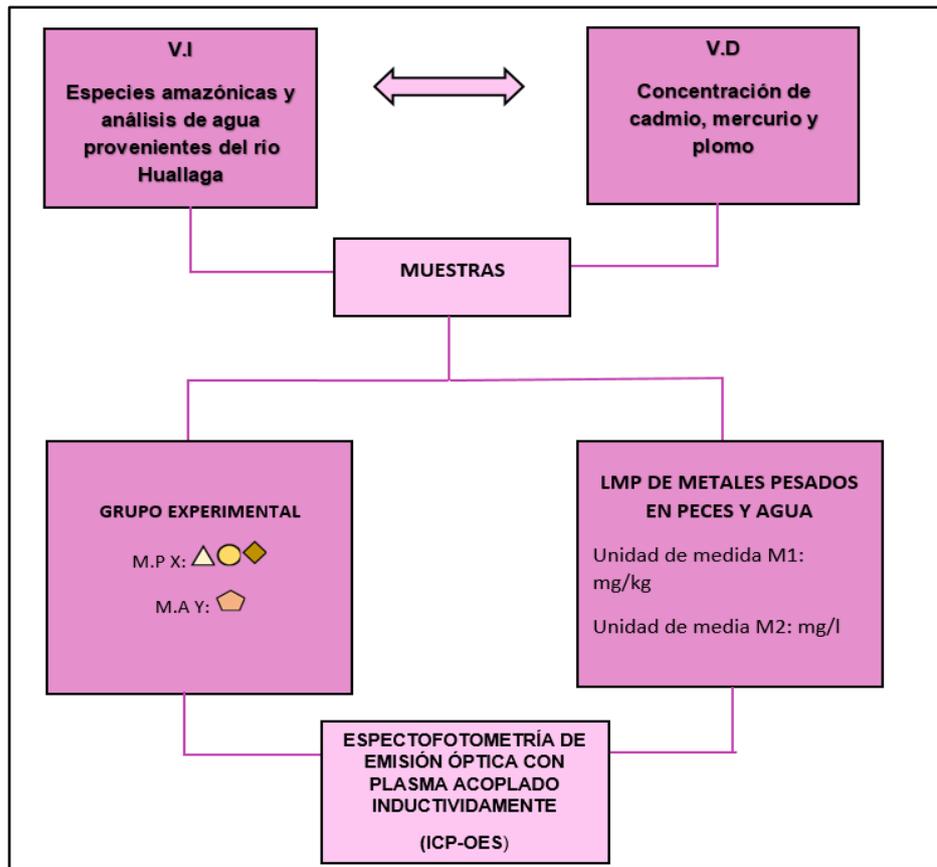
Se realizó la evaluación y análisis de las muestras de peces y agua provenientes del río Huallaga, basándose en datos experimentales, gracias al recojo de información y/o resultados brindados por la Universidad Nacional Agraria la Selva (Laboratorio Central de Investigación), permitiéndome realizar una comparación detallada, teniendo en cuenta los límites máximos tolerables, brindadas por la Unión Europea, SANIPES y estándares de calidad ambiental para agua.

##### **3.1.2 Alcance o nivel de Investigación**

El presente estudio es de tipo correlacional porque permite asociar variables mediante un patrón predecible, con la finalidad de conocer la relación que existe entre la variable dependiente e independiente, finalmente ser fuente de análisis para su vinculación. (Hernández et al., 2018, p.81)

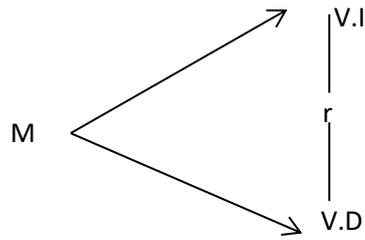
##### **3.1.3 Diseño de la investigación**

El presente trabajo de investigación es Cuasi experimental, porque manipula libremente al menos una variable, con el fin de observar efecto y relación con las demás variables. (Hernández et al., 2018, p.148)



Fuente: (Romero, 2020)

**Figura 6.** Diseño de la Investigación



### LEYENDA

- M : Muestra de estudios
- V.I : Variable Independiente → Especies amazónicas  
y  
Análisis de agua procedentes del río Huallaga
- V.D : Variable dependiente → Concentración de  
Cadmio  
Mercurio y Plomo
- r : Correlación entre las variables

## 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.2.1. Población

Como población se tomó en consideración los peces amazónicos adquiridos en el mercado modelo de la ciudad de Tingo María y el agua proveniente del río Huallaga, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

**Tabla 13.** *Ubicación de los puntos de monitoreo de peces*  
*Sistema de Proyección: UTM/Datum horizontal WGS84*

Vértices	Coordenadas Este	Coordenadas Norte
V1	389850.05	8971752.79
V2	389926.78	8971704.22
V3	389793.19	8971658.00
V4	389870.97	8971609.99

*Fuente: (Romero, 2020)*

**Tabla 14.** Ubicación de los puntos de monitoreo de agua

Sistema de Proyección: UTM/Datum horizontal WGS84

Puntos de Muestreo	Coordenadas Este	Coordenadas Norte
P1	389107.00	8970157.00
P2	389075.00	8970314.00
P3	389089.00	8970427.00

Fuente: (Romero, 2020)

### 3.2.2. Muestra

Para el análisis de peces se realizaron 3 repeticiones por cada muestra, datadas de la siguiente manera: *Hypostomus ocuelus* (Pez carachama), *Pimelodus blochii* (Pez bagre) y *Hemisorubim platyrhynchos* (Pez toa).

**Tabla 15.** Número total de muestras de peces

Especie	Número de muestras	Cantidad de muestra
Pez Carachama	3	500gr
Pez Bagre	3	500gr
Pez Toa	3	500gr
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>1500gr</b>

Fuente: (Romero, 2020)

**Tabla 16.** Total, de muestras de agua

Cuenca	Cantidad de Muestra
Río Huallaga	1L
Río Huallaga	1L
Río Huallaga	1L
<b>TOTAL</b>	<b>3L</b>

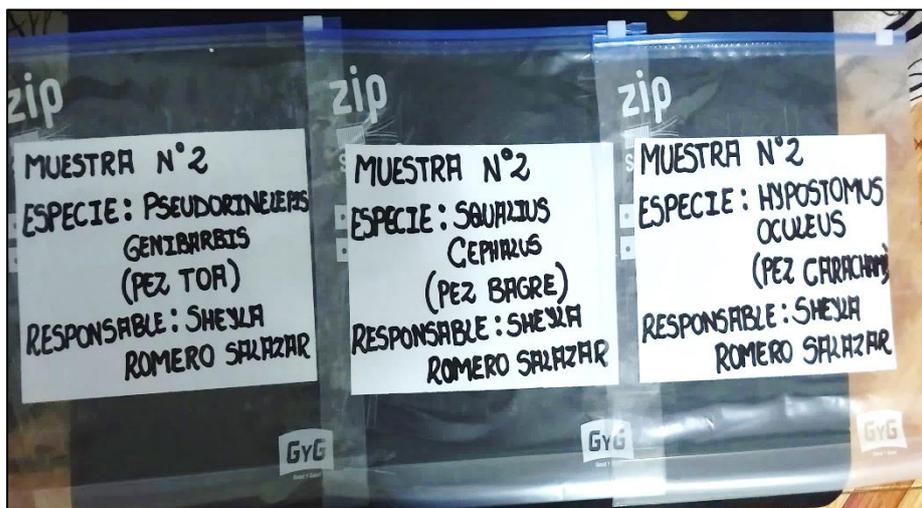
Fuente: (Romero, 2020)

### 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.3.1. Para la recolección de muestras de peces

La recolección de muestras de peces, procedentes del río Huallaga, se realizó en los puntos establecidos del mercado modelo de la ciudad de Tingo María. Se ejecutaron 3 repeticiones cada 15 días.

Previo a la recolección se rotularon las bolsas herméticas (ziploc), por cada especie.



*Figura 7.* Rotulado de las muestras

Compra de los especímenes (carachama, bagre y toa), de los comerciantes del mercado modelo de la ciudad de Tingo María.



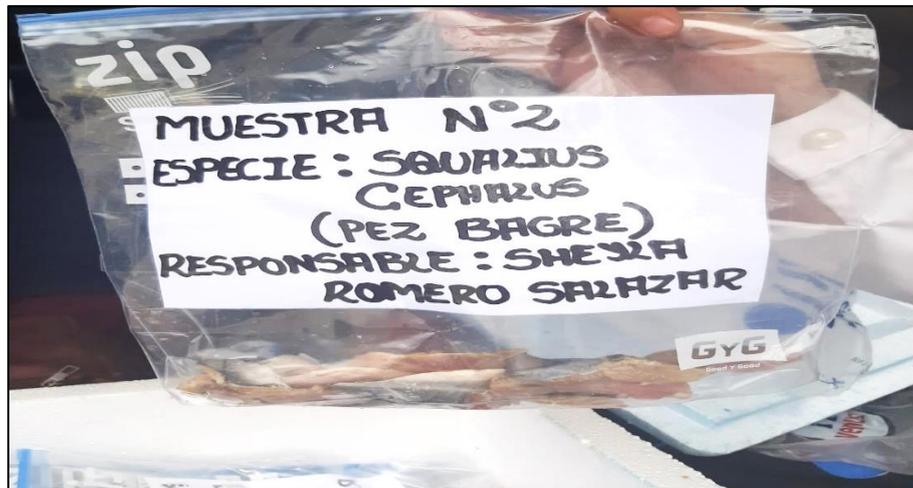
*Figura 8.* Adquisición de los especímenes

Fileteado de músculo por espécimen, cada uno por 500 gr.

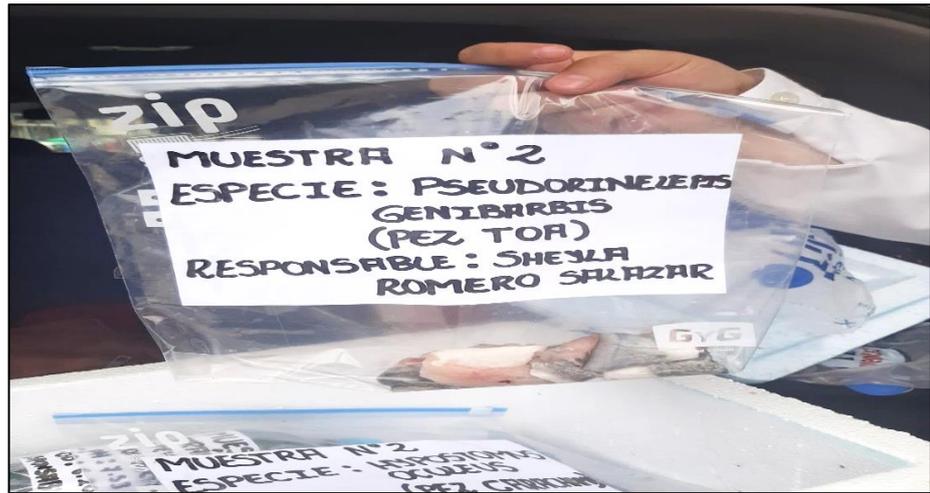


**Figura 9.** Fileteado de músculo de pescado

Para su almacenamiento se utilizaron las bolsas herméticas (ziploc), previamente rotuladas por espécimen y para su conservación se usó cooler con hielo para mantener las muestras a 4°C, hasta su traslado al laboratorio central de investigación de la Universidad Nacional Agraria la Selva.



**Figura 10.** Almacenamiento de la especie bagre



**Figura 11.** Almacenamiento de la muestra de la especie toa



**Figura 12.** Almacenamiento de la muestra de la especie carachama

### **3.3.2. Para la recolección de muestras de agua**

La recolección de muestras de agua, se realizaron en la cuenca del río Huallaga. Se ejecutaron 3 repeticiones cada 15 días.

Previo a la recolección, se enjuagó el recipiente esterilizado 3 veces con la fuente de agua a muestrear, desechando el agua de enjuague. Véase en la siguiente imagen:



**Figura 13.** Preparación de envase para la toma de muestra

Se recogió la muestra contra corriente, en un envase de litro, dejando un mínimo de cámara de aire, para su posterior análisis.



**Figura 14.** Toma de muestras de agua



**Figura 15.** Análisis de agua según los parámetros en campo

Para el análisis de los parámetros en campo, se utilizó el multiparámetro HQ40d.

Medición del Potencial de Hidrógeno (pH) y Temperatura (°C), véase en la siguiente imagen:



**Figura 16.** Medición de pH

Medición de la conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), véase en la siguiente imagen:



**Figura 17.** Medición de la conductividad

Medición del oxígeno disuelto ( $\text{mg}/\text{l}$ ), véase en la siguiente imagen:



**Figura 18.** Medición del oxígeno disuelto

Rotulado y etiquetado de las muestras de agua, para su posterior almacenamiento, conservación y transporte hasta el laboratorio central de investigación de la Universidad Nacional Agraria la Selva.



**Figura 19.** Almacenamiento y conservación de las muestras de agua

### **3.3.3. Recolección de datos en gabinete**

Se determinó la concentración de cadmio, mercurio y plomo en peces amazónicos y análisis de agua procedentes del río Huallaga, en el Laboratorio Central de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

#### **3.3.3.1. Preparación de las muestras de pescado**

Se utilizó las muestras de las especies (carachama, bagre y toa) de unos 25 cm de longitud y de 500 gr de peso. El muslo de pescado se secó en una estufa a 40 °C, con el fin de obtener masa seca, para luego triturarlas con mortero y pilón de ágata.

#### **3.3.3.2. Digestión de las muestras de pescado**

Se pesó 0.5 gr de muestra en un matraz de 125 ml, se agregó 10 ml de solución ácido nítrico y perclórico 4:1. Se digirió la muestra por 2 horas a 250 °C en una plancha de calentamiento, seguido a ello se filtró con papel Whatman N° 20, finalmente se aforó con agua ultra pura de tipo 2 en una fiola de 25 ml, quedando lista para su posterior lectura.

#### **3.3.3.3. Preparación de las muestras de agua**

Se utilizó matraz Erlenmeyer de 125 ml, para agitar las muestras de agua (50 ml cada una) y homogenizarlas. Se le agregó 5 ml de ácido nítrico y 1ml de peróxido de nitrógeno.

#### **3.3.3.4. Digestión de las muestras de agua**

El proceso de digestión se realizó mediante calentamiento suave en la plancha calefactora por 2 horas, quedando 5 ml de solución. Se dejó enfriar para luego filtrarlas y aforarlas con agua ultra pura, finalmente se transfiere a frascos de polipropileno identificados con el código de muestras, para su posterior lectura. Véase en la siguiente imagen:

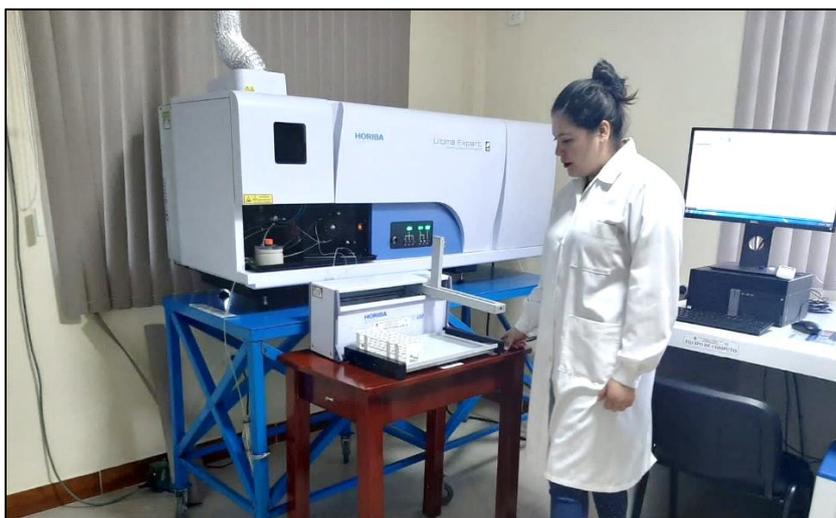


**Figura 20.** Muestras de peces y agua codificadas

#### **3.3.3.5. Lectura de las muestras**

Se realizaron las lecturas mediante el Espectrofotómetro de Emisión óptica con plasma acoplada inductivamente (ICP-OES).

Véase en las siguientes imágenes:



**Figura 21.** Preparación del equipo (ICP-OES)



**Figura 22.** Aspiración de muestras para su lectura



**Figura 23.** Lectura de las muestras en el software

### **3.3.4. Para la presentación de datos**

Los datos obtenidos fueron tomados durante 36 días, y se evaluaron en 12 muestras; 9 de peces y 3 de agua

respectivamente. Una vez obtenido los datos a través del Espectrofotómetro de Emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES)- Software, fueron digitalizados para elaborar las tablas, cuadros y gráficos estadísticos.

#### **3.3.5. Para el análisis e interpretación de datos**

La información obtenida fue procesada en hojas de cálculo del programa Excel, con el fin de contrastar las hipótesis planteadas en la ejecución del proyecto de investigación.

## CAPÍTULO IV RESULTADOS

### 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

#### 4.1.1. Resultados de la concentración de cadmio, mercurio y plomo en peces y agua procedentes del río Huallaga

**Tabla 17.** *Concentración de cadmio (mg/kg) en peces amazónicos (Carachama, Bagre y Toa)*

Fecha de muestra	Carachama	Bagre	Toa	LMP SANIPES	LMP UE
<b>07/02/2020</b>	0.09	0.11	0.21	0.05	0.05
<b>22/02/2020</b>	0.11	0.12	0.11	0.05	0.05
<b>08/03/2020</b>	0.70	0.11	0.11	0.05	0.05

*Fuente:* Universidad Nacional Agraria la Selva, 2020.

**Tabla 18.** *Concentración de mercurio (mg/kg) en peces amazónicos (Carachama, Bagre y Toa)*

Fecha de muestra	Carachama	Bagre	Toa	LMP SANIPES	LMP UE
<b>07/02/2020</b>	0.75	0.72	0.57	0.50	0.5
<b>22/02/2020</b>	0.75	0.69	0.66	0.50	0.5
<b>08/03/2020</b>	0.70	0.71	0.64	0.50	0.5

*Fuente:* Universidad Nacional Agraria la Selva, 2020.

**Tabla 19.** Concentración de plomo (mg/kg) en peces amazónicos (Carachama, Bagre y Toa)

Fecha de muestra	Carachama	Bagre	Toa	LMP SANIPES	LMP UE
07/02/2020	0.66	0.57	0.58	0.30	0.30
22/02/2020	0.49	0.64	0.79	0.30	0.30
08/03/2020	0.47	0.58	0.55	0.30	0.30

*Fuente:* Universidad Nacional Agraria la Selva, 2020.

**Tabla 20.** Concentración de Cd, Hg y Pb (mg/L) en las aguas procedentes del río Huallaga

Fecha de muestra	Número de Muestra	Cadmio	Mercurio	Plomo	LMP D.S 004-2017-MINAM
07/02/2020	Muestra 1	0.0012	0.135	0.0096	Cd (0.00025)
22/02/2020	Muestra 2	0.0016	0.136	0.0110	Hg (0.0001)
08/03/2020	Muestra 3	0.0014	0.149	0.0114	Pb (0.0025)

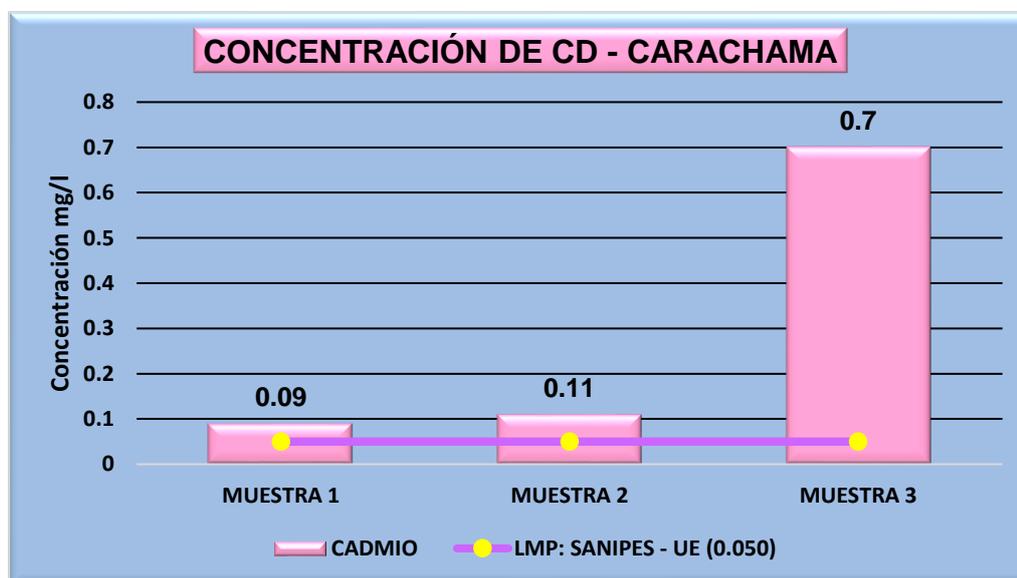
*Fuente:* Universidad Nacional Agraria la Selva, 2020.

**Tabla 21.** Análisis físico-químico en las aguas procedentes del río Huallaga

Parámetros	Unidad de medida	LMP	Resultados M1	Resultados M2	Resultados M3
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	1000	187.9	188.7	185.5
Oxígeno disuelto	(mg/L)	$\geq 5$	6.30	6.28	6.20
Potencial de Hidrógeno	(pH)	6,5 9,0	7.67	7.53	7.56
Temperatura	$^{\circ}$ C	$\Delta 3$	22.4	22.7	24.3

Fuente: (Romero, 2020)

#### 4.1.2. Análisis estadístico de la concentración de cadmio, mercurio y plomo en especies amazónicas y en las aguas procedentes del río Huallaga.



Fuente: (Romero, 2020)

**Figura 24.** Concentración de cadmio en la especie carachama

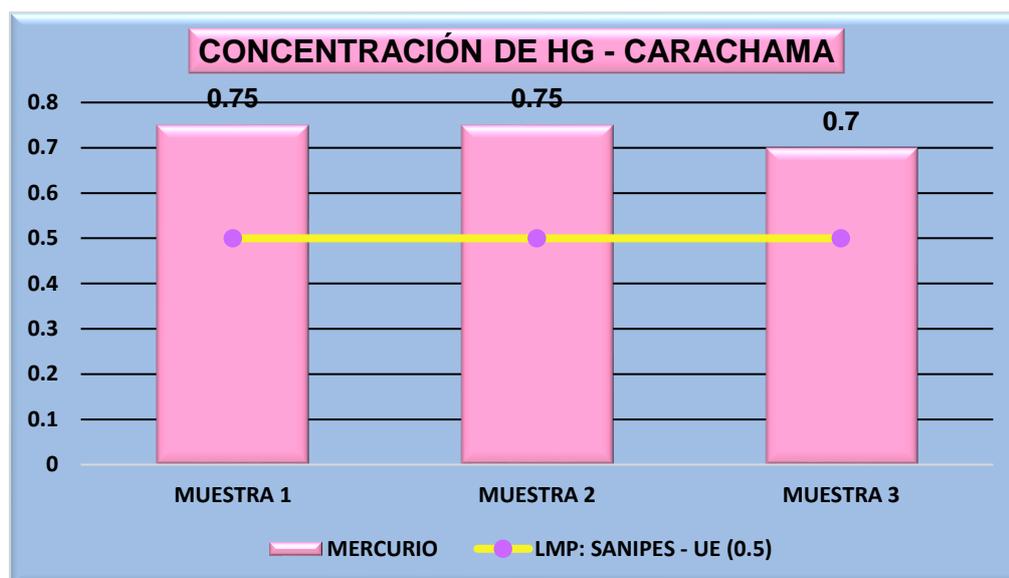
**Tabla 22.** Análisis estadístico de la concentración de cadmio (mg/l) en la especie carachama

<b>Media (x)</b>	$\frac{0.09 + 0.11 + 0.70}{3} = 0.3$
<b>Mediana (Me)</b>	0.11
<b>Moda (Mo)</b>	0
<b>Varianza (<math>s^2</math>)</b>	$s^2 = 0.12$
<b>Desviación Estándar (S)</b>	$\sqrt{0.12} = 0.35$
<b>Máximo</b>	0.70
<b>Mínimo</b>	0.09

*Fuente:* (Romero, 2020)

En la (Figura 24), observamos la concentración de cadmio (Cd) en la especie carachama, realizada en 3 repeticiones respectivamente, comparadas con los límites máximos permisibles establecidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera – SANIPES y la legislación de la Unión Europea, los resultados arrojaron lo siguiente: LMP SANIPES / UE 0.050 < M1: 0.09, < M2: 0.11 y < M3: 0.70, confirmándonos que todas las muestras realizadas exceden el límite máximo permisible.

En la (Tabla 22), observamos que la concentración media de cadmio en la especie carachama resulta 0.3 mg/l, superando los límites máximos permisibles brindados por SANIPES y la UE. Por otro lado, nos presenta una desviación estándar de 0.35 mg/l, indicándonos la medida de dispersión de los datos alrededor de la media aritmética.



Fuente: (Romero, 2020)

Figura 25. Concentración de mercurio en la especie carachama

Tabla 23. Análisis estadístico de la concentración de mercurio (mg/l) en la especie carachama

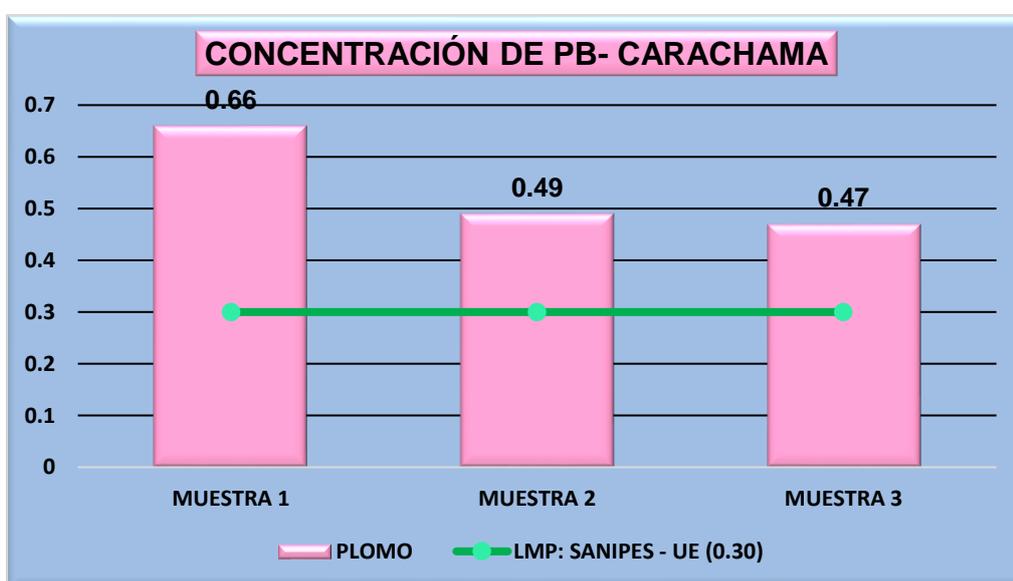
<b>Media (x)</b>	$\frac{0.75 + 0.75 + 0.70}{3} = 0.73$
<b>Mediana (Me)</b>	0.75
<b>Moda (Mo)</b>	0.75
<b>Varianza (<math>s^2</math>)</b>	$s^2 = 0.00085$
<b>Desviación Estándar (S)</b>	$\sqrt{0.00085} = 0.03$
<b>Máximo</b>	0.75
<b>Mínimo</b>	0.70

Fuente: (Romero, 2020)

En la (Figura 25), observamos la concentración de mercurio (Hg) en la especie carachama, realizada en 3 repeticiones respectivamente, comparadas con los límites máximos permisibles establecidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera – SANIPES y la legislación

de la Unión Europea, los resultados arrojaron lo siguiente: LMP SANIPES-UE  $0.5 < M1: 0.75, < M2: 0.75, y < M3: 0.70$ , confirmándonos que las 3 muestras exceden el LMP.

En la (Tabla 23), observamos que la concentración media de mercurio en la especie carachama resulta  $0.73 \text{ mg/l}$ , excediendo el límite máximo permisible brindando por la normativa vigente. Por otro lado, tenemos una desviación estándar de  $0.03 \text{ mg/l}$ , indicándonos la medida de dispersión de los datos alrededor de la media aritmética, cuanto más pequeña sea la (s), mayor será la concentración de datos alrededor de la media.



Fuente: (Romero, 2020)

**Figura 26.** Concentración de plomo en la especie carachama

**Tabla 24.** Análisis estadístico de la concentración de plomo (mg/l) en la especie carachama

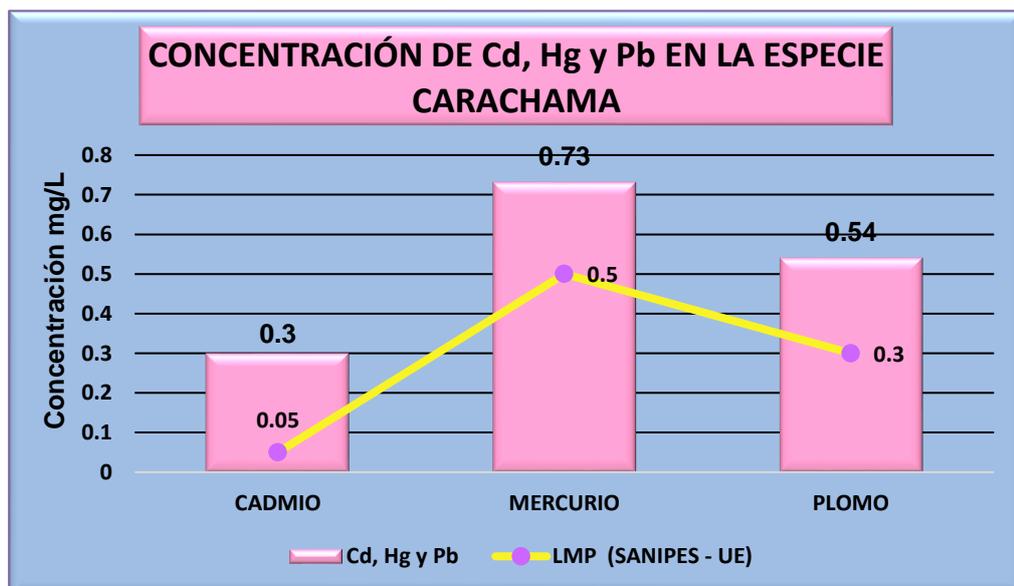
<b>Media (x)</b>	$\frac{0.66 + 0.49 + 0.47}{3} = 0.54$
<b>Mediana (Me)</b>	0.49
<b>Moda (Mo)</b>	0
<b>Varianza (s<sup>2</sup>)</b>	$s^2 = 0.0109$

<b>Desviación Estándar (S)</b>	$\sqrt{0.0109} = 0.10$
<b>Máximo</b>	0.66
<b>Mínimo</b>	0.47

Fuente: (Romero, 2020)

En la (Figura 26), observamos la concentración de plomo (Pb) en la especie carachama, realizada en 3 repeticiones respectivamente, comparadas con los límites máximos permisibles establecidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera – SANIPES y la legislación de la Unión Europea. Los resultados arrojaron lo siguiente: LMP SANIPES-UE 0.30 < M1: 0.66, < M2: 0.49, < M3: 0.47. La concentración de Pb en las muestras de la especie carachama, exceden el LMP.

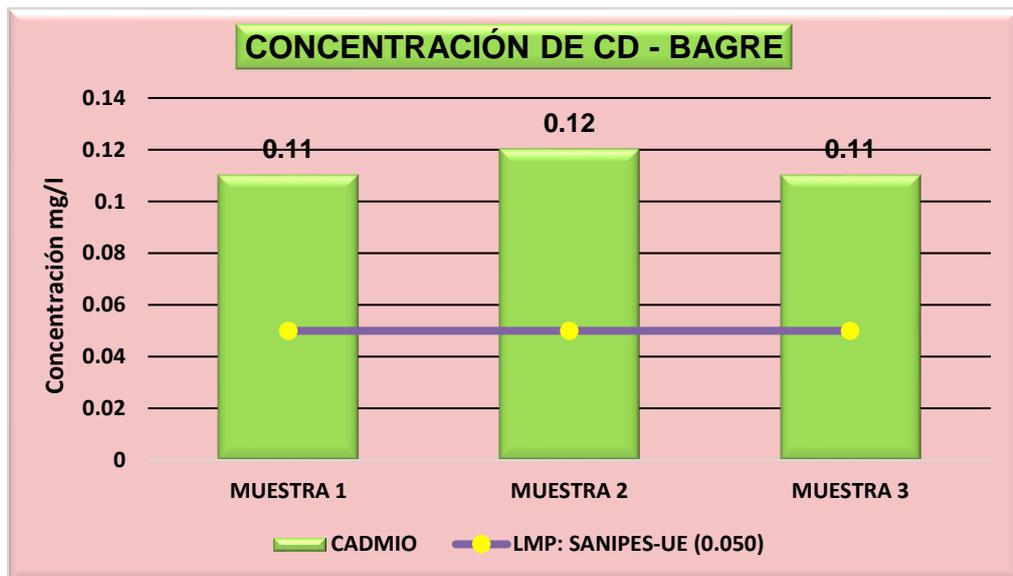
En la (Tabla 24), observamos que la concentración media de plomo en la especie carachama resultó 0.54 mg/l, excediendo el límite máximo permisible por SANIPES y la UE. Por otro lado, tenemos una desviación estándar de 0.10 mg/l, indicándonos la medida de dispersión de los datos alrededor de la media aritmética.



Fuente: (Romero, 2020)

**Figura 27.** Concentración de Cd, Hg y Pb en la especie carachama

En la (Figura 27), observamos la concentración media de cadmio (Cd) mercurio (Hg) y plomo (Pb) en la especie carachama. Los resultados arrojaron lo siguiente: para (Cd) 0.3 mg/l, (Hg) 0.73 mg/l y (Pb) 0.54 mg/l y fueron comparados con los límites máximos permisibles establecidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera – SANIPES y la legislación de la Unión Europea, confirmando que para ambas normativas la concentración de cadmio, mercurio y plomo exceden los LMP.



Fuente: (Romero, 2020)

**Figura 28.** Concentración de cadmio en la especie bagre

**Tabla 25.** Análisis estadístico de la concentración de cadmio (mg/l) en la especie bagre

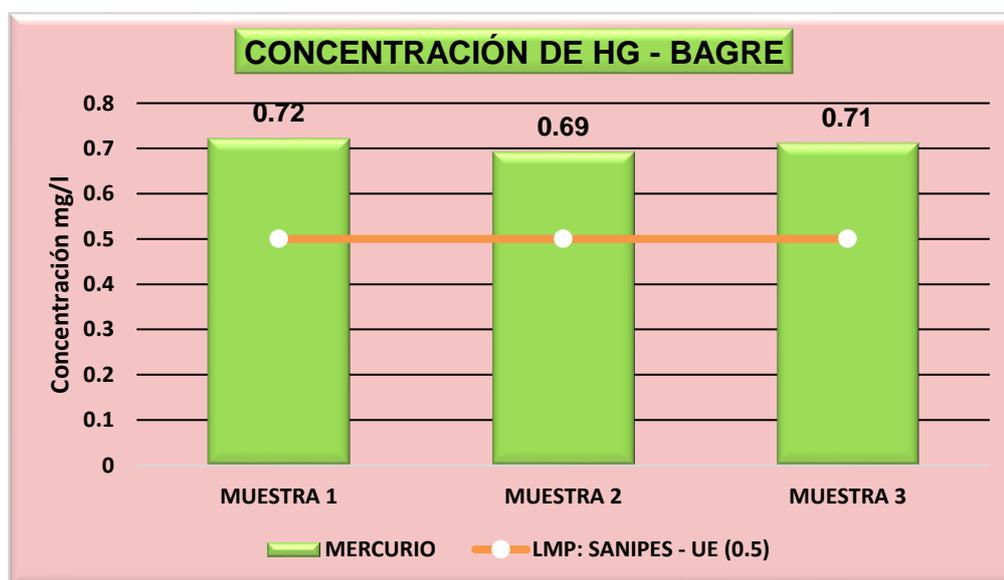
<b>Media (x)</b>	$\frac{0.11 + 0.12 + 0.11}{3} = 0.11$
<b>Mediana (Me)</b>	0.11
<b>Moda (Mo)</b>	0.11
<b>Varianza (<math>s^2</math>)</b>	$s^2 = 0.00005$
<b>Desviación Estándar (S)</b>	$\sqrt{0.00005} = 0.007$

<b>Máximo</b>	0.12
<b>Mínimo</b>	0.11

Fuente: (Romero, 2020)

En la (Figura 28), observamos la concentración de cadmio (Cd) en la especie bagre, realizada en 3 repeticiones respectivamente, comparadas con los límites máximos permisibles establecidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera – SANIPES y la legislación de la Unión Europea, los resultados arrojaron lo siguiente: LMP SANIPES - UE 0.050 < M1: 0.11, < M2: 0.12 y < M3: 0.11, confirmándonos que, en la concentración de Cd, exceden los LMP.

En la (Tabla 25), observamos que la concentración media de cadmio en la especie bagre resulta 0.11 mg/l, confirmando que excede los LMP según SANIPES y la legislación de la UE. Por otro lado, nos presenta una desviación estándar de 0.007 mg/l, indicándonos la medida de dispersión de los datos alrededor de la media aritmética.



Fuente: (Romero, 2020)

**Figura 29.** Concentración de mercurio en la especie bagre

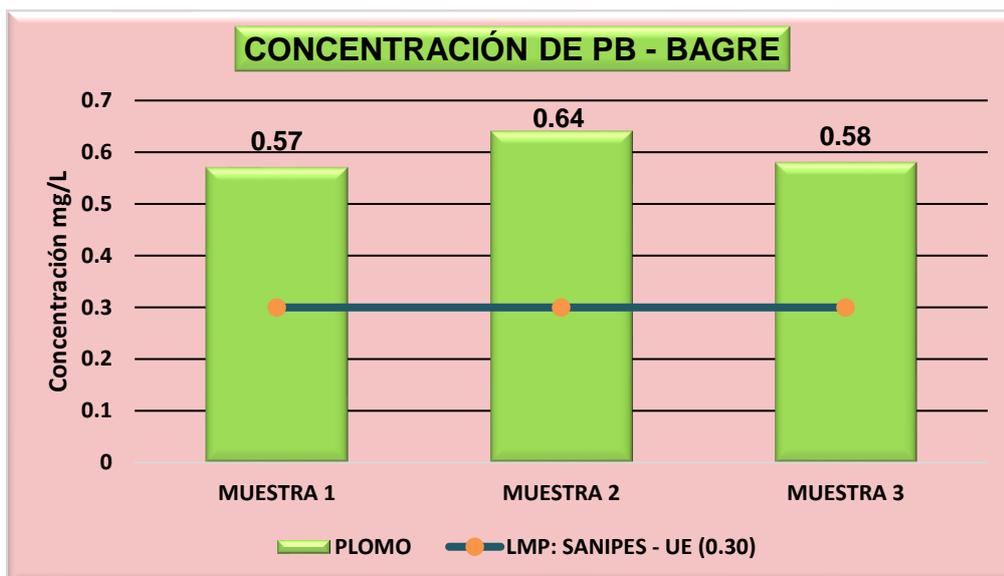
**Tabla 26.** Análisis estadístico de la concentración de mercurio (mg/l) en la especie bagre

<b>Media (x)</b>	$\frac{0.72 + 0.69 + 0.71}{3} = 0.71$
<b>Mediana (Me)</b>	0.71
<b>Moda (Mo)</b>	0
<b>Varianza (<math>s^2</math>)</b>	$s^2 = 0.00025$
<b>Desviación Estándar (S)</b>	$\sqrt{0.00025} = 0.02$
<b>Máximo</b>	0.72
<b>Mínimo</b>	0.69

*Fuente:* (Romero, 2020)

En la (Figura 29), observamos la concentración de cadmio (Cd) en la especie bagre, realizada en 3 repeticiones respectivamente, comparadas con los límites máximos permisibles establecidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera – SANIPES y la legislación de la Unión Europea, los resultados arrojaron lo siguiente: LMP SANIPES - UE  $0.5 < M1: 0.72, < M2: 0.69$  y  $< M3: 0.71$ , confirmándonos que la concentración de Hg, excede los LMP según SANIPES y la legislación de la UE.

En la (Tabla 26), observamos que la concentración media de mercurio en la especie bagre resulta 0.71 mg/l, confirmando que excede los LMP según SANIPES y la legislación de la UE. Por otro lado, nos presenta una desviación estándar de 0.02 mg/l, indicándonos la medida de dispersión de los datos alrededor de la media aritmética.



Fuente: (Romero, 2020)

Figura 30. Concentración de plomo en la especie bagre

Tabla 27. Análisis estadístico de la concentración de plomo (mg/l) en la especie bagre

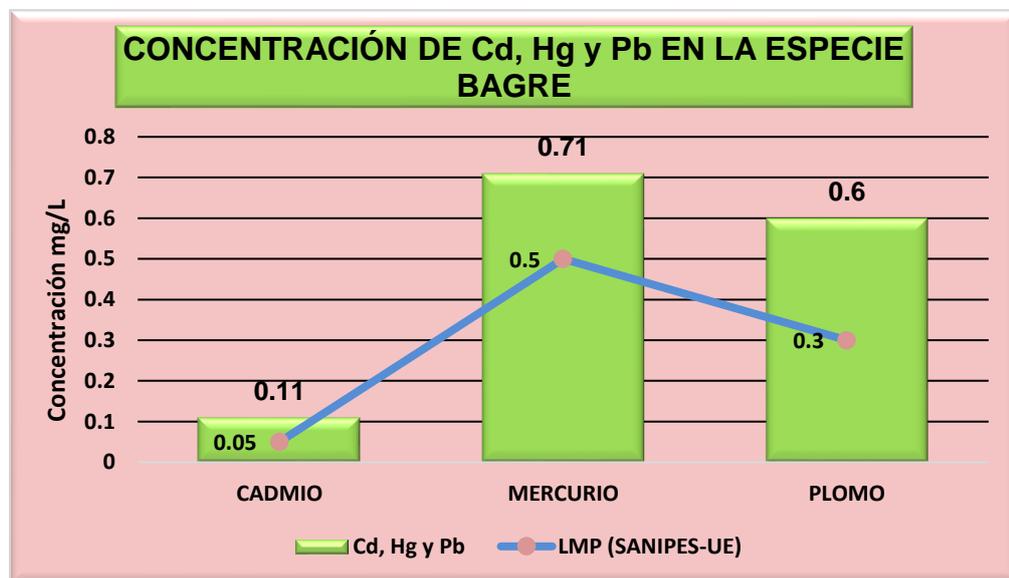
<b>Media (x)</b>	$\frac{0.57 + 0.64 + 0.58}{3} = 0.60$
<b>Mediana (Me)</b>	0.58
<b>Moda (Mo)</b>	0
<b>Varianza (<math>s^2</math>)</b>	$s^2 = 0.00145$
<b>Desviación Estándar (S)</b>	$\sqrt{0.00145} = 0.038$
<b>Máximo</b>	0.64
<b>Mínimo</b>	0.57

Fuente: (Romero, 2020)

En la (Figura 30), observamos la concentración de plomo (Pb) en la especie bagre, realizada en 3 repeticiones respectivamente, comparadas con los límites máximos permisibles establecidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera – SANIPES y la legislación

de la Unión Europea, los resultados arrojaron lo siguiente: LMP SANIPES - UE 0.30 < M1: 0.57, < M2: 0.64 y < M3: 0.58, confirmandonos que la concentración de Pb, excede los LMP según SANIPES y la legislación de la UE.

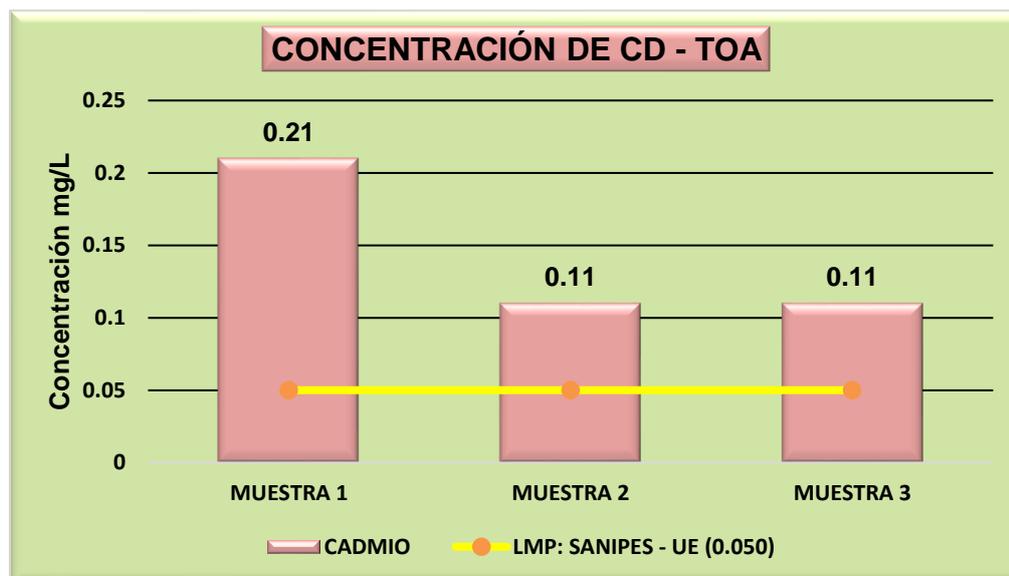
En la (Tabla 27), observamos que la concentración media de plomo en la especie bagre resulta 0.60 mg/l, confirmando que excede los LMP según SANIPES y la legislación de la UE. Por otro lado, nos presenta una desviación estándar de 0.0038 mg/l, indicándonos la medida de dispersión de los datos alrededor de la media aritmética.



Fuente: (Romero, 2020)

**Figura 31.** Concentración de Cd, Hg y Pb en la especie bagre

En la (Figura 31), observamos la concentración media de cadmio (Cd) mercurio (Hg) y plomo (Pb) en la especie bagre. Los resultados arrojaron lo siguiente: para (Cd) 0.11 mg/l, (Hg) 0.71 mg/l y (Pb) 0.60 mg/l y fueron comparados con los límites máximos permisibles establecidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera – SANIPES y la legislación de la Unión Europea, confirmando que la concentración de Cd, Hg y Pb, exceden los LMP para ambas normativas.



Fuente: (Romero, 2020)

Figura 32. Concentración de cadmio en la especie Toa

Tabla 28. Análisis estadístico de la concentración de cadmio (mg/l) en la especie toa

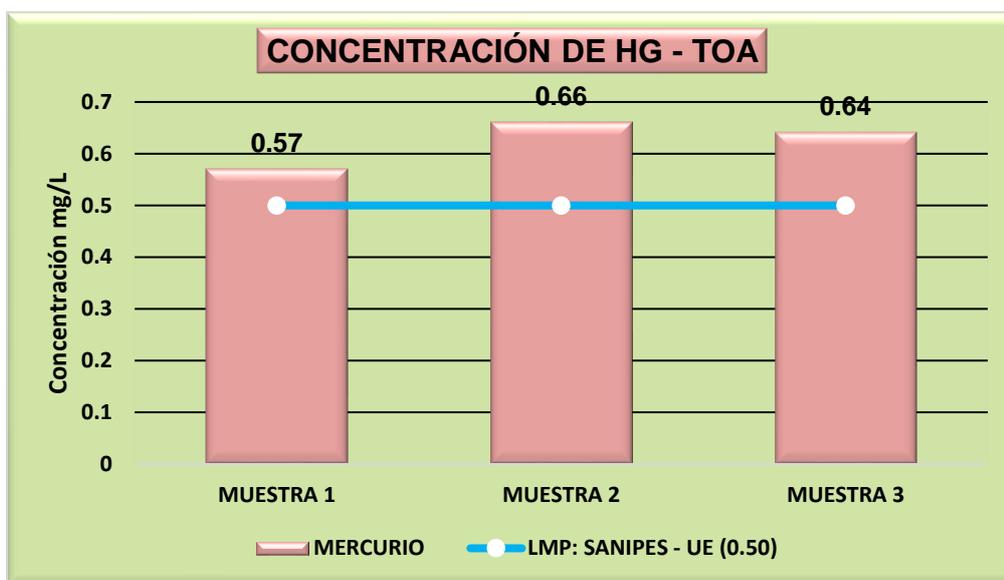
<b>Media (x)</b>	$\frac{0.21 + 0.11 + 0.11}{3} = 0.14$
<b>Mediana (Me)</b>	0.11
<b>Moda (Mo)</b>	0.11
<b>Varianza (s<sup>2</sup>)</b>	s <sup>2</sup> = 0.00335
<b>Desviación Estándar (S)</b>	$\sqrt{0.00335} = 0.058$
<b>Máximo</b>	0.21
<b>Mínimo</b>	0.11

Fuente: (Romero, 2020)

En la (Figura 32), observamos la concentración de cadmio (Cd) en la especie toa, realizada en 3 repeticiones respectivamente, comparadas con los límites máximos permisibles establecidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera – SANIPES y la legislación de la Unión Europea, los resultados arrojaron lo siguiente: LMP SANIPES - UE 0.050

< M1: 0.21, > M2: 0.11 y > M3: 0.11, confirmándonos que la concentración de Cd, excede el LMP según SANIPES y la legislación de la UE.

En la (Tabla 28), observamos que la concentración media de cadmio en la especie toa resulta 0.14 mg/l, confirmando que excede los LMP según SANIPES y la legislación de la UE. Por otro lado, nos presenta una desviación estándar de 0.058 mg/l, indicándonos la medida de dispersión de los datos alrededor de la media aritmética.



Fuente: (Romero, 2020)

**Figura 33.** Concentración de mercurio en la especie Toa

**Tabla 29.** Análisis estadístico de la concentración de mercurio (mg/l) en la especie toa

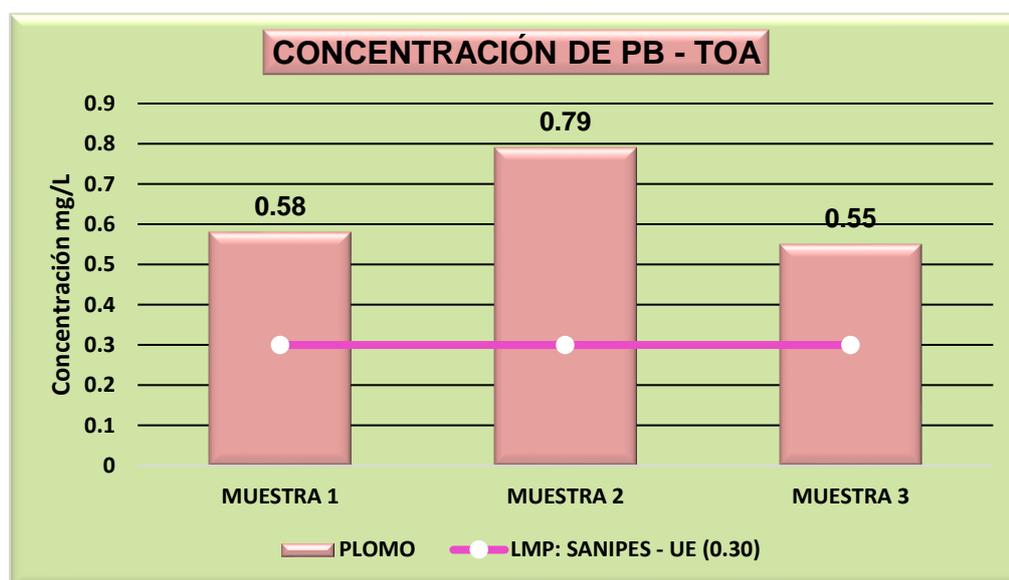
<b>Media (x)</b>	$\frac{0.57 + 0.66 + 0.64}{3} = 0.62$
<b>Mediana (Me)</b>	0.64
<b>Moda (Mo)</b>	0
<b>Varianza (s<sup>2</sup>)</b>	s <sup>2</sup> = 0.00225
<b>Desviación Estándar (S)</b>	$\sqrt{0.00225} = 0.047$

<b>Máximo</b>	0.66
<b>Mínimo</b>	0.57

*Fuente:* (Romero, 2020)

En la (Figura 33), observamos la concentración de mercurio (Hg) en la especie toa, realizada en 3 repeticiones respectivamente, comparadas con los límites máximos permisibles establecidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera – SANIPES y la legislación de la Unión Europea, los resultados arrojaron lo siguiente: LMP SANIPES - UE  $0.50 < M1: 0.57, < M2: 0.66$  y  $< M3: 0.64$ , confirmándonos que la concentración de Hg, excede el LMP según SANIPES y la legislación de la UE.

En la (Tabla 29), observamos que la concentración media de mercurio en la especie toa resulta 0.62 mg/l, confirmando excede los LMP según SANIPES y legislación de la UE. Por otro lado, nos presenta una desviación estándar de 0.047 mg/l, indicándonos la medida de dispersión de los datos alrededor de la media aritmética.



*Fuente:* (Romero, 2020)

**Figura 34.** Concentración de plomo en la especie Toa

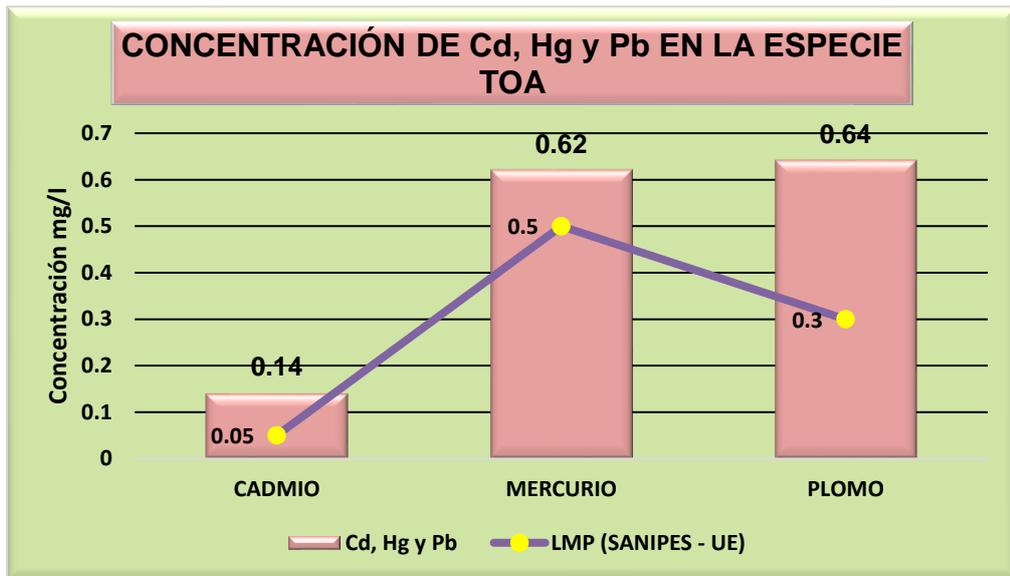
**Tabla 30.** Análisis estadístico de la concentración de plomo (mg/l) en la especie toa

<b>Media (x)</b>	$\frac{0.58 + 0.79 + 0.55}{3} = 0.64$
<b>Mediana (Me)</b>	0.64
<b>Moda (Mo)</b>	0
<b>Varianza (<math>s^2</math>)</b>	$s^2 = 0.017$
<b>Desviación Estándar (S)</b>	$\sqrt{0.017} = 0.13$
<b>Máximo</b>	0.79
<b>Mínimo</b>	0.55

*Fuente:* (Romero, 2020)

En la (Figura 34), observamos la concentración de plomo (Pb) en la especie toa, realizada en 3 repeticiones respectivamente, comparadas con los límites máximos permisibles establecidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera – SANIPES y la legislación de la Unión Europea, los resultados arrojaron lo siguiente: LMP SANIPES – UE 0.30 < M1: 0.55, < M2: 0.58 y < M3: 0.79, confirmándonos que la concentración de Hg, excede el LMP según SANIPES y la legislación de la UE.

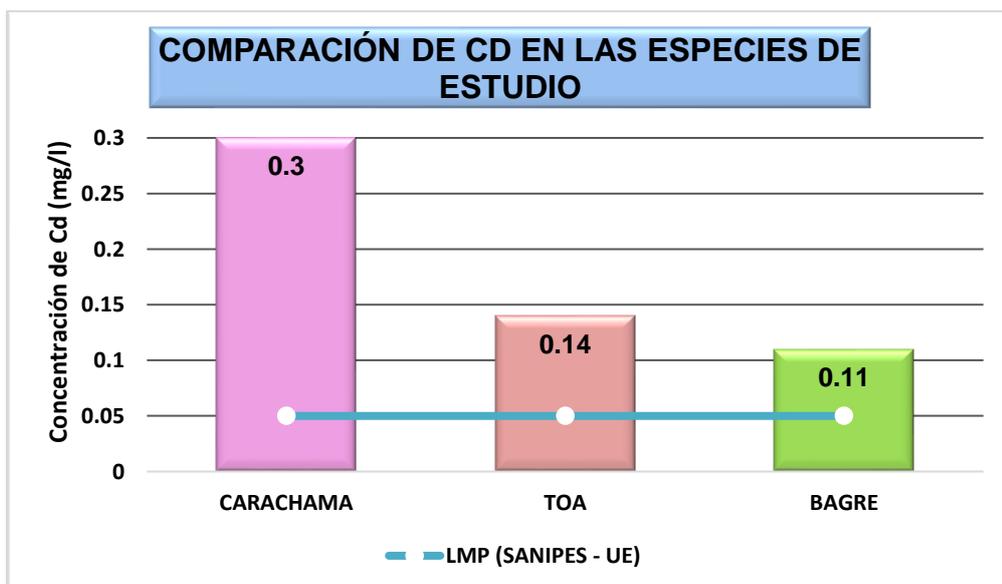
En la (Tabla 30), observamos que la concentración media de plomo en la especie toa resulta 0.64 mg/l, confirmando que excede los LMP según SANIPES y legislación de la UE. Por otro lado, nos presenta una desviación estándar de 0.13 mg/l, indicándonos la medida de dispersión de los datos alrededor de la media aritmética.



Fuente: (Romero, 2020)

**Figura 35.** Concentración de Cd, Hg y Pb en la especie Toa

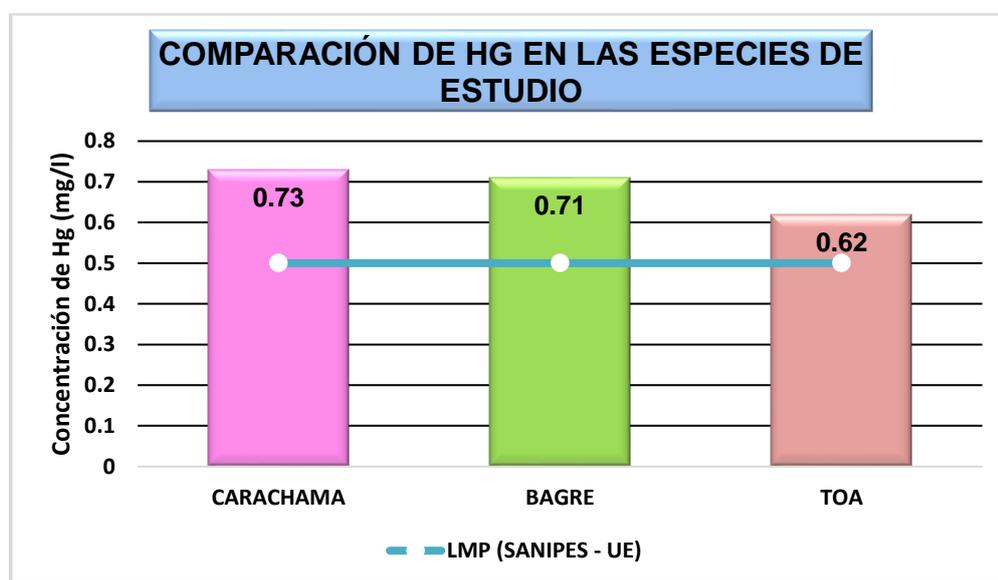
En la (Figura 35), observamos la concentración media de cadmio (Cd) mercurio (Hg) y plomo (Pb) en la especie toa. Los resultados arrojaron lo siguiente: para (Cd) 0.14 mg/l, (Hg) 0.62 mg/l y (Pb) 0.64 mg/l y fueron comparados con los límites máximos permisibles establecidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera – SANIPES y la legislación de la Unión Europea, confirmando que la concentración Cd, Hg y Pb exceden los LMP según SANIPES y la legislación de la UE.



Fuente: (Romero, 2020)

**Figura 36.** Comparación de Cd en las especies de estudio

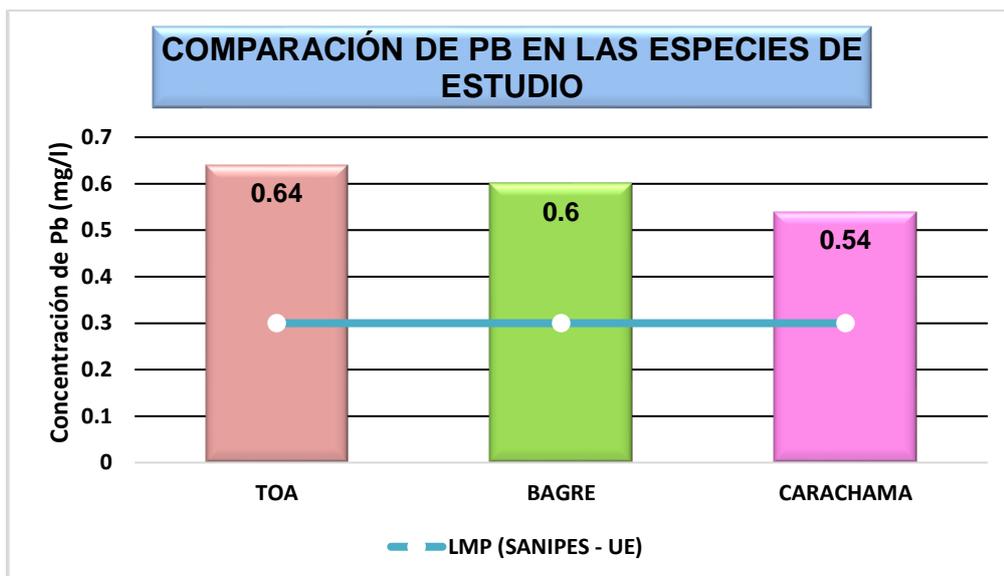
En la (Figura 36), observamos la concentración media de cadmio (Cd) en las especies: carachama, toa y bagre, encontrándose por encima de los límites máximos permisibles establecidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera – SANIPES y la legislación de la Unión Europea. Según los resultados: carachama 0.3 (mg/l), > toa 0.14 (mg/l) y > bagre 0.11 (mg/l), se determina que existe mayor concentración de Cd en la especie carachama, seguido por las especies toa y bagre, según el orden descendente.



*Fuente:* (Romero, 2020)

**Figura 37.** Comparación de Hg en las especies de estudio

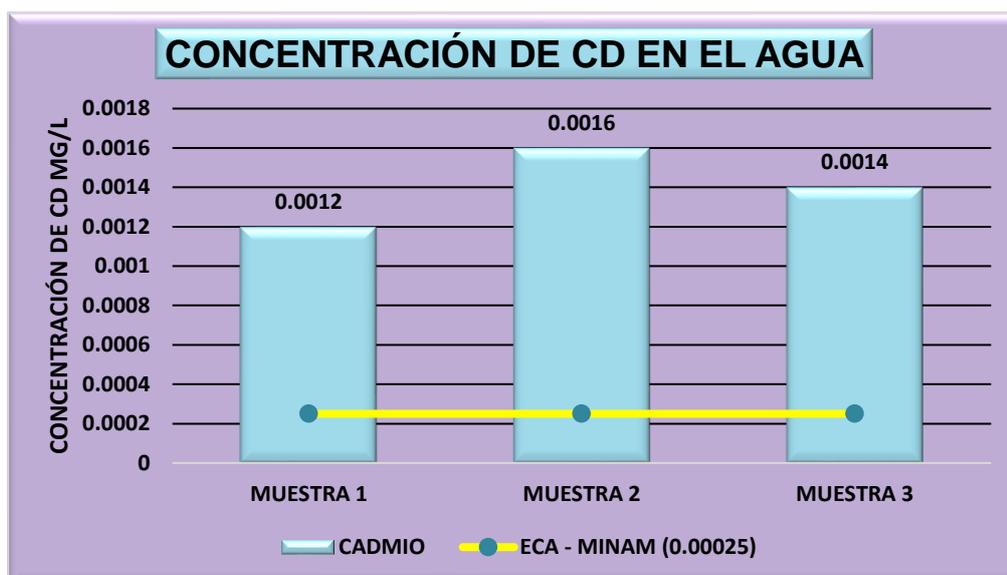
En la (Figura 37), observamos la concentración media de mercurio (Hg) en las especies: carachama, bagre y toa, encontrándose por encima de los límites máximos permisibles establecidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera – SANIPES y la legislación de la Unión Europea. Según los resultados: carachama 0.73 (mg/l), > bagre 0.71 (mg/l) y > toa 0.62 (mg/l), se determina que existe mayor concentración de Hg en la especie carachama, seguido por las especies bagre y toa, según el orden descendente.



Fuente: (Romero, 2020)

**Figura 38.** Comparación de Pb en las especies de estudio

En la (Figura 38), observamos la concentración media de plomo (Pb) en las especies: carachama, bagre y toa, encontrándose por encima de los límites máximos permisibles establecidos por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera – SANIPES y la legislación de la Unión Europea. Según los resultados: toa 0.64 (mg/l) > bagre 0.60 (mg/l) y > carachama 0.54 (mg/l), se determina que existe mayor concentración de Pb en la especie toa, seguido por las especies bagre y carachama, según el orden descendente.



Fuente: (Romero, 2020)

**Figura 39.** Concentración de cadmio en el agua procedente del río Huallaga

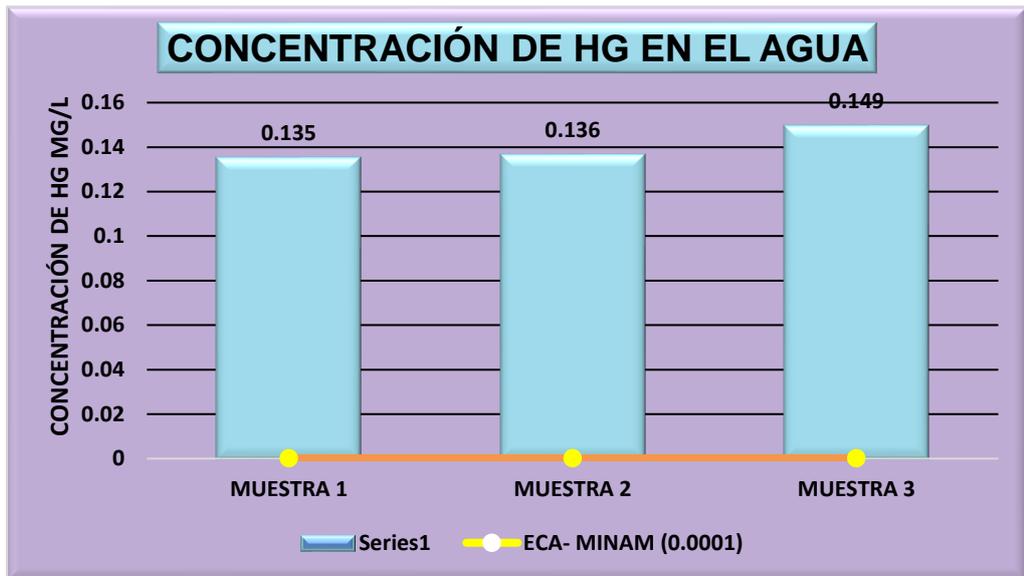
**Tabla 31.** Análisis estadístico de la concentración de cadmio (mg/l) en el agua

<b>Media (x)</b>	$\frac{0.0012 + 0.0016 + 0.0014}{3} = 0.0014$
<b>Mediana (Me)</b>	0.0014
<b>Moda (Mo)</b>	0
<b>Varianza (<math>s^2</math>)</b>	$s^2 = 0.00000004$
<b>Desviación Estándar (S)</b>	$\sqrt{0.00000004} = 0.0002$
<b>Máximo</b>	0.0016
<b>Mínimo</b>	0.0012

*Fuente:* (Romero, 2020)

En la (Figura 39), observamos la concentración de cadmio (Cd) en los análisis de las aguas procedentes del río Huallaga, realizada en 3 repeticiones respectivamente y comparadas con los límites máximos permisibles, emitido por los Estándares de calidad ambiental (D.S N°004-2017-MINAM / ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático). Los resultados arrojaron lo siguiente:  $0.00025 < M1: 0.0012$ ,  $< M2: 0.0016$  y  $< M3: 0.0014$ , confirmándonos que la concentración de Cd, excede el Estándar de Calidad Ambiental (ECA).

En la (Tabla 31), observamos que la concentración media de cadmio en los análisis de agua procedentes del río Huallaga resulta 0.0014 mg/l, confirmando que exceden los límites máximos permisibles según la normativa vigente. Por otro lado, nos presenta una desviación estándar de 0.0002 mg/l, indicándonos la medida de dispersión de los datos alrededor de la media aritmética.



Fuente: (Romero, 2020)

**Figura 40.** Concentración de mercurio en el agua procedente el río Huallaga

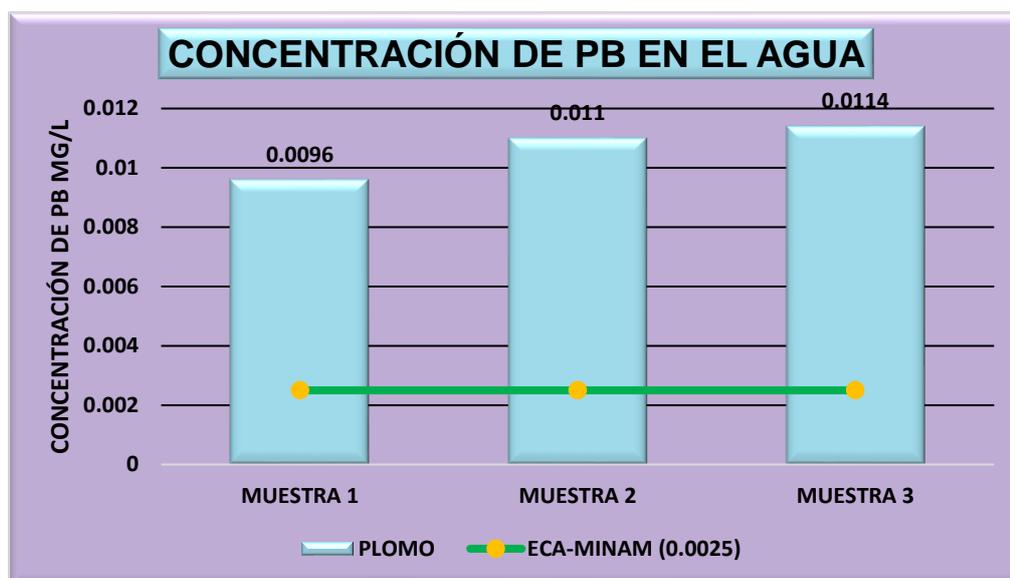
**Tabla 32.** Análisis estadístico de la concentración de mercurio (mg/l) en el agua

<b>Media (x)</b>	$\frac{0.135 + 0.136 + 0.149}{3} = 0.14$
<b>Mediana (Me)</b>	0.136
<b>Moda (Mo)</b>	0
<b>Varianza (<math>s^2</math>)</b>	$s^2 = 0.000061$
<b>Desviación Estándar (S)</b>	$\sqrt{0.000061} = 0.0078$
<b>Máximo</b>	0.149
<b>Mínimo</b>	0.135

Fuente: (Romero, 2020)

En la (Figura 40), observamos la concentración de mercurio (Hg) en los análisis de las aguas procedentes del río Huallaga, realizada en 3 repeticiones respectivamente y comparadas con los límites máximos permisibles, emitido por los Estándares de calidad ambiental (D.S N°004-2017-MINAM / ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático). Los resultados arrojaron lo siguiente:  $0.0001 < M1: 0.135$ ,  $< M2: 0.136$  y  $< M3: 0.149$ , confirmándonos que la concentración de Hg, excede el Estándar de Calidad Ambiental (ECA).

En la (Tabla 32), observamos que la concentración media de mercurio en los análisis de agua procedentes del río Huallaga resulta 0.14 mg/l, confirmando que exceden los límites máximos permisibles según la normativa vigente. Por otro lado, nos presenta una desviación estándar de 0.0078 mg/l, indicándonos la medida de dispersión de los datos alrededor de la media aritmética.



Fuente: (Romero, 2020)

**Figura 41.** Concentración de plomo en el agua procedente del río Huallaga

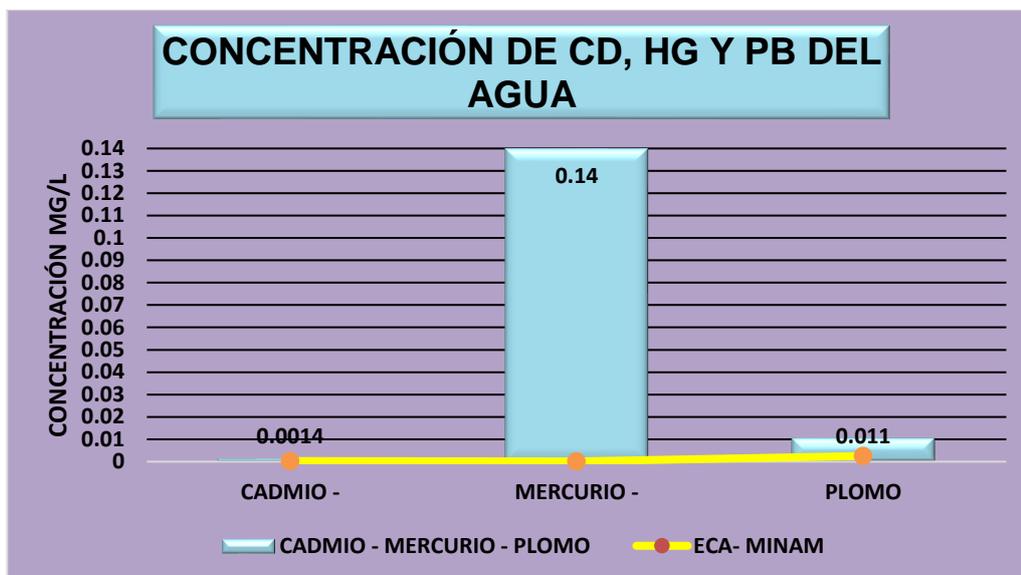
**Tabla 33.** Análisis estadístico de la concentración de plomo (mg/l) en el agua

<b>Media (x)</b>	$\frac{0.0096 + 0.0110 + 0.0114}{3} = 0.011$
<b>Mediana (Me)</b>	0.0114
<b>Moda (Mo)</b>	0
<b>Varianza (s<sup>2</sup>)</b>	s <sup>2</sup> = 0.000000895
<b>Desviación Estándar (S)</b>	$\sqrt{0.000000895} = 0.0010$
<b>Máximo</b>	0.0114
<b>Mínimo</b>	0.0096

*Fuente:* (Romero, 2020)

En la (Figura 41), observamos la concentración de plomo (Pb) en los análisis de las aguas procedentes del río Huallaga, realizada en 3 repeticiones respectivamente y comparadas con los límites máximos permisibles, emitido por los Estándares de calidad ambiental (D.S N°004-2017-MINAM / ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático). Los resultados arrojaron lo siguiente: 0.0025 < M1: 0.0096, < M2: 0.011 y < M3: 0.0114, confirmándonos que la concentración de Pb, excede el Estándar de Calidad Ambiental (ECA).

En la (Tabla 33), observamos que la concentración media de plomo en los análisis de agua procedentes del río Huallaga resulta 0.011 mg/l, confirmando que excede los límites máximos permisibles según la normativa vigente. Por otro lado, nos presenta una desviación estándar de 0.0010 mg/l, indicándonos la medida de dispersión de los datos alrededor de la media aritmética.



Fuente: (Romero, 2020)

**Figura 42.** Concentración de Cd, Hg y Pb en los análisis de agua procedentes del río Huallaga

En la (Figura 42), observamos la concentración media de Cd, Hg y Pb en los análisis de las aguas procedentes del río Huallaga, realizada en 3 repeticiones respectivamente y comparadas con los límites máximos permisibles, emitido por los Estándares de calidad ambiental (D.S N°004-2017-MINAM / ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático). Los resultados arrojaron lo siguiente: para (Cd) 0.0014 mg/l, (Hg) 0.14 mg/l y (Pb) 0.0107 mg/l, confirmando que exceden los LMP.

**Tabla 34.** Valores físico-químicos del agua procedente del río Huallaga

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	E2: RÍOS – SELVA	M1	M2	M3	Media (X)
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	1000	187.9	188.7	185.5	187.4
Oxígeno disuelto	(mg/L)	$\geq 5$	6.30	6.28	6.20	6.26
Potencial de Hidrógeno	(pH)	6,5-9,0	7.67	7.53	7.56	7.59
Temperatura	$^{\circ}$ C	$\Delta 3$	22.4	22.7	24.3	23.1

Fuente: (Romero, 2020)

En la (Tabla 34), observamos la concentración media de los parámetros físico-químicos, analizados en el agua procedente del río Huallaga, realizada en 3 repeticiones respectivamente y comparadas con los límites máximos permisibles, emitido por los Estándares de calidad ambiental (D.S N°004-2017-MINAM / ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático). Los resultados arrojaron lo siguiente: para Conductividad 187.4 ( $\mu$ S/c), Oxígeno disuelto 6.26 (mg/l), Potencial de hidrógeno 7.59 (pH) y Temperatura 23.1 ( $^{\circ}$ C), confirmando que no exceden los Estándares de Calidad Ambiental.

#### 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

**Ha1.** Los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en la especie carachama procedentes del río Huallaga, se encuentran incrementados según el límite máximo permisible, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

**Ho1.** Los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en la especie carachama procedentes del río Huallaga, no se encuentran incrementados según el límite máximo permisible, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

**Tabla 35.** Comparación de la concentración media de cadmio, mercurio y plomo en la especie carachama con los límites máximos permisibles (mg/l)

PARÁMETROS	MEDIA (X)	LMP SANIPES - UE
Cadmio	0.3	0.050
Mercurio	0.73	0.50
Plomo	0.54	0.30

*Fuente:* (Romero, 2020)

En base a la comparación, visto en la (Tabla 35), se acepta la hipótesis alternativa, que indica que los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en la especie carachama, se encuentran incrementados según el límite máximo permisible, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020. Y se rechaza indudablemente la hipótesis nula.

**Ha2.** Los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en la especie bagre procedentes del río Huallaga, se encuentran incrementados según el límite máximo permisible, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

**Ho2.** Los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en la especie bagre procedentes del río Huallaga, no se encuentran incrementados, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

**Tabla 36.** Comparación de la concentración media de cadmio, mercurio y plomo en la especie bagre con los límites máximos permisibles (mg/l)

PARÁMETROS	MEDIA (X)	LMP SANIPES - UE
Cadmio	0.11	0.050
Mercurio	0.71	0.50
Plomo	0.60	0.30

*Fuente:* (Romero, 2020)

En base a la comparación, visto en la (Tabla 36), se acepta la hipótesis alternativa, que indica que los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en la especie bagre, se encuentran incrementados según el límite máximo permisible, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020. Y se rechaza indudablemente la hipótesis nula.

**Ha3.** Los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en la especie toa procedentes del río Huallaga, se encuentran incrementados según el límite máximo permisible, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

**Ho3.** El nivel de concentración de cadmio, mercurio y plomo en la especie toa procedentes del río Huallaga, no se encuentran incrementados según el límite máximo permisible, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

**Tabla 37.** Comparación de la concentración cadmio, mercurio y plomo en la especie toa con los límites máximos permisibles (mg/l)

PARÁMETROS	MEDIA (X)	LMP SANIPES - UE
Cadmio	0.14	0.050
Mercurio	0.62	0.50
Plomo	0.64	0.30

*Fuente:* (Romero, 2020)

En base a la comparación, visto en la (Tabla 37), se acepta la hipótesis alternativa, que indica que los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en la especie toa, se encuentran incrementados según el límite máximo permisible, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020. Y se rechaza indudablemente la hipótesis nula.

**Ha4.** Los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en las aguas procedentes del río Huallaga, superan los límites máximos permisibles, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

**Ho4.** Los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en las aguas procedentes del río Huallaga, no superan los límites máximos permisibles, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

**Tabla 38.** Comparación de la concentración media de Cd, Hg y Pb en los análisis de agua procedentes del río Huallaga – ECA AGUA (mg/l)

PARÁMETROS	MEDIA (X)	ECA - MINAM
CADMIO	0.0014	0.00025
MERCURIO	0.14	0.0001
PLOMO	0.011	0.0025

*Fuente:* (Romero, 2020)

En base a la comparación, visto en la (Tabla 38), se acepta la hipótesis alternativa, que indica que el nivel de concentración de cadmio, mercurio y plomo en las aguas procedentes del río Huallaga, superan los límites máximos permisibles, emitido por los Estándares de calidad ambiental (D.S N°004-2017-MINAM ECA para Agua - Categoría 4: Conservación del ambiente acuático). Y se rechaza indudablemente la hipótesis nula.

**Ha5.** Los valores del análisis físico-químico de las aguas procedentes del río Huallaga, superan los límites máximos permisibles, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

**Ho5.** Los valores del análisis físico-químico de las aguas procedentes del río Huallaga, no superan los límites máximos permisibles, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.

**Tabla 39.** Comparación del análisis físico-químico del agua procedente del río Huallaga, ECA-MINAM

PARÁMETROS	MEDIA (X)	ECA - MINAM
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{c}$ )	187.4	1000
Oxígeno disuelto (mg/L)	6.26	$\geq 5$
Potencial de hidrógeno (pH)	7.59	6.5 – 9.0
Temperatura °C	23.1	$\Delta 3$

*Fuente:* (Romero, 2020)

En base a la comparación, visto en la (Tabla 39), se acepta la hipótesis nula, que indica que los análisis físico-químicos del agua procedentes del río Huallaga, no superan los límites máximos permisibles emitido por los Estándares de calidad ambiental (D.S N°004-2017-MINAM - ECA para Agua Categoría 4: Conservación del ambiente acuático). Y se rechaza indudablemente la hipótesis alternativa.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Se eligió las especies: carachama, bagre y toa por ser las de mayor demanda de consumo humano en la ciudad de Tingo María, por ello no solo fue suficiente analizar la concentración de metales pesados presentes en el músculo del pescado, sino que también analizar su hábitat y la relación que existe entre las mismas, razón por la cual se analizó las muestras de agua procedentes del río Huallaga, así como también su análisis físico-químicos. Los resultados de la concentración media de cadmio en la especie carachama, resultó: 0.3 mg/l, y comparándolo con los LMP según SANIPES y la legislación de la UE, se afirma el excedente por 0.25 mg/l, la concentración media de mercurio (Hg) resultó: 0.73 (mg/l) y comparándolo con los LMP se afirma el excedente por: 0.23 (mg/l) y la concentración media de plomo (Pb) resultó: 0.54 (mg/l) y comparándolo con los LMP se afirma el excedente por: 0.24 (mg/l). En la especie bagre la concentración media de cadmio (Cd) resultó lo siguiente: 0.11 (mg/l) y comparándolo con los LMP se afirma el excedente por: 0.06 (mg/l), la concentración media de mercurio (Hg) resultó: 0.71 y comparándolo con los LMP, se afirma el excedente por: 0.21 (mg/l) y la concentración de plomo (Pb) resultó: 0.60 y comparándolo con los LMP se afirma el excedente por: 0.3 (mg/l). En la especie toa, la concentración media de cadmio (Cd) resultó: 0.14 y comparándolo con los LMP, se afirma el excedente por: 0.09 (mg/l), la concentración de mercurio (Hg), resultó: 0.62 (mg/l) y comparándolo con los LMP, se afirma el excedente por: 0.12 (mg/l) y la concentración media de plomo (Pb) resultó: 0.64 (mg/l) y comparándolo con los LMP, se afirma el excedente por: 0.34 (mg/l).

Los análisis de las aguas procedentes del río Huallaga, arrojaron los siguientes resultados: concentración media de cadmio (Cd), 0.0014 (mg/l) y comparándolo con los LMP, se afirma el excedente por 0.00115 (mg/l) , la concentración media de mercurio (Hg), 0.14 (mg/l) y comparándolo con los LMP, se afirma el excedente por 0.14 (mg/l) y para la concentración media

de plomo (Pb) 0.0107 (mg/l) y comparándolo con los LMP, se afirma el excedente por 0.0082 (mg/l).

Los resultados físico-químicos del agua, arrojaron lo siguiente: para Conductividad 187.4 ( $\mu\text{S}/\text{c}$ ), Oxígeno disuelto 6.26 (mg/l), Potencial de hidrógeno 7.59 (pH) y Temperatura 23.1 ( $^{\circ}\text{C}$ ), confirmando que no exceden los límites máximos permisibles, emitidos por la normativa vigente.

Según los resultados podemos afirmar que existe presencia de metales pesados en peces y agua, el cual representa un problema ambiental significativo, ya que afecta directamente a la calidad del agua y alimentos tolerados por el ser humano y el medio ambiente, a consecuencia de ello podría afectar directamente a la salud humana y atentar contra el bienestar colectivo de la población.

Bermeo y Céleri (2016), Ecuador. En su trabajo de investigación titulada *“Cuantificación de la cantidad de metales pesados presentes en dos especies de peces (Oncorhynchus mykiss y Cyprinus carpio), y su relación con edad y tamaño en el embalse Daniel Palacios Proyecto Hidroeléctrico Paute – Molino”*. Los resultados afirmaron la elevada carga de metales pesados, tales como el mercurio (Hg) en 17 muestras, plomo (Pb) en 3 muestras y cadmio (Cd) en 16 muestras de 32 respectivamente. Concluye su investigación afirmando la bioacumulación de metales pesados en las 2 especies de estudio, por lo que afirma que su existencia es un peligro inminente para el medio ambiente. Tal antecedente, despertó la iniciativa de investigar a nivel local, por lo que se ejecutó la presente investigación con las especies más ofertadas de la localidad, teniendo en cuenta también su hábitat. El método que se aplicó fue Espectrofotometría de Emisión Óptica de Plasma Acoplado Inductivamente. Se concluye la investigación afirmando la elevada carga de metales pesados como el cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) en las 3 especies de estudio al igual que el análisis del agua, por lo que podemos tener la certeza de que la contaminación del recurso hídrico causado por la elevada carga de metales pesados es una problemática a nivel mundial.

Álvarez y Amancio (2014), Huaraz. En su trabajo de tesis, titulada: *“Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del río Santa y de la laguna Chinancocha – Llanganuco”*. Los resultados de su estudio afirmaron que el agua proveniente del río Santa, supera los límites máximos permisibles de plomo, cromo y zinc, comparados según la normativa vigente; en el análisis de peces, retienen aluminio, manganeso y zinc en las branquias, mientras en el hígado acumula cadmio, hierro y cobre, superando los límites máximos permisibles. A diferencia del agua proveniente de la laguna Chinancocha, que se encuentra por debajo de los LMP. Concluyen la investigación afirmando que el consumo de peces provenientes del río Santa debe ser limitado, con el fin de prevenir enfermedades humanas posteriormente. Tal antecedente despertó la iniciativa de investigar la relación existente entre la bioacumulación de metales pesados en peces y agua por lo que, al finalizar el presente trabajo de investigación, afirmo la existencia de metales pesados en peces y agua por encima de los límites máximos permisibles, especialmente de mercurio (Hg).

(MINAM, 2017) en el Perú, la minería ilegal es uno de los causantes con mayor relevancia en la contaminación hídrica por metales pesados. Se cuantifica que, en los últimos 20 años, más de 3000 toneladas de mercurio (Hg) han sido arrojadas a los ríos Amazónicos, contaminando el agua, a los organismos acuáticos y a las poblaciones humanas, que consumen el agua y el pescado. Dicha información es confirmada con la presente investigación, ya que en las especies de estudio y el agua procedente del río Huallaga, se evidenció mayor presencia de mercurio (Hg).

Castro (2016), desarrollado en la Expo Agua Perú, afirma que existe la presencia cadmio, mercurio y plomo en elevadas concentraciones superando los límites máximos permisibles emitido por los estándares de calidad ambiental, en los recursos hídricos a nivel Nacional, por efecto del vertimiento de aguas residuales domésticas, agricultura y residuos agroquímicos, vertimientos mineros (minería ilegal) y residuos industriales. Tal antecedente despertó la iniciativa de investigar la bioacumulación de metales pesados en el agua procedente del río Huallaga, por lo que me permite afirmar su existencia de cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb),

en elevadas concentraciones. Por lo que concuerdo con la información brindada por el autor.

Jorge (2019), Tingo María. En su tesina, titulada: “*Bioacumulación de cadmio y plomo en la especie Hypostomus oculus (Carachama) del río Huallaga, Tingo María*”, se determinó que los valores de cadmio y plomo encontrados en tejido muscular de peces de la especie carachama procedentes del río Huallaga, superan los límites establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), Organización Mundial de la Salud (OMS), Unión Europea y Organismo Nacional de Sanidad Pesquera. Dicha información es confirmada con el estudio realizado, ya que se evidenció la presencia de cadmio y plomo en la misma especie, superando los LMP según SANIPES y la legislación de la UE.

## CONCLUSIONES

- La concentración media de cadmio, mercurio y plomo en la especie carachama, resultaron: 0.3 (mg/l), 0.73 (mg/l) y 0.54 (mg/l), superando los límites máximos permisibles brindados por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera y la legislación de la Unión Europea.
- La concentración media de cadmio, mercurio y plomo en la especie bagre, resultaron: 0.11 (mg/l), 0.71 (mg/l) y 0.60 (mg/l), superando los límites máximos permisibles brindados por el Organismos Nacional de Sanidad Pesquera y la legislación de la Unión Europea.
- La concentración media de cadmio, mercurio y plomo en la especie toa, resultaron: 0.14 (mg/l), 0.62 (mg/l) y 0.64 (mg/l), superando los límites máximos permisibles brindados por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera y la legislación de la Unión Europea.
- La concentración media de cadmio, mercurio y plomo en los análisis de las aguas procedentes del río Huallaga, resultaron: 0.0014 (mg/l), 0.14 (mg/l) y 0.0107 (mg/l), superando los límites máximos permisibles, emitido por los Estándares de calidad ambiental.
- Los análisis físico-químicos de las aguas procedentes del río Huallaga, se mantienen dentro de los límites máximos permisibles, emitido por los Estándares de calidad ambiental.
- Existe correlación entre los peces y agua procedentes del río Huallaga, ya que en ambas muestras se evidencia la presencia de cadmio, mercurio y plomo, por encima de los límites máximos permisibles.
- Existe mayor concentración de cadmio en la especie carachama, a comparación con las especies bagre y toa.
- Existe mayor concentración de mercurio en la especie carachama, a comparación con las especies bagre y toa.
- Existe mayor concentración de plomo en la especie toa, a comparación con las especies carachama y bagre.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda el consumo limitado de las especies: carachama, bagre y toa, debido a la presencia de cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) por encima de los límites máximos permisibles.
- Realizar estudios de investigación, sobre la bioacumulación y biomagnificación por metales pesados en peces amazónicos.
- Realizar estudios de investigación, sobre la relación que existe entre el peso y talla y la concentración de metales pesados en peces amazónicos.
- Realizar estudios de investigación referente al origen y efecto de la contaminación hídrica por metales pesados.
- Realizar estudios de investigación, sobre la determinación de metales pesados en las especies ofertadas en el mercado central de Huánuco y Tingo María.
- Realizar estudios de investigación sobre la determinación de metales pesados en peces carnívoros.
- Concientizar a los pobladores huanuqueños frente a la contaminación hídrica y sus efectos.
- Realizar campañas sobre el cuidado del agua y fauna acuática.
- Poner en alerta al Organismo Nacional de Sanidad Pesquera – SANIPES, sobre el nivel de concentración de cadmio, mercurio y plomo, por encima de los límites máximos permisibles.
- Poner en alerta a las organizaciones regionales y locales, sobre la concentración de cadmio, mercurio y plomo, por encima de los límites máximos permisibles y sus efectos relacionadas con la salud pública.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (2016). Resúmenes de Salud Pública – Plomo [Mensaje en un blog]. Recuperado de [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs13.html?fbclid=IwAR2DP0oNi9ekNbYpzqtb6EqXOw4WozPgcleYeXotp8Yg4ZQCMjrZ3oOa9w8#bookmark2](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.html?fbclid=IwAR2DP0oNi9ekNbYpzqtb6EqXOw4WozPgcleYeXotp8Yg4ZQCMjrZ3oOa9w8#bookmark2)

Álvarez, J., y Amancio, M. (2014). *Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del Río Santa y la Laguna Chinancocha – Llanganuco Periodo 2013-2014* (Tesis pregrado) Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Huaraz.

Barraza, M. (2018). *Análisis Cuantitativo de metales pesados en pescados para exportación a la Unión Europea* (Tesina) Universidad NCPBA, Tandil.

Barros, B., Doria, A., y Marrugo., N. (2016). *Metales pesados (Pb, Cd, Ni, Zn, Hg) en tejidos de Lutjanus synagris y Lutjanus vivanus de la Costa de la Guajira. Veterinaria y Zootecnia, 10(2), 27-41*. Recuperado de [cdoria@uniguajira.edu.co](mailto:cdoria@uniguajira.edu.co)

Bermeo, S., y Céleri, M. (2016). *Cuantificación de la cantidad de metales pesados presentes en dos especies de peces (Oncorhynchus mykiss y Cyprinus carpio) y su relación con edad y tamaño en el embalse Daniel Palacios Proyecto Hidroeléctrico Paute – Molino* (Tesis de pregrado) Universidad del Azuay, Ecuador.

Bertolotti, R., y Noé, M. (2018). *Concentración de plomo, mercurio y cadmio en músculo de peces y muestras de agua procedentes del Río Santa, Ancash. Salud tecnol, 1, 35-41*. doi: <https://doi.org/10.20453/stv.v6il.3376>

Boy, M. (2015). *Determinación de metales pesados en agua, peces, almejas e Hydrilla verticillata del Lago de Izabal* (Tesis de pregrado). Universidad San Carlos de Guatemala.

Castro (octubre, 2016). Minimización de riesgos para la salud por metales pesados en el agua de consumo humano. Pineda (Presidencia), *Expo Agua Perú, 2016*. Lima, Perú.

EcuRed (2010). Pez carachama [Mensaje en un blog]. Recuperado de [https://www.ecured.cu/Carachama?fbclid=IwAR3cTIBry1WRFVYdfNVdeQh7dIIVB6lioEQxBowNfTxwgJ74t\\_Vx5GRsD60](https://www.ecured.cu/Carachama?fbclid=IwAR3cTIBry1WRFVYdfNVdeQh7dIIVB6lioEQxBowNfTxwgJ74t_Vx5GRsD60)

Espinoza, O., y Falero, A. (2015). *Niveles de mercurio, plomo y arsénico en peces del río Tumbes y riesgos para la salud humana por su consumo. Rev. Del Instituto de investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM, 18(36), 35-41.* Recuperado de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/12016>

Fonseca (2016). Sistema digestivo de los peces [Mensaje en un blog]. Recuperado <https://peces.paradais-sphynx.com/anatomia-fisiologia/sistema-digestivo-de-los-peces.htm?fbclid=IwAR07-4KGVJeDfAipEt5ImMpf7oWxzhrOQZ12O5XIPGmHzM1aEd2B7DsfSPo>

Gamarra, A., y Uceda, L. (2017). *Determinación de metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica en truchas arcoíris "Oncorhynchus mykiss" del Río Chiapuquio de Ingenio* (Tesis de pregrado) Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Huancayo.

García, D. C., Sánchez, R. H., Flores, S. M., Mejía, L.J., Angulo, C. C., Castro, R. D. Francois, R. J (2018). *Peces de consumo de la Amazonía Peruana*. Instituto de las Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Iquitos, Perú, 218 pp. Recuperado de <http://www.iiap.gob.pe/Inicio.aspx>

Hernández, S., Fernández, C., y Baptista, L. (2018). *Metodología de la Investigación*. Recuperado de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

Huancaré Pusari, R.K. (2014). *Identificación Hispatológicas de lesiones inducidas por bioacumulación de metales pesados en branquias, hígado y músculo de truchas arcoíris (Oncorhynchus mykiss) de cultivo en etapa*

comercial de la Laguna de Mamacocha, área de influencia minera (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Cajamarca – Perú.

Infomarina (2018). Categoría de Peces [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://infomarina.net/category/peces/>

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (2011). Amazonía Guía Ilustrada de Flora y Fauna [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://amazonia.iiap.org.pe/especies/listado/peces>

Iván, M., Usma, O., Álvarez, L., y Lasso, A. (Ed). (2012). *Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia*. Recuperado de [http://awsassets.panda.org/downloads/libro\\_rojo\\_peces\\_dulceacuicolas\\_de\\_colombia\\_\\_\\_dic\\_2012.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/libro_rojo_peces_dulceacuicolas_de_colombia___dic_2012.pdf)

Jorge Panduro, C.B. (2019). *Bioacumulación de cadmio y plomo en la especie Hypostomus oculus (Carachama) del Río Huallaga* (Práctica Profesional). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María.

Lenntech (2020). Plomo y Agua: Mecanismos de reacción, impacto ambiental y efectos en la salud [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.lenntech.es/plomo-y-agua.htm?fbclid=IwAR1RMEYNqh3wOJn3y8DTFqaFSuBty5LEWtHm5MSseE pTkc7EeUxwex2urhPE>

Lenntech (2019). Tabla periódica [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/hg.htm>

Londoño, F., Londoño, M., y Muñoz, G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, (14), 145-153. Doi: 10.18684/BSAA (14)145-1534

Ministerio del Ambiente (2017). Decreto Supremo N° 004. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

Nefertiti, T. (2017). *Bioacumulación y Biomagnificación de elementos potencialmente tóxicos en el pulpo Octopus hubbsorum del Puerto Minero de*

*Santa Rosalía Golfo de California* (Tesis de maestría) Instituto Politécnico Nacional, La Paz.

Olenick (2013). El cuento cauteloso del DDT: biomagnificación, bioacumulación y motivo de investigación [Mensaje en un blog]. <http://nano-sostenible.com/2018/10/24/el-cuento-cauteloso-del-ddt/>

Organización Mundial de la Salud (2015). Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas [Mensaje en un blog]. Recuperado de [https://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/chemicals\\_phc/es/](https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/chemicals_phc/es/)

Pis, R., Lezcano, L., y Serrano, P. (2008). *Metales pesados en trucha (Micropterus salmoides floridanus) de la presa Hanabanilla*. AquaTIC. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49422779001>

Resolución Ministerial Ejecutiva N° 057-2016-SANIPES-DE. Diario Oficial de la República del Perú, Lima, Perú, 23 de junio de 2016.

Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., y Gonzáles, E. (2016). *Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria*. Recuperado de [file:///C:/Users/Yira/Downloads/Dialnet-ContaminacionPorMetalesPesados-6096110%20\(5\).pdf](file:///C:/Users/Yira/Downloads/Dialnet-ContaminacionPorMetalesPesados-6096110%20(5).pdf)

Rodríguez, N., y Álvarez, L. (2006). *Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia*. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319028578001>

Unión Europea. (2019). *Contenidos Máximos en Metales Pesados en Productos Alimenticios*. Recuperado de [https://www.academia.edu/31468861/LIMITES\\_DE\\_METALES\\_PESADOS](https://www.academia.edu/31468861/LIMITES_DE_METALES_PESADOS)

# **ANEXOS**

## Anexo 01. Matriz de consistencia de la investigación

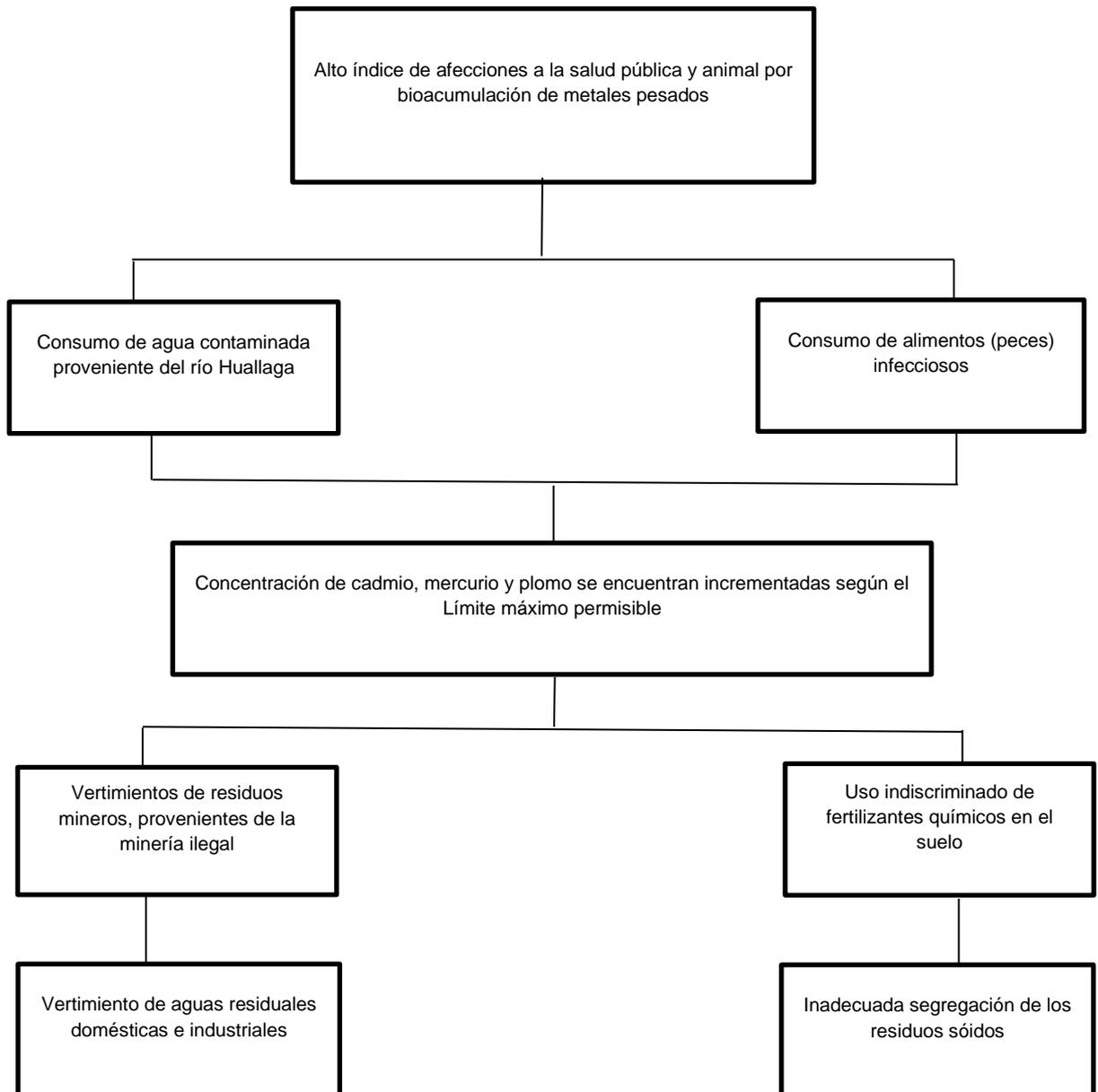
### Título: “DETERMINACIÓN DE CADMIO, MERCURIO Y PLOMO EN PECES AMAZÓNICOS Y ANÁLISIS DE AGUA PROCEDENTES DEL RÍO HUALLAGA, EN EL DISTRITO RUPA RUPA, PROVINCIA LEONCIO PRADO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO, 2020”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES /DIMENSIONES	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN/ MUESTRA	TÉCNICAS DE RECOJO Y PROCESAMIENTO DE DATOS
<p>¿Cuáles son los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en peces amazónicos y en las aguas procedentes del río Huallaga en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, periodo 2020?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b></p> <p>¿Cuáles son los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en peces amazónicos procedentes del río Huallaga, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020?</p> <p>¿Cuáles son los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en las aguas procedentes del río Huallaga, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020?</p> <p>¿Cuáles son los valores de los análisis físico - químicos de las aguas procedentes del río Huallaga, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020?</p>	<p>Determinar los niveles de concentración de cadmio, mercurio y plomo en peces amazónicos y en las aguas procedentes del río Huallaga, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>Determinar los niveles máximos permisibles de cadmio, mercurio y plomo en los peces amazónicos procedentes del río Huallaga, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.</p> <p>Determinar los niveles máximos permisibles de cadmio, mercurio y plomo en las aguas procedentes del río Huallaga, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.</p> <p>Determinar los valores del análisis físico-químicos de las aguas procedentes del río Huallaga, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2020.</p>	<p><b>Hi.</b> Los peces amazónicos y las aguas procedentes del río Huallaga, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco 2020, contienen concentración de cadmio, mercurio y plomo.</p> <p><b>Ho.</b> Los peces amazónicos y las aguas procedentes del río Huallaga, en el distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco 2020, no contienen concentración de cadmio, mercurio y plomo.</p>	<p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Concentración de cadmio, mercurio y plomo</p> <p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Especies amazónicas y análisis de agua procedentes del río Huallaga</p> <p><b>Dimensiones</b></p> <p>-Concentración de cadmio, mercurio y plomo</p> <p>-Análisis de cadmio, mercurio y plomo en peces amazónicos y agua procedentes del río Huallaga</p> <p>-Análisis físico-químico del agua</p>	<p><b>Tipo de la investigación</b></p> <p>Cuantitativa, basado en el análisis de la realidad y datos experimentales</p> <p><b>Nivel de la investigación</b></p> <p>Correlacional, relación que existe entre la variable independiente y finalmente ser fuente de análisis para su vinculación.</p> <p><b>Diseño de Investigación</b></p> <p>Cuasi-Experimental</p> 	<p>Está constituida por los peces amazónicos ofertados en el mercado modelo de la ciudad de Tingo María, procedentes del río Huallaga</p> <p>Agua procedente del río Huallaga</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>9 muestras de peces amazónicos de la especie carachama, bagre y toa, adquiridas en el mercado central de la ciudad de Tingo María</p> <p>3 litros de agua procedentes del río Huallaga</p>	<p>La concentración de cadmio, mercurio y plomo, se obtuvo mediante el método de Espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES)</p> <p>La obtención del análisis físico-químico del agua se obtuvo mediante Multiparámetro HQ 40d</p> <p>El procesamiento de datos y gráficos estadísticos se desarrolló mediante el programa Excel.</p> $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$

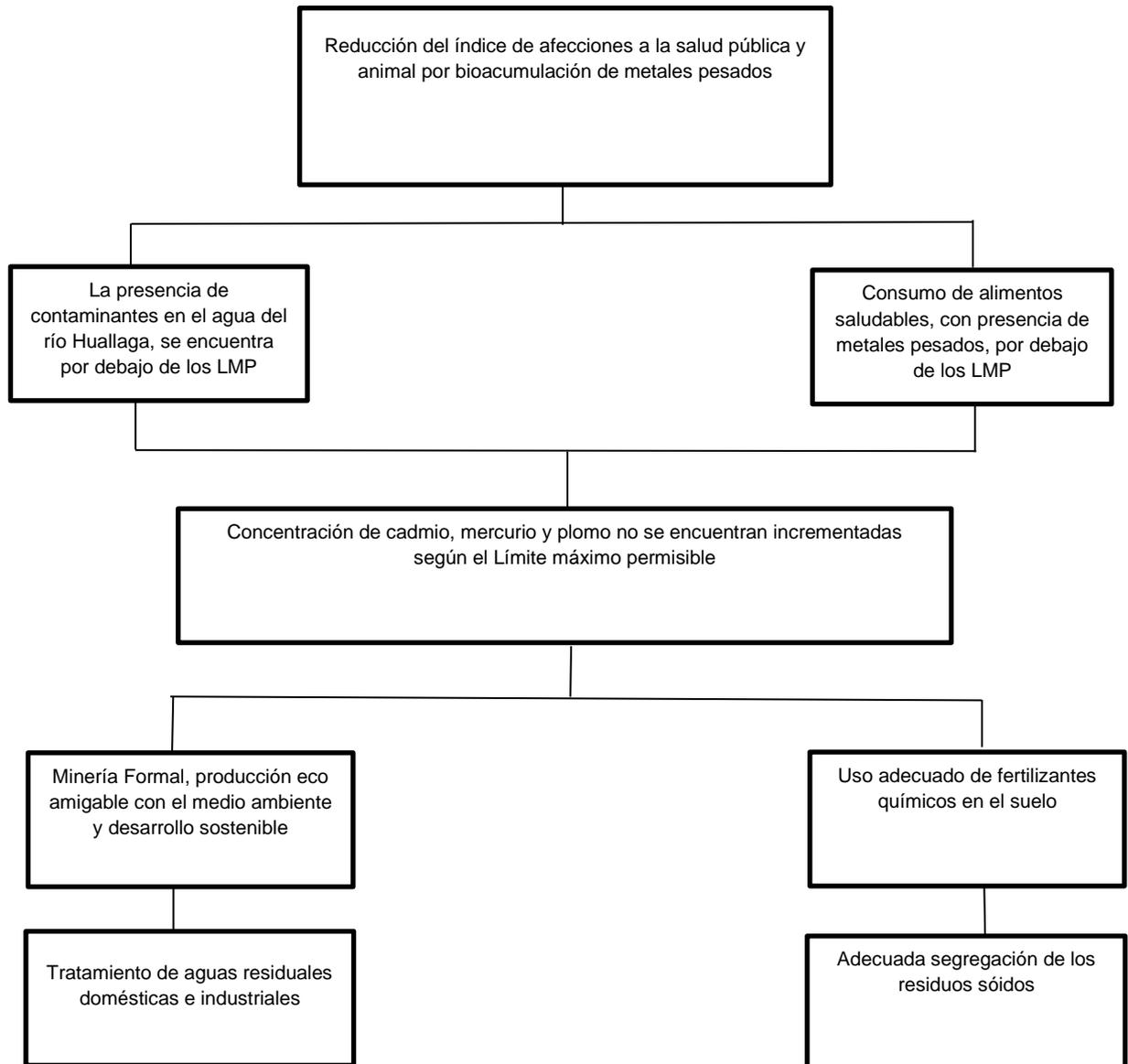
M: muestra de estudio  
V.I: Especies amazónicas y análisis de agua procedentes del río Huallaga.  
V.D: Concentración de cadmio, mercurio y plomo.  
r: correlación entre las variables.

**Fuente:** Bach. Romero Salazar, Sheyla Valeria

## Anexo 02. Árbol de causas y efectos



### Anexo 03. Árbol de medios y fines

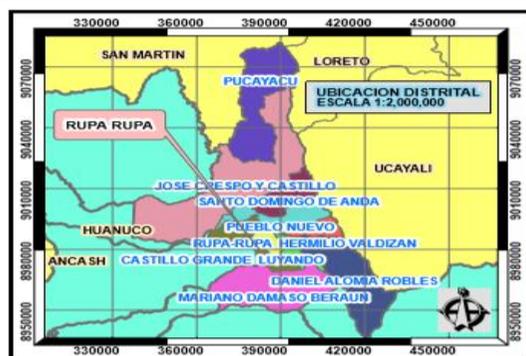
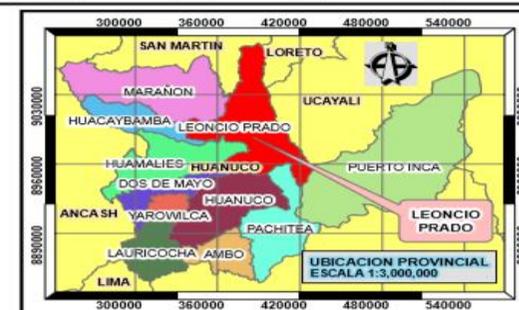


#### Anexo 04. Formatos para el recaudo de información en campo

Número de Muestra	
Nombre de la Especie	
Departamento	
Provincia	
Distrito	
Peso (gr)	
Fecha de toma de muestra	
Hora de toma de muestra	
Sistema de Proyección UTM/Datum Horizontal WGS84	

Número de Muestra	
Departamento	
Provincia	
Distrito	
Fecha de toma de muestra	
Hora de toma de muestra	
Sistema de Proyección UTM/Datum Horizontal WGS84	
Cantidad (L)	
Potencia de Hidrógeno (pH)	
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{c}$ )	
Oxígeno Disuelto (mg/L)	
Temperatura $^{\circ}\text{C}$	

## Anexo 05. Ubicación de los puntos de monitoreo de peces



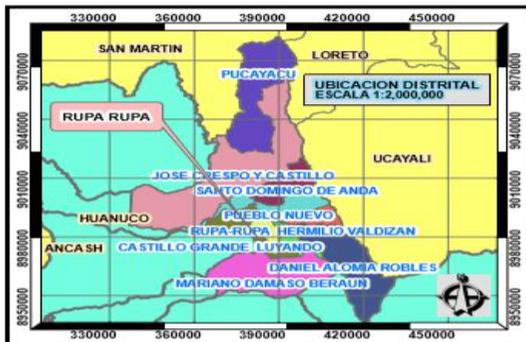
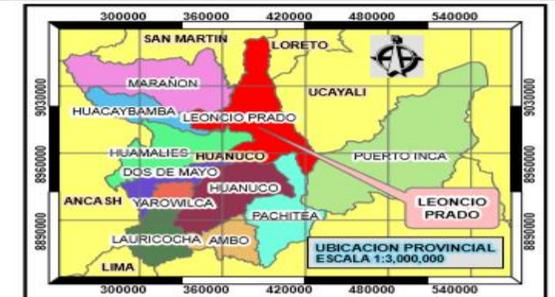
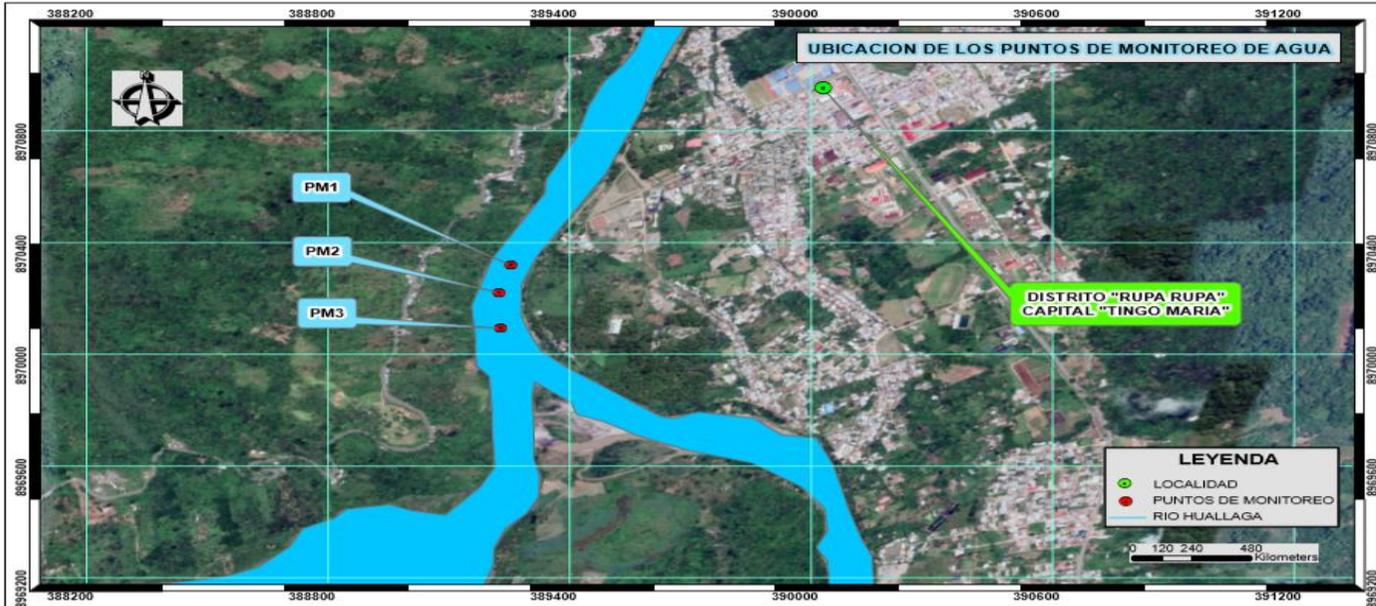
COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO	ALTITUD
P1 ESTE: 389850.05 NORTE: 8971752.79	650 msnm
P2 ESTE: 389926.78 NORTE: 8971704.22	
P3 ESTE: 389793.19 NORTE: 8971658.00	
P4 ESTE: 389870.97 NORTE: 8971609.99	

### INFORMACION GENERAL EN EL MAPA

**SISTEMA DE PROYECCION:** UTM  
**ZONA UTM:** 18 S  
**DATUM HORIZONTAL:** WGS84  
**DATUM VERTICAL:** NIVEL DEL MAR  
**FUENTE DE INFORMACION:** SHAPERFILE: CARTA 19 K / GEO  
 GPS - INGEMET

TESIS			
DETERMINACION DE CADMIO, MERCURIO Y PLOMO EN PECES AMAZONICOS Y ANALISIS DE AGUA PROCEDENTES DEL RIO HUALLAGA EN EL DISTRITO DE RUPA RUPA, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO, PERIODO 2019			
TITULO DEL PLANO:	PLANO DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO DE PECES	AÑO:	2020
		DATUM:	WGS84
TESISTA:	SHEILA VALERIA ROMERO SALAZAR	ESCALA:	INDICADA
LAMINA 02			

## Anexo 06: Ubicación de los puntos de monitoreo de agua



COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MONITOREO	ALTITUD
PM1 ESTE: 389107.00 NORTE: 8970157.00	660 msnm
PM2 ESTE: 389075.00 NORTE: 8970314.00	668 msnm
PM3 ESTE: 389089.00 NORTE: 8970427.00	663 msnm

### INFORMACION GENERAL EN EL MAPA

**SISTEMA DE PROYECCION:** UTM  
**ZONA UTM:** 18 S  
**DATUM HORIZONTAL:** WGS84  
**DATUM VERTICAL:** NIVEL DEL MAR  
**FUENTE DE INFORMACION:** SHAPERFILE: CARTA 19 K / GEO  
 GPS - INGEMET

TESIS			
DETERMINACION DE CADMIO, MERCURIO Y PLOMO EN PECES AMAZONICOS Y ANALISIS DE AGUA PROCEDENTES DEL RIO HUALLAGA EN EL DISTRITO DE RUPA RUPA, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO, PERIODO 2019			
<b>TITULO DEL PLANO:</b>	PLANO DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO	<b>AÑO:</b>	2020
<b>TESISTA:</b>	SHEILA VALERIA ROMERO SALAZAR	<b>DATUM:</b>	WGS84
		<b>ESCALA:</b>	INDICADA
		<b>LAMINA 01</b>	

## Anexo 07. Resultados de las muestras de peces y agua



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

TINGO MARIA  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
LABORATORIO CENTRAL DE INVESTIGACIÓN



## ANÁLISIS

**SOLICITANTE** Romero Salazar, Sheyla Valeria  
**INVESTIGACIÓN** Determinación de cadmio, mercurio y plomo en peces  
amazonicos y analisis de agua procedentes del rio Huallaga

**DEPARTAMENTO** : Huanuco  
**PROVINCIA** : Leoncio Prado  
**DISTRITO** : Rupa Rupa

N°	CODIGO	DATOS DE LA MUESTRA		Pb	Cd	Hg
		Muestra	Etiquetas	mg/L	mg/L	mg/L
1	ICP 0552	Pez Toa	1era evaluacion	0.5835	0.2100	0.570
2	ICP 0553	Pez Toa	2da evaluacion	0.7850	0.1050	0.660
3	ICP 0554	Pez Toa	3ra evaluacion	0.5500	0.1100	0.640
4	ICP 0555	Pez Bagre	1era evaluacion	0.5650	0.1100	0.721
5	ICP 0556	Pez Bagre	2da evaluacion	0.6400	0.1200	0.690
6	ICP 0557	Pez Bagre	3ra evaluacion	0.5800	0.1050	0.706
7	ICP 0558	Pez Carachama	1era evaluacion	0.6550	0.0900	0.745
8	ICP 0559	Pez Carachama	2da evaluacion	0.4900	0.1050	0.747
9	ICP 0560	Pez Carachama	3ra evaluacion	0.4650	0.7000	0.703
10	ICP 0561	Agua	1era evaluacion	0.0096	0.0012	0.135
11	ICP 0562	Agua	2da evaluacion	0.0110	0.0016	0.136
12	ICP 0563	Agua	3ra evaluacion	0.0114	0.0014	0.149

**Equipo:** Espectrofotometro de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP OES) /HORIBA-Ultima expert

**Recibo N°** 0611933

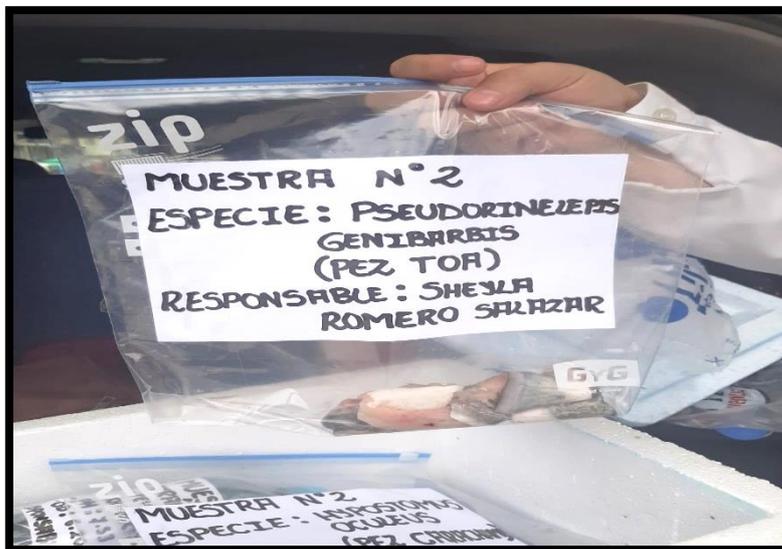
**Fecha:** 12/03/2020

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LABORATORIO CENTRAL DE INVESTIGACIÓN  
  
Dra. Elizabeth Ordoñez Gómez  
DIRECTORA

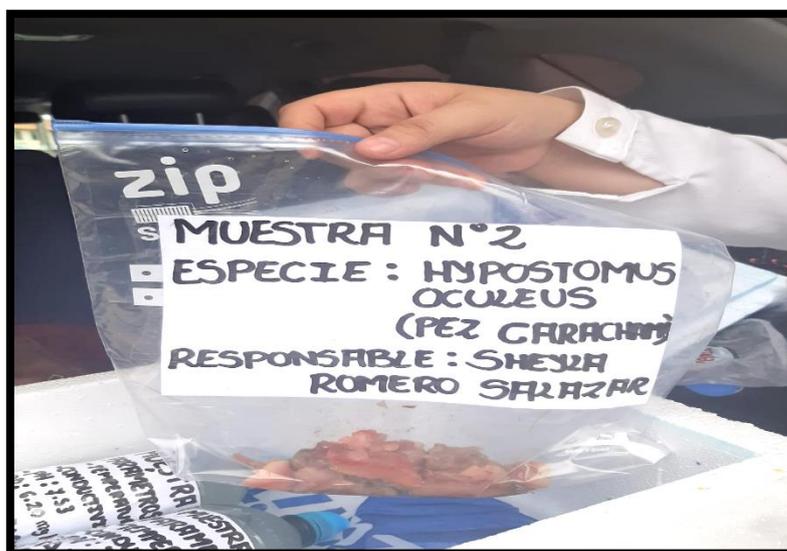
Ing. Sánchez Rodríguez Miguel  
ESPECIALISTA AREA ICP OES

## Anexo 08. Panel fotográfico

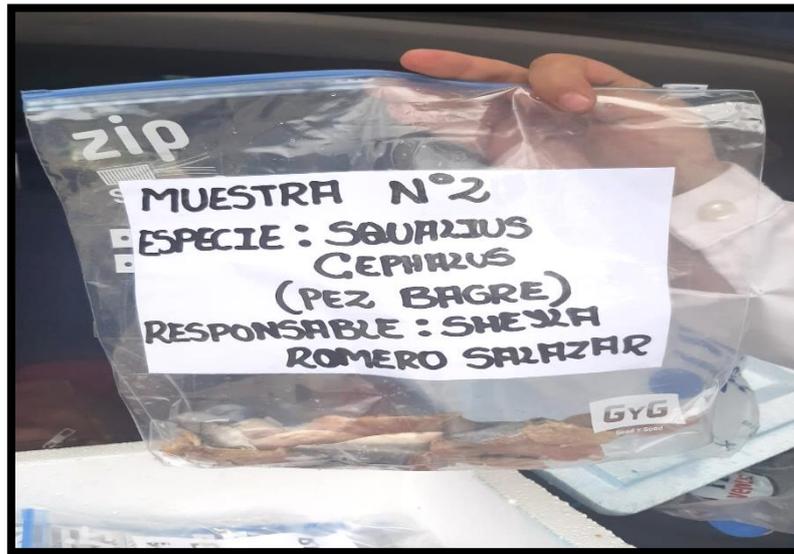
Fotografía 1: Recolección de muestra de la especie Toa



Fotografía 2: Recolección de muestra de la especie Carachama



Fotografía 3: Recolección de muestra de la especie Bagre



**Fotografía 4:** Recolección de muestras de agua procedentes del río Huallaga



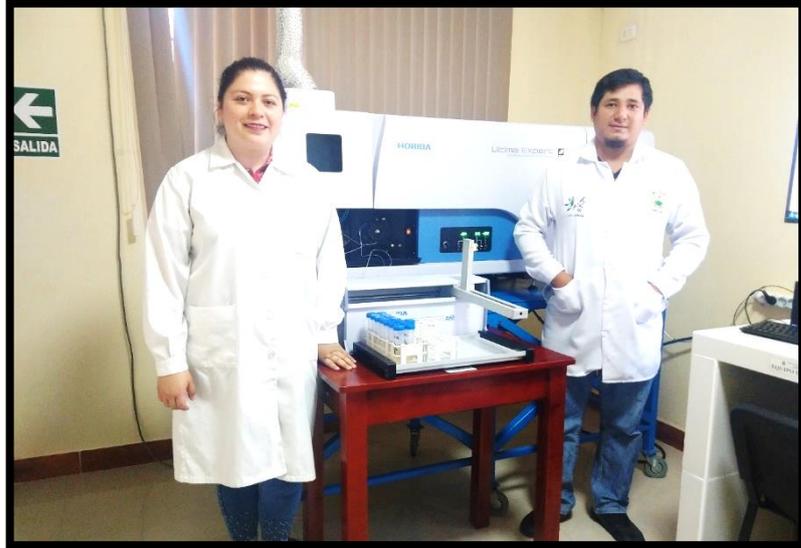
**Fotografía 5:** Análisis de los parámetros físicos-químicos del agua



**Fotografía 6:** Supervisión de uno de los miembros del jurado en la recolección y almacenamiento de muestras de agua procedentes del río Huallaga



**Fotografía 7:** Determinación de cadmio, mercurio y plomo en el Laboratorio Central de investigación de la Universidad Agraria de la Selva.



**Fotografía 8 y 9:** Lectura de las muestras de peces y agua en el Laboratorio Central de investigación de la Universidad Agraria de la Selva.

## Anexo 09. Resolución de aprobación del proyecto de investigación

### UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

#### RESOLUCIÓN N° 1155-2019-CF-FI-UDH

Huánuco, 11 de Noviembre de 2019

Visto, el Oficio N° 803-2019-C-EAPIA-FI-UDH, del Coordinador Académico de Ingeniería Ambiental, referente a **Sheyla Valeria, ROMERO SALAZAR**, del Programa Académico Ingeniería Ambiental Facultad de Ingeniería, quien solicita Aprobación del Proyecto de Investigación;

#### CONSIDERANDO:

Que, según Resolución N° 529-99-CO-UH, de fecha 06.09.99, se aprueba el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería, vigente;

Que, según el Expediente 3369-19, del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Informa que el Proyecto de Investigación Presentado por **Sheyla Valeria, ROMERO SALAZAR**, ha sido aprobado, y

Que, según Oficio N° 803-2019-C-EAPIA-FI-UDH, del Presidente de la Comisión de Grados y Títulos del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Informa que el recurrente ha cumplido con levantar las observaciones hechas por la Comisión de Grados y Títulos, respecto al Proyecto de Investigación; y

Estando a lo acordado por el Consejo de Facultad de fecha 11 de noviembre de 2019 y normado en el Estatuto de la Universidad, Art. N° 44 inc.r);

#### SE RESUELVE:

**Artículo Único. - APROBAR**, el Proyecto de Investigación y su ejecución Intitulado: "DETERMINACIÓN DE CADMIO, MERCURIO Y PLOMO EN PECES AMAZÓNICOS Y ANÁLISIS DE AGUA PROCEDENTES DEL RIO HUALLAGA EN EL DISTRITO DE RUPA RUPA, PROVINCIA LEONCIO PRADO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO, 2020" presentado por **Sheyla Valeria, ROMERO SALAZAR** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental del Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
*Mg. Johnny P. Tacha Rojas*  
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
*Mg. Bertha Campos Rios*  
DECANA (A) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

#### Distribución:

Fac de Ingeniería - EAPIA - Asesor - Exp. Graduando - **Interesado** - Archivo  
BCR/JJR

## Anexo 10. Resolución de aprobación del asesor de tesis

### UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO *Facultad de Ingeniería*

#### RESOLUCIÓN N° 1134-2019-D-FI-UDH

Huánuco, 01 de octubre de 2019

Visto, el Oficio N° 680-2019-C-EAPIA-FI-UDH presentado por el Coordinador de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental y el Expediente N° 2842-19, de la estudiante **Sheyla Valeria, ROMERO SALAZAR**, quién solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación.

#### CONSIDERANDO:

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

Que, según el Expediente N° 2842-19, presentado por el (la) estudiante **Sheyla Valeria, ROMERO SALAZAR**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, el mismo que propone al Ing. Cristian Joel Salas Vizcarra, como Asesor de Tesis, y;

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

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

#### SE RESUELVE:

**Artículo Único.- DESIGNAR**, como Asesor de Tesis de la estudiante **Sheyla Valeria, ROMERO SALAZAR**, al Ing. Cristian Joel Salas Vizcarra, Docente de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería.

Regístrese, comuníquese, archívese



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CONSEJO DE FACULTAD  
*[Signature]*  
Ing. JOHNNY P. JACHA ROJAS  
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
*[Signature]*  
Mg. Bertha Campos Ríos  
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

#### Distribucion

Fac. de Ingeniería - EAPIA- Asesor - Mat. y Reg. Acad. - Integrado - Archivo.  
BCR/JPJR/mto.