

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA**

(Creada por Ley Nro. 25265)

**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**AMBIENTAL Y SANITARIA**



**TESIS**

**CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN LA  
MICROCUENCA URBANA DEL RIO ICHU EN LA  
CIUDAD DE HUANCVELICA, 2022**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**GESTIÓN AMBIENTAL Y/O SANITARIA**

**PRESENTADO POR:**

Bach. Juan Pablo Vasquez Huaman

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO**

**HUANCAVELICA, PERÚ**

2022



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA**  
**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**



En el Auditorium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 21 días del mes de julio del año 2022, a horas 3:00 p.m., se reunieron los miembros del jurado calificador conformado de la siguiente manera:

**PRESIDENTE** : Dr. Víctor Guillermo SÁNCHEZ ARAUJO  
<https://orcid.org/0000-0002-7702-0881>  
DNI N° 40446828

**SECRETARIA** : M.Sc. Mabel Yesica ESCOBAR SOLDEVILLA  
<https://orcid.org/0000-0001-9253-5974>  
DNI N° 41063829

**ASESOR** : Mg. Wilfredo SÁEZ HUAMÁN  
<https://orcid.org/0000-0002-3114-8134>  
DNI N° 23274838

Designados con Resolución de Decano N° 121-2022-FCI-UNH, de fecha 04 de julio del 2022, a fin de proceder el acto académico de evaluación y calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN LA MICROCUENCA URBANA DEL RIO ICHU EN LA CIUDAD DE HUANCAVELICA, 2022", presentado por el Bachiller Juan Pablo VASQUEZ HUAMAN con DNI N° 72811754, a fin de para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitaria**; Finalizado la evaluación a horas...4:10 p.m.; se invitó al público presente y al sustentante abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los jurados, se llegó al siguiente resultado:

APROBADO  POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO  POR .....

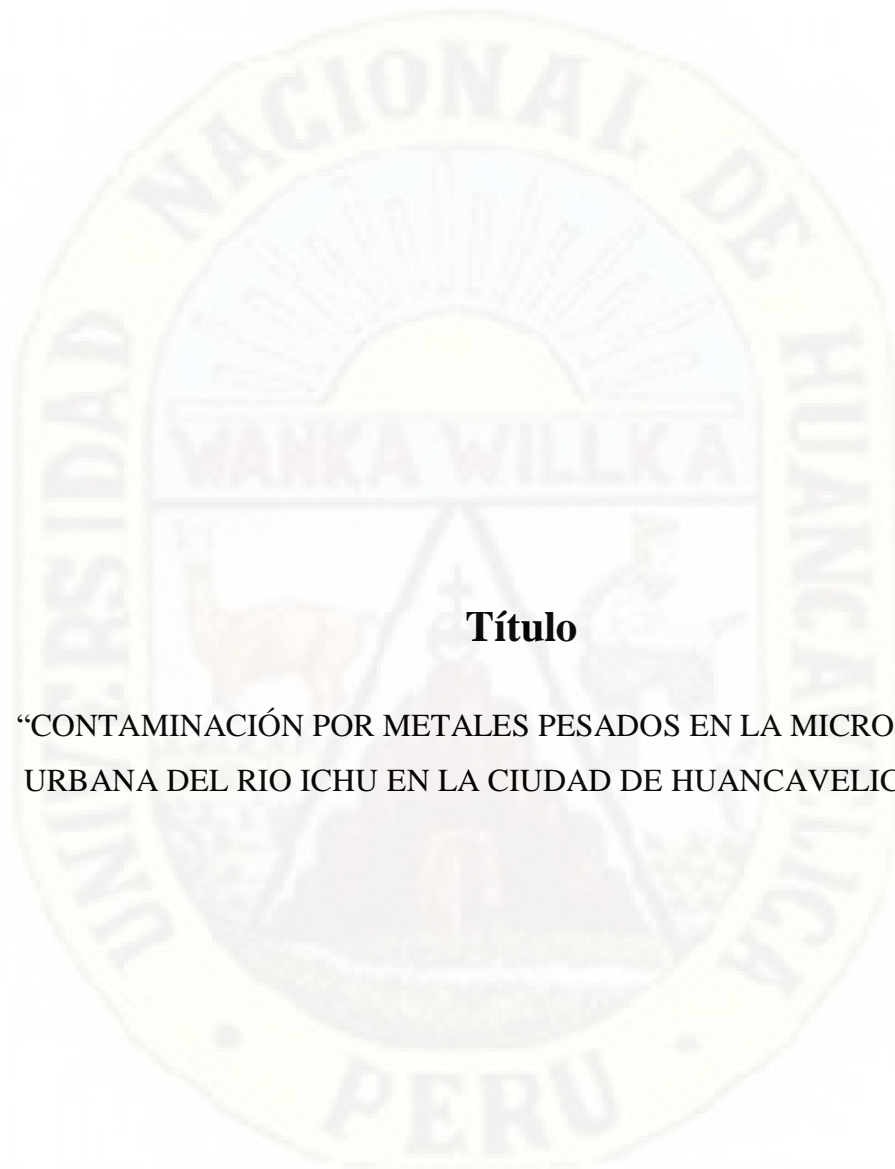
En señal de conformidad, firmamos a continuación:

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Secretario

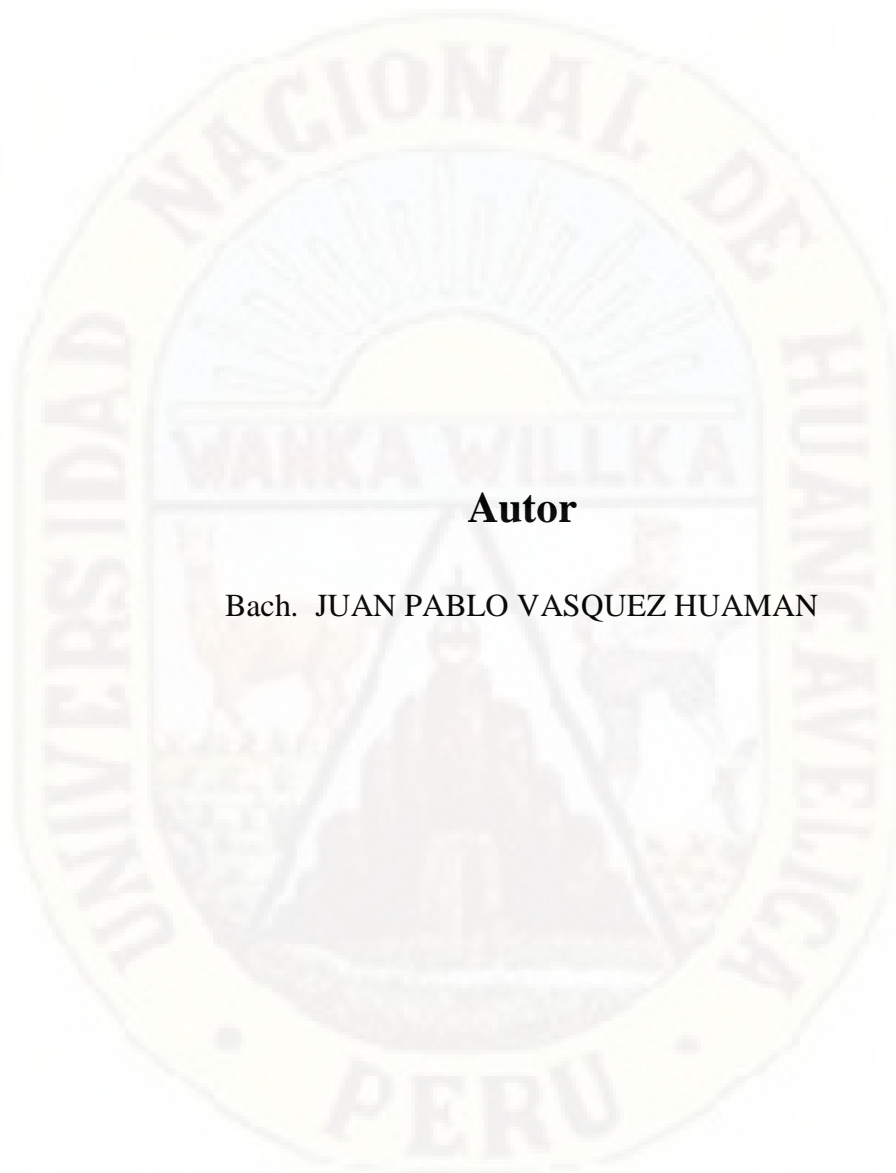
  
\_\_\_\_\_  
Asesor

  
\_\_\_\_\_  
V° B° Decano



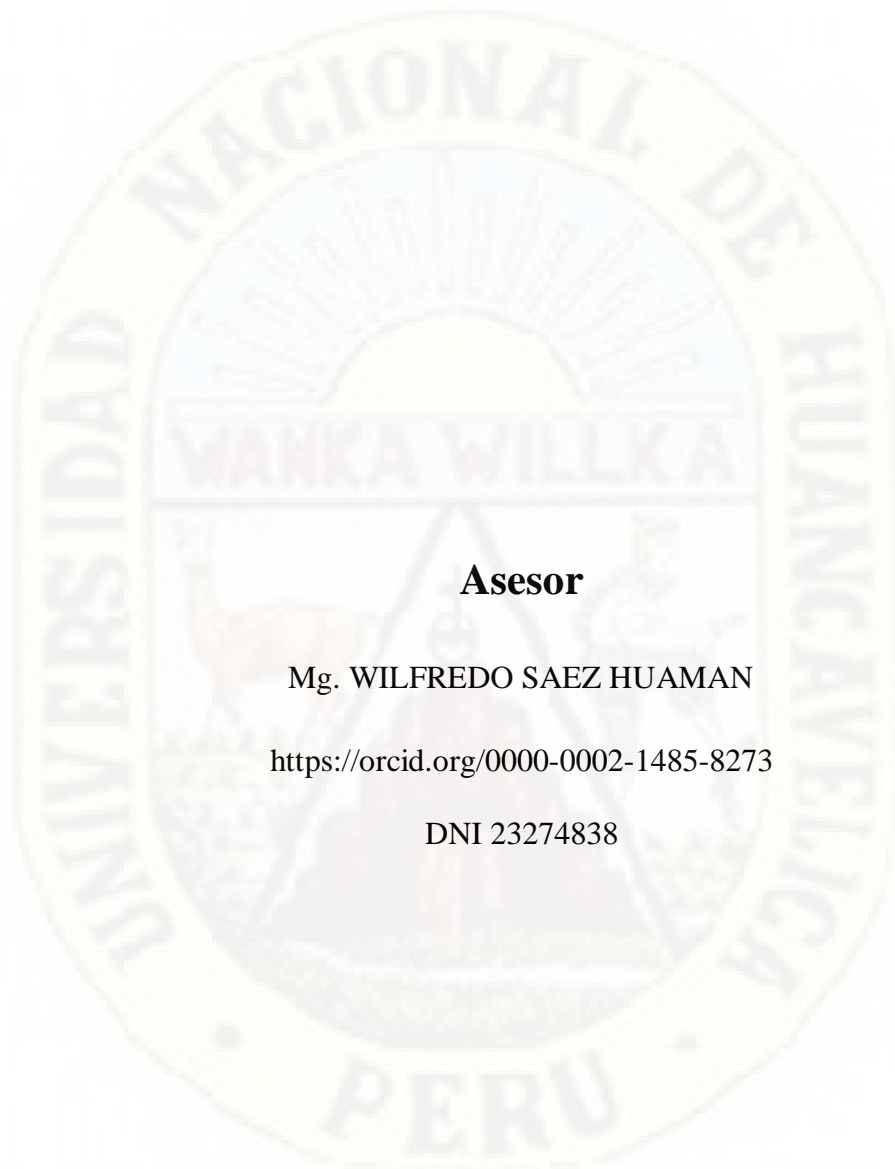
## **Título**

“CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN LA MICROCUENCA URBANA DEL RIO ICHU EN LA CIUDAD DE HUANCVELICA, 2022”



**Autor**

Bach. JUAN PABLO VASQUEZ HUAMAN

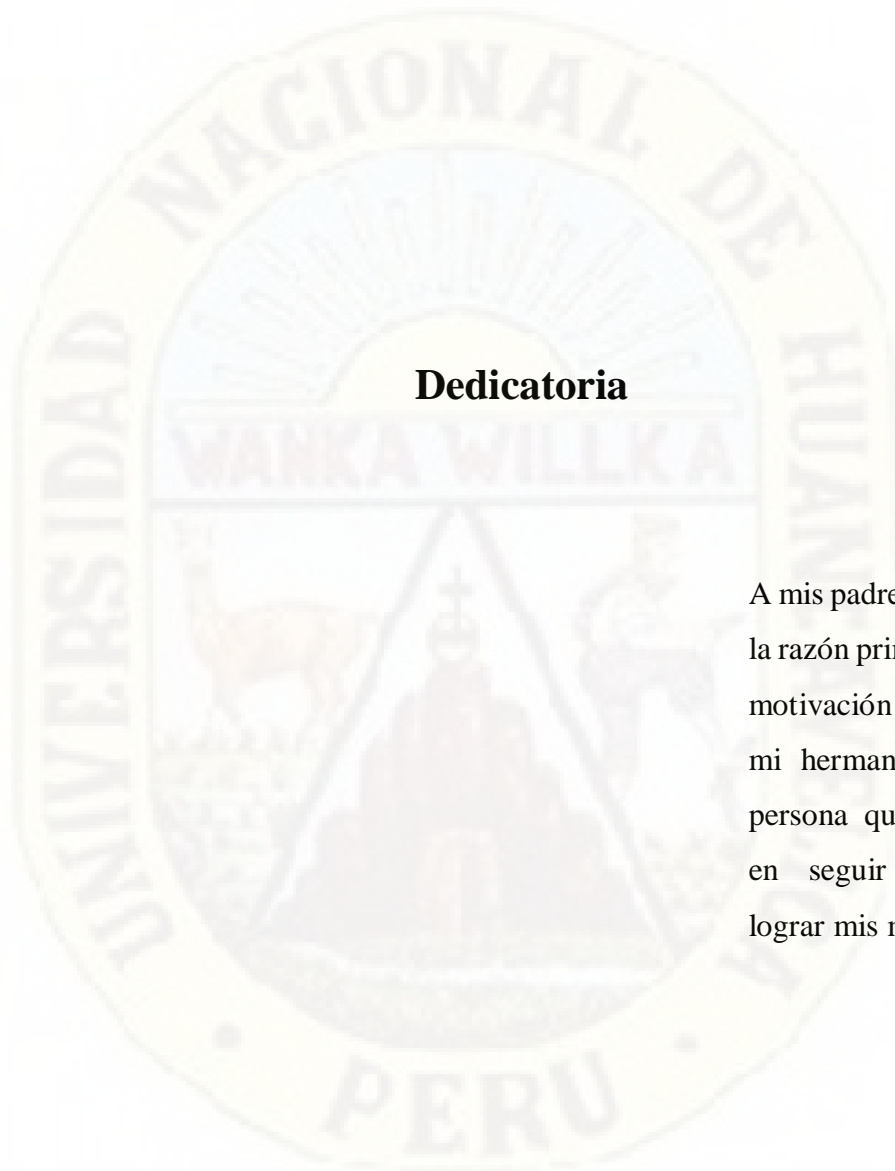


**Asesor**

Mg. WILFREDO SAEZ HUAMAN

<https://orcid.org/0000-0002-1485-8273>

DNI 23274838



## **Dedicatoria**

A mis padres quienes son la razón primordial de mi motivación y triunfo, a mi hermana por ser la persona que me inspira en seguir adelante y lograr mis metas.

Juan Pablo.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por iluminar mi camino, por darme la verdad y la vida, así mismo a mis padres Pablo y Gladys, por su aliento incondicional que me brindan permanentemente, por guiarme hacia el camino correcto en mi formación profesional, por su apoyo en cada momento de la formulación y ejecución de mi tesis.

Al asesor, M.Sc. Wilfredo Sáez Huamán, por aceptar ser mi asesor, por haberme guiado en este largo camino con sus orientaciones y alientos constante para culminar mi tesis el cual se ve realizado.

A la Universidad Nacional de Huancavelica; creada por Ley N° 25265 por permitir desarrollarme en el aspecto profesional y humanitario.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y al conjunto de catedráticos, por haberme aportado los conocimientos necesarios para mi formación y hacer de cada uno de nosotros profesionales íntegros, capacitados para el mundo laboral.

Siempre estaré agradecido a todas las personas que me apoyaron de manera directa e indirecta durante el proceso de mi trabajo de investigación y así poder culminar satisfactoriamente.

## Tabla de Contenido

Acta de sustentación .....	ii
Título.....	iii
Autor .....	iv
Asesor.....	v
Dedicatoria .....	vi
Agradecimiento .....	vii
Tabla de contenidos de tablas .....	x
Tabla de contenidos de figuras .....	xi
Resumen.....	xii
Abstract .....	xiii
Introducción.....	xiv
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>16</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>16</b>
1.1 Descripción del problema .....	16
1.2 Formulación del problema .....	17
1.3 Objetivos de la investigación. ....	17
1.3.1 Objetivo general .....	17
1.3.2 Objetivos específicos .....	17
1.4 Justificación.....	18
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>20</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
2.1 Antecedentes .....	20
2.2 Bases teóricas .....	26
2.3 Hipótesis.....	32
2.4 Definición de términos.....	32
2.5 Identificación de variables. ....	34
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>35</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>35</b>
3.1 Tipo de la investigación. ....	35

3.2	Nivel de investigación.....	36
3.3	Métodos de investigación.....	36
3.4	Diseño de investigación .....	36
3.5	Población, muestra, muestreo.....	37
3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	37
3.7	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	38
CAPITULO IV .....		40
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		40
4.1	Presentación e Interpretación de datos.....	40
4.2	Discusión de resultados.....	60
Conclusiones.....		63
Recomendaciones .....		64
Referencias bibliográficas .....		65
Apéndice .....		68



## Tabla de contenidos de tablas

Tabla 1 Concentración de metales pesado en el rio Ichu Huancavelica .....	41
Tabla 2 Comparación de metales pesado con la ECA-Agua, Categoría 4-E2: Ríos ..	44
Tabla 3 Normalidad para Arsénico (As) .....	44
Tabla 4 Prueba de T de Student para la concentración de Arsénico (As).....	47
Tabla 5 Datos para la prueba de T de Student para la concentración de Arsénico (As). .....	48
Tabla 6 Normalidad para Plomo (Pb) .....	56
Tabla 7 Prueba de T de Student para la concentración de Plomo (Pb).....	58
Tabla 8 Datos para la prueba de T de Student para la concentración de Plomo (Pb).	59

## Tabla de contenidos de figuras

Figura 1 Concentración de Arsénico (As) en las aguas del rio Ichu Huancavelica....	41
Figura 2 Concentración de Cadmio (Cd) en las aguas del rio Ichu Huancavelica .....	42
Figura 3 Concentración de Cromo (Cr) en las aguas del rio Ichu Huancavelica .....	42
Figura 4 Concentración de Mercurio (Hg) en las aguas del rio Ichu Huancavelica...	43
Figura 5 Concentración de Plomo (Pb) en las aguas del rio Ichu Huancavelica.....	43
Figura 6 Prueba de normalidad para Arsenico (As) .....	45
Figura 7 Comparación de Arsénico (As) en la microcuenca urbana del rio Ichu con la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.....	46
Figura 8 Campana de gauss para la prueba de hipótesis de Arsénico (As).....	49
Figura 9 Comparación de Cadmio (Cd) en la microcuenca urbana del rio Ichu con la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos. ....	50
Figura 10 Comparación de Cromo (Cr) en la microcuenca urbana del rio Ichu con la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos. ....	52
Figura 11 Comparación de Mercurio (Hg) en la microcuenca urbana del rio Ichu con la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos. ....	54
Figura 12 Prueba de normalidad para Plomo (Pb).....	57
Figura 13 Comparación de Plomo (Pb) en la microcuenca urbana del rio Ichu con la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos. ....	57
Figura 14 Campana de gauss para la prueba de hipótesis de Plomo (Pb).....	60

## Resumen

La investigación titulada “Contaminación por metales pesados en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica, 2022”, cuyo objetivo general fue determinar la concentración de metales pesados (As, Cd, Cr, Hg, Pb) en la microcuenca urbana del río Ichu de Huancavelica. Realizado por la importancia que implica, para la preservación de la calidad del agua, suelo y sistemas bióticos. La metodología empleada fue del tipo de investigación básica, el nivel descriptivo, el método general científico, el diseño no experimental transeccional descriptivo, la población fue el río Ichu, muestra de 5 puntos con muestreo, para la recolección de datos se empleó el análisis de metales pesados en laboratorio. Los resultados fueron: Arsénico (As) de 0.0051 a 0.0066 mg/L, Cadmio (Cd) < 0.0004 mg/L, Cromo (Cr) < 0.02 mg/L, Mercurio (Hg) de < 0.001 mg/L y Plomo (Pb) de 0.0004 a 0.0048 mg/L. Concluyendo que: la concentración de los metales pesados como el Cadmio, Cromo y Mercurio superan los Límites Máximos del ECA- Agua, Categoría 4 – E2: Ríos a excepción de Arsénico y Plomo que se encuentran dentro de los valores permitidos por la normativa nacional.

**Palabras clave:** metales pesados, microcuenca río Ichu, arsénico, cadmio, cromo, mercurio, plomo.

## **Abstract**

The research entitled "Contamination by heavy metals in the urban micro-basin of the Ichu river in the city of Huancavelica, 2022", whose general objective was to determine the concentration of heavy metals (As, Cd, Cr, Hg, Pb) in the urban micro-basin of the Ichu River of Huancavelica. Carried out due to the importance it implies, for the preservation of the quality of water, soil and biotic systems. The methodology used was of the type of basic research, the descriptive level, the general scientific method, the non-experimental descriptive transectional design, the population was the Ichu River, a sample of 5 points with sampling, for data collection the analysis of heavy metals in the laboratory. The results were: Arsenic (As) from 0.0051 to 0.0066 mg/L, Cadmium (Cd) < 0.0004 mg/L, Chromium (Cr) < 0.02 mg/L, Mercury (Hg) from < 0.001 mg/L and Lead (Pb ) from 0.0004 to 0.0048 mg/L. Concluding that: the concentration of heavy metals such as Cadmium, Chromium and Mercury exceed the Maximum Limits ECA-Water, Category 4 – E2: Rivers except for Arsenic and Lead that are within the values allowed by national regulations.

**Keywords:** heavy metals, Ichu river micro-basin, arsenic, cadmium, chromium, mercury, lead.

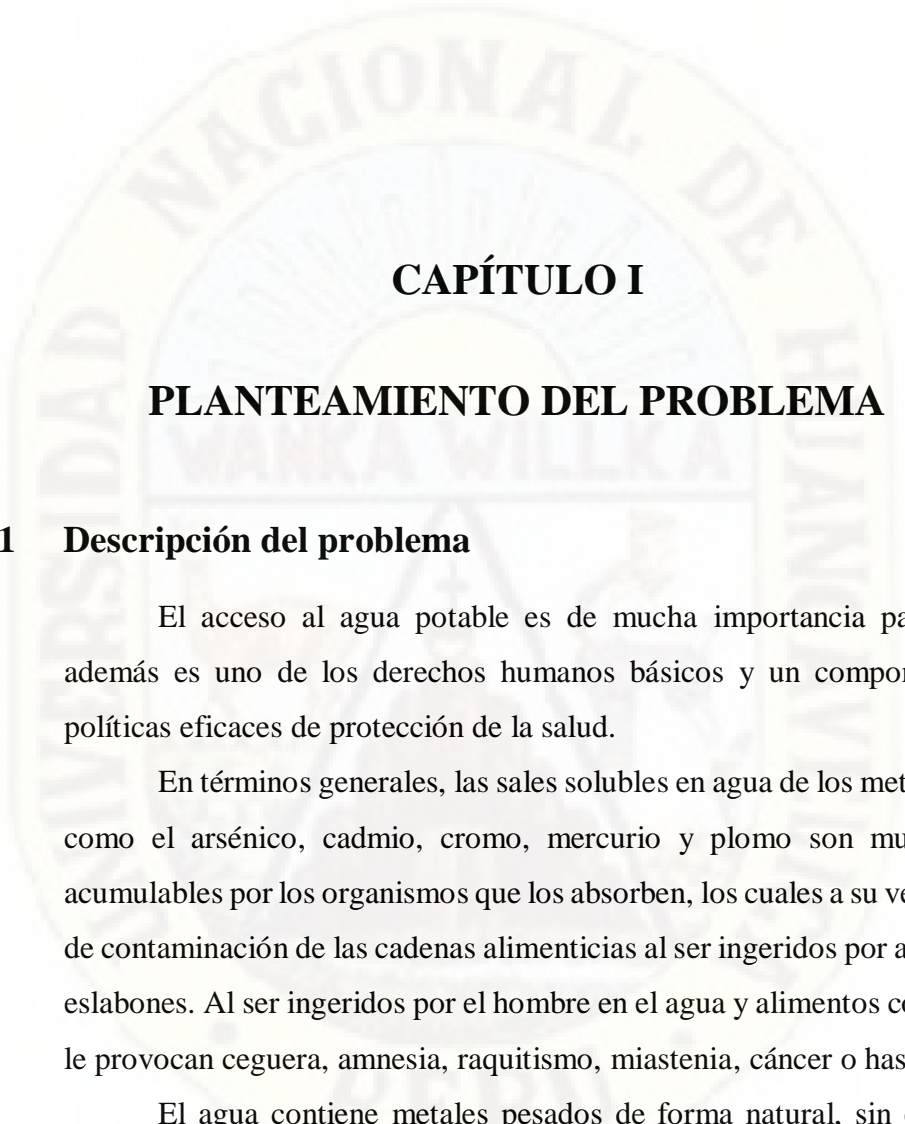
## **Introducción**

El agua es un líquido importante para el consumo humano las que deben de cumplir con los parámetros establecidos de calidad y que debe de ser inocua para la salud de las personas. Por consiguiente, el agua no debe de presentar ningún tipo de riesgo que pueda causar ningún tipo de enfermedad. La contaminación más frecuente de agua es a través de las excretas del hombre y de los animales; agravado por la insensatez de muchos habitantes aledaños de arrojar sus aguas servidas, residuos sólidos y desmontes directamente al río. El recurso hídrico (necesario para la vida) ha sido fuertemente afectado por sustancias cada vez más agresivas y difíciles de tratar, debido a su naturaleza química de sustancias presentes en desperdicios que caen a las corrientes. Por tal razón, agencias gubernamentales, ambientales, universidades y diversas organizaciones, se han preocupado por evaluar el impacto antrópico sobre los recursos hídricos a través del estudio de la naturaleza química, física y biológica del agua, mediante programas de monitoreo. (Samboni, Carvajal, & Carlos Escobar, 2007)

La evaluación de la calidad del agua se ha realizado tradicionalmente con base en los análisis físico-químicos y bacteriológicos. Sin embargo, en los últimos años, muchos países han aceptado la inclusión de las comunidades acuáticas como un hecho fundamental para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos. (Roldán, 2003). Este enfoque que integra todos los componentes del ecosistema permite clasificar las decisiones sobre el uso del agua y el impacto que genera el hombre sobre este vital recurso.

Se sabe que actualmente las tecnologías y prácticas limpias y su aplicación son cada vez más comunes y sobre todo necesarias, esto debido al detrimento ambiental que sufre nuestro planeta como consecuencia entre otros, a los procesos productivos y tecnológicos de la modernidad. (Hernández, 2016)

El Perú es un país mega diverso que cuenta con tres regiones geográficas (la costa, la sierra y la selva), es uno de los países con reserva de agua dulce a nivel mundial, sin embargo, con el crecimiento demográfico se tiene una carencia del servicio de agua potable, la falta de sistemas de saneamiento básico, ocasiona enfermedades infecciosas gastrointestinales que ocupan el segundo lugar que alcanzo el 26.48% (OMS, 2006). Este problema trae consecuencia en el incremento de los presupuestos públicos del estado para poder atender la salud, así como de los gastos familiares frente a una enfermedad provocada por el deficiente consumo de agua no apta para consumo humano, que de alguna forma disminuye la calidad de vida de las familias expuestas. (Aguilar & Navarro, 2018)



# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción del problema

El acceso al agua potable es de mucha importancia para la salud, además es uno de los derechos humanos básicos y un componente de las políticas eficaces de protección de la salud.

En términos generales, las sales solubles en agua de los metales pesados como el arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo son muy tóxicas y acumulables por los organismos que los absorben, los cuales a su vez son fuente de contaminación de las cadenas alimenticias al ser ingeridos por alguno de sus eslabones. Al ser ingeridos por el hombre en el agua y alimentos contaminados le provocan ceguera, amnesia, raquitismo, miastenia, cáncer o hasta la muerte.

El agua contiene metales pesados de forma natural, sin embargo, su incremento, aunque a veces también viene determinado por un enriquecimiento natural al pasar por acuíferos en los que hay rocas con una elevada concentración de esta materia, mayoritariamente está vinculado a la actividad humana, como la minería y la industria, que genera residuos como el plomo, el mercurio, el cadmio, el arsénico y el cromo, que llegan a los ríos y contaminan las aguas subterráneas. (Organización Mundial de la Salud, 2006)

La fuerte contaminación del suelo y el agua causada por los metales pesados se constituye en una de las amenazas más peligrosas para los seres humanos y el medio ambiente. Los metales pesados se encuentran principalmente en dos estados óxidos y sulfuros de micronutriente inofensivo pero vital para el ser humano. Por otro lado, estos metales pesados como el arsénico, el cadmio y el cromo son carcinógenos, genotóxico y mutagénico, incluso en cantidades traza, ya que puede entrar en las células a través del sistema de transporte de sulfato dañar oxidativamente el ADN y otros componentes de las células.

La garantía de la inocuidad del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la cuenca de captación al consumidor, de barreras múltiples para evitar la contaminación del agua de consumo o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cuál es la contaminación por metales pesados en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica, 2022?

## **1.3 Objetivos de la investigación.**

### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar la contaminación por metales pesados en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica, 2022

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- ✓ Determinar la concentración de arsénico en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica.
- ✓ Determinar la concentración de cadmio en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica.
- ✓ Determinar la concentración de cromo en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica.
- ✓ Determinar la concentración de mercurio en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica.

- ✓ Determinar la concentración de plomo en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica.
- ✓ Confrontar los niveles de concentración de metales pesados obtenidos con la normatividad vigente.

#### **1.4 Justificación**

Debido a su toxicidad la presencia de metales pesados en aguas del río Ichu, representa un serio problema para la flora y fauna ictiológica, así como la salud de los moradores de las poblaciones que se sirven de este río por la presencia de metales como el plomo, cadmio, mercurio, etc. Que afecta al sistema nervioso central lo cual se traduce en retraso mental especialmente para los niños. El conocimiento de los niveles de contaminación por metales pesados permitirá la toma de decisiones en el campo de la salud y medio ambiente. En general en el plano social, repercutiendo positivamente en la realidad nacional y huancavelicana. En la actualidad, el método más usado para evaluar la calidad de los recursos hídricos es el análisis físico químico. Si bien éste ofrece datos precisos, sólo revela las condiciones del instante de la toma de muestra, y no permite hacer una estimación de los impactos ecológicos de la contaminación. Una forma más adecuada de abordar este problema es el monitoreo biológico mediante organismos indicadores como (Macroinvertebrados, Ictiofauna, etc.), los cuales son sensibles a los cambios del entorno e integran información actual y pasada sobre la calidad de los ambientes acuáticos. Como parte de esta aproximación, el uso de índices bióticos es una de las estrategias más aplicadas para evaluar la calidad biológica del agua y el deterioro o recuperación de estos ecosistemas. Esta herramienta de diagnóstico ha demostrado ser eficiente en la detección de puntos de alteración, en el cartografiado de la calidad de aguas a nivel de cuenca, y en la determinación del uso más adecuado de los recursos hídricos. De esta manera, las variaciones en la composición de sus comunidades pueden interpretarse como signos evidentes de algún tipo de alteración en el agua. Los índices

bióticos son parte de la legislación ambiental en diferentes países y son un criterio indispensable en el desarrollo de estudios de impacto ambiental.

La contaminación del agua es la preocupación más urgente para el ser humano, por lo que su control es de suma urgencia. En el río Ichu, no se ha realizado este tipo de investigación, sin embargo considero que es importante hacerlo porque en los últimos años se ha incrementado de manera abrumadora el número de habitantes y la incidencia de contaminación del río tanto por aguas residuales, como por residuos sólidos y desmontes que indiscriminadamente vienen arrojando a la cuenca, sin considerar el grave daño que ocasionan y determinar si sobrepasan los límites máximos según D.S. N° 010-2010-MINAM, según el Reglamento de Calidad de Agua para el consumo humano, D.S. N° 031-2010-SA y según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.

Por lo antes mencionado se busca corroborar la presencia de metales pesados As, Cd, Cr, Hg y Pb en el río Ichu, a través de un estudio por el método de espectrofotometría y comparar los resultados obtenidos con los Límites Máximos ECA para agua.

El presente trabajo de investigación, trata en lo posible de conocer si existe este tipo de contaminación y caracterizar, determinando cómo se encuentra los diferentes metales pesados en las aguas del río Ichu, conocimiento que se obtendrá a través de los análisis espectrofotométricos que se hagan de sus aguas, analizando en que cantidad se presentan y poder conocer un resultado, que permitirá determinar si es apta el agua para regadío de cultivos, o para el consumo humano, en base de la determinación de la concentración de metales pesados presente en las aguas del río Ichu aledañas a las zonas urbanas de los Distritos de Ascensión y Huancavelica. Además, permitirá obtener resultados que podrán ser utilizados como línea de base para futuros proyectos y/o investigación que se realice a lo largo del río Ichu.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes**

##### **Nivel Internacional**

Calderón, (2015). El agua potable es el recurso natural más importante para el desarrollo y el fortalecimiento de la salud poblacional en las ciudades, puesto que brinda a sus consumidores seguridad en su ingestión, proveyendo una sana hidratación, reduce la tasa de mortalidad infantil y por lo tanto incrementando la expectativa de vida de los habitantes que consumen un agua de calidad. El principal objetivo de este proyecto es determinar la calidad de agua potable que llega a la Universidad de Cuenca, es decir, a todos sus campus y haciendas. Los parámetros analizados fueron: físicos: temperatura, turbiedad, color, olor, sabor, conductividad; químicos: pH, Alcalinidad, Dureza total, Oxígeno disuelto, Nitritos, Cloruros, Cloro libre, Cobre, Hierro; microbiológicos: Coliformes totales, Coliformes fecales, Aerobios mesófilos. Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas, según el análisis comparativo con los valores establecidos en la norma INEN 1108: 2014 demuestran, que la mayoría de los parámetros Físicos y Químicos cumplen satisfactoriamente con los requerimientos para la calidad de Agua potable, sin embargo, existieron resultados Microbiológicos indicativos de contaminación en las fuentes de agua que se utilizan de manera primordial para el consumo

humano en la mayoría de campus. Mediante la implementación de medidas de limpieza y desinfección frecuentes estas alteraciones podrán ser erradicadas.

Pavón, (2011). En su trabajo de investigación “Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando indicadores biológicos en la subcuenca del Río La Trinidad, Diriamba, Carazo, en el año hidrológico 2010-2011”, estudio realizado en la subcuenca del Río La Trinidad, municipio de Diriamba, Carazo, se monitoreó la calidad del agua superficial desde julio del 2010 a abril 2011. El objetivo fue evaluar la calidad del agua superficial de la subcuenca del Río La Trinidad, utilizando indicadores biológicos, fisicoquímicos y bacteriológicos para generar la línea base como soporte a la toma de decisiones en el manejo integrado de cuencas. Se utilizó el método Biological Monitoring Working Party BMWP/Col. para determinar la calidad biológica del agua superficial. Los resultados muestran que las familias de macroinvertebrados identificados en los muestreos son: 2,468 individuos pertenecientes a 11 órdenes y 27 familias. Tricorythidae fue la más abundante con 776 individuos, seguida de Leptophlebiidae: con 601, Hydropsychidae: 260, Physidae: 168, Thiaridae: 121, Gomphidae: 107, Baetidae: 103 y Chironomidae: con 100. Las 19 familias restantes presentaron entre 1 y 39 individuos. La clasificación biológica del agua del río presenta dos tipos de clasificación: clase II (ligeramente contaminada) y clase III (dudosa), en dependencia de las actividades agropecuarias que se desarrollen. El análisis bacteriológico presentó Coliformes fecales y totales muy altos (más de 1,200 NMP/100ml), la Norma Regional CAPRE. (1994) no permite el consumo humano, uso doméstico, por daños causado a la salud. La relación entre DBO5/DQO, en la parte alta 0.01 mg/l, en la parte media 0.14 mg/l y en la baja 0.02 mg/l, señalando que en algunos puntos de la subcuenca se hacen vertidos inorgánicos difíciles de depurar biológicamente. El uso actual de la tierra está por encima de la capacidad de uso, presentándose fuertes procesos de degradación de los suelos. Concluyéndose que los métodos biológicos y fisicoquímicos son complementarios en los procesos de evaluación de la calidad de las aguas. La abundancia de algunas familias está relacionada con las variables fisicoquímicas y microbiológicas. La presencia de Thiaridae y Chironomidae

se relacionan con altos niveles de microorganismos y bajos niveles de oxígeno. La mayor parte de las tierras son de vocación forestal y están siendo utilizadas para ganadería extensiva con pastos naturales de bajo valor nutritivo y sobrepastoreo.

Gramajo (2004), en la tesis “Determinación de la calidad del agua para consumo humano y uso industrial, obtenida de pozos mecánicos en la zona 11, Mixco, Guatemala”, en el presente trabajo se determinó la calidad del agua para consumo humano y uso industrial de cuatro pozos mecánicos ubicados en la zona 11 de Mixco, específicamente en las colonias Lo de Fuentes, Lo de Molina y Primero de Mayo. Para ello se determinaron las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua de cada uno de los pozos, posteriormente estos valores se compararon con la norma para agua potable NGO 29001 de la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR, y también se compararon con los requerimientos de calidad del agua para uso industrial contenidos en la norma propuesta CATIE. Para el análisis bacteriológico se usó el método de tubos múltiples de fermentación. Todos los parámetros evaluados se encontraron dentro de los límites aceptados en la norma para agua potable, por lo que se concluyó que el agua de estos cuatro pozos es adecuada para consumo humano. En cuanto a la calidad del agua para uso industrial, se encontró que es adecuada para uso en la industria de alimentos en general, no así para las industrias de bebidas carbonatadas, destilerías y cerveceras, y calderas por no cumplir con los requerimientos para estas industrias. En promedio, el agua de estos pozos se clasifica como dura y ligeramente corrosiva.

### **Nivel Nacional**

Espitia (2019), en su tesis “Análisis de calidad de agua potable con relación a sus parámetros fisicoquímicos, biológicos, y crecimiento de Lemna minor en la estancia de Lurín, Lima 2015-2016”. Las comunidades periféricas, como la de éste estudio se hallan expuestas a recibir agua con potabilización deficiente; el derecho al agua de calidad es inalienable, por lo que en el presente trabajo se analiza la calidad del agua proveniente de grifos domiciliarios de la Urbanización la Estancia de Lurín, la cual está inmersa en una zona

agropecuaria, industrial, de alta permeabilidad, recibe agua de fuente subterránea, con alta dureza y conductividad, siendo percibidas y rechazada por gran parte de sus habitantes, por sus repercusiones, económicas, factiblemente de salud y por cuanto además existe un gran número de habitantes de mayor riesgo de vulnerabilidad ( niños y embarazadas, y/o adulto mayor). El presente trabajo tiene como objetivo analizar los siguientes parámetros fisicoquímicos: Arsénico, Cadmio, Conductividad, Dureza y Turbidez, y microbiológicos (Coliformes totales y termotolerantes) además de cloro libre residual en agua potable de la Urbanización la Estancia de Lurín, con el fin de establecer si se hallan por fuera de los LMP de DIGESA y Colombia y a su vez establecer la correlación entre calidad de agua potable y el crecimiento de la planta acuática Lemna minor. Se realizaron determinaciones por Absorción atómica para los dos metales, Coliformes se analizaron mediante método de tubos múltiples, se compararon resultados acorde a la norma peruana de DIGESA y de Colombia, estableciéndose resultados así: As y Cd no detectado, presenta alta Dureza y Conductividad, pero no supera los LMP de la norma DIGESA, y se halla por encima de los LMP establecidos por la norma de Colombia, al igual que el nivel de cloro residual está deficiente, y además se halló Coliformes totales en el 25% de las muestras. La Turbidez se halla dentro de límites permisibles de ambas normas. La correlación directa entre Calidad de agua y crecimiento diferencial poblacional de la planta acuática Lemna minor fue positiva, pudiendo relacionar porcentaje de crecimiento con nivel de calidad de potabilización, por lo cual se puede utilizar como indicadora y alerta de su calidad, para las comunidades.

Gianoli (2018), en su trabajo de investigación “Estudio microbiológico y físico de la calidad del agua en seis puntos de la Bahía de Sechura-Piura”. El objetivo del estudio fue determinar la contaminación existente de la bahía de Sechura en seis distintos puntos (Las Delicias, Parachique, Puerto Rico, San Pedro, Chulliyachi y el Dren de Sechura) a través de un análisis bacteriológico del agua, utilizando el método cuantitativo de Número Más Probable (NMP), el cual indica la concentración de bacterias coliformes totales y fecales. Todos

los puntos monitoreados presentaron niveles no aptos según el decreto supremo N° 004-2017-MINAM en algún momento del año. Puerto Rico sobrepasó los límites establecidos según la normativa en varios meses del año considerada el punto con mayor carga bacteriana del estudio. En contraste las Delicias es considerado el punto con menor carga bacteriana. Se encontró que los factores fisicoquímicos presentes en el ambiente son insignificantes ante la presencia de coliformes. Se concluye que el estado actual del agua de la bahía representa un riesgo para la salud de las personas y el medio ambiente.

Aguilar Sequeiros & Navarro Alfaro (2017), en su tesis “Evaluación de la Calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del Distrito de Abancay, Provincia de Abancay, 2017”. Que tuvo como objetivos que se plantearon fueron determinar los parámetros Físicos como: conductividad, temperatura, turbiedad, sólidos totales disueltos; determinar los parámetros químicos como: pH, dureza total, cloruros, sulfatos y alcalinidad; determinar parámetros Bacteriológicos como: coliformes totales, coliformes fecales, se analizaron muestras de agua procedentes de la captación de Siracachayoc, los cuales se utilizaron métodos según la norma técnica N°031.DIGESA(2012), reglamento de la calidad de agua para consumo humano MINAM(2012) en el laboratorio de control de la calidad de agua de la DESA de la Dirección Regional de Salud Apurímac los datos que fueron procesados se utilizó el paquete estadístico SPS (sistema de procesamiento estadístico). Los resultados obtenidos en laboratorio muestran en los parámetros físicos fueron en pH  $7.78 \pm 4.0$ , Temperatura  $17.43 \pm 8.2$ , Conductividad  $138.12 \pm 4.1$ , Alcalinidad  $73.68 \pm 10.3$ ; mientras en los parámetros químicos los resultados que se obtuvieron fueron en dureza Total  $74.28 \pm 13.3$ , Calcio  $23.35 \pm 7.9$ , Magnesio  $4.74 \pm 9.8$ , Cloruros  $74 \pm 15.6$ ; entre tanto para los resultados bacteriológicos en las Unidades de Formadoras de Colonias en coliformes totales fueron en captación de  $18.67 \pm 28.05$ , en reservorio fue de  $18.08 \pm 13.51$ , en pileta domiciliaria fue de  $29.08 \pm 24.6$ , para los coliformes Termotolerantes en captación fue de  $6.67 \pm 16.83$ , en reservorio fue de  $1.75 \pm 2.60$  y en pileta domiciliaria fue de  $6.25 \pm 16.94$ .segun la Norma

Técnica 031-DIGESA en los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los valores normales para agua para consumo humano.

Casilla, (2014), en su trabajo de investigación “Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Suchez “, la cuenca en estudio pertenece al sistema de cuencas endorreicas del lago Titicaca, el río Suchez ha sido designado como límite entre los países. Perú y Bolivia. Donde se encuentra el potencial aurífero en la zona es uno de los mayores de la región al encontrarse constituido por placeres del oro formados en el ordovícico en la cordillera de Palomani. Dentro de la cuenca se encuentran los asentamientos humanos destinados a la ganadería en menor escala y la agricultura; así también la actividad de extracción de oro, esta cuenca se constituya en un problema de derecho de uso de orden internacional; así como de contaminación por mercurio de los ecosistemas y posiblemente humanos, debido a que este metal pesado, altamente tóxico es empleado para separar el oro de los otros minerales presentes en los sedimentos. El estudio abarcó alrededor de 35 km de tramo en el río Suchez a partir de su desembocadura, con un rango altitudinal entre los 3 904 y 3 844 m.s.n.m. Caracterizaron los cuerpos de agua en función a su contenido de sólidos suspendidos, conductividad eléctrica, iones mayores (sulfatos, sodio, potasio, calcio y magnesio) y pH. En las aguas del río Suchez encontraron que los sólidos suspendidos son bajos (< a 5 mg/l), con tendencia a incrementar a medida que hay menos pendiente, en la desembocadura; sin embargo, los sólidos totales alcanzan los valores más elevados en relación a otras zonas del sector 240 mg/l. El anión más importante son los sulfatos (32.0-24.0 mg/l) y el calcio es el catión predominante (24.0-16.0 mg/l), otros iones cuantificados fueron sodio (6.4-6.9 mg/l) y magnesio (5.1-3.4 mg/l). Según Navarro y Maldonado (2004) las aguas presentan altos contenidos de sulfatos y bicarbonatos, el calcio, sodio y sílice son secundarios en importancia. El estado de contaminación por mercurio de la cuenca, así como el riesgo que este metal representa para la salud de los pobladores locales agrava la situación de los conflictos en la región. Es necesario identificar el estado de contaminación de los ecosistemas locales, así como el riesgo a la salud que representa para los seres humanos. En este marco

la ONG Agua Sustentable ha contratado los servicios de la Asociación Fauna Agua, para realizar el análisis de información secundaria disponible sobre el estado de contaminación de la cuenca.

Flores y Pérez (2009), en su trabajo de investigación “Determinación de arsénico, por absorción atómica, en agua de consumo humano proveniente de SEDAPAL, de cisterna y de pozo del distrito de Puente Piedra”. Realiza estudios así: “en el distrito de Puente Piedra se evaluó el grado de contaminación de arsénico, especialmente por tratarse de un distrito con escaso control sanitario sobre la calidad de agua de consumo humano. Para llevar a cabo este estudio se tomaron 38 muestras de agua de consumo humano, 13 provenían de SEDAPAL, 13 de agua de cisterna y 12 de agua de pozo, se usó el método espectrofotométrico de absorción atómica con horno de grafito. Se encontró que la concentración promedio de arsénico del total de muestras provenientes de SEDAPAL fue de 9.13  $\mu\text{g As/L}$  y el total de muestras provenientes de cisterna fue de 5.04  $\mu\text{g As/L}$ , los cuales no exceden la concentración máxima permisible dada por la Norma Técnica Peruana 214.003.87 (50  $\mu\text{g As/L}$ ) y la Organización Mundial de la Salud (10  $\mu\text{g As/L}$ ). También se halló que la concentración promedio de arsénico en el agua de consumo humano proveniente de pozo fue de 22,40  $\mu\text{g As/L}$ , la cual está por encima del límite permisible establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y por debajo del límite permisible dado por la Norma Técnica Peruana (NTP 214.003.87). Se observa que el 100% de las muestras supera el límite permisible establecido por la OMS. Se recomienda realizar este tipo de estudios en otros distritos de Lima Metropolitana para poder hacer un seguimiento de la calidad del agua de consumo humano que abastece a los habitantes”

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Generalidades.**

Según la Real Academia Española, el agua (del latín aqua) es la “sustancia formada por la combinación de un volumen de oxígeno y dos

de hidrógeno, es líquida, inodora, insípida, en pequeña cantidad incolora y verdosa o azulada en grandes masas. Es el componente más abundante en la superficie terrestre y más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y se encuentra en compuestos naturales, y como agua de cristalización en muchos cuerpos orgánicos e inorgánicos como los cristales”. (RAE, 2020)

El agua es considerada como uno de los recursos naturales más fundamentales para el desarrollo de la vida y junto con el aire, la tierra y la energía, constituye los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo. Cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre. El agua en los seres vivos se encuentra tanto intracelular, como extracelularmente. El agua intracelular, representa  $2/3$ , aproximadamente, y el agua extracelular representa el tercio restante. Esta última se encuentra bañando las células o conformando la sangre, linfa, savia, etc. En los seres unicelulares y en los organismos acuáticos el agua es además su medio ambiente. El agua interviene en muchas reacciones químicas, bien como reactivo o como producto de la reacción, y resulta imprescindible para la estabilidad de muchas sustancias biológicas. (Marín, 2006).

### **2.2.2 Propiedades físico-químicas.**

Su importancia reside en que casi la totalidad de los procesos químicos que suceden en la naturaleza, así como los que se llevan a cabo en la industria, tienen lugar entre sustancias disueltas en agua.

**a) Temperatura:** La temperatura del agua se establece por la absorción de radiación en las capas superiores del líquido. Las variaciones de temperatura afectan a la solubilidad de sales y gases en agua y en general a todas sus propiedades, tanto químicas como microbiológicas (Marín, 2006).

**b) Color:** El color del agua se debe a sustancias coloreadas existentes en suspensión o disueltas en ella: materias orgánicas procedentes de la descomposición de vegetales, así como de diversos productos y metabolitos orgánicos que habitualmente se encuentran en ellas. Además, la presencia de sales solubles de Fe y Mn (aguas subterráneas y superficiales poco oxigenadas) también produce un cierto color en el agua (Marín, 2006).

**c) Olor y sabor:** Fisiológicamente, los sentidos del gusto y el olfato están íntimamente relacionados ya que las papilas linguales y las olfativas detectan estímulos simultáneos y complementarios. Solamente existen cuatro sabores básicos: ácido, salado, dulce y amargo. Todos los demás sabores se obtienen por interacción de estos reseñados. Las fuentes de sabores y olores del agua responden a dos orígenes: naturales y artificiales. Las primeras incluyen gases, sales, compuestos inorgánicos, compuestos orgánicos y compuestos procedentes de la actividad vital de los organismos acuáticos. Los compuestos productores de olor/sabor de origen artificial pueden ser también orgánicos e inorgánicos y están probablemente más definidos, al poder identificarse la fuente concreta productora del problema (Marín, 2006).

### **2.2.3 Propiedades químicas y biológicas:**

**a)** El agua tiene una densidad máxima de  $1 \text{ g/cm}^3$  cuando está a una temperatura de  $3,8^\circ\text{C}$ , característica especialmente importante en la naturaleza que hace posible el mantenimiento de la vida en medios acuáticos sometidos a condiciones exteriores de bajas temperaturas. La dilatación del agua al solidificarse también tiene efectos importantes en los procesos geológicos de erosión. Al introducirse agua en grietas del suelo y congelarse posteriormente, se originan tensiones que rompen las rocas (Carbajal et al., 2012).

- b)** El agua tiene un alto valor de tensión superficial, quedando las moléculas de la superficie fuertemente atraídas, aunque algunas sustancias pueden romper esta atracción. Este es el caso del jabón que forma espuma o de las sales biliares que facilitan la digestión de las grasas. Las gotas de grasa emulsionadas se organizan después en micelas que aumentan la absorción (crean un mayor gradiente de difusión) y facilitan la entrada de otros nutrientes (Carbajal et al., 2012).
- c)** Además, el agua posee una alta reactividad que se pone de manifiesto en su poder de disolución de materiales. Un proceso de disolución implica el cambio en propiedades físicas y químicas de la disolución ya constituida, con respecto tanto al soluto como al propio disolvente. Así, el ataque químico del líquido a las rocas y minerales en un medio natural, el cual se puede producir de diferentes formas:
- Hidratación: O penetración del agua dentro de la red reticular del cristal, formando compuestos químicos denominados "hidratos".
  - Hidrólisis: O descomposición mutua entre la sal que se disuelve y el agua.
  - Óxido – Reducción: Se da tanto en la zona de infiltración y en el agua libre: implica el tránsito de electrones. El equilibrio redox se da entre el O<sub>2</sub> aportado por el aire disuelto en el agua que se infiltra, y el consumo del gas en procesos de oxidación de las sustancias reductoras existentes en el medio.
  - pH: Que puede provocar reacciones de disolución de sales presentes en rocas y minerales, sobre todo en condiciones ácidas (así la provocada por "lluvia ácida", rica en ácidos sulfúrico y nítrico de alto poder agresivo frente a materiales naturales y artificiales) (Carbajal et al., 2012).
- d)** La interacción hidrofóbica es la responsable de diversos procesos biológicos importantes. En medios acuosos, la interacción con moléculas anfipáticas (o anfifílicas, aquellas con grupos polares y

apolares, como los detergentes o las sales biliares) determina la formación de estructuras ordenadas. El efecto hidrofóbico del agua, consecuencia de su gran cohesión, resultó esencial para la formación y posterior evolución de las células (Carbajal et al., 2012).

- e) El agua, junto con sustancias viscosas, actúa como lubricante: la saliva lubrica la boca y facilita la masticación y la deglución, las lágrimas lubrican los ojos y limpian cualquier impureza; el líquido sinovial baña las articulaciones; las secreciones mucosas lubrican el aparato digestivo, el respiratorio, el genito-urinario. Mantiene también la humedad necesaria en oídos, nariz o garganta. Proporciona flexibilidad, turgencia y elasticidad a los tejidos. El líquido del globo ocular, el cefalorraquídeo, el líquido amniótico y en general los líquidos del organismo amortiguan y nos protegen cuando caminamos y corremos. Y finalmente, también el feto crece en un ambiente excepcionalmente bien hidratado (Carbajal et al., 2012).

#### **2.2.4 Calidad de agua.**

“La calidad del agua no es una característica absoluta, sino que es más un atributo definido socialmente en función del uso que se le piense dar al líquido” (WRI, 2000).

El acceso al agua apta para el consumo humano es un derecho fundamental y una necesidad básica y esencial para la reducción de la pobreza. Se considera que el agua es de calidad cuando es segura para el consumo humano, es decir, cuando presenta ausencia de bacterias coliformes totales y fecales, así como de minerales y metales pesados (OMS, 2006).

La calidad del agua está afectada por diversos factores como los usos del suelo, la producción industrial y agrícola, el tratamiento que se le da antes de ser vertida nuevamente a los cuerpos de agua, y la

cantidad misma en ríos y lagos, ya que de ésta depende su capacidad de purificación.

A nivel mundial en los países en desarrollo se da tratamiento a menos del 10% del agua utilizada, esto significa, que la inmensa mayoría del líquido se vierte a ríos, lagos o mares, ocasiona la contaminación de éstos y, en consecuencia, la reducción del agua disponible para el uso. Las estimaciones de disponibilidad del agua no reflejan por completo el problema de las necesidades de este recurso, ya que en la mayor parte del mundo la calidad del agua está lejos de ser la adecuada.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, 1 100 millones de personas no tienen acceso a una fuente de agua potable mejorada, particularmente en áreas rurales donde no existe posibilidad de que el agua tenga un tratamiento previo que mejore su calidad y posibilite su uso general (Auge, 2007).

#### **2.2.5 Problemas de salud relacionados con la deficiencia de calidad de agua.**

Las enfermedades relacionadas con el uso de agua incluyen aquellas causadas por microorganismos y sustancias químicas presentes en el agua potable. La deficiente calidad del agua, continúa siendo una gran amenaza para la salud humana; siendo las enfermedades diarreicas las más importantes, atribuyéndose éstas al abastecimiento inseguro de agua y al inadecuado saneamiento e higiene, con el consiguiente riesgo de infección por parásitos (anquilostomiasis, ascariasis), bacterias (cólera, shigelosis, salmonelosis) o virus (hepatitis), que afecta principalmente a los niños de los países sub desarrollados. Las bacterias coliformes no siempre causan enfermedad, pero sirven como uno de los indicadores de contaminación por microorganismos asociados con enfermedades diarreicas. La calidad del agua requiere de un parámetro básico contemplado dentro de los derechos humanos, pero además está el acceso al agua apta para el consumo humano, proporcional al número

de personas que se abastecen de las fuentes de agua seguras. Para los habitantes de una ciudad se entiende el acceso al agua segura como: la proporción de la población que tiene servicio de acueducto domiciliario dentro del área urbana, siempre que lo requiera. Se estima que el consumo de agua contaminada es responsable del 88% de los más de cuatro billones de casos de enfermedades diarreicas que se producen en el mundo cada año, y de 1,8 millones de muertes que resultan de ellas. Asimismo, es indirectamente responsable por el 50% de casos de desnutrición infantil que está vinculada a enfermedades diarreicas y de las 860.000 muertes que resultan de ellos cada año (OMS, 2006).

Las más afectadas son las poblaciones de los países en desarrollo que viven en condiciones de pobreza extrema, tanto en áreas periurbanas como rurales. Los principales problemas que causan esta situación incluyen la falta de prioridad que se le da al sector, la escasez de recursos económicos, la carencia de sostenibilidad de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento, los malos hábitos de higiene y el saneamiento inadecuado de entidades públicas como hospitales, centros de salud y escuelas (Álvarez et al., 2013).

### **2.3 Hipótesis.**

**Ha:** La contaminación por metales pesados en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica superan los ECAs establecidos para aguas.

**Ho:** La contaminación por metales pesados en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica No superan ECAs establecidos para aguas.

### **2.4 Definición de términos.**

- ✓ **Agua potable:** Es aquella que, por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, en las condiciones señaladas en el

decreto DIGESA puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a su salud.

- ✓ **Coliformes Totales:** La denominación de los coliformes totales son bacterias que tienen características aeróbicas y anaeróbicas gran negativas no esporuladas de forma alargada que se desarrollan en colonias y son de rojo brillante metálico en un medio tipo Endo, tengan lactosa tras una incubación de 24 horas a 35°C que son indicadores de la calidad de agua para consumo humano (Flores, 2016)
- ✓ **Coliformes Fecales:** Del mismo modo los coliformes fecales también denominados coliformes termotolerantes llamados así por que soportan temperaturas elevadas hasta los 45°C que son un grupo de microorganismos muy reducidos indicadores también de la calidad de agua ya que estas bacterias son de origen fecal y el cual encontramos a *E. coli*, *Klebsiella* (Hernandez, 2008)
- ✓ **Estándares de Calidad Ambiental:** Es un instrumento de gestión ambiental que se establece para medir el estado de la calidad del ambiente en el territorio nacional. En la legislación peruana está considerado este instrumento **ECA**, que tienen que cumplirse para preservar el medio ambiente.
- ✓ **Límite máximo permisible:** Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua.
- ✓ **Metales Pesados:** Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad alta. Son en general tóxicos para los seres humanos y los seres vivos, entre los más susceptibles de presentarse en el agua destacamos mercurio, cadmio, arsénico, plomo y cromo.
- ✓ **Parámetros de control obligatorio (PCO):** Son los parámetros que todo proveedor de agua debe realizar obligatoriamente al agua para consumo humano.
- ✓ **Parámetros adicionales de control obligatorio (PACO):** Parámetros que de exceder los Límites Máximos Permisibles se incorporarán a la lista de parámetros de control obligatorio hasta que el proveedor demuestre que

dichos parámetros cumplen con los límites establecidos en un plazo que la Autoridad de Salud de la jurisdicción determine.

- ✓ **Proveedor del servicio de agua para el consumo humano:** Toda persona natural o jurídica bajo cualquier modalidad empresarial, junta administradora, organización vecinal, comunal u otra organización que provea agua para consumo humano.
- ✓ **Sistema de tratamiento de agua:** Conjunto de componentes hidráulicos; de unidades de procesos físicos, químicos y biológicos; y de equipos electromecánicos y métodos de control que tiene la finalidad de producir agua apta para el consumo humano.
- ✓ **Tratamiento:** Es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla potable de acuerdo a las normas establecidas en el decreto”. DS N° 031-2010-SA. DIGESA”

## 2.5 Identificación de variables.

### VARIABLE INDEPENDIENTE:

Concentración de metales pesados.

#### 2.5.1 Definición operativa de variables e indicadores.

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	TÉCNICA
VARIABLE: Concentración de metales pesados.	Parámetros químicos	Arsénico (mg/L)	Medición de metales pesados mediante espectrofotómetro de absorción atómica.
		Cadmio (mg/L)	
		Cromo (mg/L)	
		Mercurio (mg/L)	
		Plomo (mg/L)	



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Tipo de la investigación.

El tipo de investigación corresponde a investigación básica, porque tuvo como propósito producir conocimiento. Se manifiesta que las investigaciones básicas tienen como finalidad el mejor conocimiento y comprensión de los fenómenos. (Hernández, 2016)

Según la intervención el investigador:

Observacional. Porque no existe intervención del investigador y este se limita a medir las variables definidas para este estudio.

Según la planificación de la toma de datos:

Prospectivo. Porque los datos son recogidos de forma directa bajo un análisis de laboratorio.

Según el número de ocasiones en que se mide la variable de estudio:

Transversal. Porque las variables serán medidas en un determinado momento del tiempo.

### **3.2 Nivel de investigación**

Este trabajo pertenece al nivel descriptivo, porque, el fenómeno de la contaminación en el agua dentro de una circunstancia temporal y geográfica determinada. Desde el punto de vista cognoscitivo, su finalidad es describir y desde el punto de vista estadístico, su propósito es estimar parámetros. (Hernández et al., 2010)

### **3.3 Métodos de investigación**

La investigación tuvo el método científico, es un conjunto de pasos que se siguen en la generación de conocimiento objetivo, avalado por una serie de reglas rigurosas que ese conocimiento se pueda justificar, teórica y empíricamente, es decir, que el conocimiento es verdadero. (Hernández, 2016)

El método utilizado en este trabajo es el inductivo, porque partiremos de la variación de los aspectos particulares de un fenómeno (contaminación del agua), y que nos conducirá a la evaluación de los metales pesados.

### **3.4 Diseño de investigación**

Se empleará un diseño no experimental, transeccional descriptivo:

- ✓ No experimental, porque no se manipula la variable.
- ✓ Transeccional, porque se realizó en un momento determinado.
- ✓ Descriptivo, porque se recogerá las características fundamentales que presenta la contaminación del agua.

Diagrama:



Donde:

M = muestra

OY = observación de la variable de estudio.

Y = variable contaminación del agua.

### **3.5 Población, muestra, muestreo**

#### **Universo**

Constituida por todos los efluentes adyacentes al río Ichu, dentro de las zonas adyacentes a la zona urbana de Ascensión y Huancavelica.

#### **Población**

Son todas las fuentes de agua adyacentes a los centros urbanos de los distritos de Ascensión y Huancavelica que son 5 puntos de monitoreo que se muestran en el Apéndice 2.

#### **Muestra**

La toma de muestra fue probabilístico intencional, porque se eligieron las fuentes de agua para la extracción de la muestra bajo el criterio de: fuente de contaminación de las aguas del río Ichu.

### **3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas de la investigación:**

Para la evaluación de la contaminación por metales pesados en las aguas del río Ichu adyacentes a los centros urbanos de los distritos de Ascensión y Huancavelica se empleará como técnica la observación de los resultados obtenidos de los parámetros a estudiar.

#### **Instrumentos de la investigación**

Para la evaluación de concentración por metales pesados en las aguas del río Ichu adyacentes a los centros urbanos de los distritos de Ascensión y Huancavelica, se empleará como instrumento un mapa el cual consistirá en la ubicación de 5 puntos de monitoreo geo representados según Mapa N° 1 (Apéndice 2).

Las muestras de agua superficial se colectaron de la parte media de la columna de agua a una profundidad aproximada de 30 cm, utilizando recipientes de plástico limpios y descontaminados, siguiendo la metodología recomendada por la Comisión Nacional del Agua (CNA 1993), por el Field Manual for Water Quality Sampling (AWRC y ADEQ 1995) y por el Handbook for Sampling and Sample Preparation of Water and Wastewater (EPA 1982). Para el análisis de metales totales se colectó un litro de agua y se preservó con ácido nítrico concentrado hasta un pH menor a 2. Adicionalmente, la determinación de pH, conductividad, temperatura se realizó *in situ* con un equipo multiparámetro Hanna HI 98130, Posteriormente las muestras de agua fueron preservadas en hielo y transportadas al laboratorio dentro de las 24 horas de muestreo para la determinación de los parámetros de interés.

La metodología que se utilizó para el análisis de los parámetros de campo y metales pesados es la que recomienda el Manual de Métodos de Análisis (CNA 1995) y el Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes (EPA 1983).

#### **Fuentes de recolección de datos**

La información se recolectó en los puntos de monitoreo estratégicamente establecidos en el Mapa N° 1 (Apéndice 2), en época de estiaje, y con los reactivos, materiales y equipos que ameritó la recolección.

### **3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

#### **Procesamiento**

Para el procesamiento y análisis de datos se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS statistics versión 19.0 y el programa Microsoft Office Excel 2013.

## **Representación**

Para la representación estadística de los datos, se empleó la estadística descriptiva de los parámetros de calidad de agua, desarrollando tablas de contingencia y gráficos de barras para explicar los datos obtenidos.

## **Descripción de la prueba de hipótesis**

Para contrastar la hipótesis empleamos la diferencia de proporciones para una variable.





## **CAPITULO IV**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1 Presentación e Interpretación de datos**

Se muestran los resultados de la investigación en base a los objetivos específicos, a fin de determinar la calidad de agua del río Ichu, mediante el análisis de metales pesados como: arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo. El cumplimiento de los objetivos permitirá determinar si cumplen o no con los Estándares de calidad de agua, categoría 4 - E2: Ríos, conservación del ambiente acuático. La información recogida mediante las técnicas e instrumentos de estudio en datos cuantitativos de análisis descriptivo e inferencial, se evidencia mediante cuadros estadísticos, gráficos y testimonios de acuerdo a las hipótesis de trabajo y su relación con cada una de las manifestaciones de la variable independiente.

#### 4.1.1. Concentración de metales pesados en las aguas del río Ichu-Huancavelica (zona urbana).

**Tabla 1**

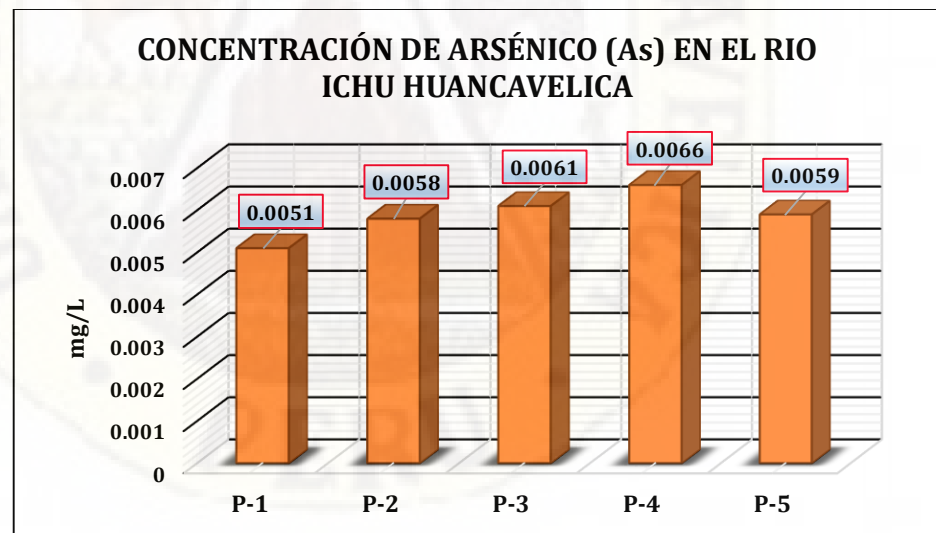
*Concentración de metales pesados en el río Ichu Huancavelica*

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE METALES PESADOS EN EL RÍO ICHU-HUANCAVELICA					
CODIGO DE MUESTRA	ARSENICO mg/L	CADMIO mg/L	CROMO mg/L	MERCURIO mg/L	PLOMO mg/L
P-1	0,0051	< 0,0004	< 0,02	< 0,001	0,0004
P-2	0,0058	< 0,0004	< 0,02	< 0,001	0,0048
P-3	0,0061	< 0,0004	< 0,02	< 0,001	0,0024
P-4	0,0066	< 0,0004	< 0,02	< 0,001	0,0004
P-5	0,0059	< 0,0004	< 0,02	< 0,001	0,0036

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1**

*Concentración de Arsénico (As) en las aguas del río Ichu Huancavelica*

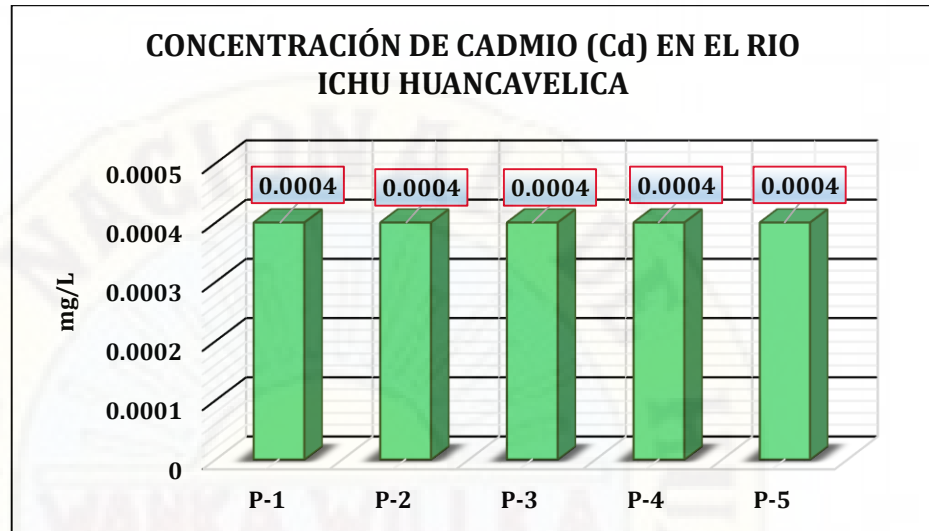


Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 01, se muestra los valores de concentración de Arsénico (As), en cada una de los puntos de muestreo. El valor fluctúa de 0.0051 mg/L a 0.0066 mg/L. Registrándose el valor más alto en el punto P-4 (0.0066 mg/L). Por otro lado, el valor más bajo se registró en el P-1 (0.0051 mg/L).

**Figura 2**

*Concentración de Cadmio (Cd) en las aguas del rio Ichu Huancavelica*

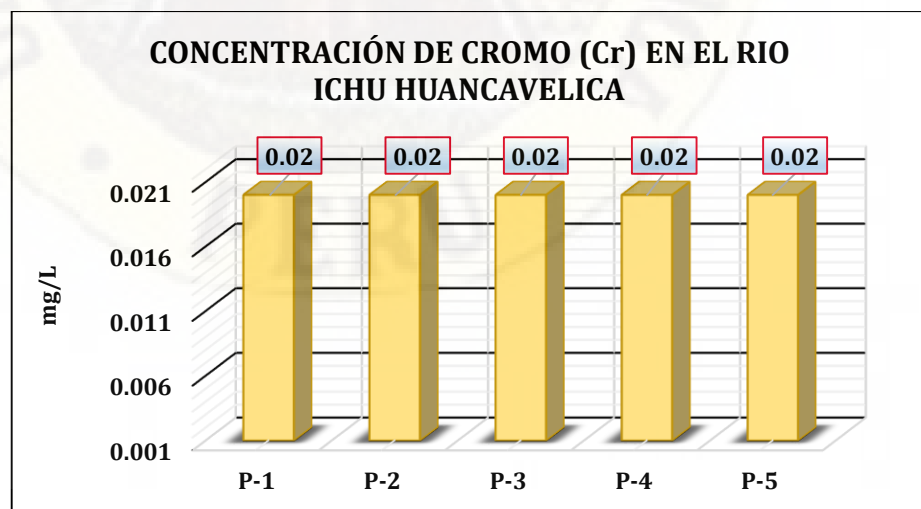


Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 02, se muestra los valores de concentración de Cadmio (Cd), en cada uno de los puntos de muestreo. El valor obtenido del respectivo análisis fue de  $< 0.0004$  mg/L de mercurio y se mantienen constante en cada punto de muestreo.

**Figura 3**

*Concentración de Cromo (Cr) en las aguas del rio Ichu Huancavelica*



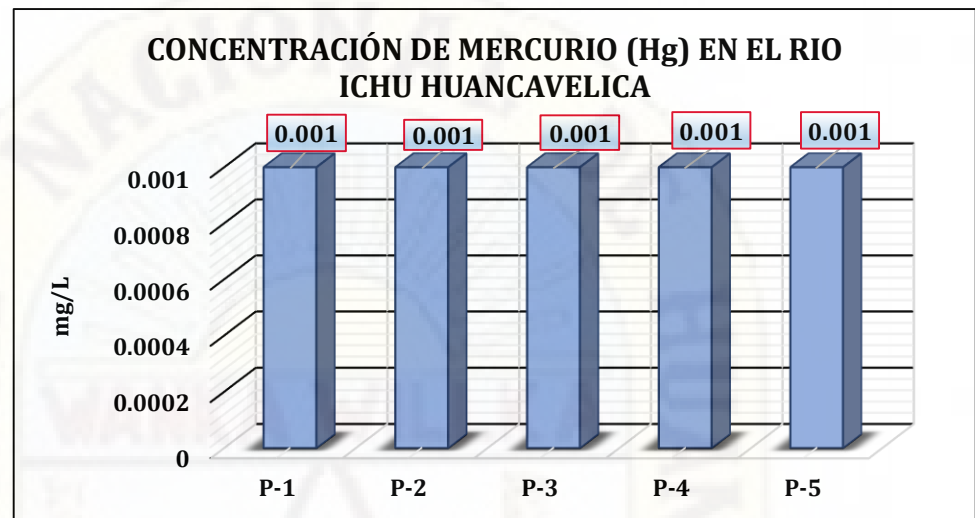
Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 03, se muestra los valores de concentración de Cromo (Cr), en cada uno de los puntos de muestreo. El valor obtenido del

respectivo análisis fue de  $< 0.02$  mg/L de cromo y se mantienen constante en cada punto de muestreo.

**Figura 4**

*Concentración de Mercurio (Hg) en las aguas del rio Ichu Huancavelica*

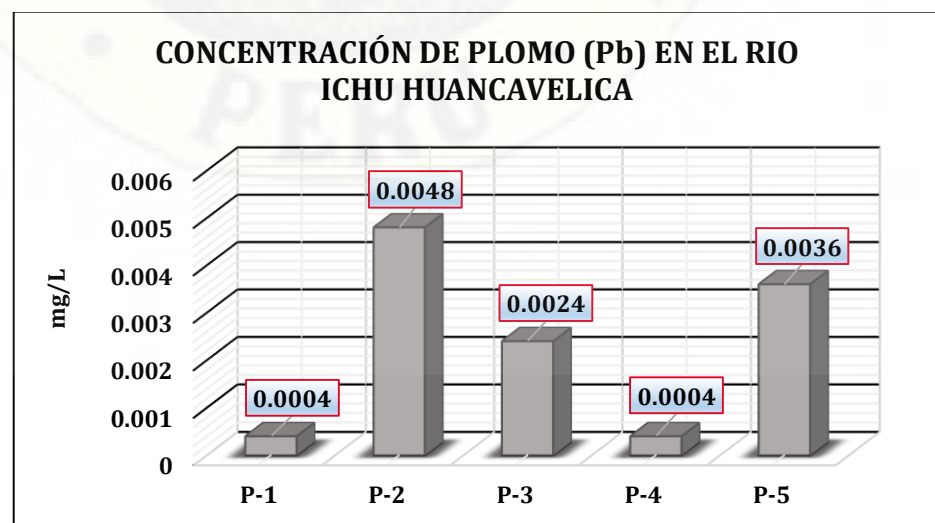


Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 04, se muestra los valores de concentración de Mercurio (Hg), en cada uno de los puntos de muestreo. El valor obtenido del respectivo análisis fue de  $< 0.001$  mg/L de mercurio y se mantienen constante en cada punto de muestreo.

**Figura 5**

*Concentración de Plomo (Pb) en las aguas del rio Ichu Huancavelica*



Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 05, se muestra los valores de concentración de Plomo (Pb), en cada una de los puntos de muestreo. El valor fluctúa de 0.0004 mg/L a 0.0048 mg/L. Registrándose el valor más alto en el punto P-2 (0.0048 mg/L). Por otro lado, se obtuvo valores bajos en el P-1 y P4 (0.0004 mg/L).

#### 4.1.2. Comparación de la concentración de los parámetros (As, Cd, Cr, Hg, Pb) con la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.

**Tabla 2**

*Comparación de metales pesado con la ECA-Agua, Categoría 4-E2: Ríos*

METALES PESADOS	PUNTOS DE MUESTREO					ECA- Agua, Categoría 4	Cumple con los ECA
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5		
ARSENICO (mg/L)	0,0051	0,0058	0,0061	0,0066	0,0059	0,15	Si
CADMIO (mg/L)	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	0,00025	No
CROMO (mg/L)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,011	No
MERCURIO (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,0001	No
PLOMO (mg/L)	0,0004	0,0048	0,0024	0,0004	0,0036	0,0025	Si

Fuente: Elaboración propia.

#### a) Comparación de Arsénico (As) con la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.

**Tabla 3**

*Normalidad para Arsénico (As)*

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Arsénico	,227	5	,200*	,969	5	,869

Se realizó el test de normalidad utilizando el estadístico de **Shapiro-Wilk**, porque la cantidad de datos evaluados son

menores a 50 datos ( $n < 50$ ), se muestran un comportamiento normal debido a que el  $p\text{-value} > 0.05$ .

**Criterio para determinar Normalidad:**

$P\text{-Valor} \geq \alpha$  Aceptar  $H_0$  (Los datos provienen de una distribución Normal)

$P\text{-Valor} < \alpha$  Aceptar  $H_1$  (Los datos **No** provienen de una distribución Normal)

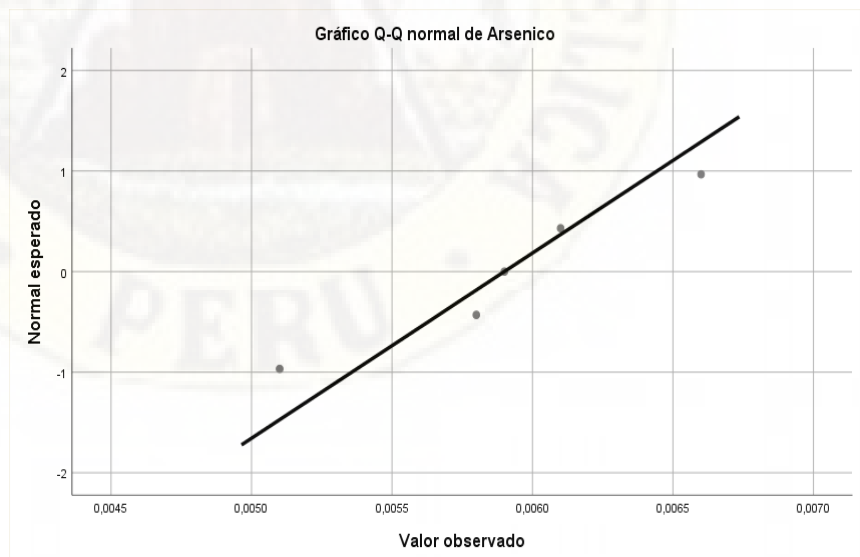
NORMALIDAD	
$P\text{-Valor} = 0,869$	$>$ $\alpha = 0,05$

**Interpretación**

De la tabla 1, se obtuvo un P- valor 0,869 es mayor que 0,05 por tanto aceptamos la homogeneidad de varianzas para los valores de Arsénico, por tanto, aceptamos  $H_0$  (Los datos provienen de una distribución Normal).

**Figura 6**

*Prueba de normalidad para Arsénico (As)*



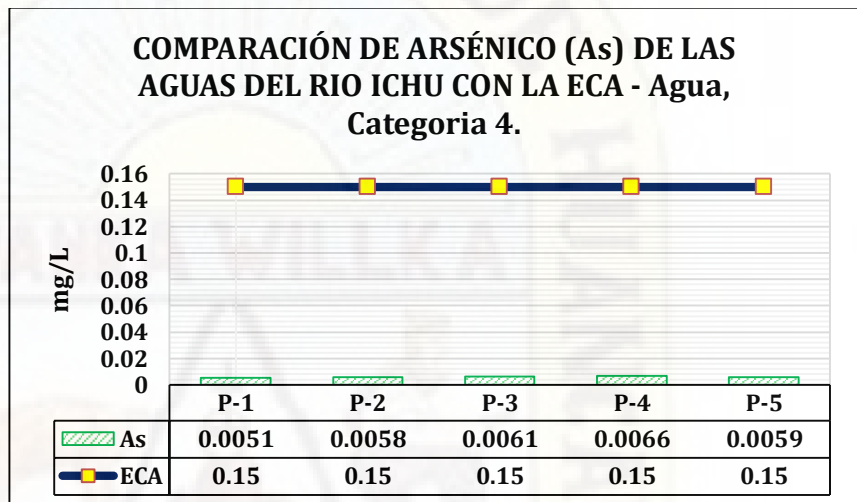
Fuente: Elaboración Propia.

### Interpretación

De la figura 6, se puede observar que existe una relación lineal positiva de la variable de Arsénico, entre sus varianzas por tanto se encuentra homogeneidad y todos tienen la misma varianza.

### Figura 7

*Comparación de Arsénico (As) en la microcuenca urbana del río Ichu con la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.*



Fuente: Elaboración Propia.

### ✓ Prueba de Hipótesis

#### Planteamiento de la hipótesis

**Ha:** La concentración de Arsénico (As) en la microcuenca urbana del río Ichu - Huancavelica, superan la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.

**Ha:  $u > 0.15$  mg/L.**

**Ho:** La concentración de Arsénico (As) en la microcuenca urbana del río Ichu - Huancavelica, no superan la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos

**Ho:  $u < 0.15$  mg/L.**

✓ **Niveles de significación.**

Para el presente trabajo de investigación se trabajó con un error de 5%; el cual nos quiere decir lo siguiente:

$\alpha = 0.05$ , es el nivel de significancia, por tanto, el error del trabajo no debe ser mayor al planteado, con un grado de confianza del 95%,  $1 - \alpha = 0.95$ .

✓ **Estadístico de prueba.**

Se utilizó la prueba de T de Student y se obtuvo un p – valor:

**Tabla 4**

*Prueba de T de Student para la concentración de Arsénico (As).*

Prueba de  $\mu = 0.15$  vs.  $> 0.15$

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95%	T	P
5	0,00590	0,000543	0,000243	0,005382	-593,25	1,000

**Utilizamos el valor P:**

Si,  $P - \text{Valor} \geq \alpha$  (Nivel de significancia) **Se acepta  $H_0$ .**

Si,  $P - \text{Valor} < \alpha$  (Nivel de significancia) **Se rechaza  $H_0$ .**

✓ **Regla de decisión**

<b>PRUEBA DE T</b>	
$P - \text{Valor} = 1,000$	$> \alpha = 0,05$

Como el P – Valor es mayor que el nivel de significancia ( $1,000 > 0,05$ ), aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la hipótesis alterna, luego podemos concluir que a un nivel de significancia del 0,05; la concentración de Arsénico (As) en la microcuenca urbana del río Ichu - Huancavelica, **no superan** la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.

**Tabla 5**

*Datos para la prueba de T de Student para la concentración de Arsénico (As).*

<b>Estadísticos</b>	<b>Datos</b>
Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media ( $\bar{x}$ )	0.0059
Valor hipotético ( $\mu$ )	0.15
Muestra ( $n$ )	5
Desviación estándar ( $S$ )	0.000543
T de tabla (valor crítico)	2.132
T de Student calculado	<b>-593.25</b>

Para determinar la t calculada usamos la siguiente formula:

$$t = \frac{x - \mu}{s/\sqrt{n}}$$

Donde:

t = t de Student calculado

x = Media

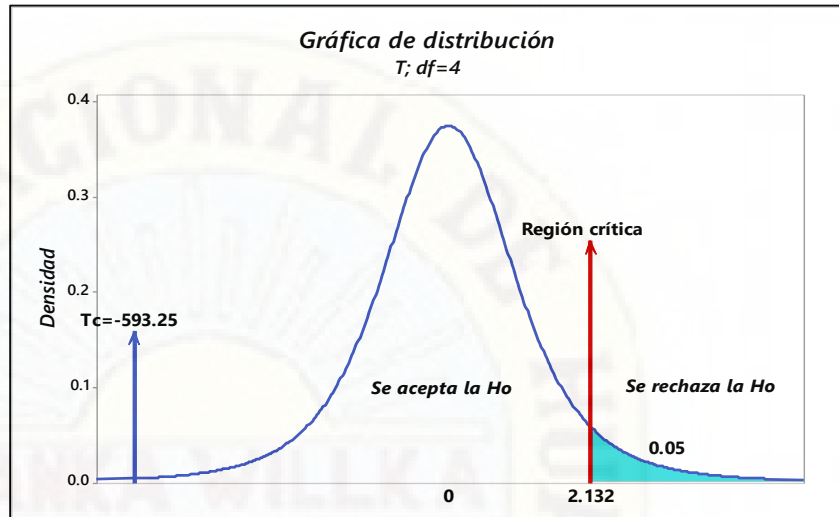
$\mu$  = Valor hipotético

S = Desviación estándar

n = Muestra

### Figura 8

Campana de gauss para la prueba de hipótesis de Arsénico (As).



Fuente: Elaboración Propia.

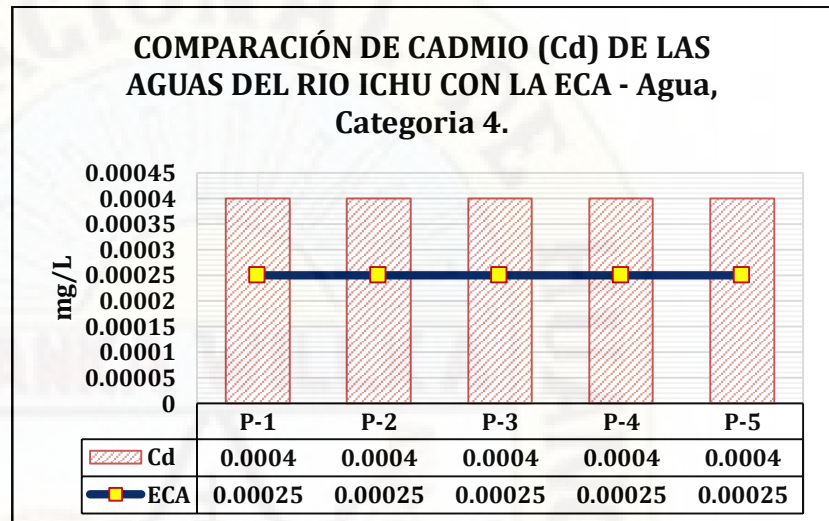
### Toma de decisión

El valor de  $T_c = -593,25$  cae fuera de la región crítica ( $RC = <-\infty, t_{(0.05, 5-1)}> = <-\infty, 2,132>$ ), por tanto, se rechaza la Hipótesis alterna y **acepto la Hipótesis  $H_0$**  la media de concentración de Arsénico (As) en la microcuenca urbana del río Ichu - Huancavelica, **no superan** la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos, por el cual se valida el estudio de la variable con un grado de significancia estadística de 0.05.

b) Comparación de Cadmio (Cd) con la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.

Figura 9

Comparación de Cadmio (Cd) en la microcuenca urbana del río Ichu con la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.



Fuente: Elaboración Propia.

✓ Prueba de Hipótesis

Planteamiento de la hipótesis

**Ha:** La concentración de Cadmio (Cd) en la microcuenca urbana del río Ichu - Huancavelica, superan la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.

**Ha:**  $u > 0.00025 \text{ mg/L}$ .

**Ho:** La concentración de Cadmio (Cd) en la microcuenca urbana del río Ichu - Huancavelica, no superan la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.

**Ho:**  $u < 0.00025 \text{ mg/L}$ .

✓ **Niveles de significación.**

En el presente trabajo de investigación se trabajó con un error de 5%; el cual nos quiere decir lo siguiente:

$\alpha = 0.05$ , es el nivel de significancia, por tanto, el error del trabajo no debe ser mayor al planteado, con un grado de confianza del 95%,  $1 - \alpha = 0.95$ .

✓ **Estadístico de prueba.**

Se utilizó la media muestral para realizar la prueba respectiva:

Media muestral	0,0004
Media hipotética	0,00025

✓ **Regla de decisión**

Como no existe un P – Valor, para la toma de decisión, se utilizará la media de la muestra como medida de referencia para realizar la prueba de hipótesis respectiva.

**Por tanto:**

Se acepta la  $H_0$ :  $u < 0,00025 \implies H_0: 0,0004 \text{ mg/L} < 0,00025$

Se acepta la  $H_a$ :  $u > 0,00025 \implies H_a: 0,0004 \text{ mg/L} > 0,00025$

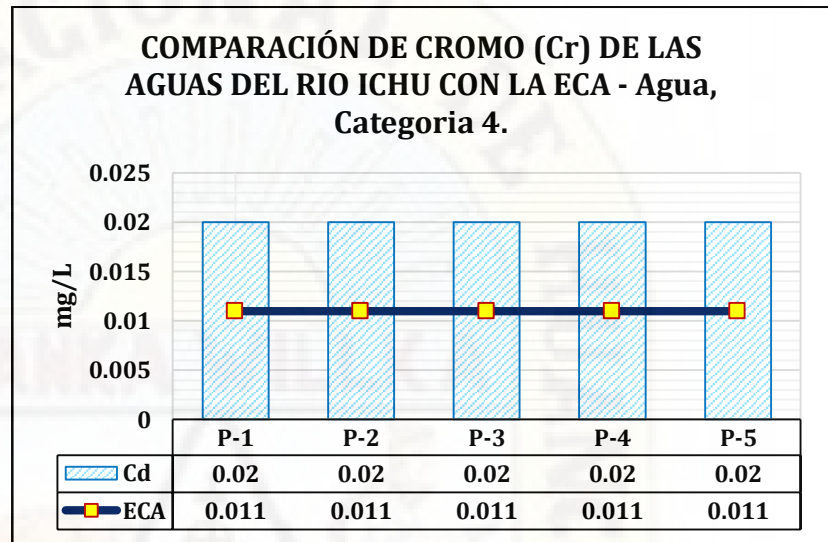
✓ **Toma de decisión**

Como la media muestral es mayor que la media hipotética ( $0,0004 \text{ mg/L} > 0,00025 \text{ mg/L}$ ), se acepta la  $H_a$  y se rechaza la  $H_0$ , por tanto, se concluye que la concentración de cadmio (Cd) en la microcuenca urbana del río Ichu - Huancavelica, **superan** la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.

c) **Comparación de Cromo (Cr) con la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.**

**Figura 10**

*Comparación de Cromo (Cr) en la microcuenca urbana del rio Ichu con la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.*



Fuente: Elaboración Propia.

✓ **Prueba de Hipótesis**

**Planteamiento de la hipótesis**

**Ha:** La concentración de Cromo (Cr) en la microcuenca urbana del rio Ichu - Huancavelica, superan la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.

**Ha:  $\mu > 0.011$  mg/L.**

**Ho:** La concentración de Cromo (Cr) en la microcuenca urbana del rio Ichu - Huancavelica, no superan la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.

**Ho:  $\mu < 0.011$  mg/L.**

✓ **Niveles de significación.**

En el presente trabajo de investigación se trabajó con un error de 5%; el cual nos quiere decir lo siguiente:

$\alpha = 0.05$ , es el nivel de significancia, por tanto, el error del trabajo no debe ser mayor al planteado, con un grado de confianza del 95%,  $1 - \alpha = 0.95$ .

✓ **Estadístico de prueba.**

Se utilizó la media muestral para realizar la prueba respectiva:

Media muestral	0,02
Media hipotética	0,011

✓ **Regla de decisión**

Como no existe un P – Valor, para la toma de decisión, se utilizará la media de la muestra como medida de referencia para realizar la prueba de hipótesis respectiva.

**Por tanto:**

Se acepta la  $H_0$ :  $u < 0,011 \implies H_0: 0,02 \text{ mg/L} < 0,011$

Se acepta la  $H_a$ :  $u > 0,011 \implies H_a: 0,02 \text{ mg/L} > 0,011$

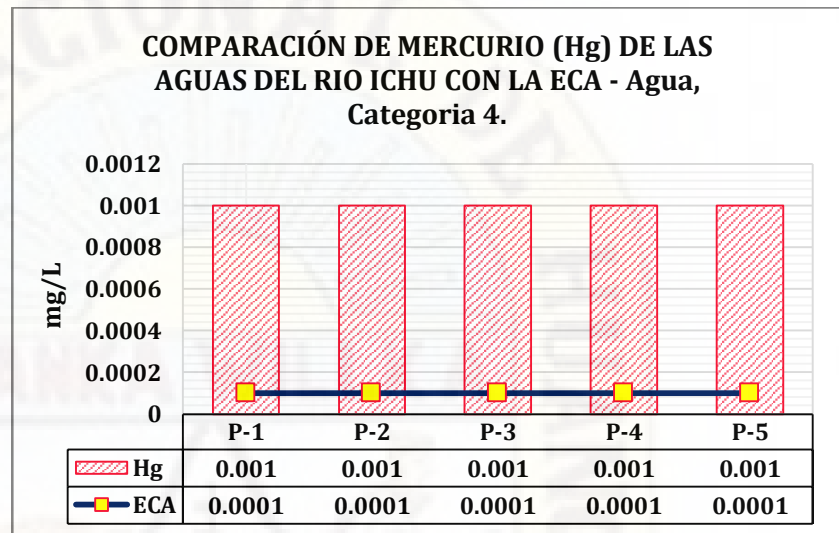
✓ **Toma de decisión**

Como la media muestral es mayor que la media hipotética ( $0,02 \text{ mg/L} > 0,011 \text{ mg/L}$ ), se acepta la  $H_a$  y se rechaza la  $H_0$ , por tanto, se concluye que la concentración de cromo (Cr) en la microcuenca urbana del río Ichu - Huancavelica, **superan** la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.

d) **Comparación de Mercurio (Hg) con la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.**

**Figura 11**

*Comparación de Mercurio (Hg) en la microcuenca urbana del río Ichu con la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.*



Fuente: Elaboración Propia.

✓ **Prueba de Hipótesis**

**Planteamiento de la hipótesis**

**Ha:** La concentración de Mercurio (Hg) en la microcuenca urbana del río Ichu - Huancavelica, superan la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.

$$\mathbf{Ha: u > 0.0001 \text{ mg/L.}}$$

**Ho:** La concentración de Mercurio (Hg) en la microcuenca urbana del río Ichu - Huancavelica, no superan la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.

$$\mathbf{Ho: u \leq 0.0001 \text{ mg/L.}}$$

✓ **Niveles de significación.**

En el presente trabajo de investigación se trabajó con un error de 5%; el cual nos quiere decir lo siguiente:

$\alpha = 0.05$ , es el nivel de significancia, por tanto, el error del trabajo no debe ser mayor al planteado, con un grado de confianza del 95%,  $1 - \alpha = 0.95$ .

✓ **Estadístico de prueba.**

Se utilizó la media muestral para realizar la prueba respectiva:

Media muestral	0,001
Media hipotética	0,0001

✓ **Regla de decisión**

Como no existe un P – Valor, para la toma de decisión, se utilizará la media de la muestra como medida de referencia para realizar la prueba de hipótesis respectiva.

**Por tanto:**

Se acepta la  $H_0$ :  $u \leq 0,0001 \implies H_0: 0,001 \text{ mg/L} \leq 0,0001$

Se acepta la  $H_a$ :  $u > 0,0001 \implies H_a: 0,001 \text{ mg/L} > 0,0001$

✓ **Toma de decisión**

Como la media muestral es mayor que, la media hipotética ( $0,001 \text{ mg/L} > 0,0001 \text{ mg/L}$ ), se acepta la  $H_a$  y se rechaza la  $H_0$ , por tanto, se concluye que la concentración de mercurio (Hg) en la microcuenca urbana del río Ichu - Huancavelica, **superan** la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.

e) **Comparación de Plomo (Pb) con la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.**

**Tabla 6**

*Normalidad para Plomo (Pb)*

	<b>Pruebas de normalidad</b>					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Plomo	,238	5	,200*	,901	5	<b>,415</b>

Se realizó el test de normalidad utilizando el estadístico de **Shapiro-Wilk**, porque la cantidad de datos evaluados son menores a 50 datos ( $n < 50$ ), se muestran un comportamiento normal debido a que el p-value  $> 0.05$ .

**Criterio para determinar Normalidad:**

P – Valor  $\geq \alpha$  Aceptar  $H_0$  (Los datos provienen de una distribución **Normal**)

P – Valor  $< \alpha$  Aceptar  $H_1$  (Los datos **No** provienen de una distribución **Normal**)

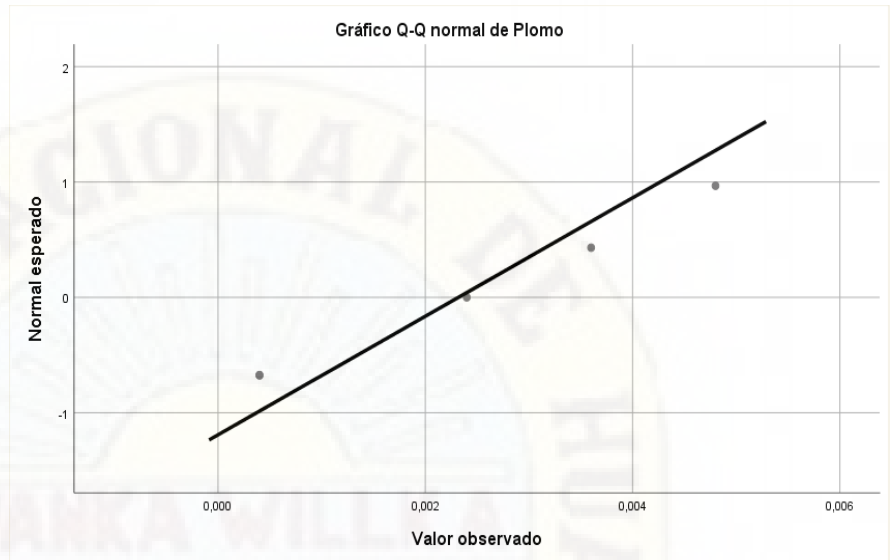
<b>NORMALIDAD</b>		
P – Valor = 0,415	>	$\alpha = 0,05$

**Interpretación**

De la tabla 13, se obtuvo un P- valor 0,415 es mayor que 0,05 por tanto aceptamos la homogeneidad de varianzas para los valores de Plomo, por tanto, aceptamos  $H_0$  (Los datos provienen de una distribución **Normal**).

**Figura 12**

*Prueba de normalidad para Plomo (Pb)*



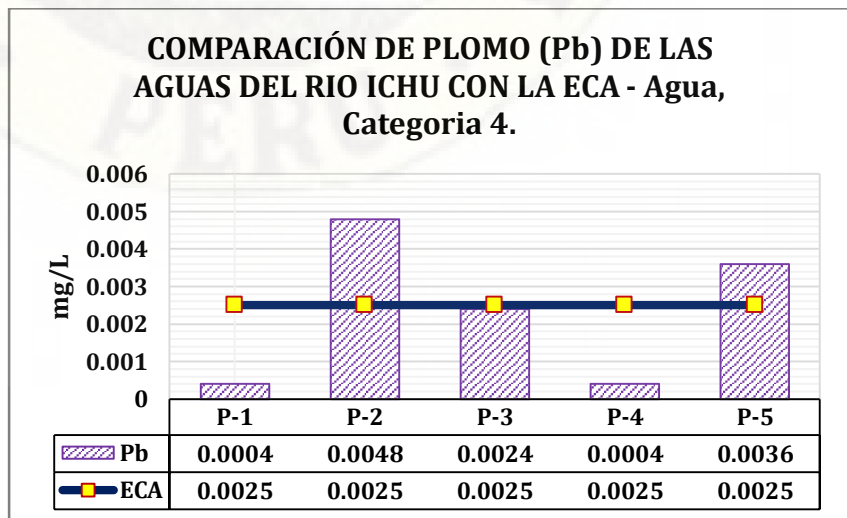
Fuente: Elaboración Propia.

**Interpretación**

De la figura 18, se puede observar que existe una relación lineal positiva de la variable de Plomo, entre sus varianzas por tanto se encuentra homogeneidad y todos tienen la misma varianza.

**Figura 13**

*Comparación de Plomo (Pb) en la microcuenca urbana del río Ichu con la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.*



Fuente: Elaboración Propia.

✓ **Prueba de Hipótesis**

**Planteamiento de la hipótesis**

**Ha:** La concentración de Plomo (Pb) en la microcuenca urbana del río Ichu - Huancavelica, superan la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.

**Ha:  $u > 0.0025$  mg/L.**

**Ho:** La concentración de Plomo (Pb) en la microcuenca urbana del río Ichu - Huancavelica, no superan la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.

**Ho:  $u < 0.0025$  mg/L.**

✓ **Niveles de significación.**

En el presente trabajo de investigación se trabajó con un error de 5%; el cual nos quiere decir lo siguiente:

$\alpha = 0.05$ , es el nivel de significancia, por tanto, el error del trabajo no debe ser mayor al planteado, con un grado de confianza del 95%,  $1 - \alpha = 0.95$ .

✓ **Estadístico de prueba.**

Se utilizó la prueba de T de Student y se obtuvo un p – valor:

**Tabla 7**

*Prueba de T de Student para la concentración de Plomo (Pb).*

Prueba de  $\mu = 0.0025$  vs.  $> 0.0025$

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95%	T	P
5	0,00232	0,001947	0,000871	0,000463	-0,21	0,577

**Utilizamos el valor P:**

Si,  $P - \text{Valor} \geq \alpha$  (Nivel de significancia) **Se acepta Ho.**

Si,  $P - \text{Valor} < \alpha$  (Nivel de significancia) **Se rechaza  $H_0$ .**

✓ **Regla de decisión**

PRUEBA DE T		
$P - \text{Valor} = 0,577$	$>$	$\alpha = 0,05$

Como el  $P - \text{Valor}$  es mayor que el nivel de significancia ( $0,577 > 0,05$ ), aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la hipótesis alterna, luego podemos concluir que a un nivel de significancia del 0,05; la concentración de Plomo (Pb) en la microcuenca urbana del río Ichu - Huancavelica, **no superan** la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos.

**Tabla 8**

*Datos para la prueba de T de Student para la concentración de Plomo (Pb).*

Estadísticos	Datos
Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media ( $\bar{x}$ )	0.00232
Valor hipotético ( $\mu$ )	0.0025
Muestra ( $n$ )	5
Desviación estándar ( $S$ )	0.001947
T de tabla (valor crítico)	2.132
T de Student calculado	<b>-0.21</b>

Para determinar la t calculada usamos la siguiente formula:

$$t = \frac{x - \mu}{s/\sqrt{n}}$$

Donde:

$t$  = t de Student calculado

$x$  = Media

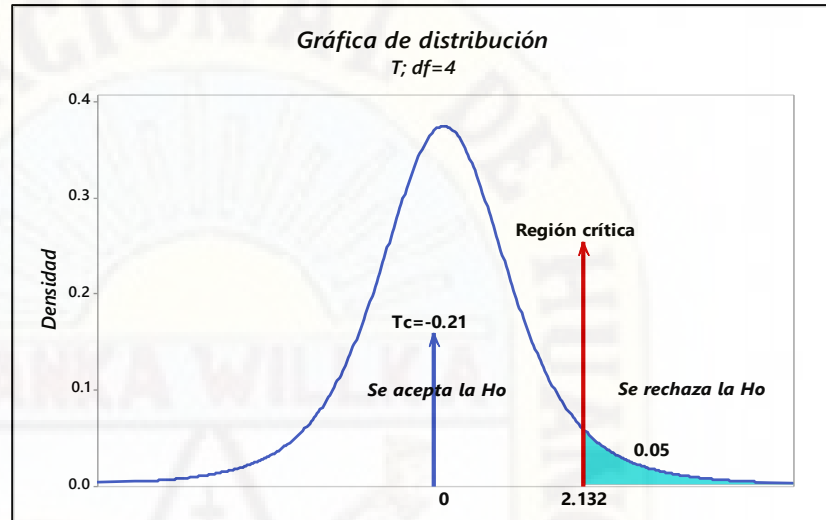
$\mu$  = Valor hipotético

$S$  = Desviación estándar

$n$  = Muestra

**Figura 14**

*Campana de gauss para la prueba de hipótesis de Plomo (Pb).*



Fuente: Elaboración propia.

### **Toma de decisión**

El valor de  $T_c = -0,21$  cae fuera de la región crítica ( $RC = <-\infty, t_{(0,05, 5-1)}> = <-\infty, 2,132>$ ), por tanto, se rechaza la Hipótesis alterna y **se acepta la Hipótesis Ho** la media de concentración de Plomo (Pb) en la microcuenca urbana del río Ichu - Huancavelica, **no superan** la ECA-Agua, Categoría 4 – E2: Ríos, por el cual se valida el estudio de la variable con un grado de significancia estadística de 0.05.

## **4.2 Discusión de resultados**

El presente trabajo de investigación se centró en el análisis de la presencia de metales pesados en la microcuenca del río Ichu Huancavelica, teniendo en consideración la toxicidad en las aguas de nuestro río, en tal sentido se consideró a los siguientes elementos: Arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo. Según el análisis de laboratorio la presencia del cadmio, cromo y

mercurio tienen una concentración constante de  $< 0.0004$  mg/L,  $< 0.02$  mg/L y  $< 0.001$  mg/l respectivamente.

El arsénico está presente en el agua por la disolución natural de minerales de depósitos geológicos, la descarga de los efluentes industriales y la sedimentación atmosférica. En aguas superficiales con alto contenido de oxígeno, la especie más común es la pentavalente o arsenato ( $\text{As}^{+5}$ ). Bajo condiciones de reducción, generalmente en los sedimentos de los lagos o aguas subterráneas, predomina el arsénico trivalente o arsenito, ( $\text{As}^{+3}$ ). (USEPA et al., 2010). Los valores de fondo de contenido de arsénico en ríos son relativamente bajos, en general, inferiores a  $0,8 \mu\text{g/L}$  aunque pueden variar dependiendo de factores como recarga (superficial y subterránea), litología de la cuenca, drenaje de zonas mineralizadas, clima, actividad minera y disposición de residuos urbanos y/o industriales. En consecuencia, en el trabajo de investigación se encontraron valores de arsénico que fluctúan entre  $0.0051$  mg/L a  $0.0066$  mg/L, donde no superan la ECA-Agua, Categoría 4-E2: Ríos.

Con respecto a las concentraciones obtenidas del cadmio y cromo son porque se genera de forma natural en la corteza terrestre y, por lo tanto, se puede encontrar en rocas y tierra puesto que las altas concentraciones encontradas en distintos lugares es porque el cadmio que se produce es obtenido como subproducto de la fundición y refinamiento de los minerales de zinc, se usa como revestimiento para evitar la oxidación y llega al agua por vertimientos no controlados o filtraciones (Oyarzun, R y col.,2009). Así mismo como resultado del análisis se encontró valores constantes como son para el cadmio de  $< 0.0004$  y cromo  $< 0.02$  y que al ser comparados con la ECA-Agua, Categoría 4-E2: Ríos, superan los Límites Máximos, respecto a la preservación del ambiente acuático de aguas superficiales (ríos).

Así mismo, la concentración de mercurio se encuentra en un valor constante de  $< 0.001$  mg/L, que al comparar con la ECA-Agua, Categoría 4-E2: Ríos superan los valores máximos, teniendo en cuenta que la ciudad de Huancavelica está situada en áreas donde se encuentra mercurio en su estado

natural y por la presencia de la mina de Santa Bárbara. A pesar de haber dejado de procesar el mercurio desde el año 1970, la ciudad de Huancavelica se ve afectada por la contaminación por mercurio (Hagan,2014). La exposición constante al mercurio puede ocasionar síntomas diversos como dolor de cabeza, irritabilidad, depresión, trastornos neurológicos y psiquiátricos e incluso derivar en la muerte (Robins, 2012). Por tanto, en la presente investigación se obtuvo una concentración constante de  $< 0.001$ , y que al ser comparados con la ECA-Agua, Categoría 4-E2: Ríos, superan los Límites Máximos, respecto a la preservación del medio acuático de aguas superficiales (ríos).

Y finalmente la concentración de plomo se encuentre entre  $0.0004$  mg/L a  $0.0048$  mg/L y que comparando con la ECA-Agua, Categoría 4-E2: Ríos, no superan los Límites Máximos, específicamente conservación del ambiente acuático aguas superficiales (ríos). Se sabe muy bien que el Plomo es un metal tóxico que produce daños al sistema neurológico y se acumula en los huesos, dificultando el metabolismo del calcio, resultando más perjudicial en mujeres gestantes y niños. La fuente natural de producción de plomo es la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos de minerales de plomo y las erupciones volcánicas. También se encuentra en los desagües domésticos y al entrar en aguas residuales domésticas, que acaba en los ríos. Si bien los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos, es importante seguir monitoreando la presencia de este elemento por su toxicidad y sus efectos en la vida acuática.

## Conclusiones

- ✓ Los resultados obtenidos del análisis en el presente trabajo de investigación son: Arsénico, se encontró valores de 0.0051 mg/L a 0.0066 mg/L, para Cadmio se encontró un valor constante de  $< 0.0004$  mg/L en los 5 puntos evaluados, para Cromo se encontró un valor constante de  $< 0.02$  mg/L en los 5 puntos evaluados, para Mercurio se encontró un valor constante de  $< 0.001$  mg/L en los 5 puntos evaluados y para Plomo se encontró valores de 0.0004 mg/L a 0.0048 mg/L.
- ✓ Con los resultados obtenidos y realizando la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental ECA-Agua, Categoría 4-E2: Ríos, se concluye que: Los valores de la concentración de los elementos Cadmio, Cromo y Mercurio del recurso hídrico del río Ichu Huancavelica superan los Límites Máximos de los ECAs. Con respecto a los elementos Arsénico y Plomo, se encuentran por debajo de las ECAs, los mismos que afirman el deterioro de la calidad del recurso hídrico.
- ✓ Así mismo, se ve el incremento de la contaminación de las aguas del río Ichu por diferentes fuentes de contaminación siendo principalmente la actividad antropogénica, el cual repercute en la calidad de este recurso hídrico que pasa por la zona urbana de nuestra ciudad de Huancavelica.

## **Recomendaciones**

- ✓ Se recomienda realizar y plantear líneas de investigaciones similares a fin de contribuir en la evaluación de la calidad del recurso hídrico del río Ichu Huancavelica, de esta manera evitar se pierda la calidad de este recurso y tenga su incidencia en la pérdida de la biodiversidad existente.
- ✓ Se recomienda a las diferentes instituciones tanto públicas y privadas, a través de sus respectivas áreas competentes a realizar trabajos de monitoreo periódico en los diferentes ríos que posee la Región de Huancavelica, para evaluar la concentración de metales pesados como indicadores de calidad y así tener un reporte que permita tomar acciones de mitigación.
- ✓ A las autoridades del Gobierno Regional y Municipalidades a través de la Gerencia de Medio Ambiente, se recomienda realizar monitoreos participativos de la calidad del agua de todas las subcuencas hidrográficas de la región.

## Referencias bibliográficas

- Álvarez Miño, L., Cantillo Matos, K., Rico Gutiérrez, K., & Salazar, A. (2013). *Acceso y Calidad Del Agua Para El Consumo Humano En Santa Marta Como Indicador De Inequidad En Salud*. Revista Universidad Y Salud, 15(2). Doi:0124-7107.
- Aguilar Sequeiros, O., & Navarro Alfaro, B. (2017). *Evaluación De La Calidad De Agua Para Consumo Humano De La Comunidad De Llañucancha Del Distrito De Abancay, Provincia De Abancay 2017*. Universidad Tecnológica De Los Andes.
- Auge, M. (2007). *Agua Fuente De Vida*. (F. D. Naturales, Ed.) La Plata, Argentina: Universidad De Buenos Aires. Obtenido De Precipitación.
- Calderón López, C. (2015). *Control De Calidad Del Agua Potable Que Se Distribuye En Los Campus: Central, Hospitalidad, Balzay, Paraíso, Yanuncay Y Las Granjas De Irquis Y Romeral Pertenecientes A La Universidad De Cuenca*. Universidad De Cuenca.
- Camacho, A. M. (2009). *Método Para La Determinación De Bacterias Coliformes, Coliformes Fecales Y Escherichia Coli Por La Técnica De Dilución En Tubo Múltiple*. México.
- Carbajal Azcona, Á., & González Fernández, M. (2012). *Propiedades y funciones biológicas del agua*. En Vaquero, Toxqui, & F. D. Farmacia (Ed.), *Agua Para La Salud. Pasado, Presente Y Futuro* (Págs. 33-45). Madrid: Departamento De Nutrición. Doi:978-84-00-09572-7
- Casilla Quispe , S. (2014). *Evaluación De La Calidad De Agua En Los Diferentes Puntos De Descarga De La Cuenca Del Rio Suhez*. Universidad Nacional Del Altiplano Puno.

- Cazau, P. (2006). *Introducción A La Investigación En Ciencias Sociales*. Buenos Aires.
- Espitia Iriarte , N. (2019). *Análisis De Calidad De Agua Potable Con Relación A Sus Parámetros Físicoquímicos, Biológicos, Y Crecimiento De Lemna Minor En La Estancia De Lurín, Lima 2015-2016*. Universidad Nacional Mayor De San Marcos .
- Flores, L. A. (2016). *Contaminación Bacteriológica Por Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Escherichia Coli Y Salmonella Sp En Aguas Termales De Alcance Turístico De La Región San Martín. San Martín*.
- Gianoli Gianoli, A. (2018). *Estudio Microbiológico Y Físico Químico De La Calidad Del Agua En Seis Puntos De La Bahía De Sechura – Piura*. Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- Gramajo Cifuentes , B. (2004). *Determinación De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano Y Uso Industrial, Obtenida De Pozos Mecánicos En La Zona 11, Mixco, Guatemala*. Universidad De San Carlos De Guatemala.
- Hernandez, C. (2008). *Detección De Salmonella Y Coliformes Fecales En Agua De Uso Agrícola Para La Producción De Melón*. México.
- Marín, R. (2006). *Características Físicas, Químicas Y Biológicas De Las Aguas*. (E. M. (Emacsa), Ed.) Córdoba, España: Control De Calidad Y Medio Ambiente. Obtenido De [Http://Api.Eoi.Es/Api\\_V1\\_Dev.Php/Fedora/Asset/Eoi:48101/Componente48099.Pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48101/componente48099.pdf)
- Murillo, W. (17 De Setiembre De 2018). *La Investigación Científica*. Obtenido De [Http://Www.Monografias.Com/Trabajos15/Invest-Científica/Investcientífica.Shtm](http://www.monografias.com/trabajos15/investigacion-cientifica/investigacion-cientifica.shtm)
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías Para La Calidad*. Primer Apéndice A La Tercera Edición.

OMS. (2006). *Guías Para La Calidad Del Agua Potable* (3ra Edición Ed., Vol. I). Recuperado El 08 De 02 De 2015, De [Http://Www.Who.Int/Water\\_Sanitation\\_Health/Dwq/Gdwq3\\_Es\\_Full\\_Lowsres.Pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf).

Ovando A.L. (2008). *Behind The Pathways Of Mercury In The Iténez-Guaporé Basin, Mapping The Potential Deposition And Transformation Zones*. Thesis Of Mastery. International Institute For Geo-Information Science And Earth Observation Enschede, The Netherlands. Holanda. Pp.: 9-35

Pavón Espinoza, Y. (2011). *Evaluación De La Calidad Del Agua Superficial Utilizando Indicadores Biológicos En La Subcuenca Del Río La Trinidad, Diriamba Carazo, En El Año Hidrológico 2010-2011*. Universidad Nacional Agraria.

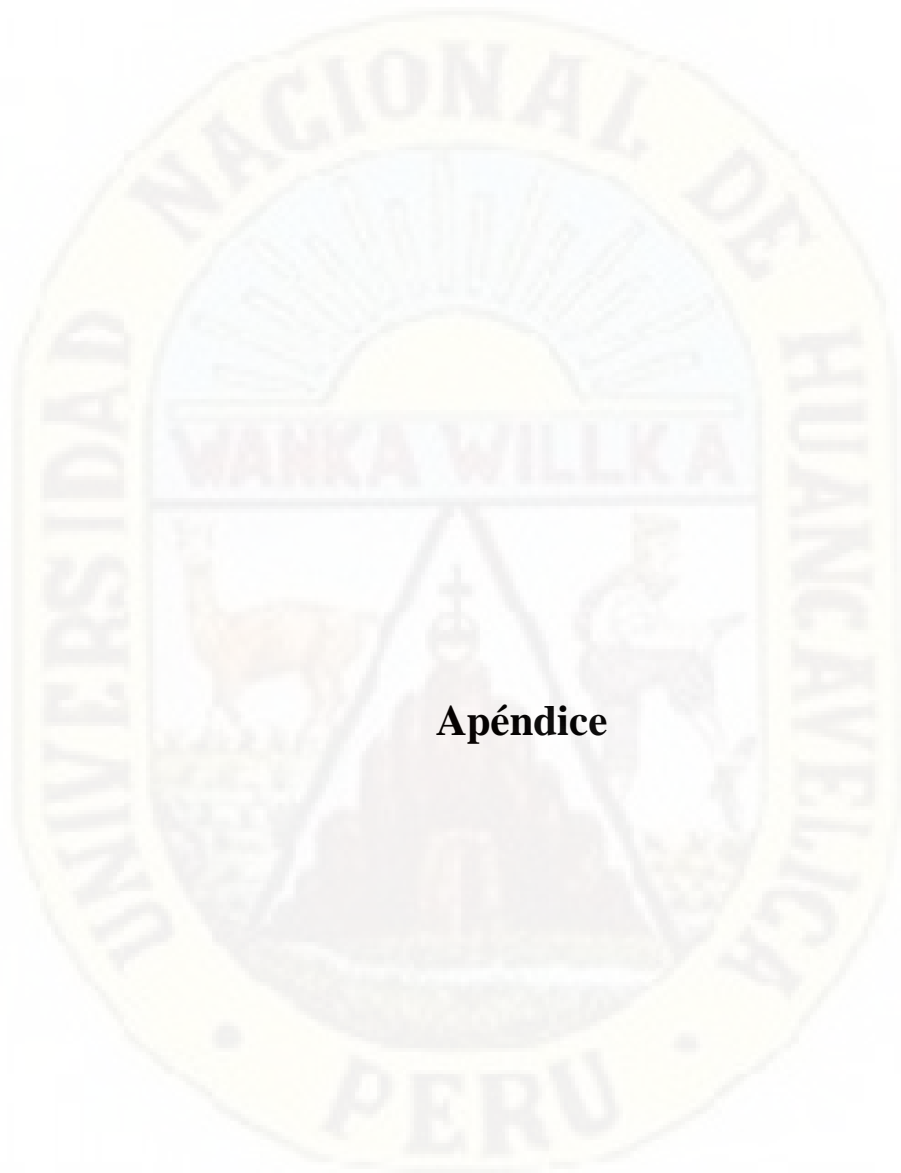
Rae. (01 De 01 De 2020). *Real Academia Española*. Obtenido De [Http://Www.Rae.Es/Search/Node/Agua](http://www.rae.es/search/node/agua)

Ribes, M. E. (2002). *Método de Análisis Microbiológicos de Alimentos*. España.

USEPA. (7 de Setiembre de 2010). *Arsenic in drinking water*. Recuperado el 20 de setiembre de 2010, de EPA:

<http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/arsenic/index.cfm>

Wri. (2000). *World Resources Institute*. Obtenido De *Making Big Ideas Happen*: [Http://Www.Wri.Org/](http://www.wri.org/)



**Apéndice**

## Apéndice 1: Matriz de consistencia

**Título: “Contaminación por metales pesados en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica, 2022”**

Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Unidad	Metodología
<p><b>Problema general:</b> ¿Cuál es la contaminación por metales pesados en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Determinar la contaminación por metales pesados en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica, 2022.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la concentración de arsénico en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica, 2022.</li> <li>• Determinar la concentración de cadmio en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica, 2022.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis Nula:</b> La contaminación por metales pesados en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica No superan los ECAs establecidos para agua.</p> <p><b>Hipótesis Alterna:</b> La contaminación por metales pesados en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica superan los ECAs establecidos para agua.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b> Concentración de metales pesados.</p> <p><b>Variable dependiente:</b> Microcuenca del río Ichu Huancavelica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Arsénico (As)</li> <li>✓ Cadmio (Cd)</li> <li>✓ Cromo (Cr)</li> <li>✓ Plomo (Pb),</li> <li>✓ Mercurio (Hg)</li> </ul> <p>Normativa vigente ECA-Agua, Categoría 4 - E2: Ríos.</p>	<p>mg/L</p> <p>mg/L</p> <p>mg/L</p> <p>mg/L</p> <p>mg/L</p> <p>Los Límites Máximos.</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b> Básico.</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b> Descriptivo.</p> <p><b>Método de Investigación:</b> Método Científico.</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b> No experimental transeccional.</p> <p><b>M</b> → <b>O<sub>y</sub></b></p> <p><b>Donde:</b> <b>M:</b> Muestra. <b>O<sub>y</sub>:</b> Observación de la variable en estudio. <b>Y:</b> Variable contaminación del agua.</p> <p><b>Población:</b> Microcuenca del Río Ichu.</p> <p><b>Muestra:</b> ✓ 5 puntos de muestreo.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la concentración de cromo en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica, 2022.</li> <li>• Determinar la concentración de mercurio en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica, 2022.</li> <li>• Determinar la concentración de Plomo en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica, 2022.</li> </ul>				<p><b>Técnicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Observación.</li> <li>✓ Descripción.</li> </ul> <p><b>Instrumentos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Registros.</li> <li>✓ Analizadores de agua.</li> </ul> <p><b>Procesamiento de datos:</b></p> <p>Se realizará usando el software Ms-Excel y SPSS V.20 para determinar los valores de tendencia central, dispersión e inferencial.</p>
--	---	--	--	--	--



### Apéndice 3: Panel fotográfico

**Figura 15**

*Inicio de las actividades en campo*



Fuente: Propia (2022)

**Figura 16**

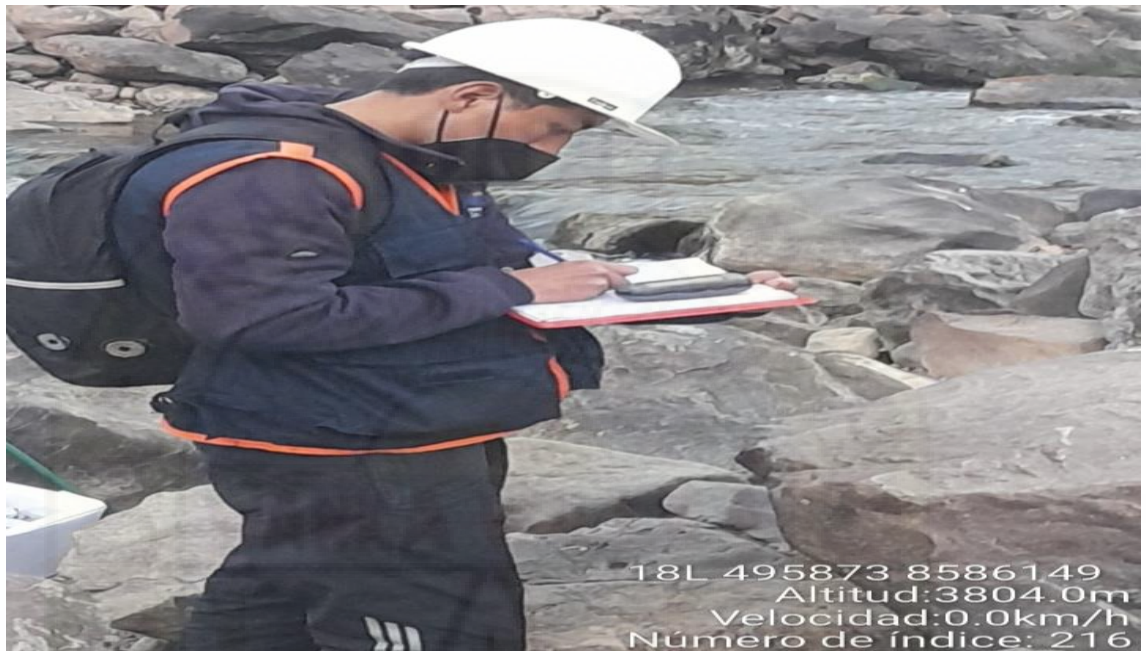
*Caja térmica (cooler) con frascos de boca ancha para monitoreo de las muestras de agua superficial del Rio Ichu*



Fuente: Propia (2022)

**Figura 17**

*Localización de la estación de monitoreo (EM -1)*



Fuente: Propia (2022)

**Figura 18**

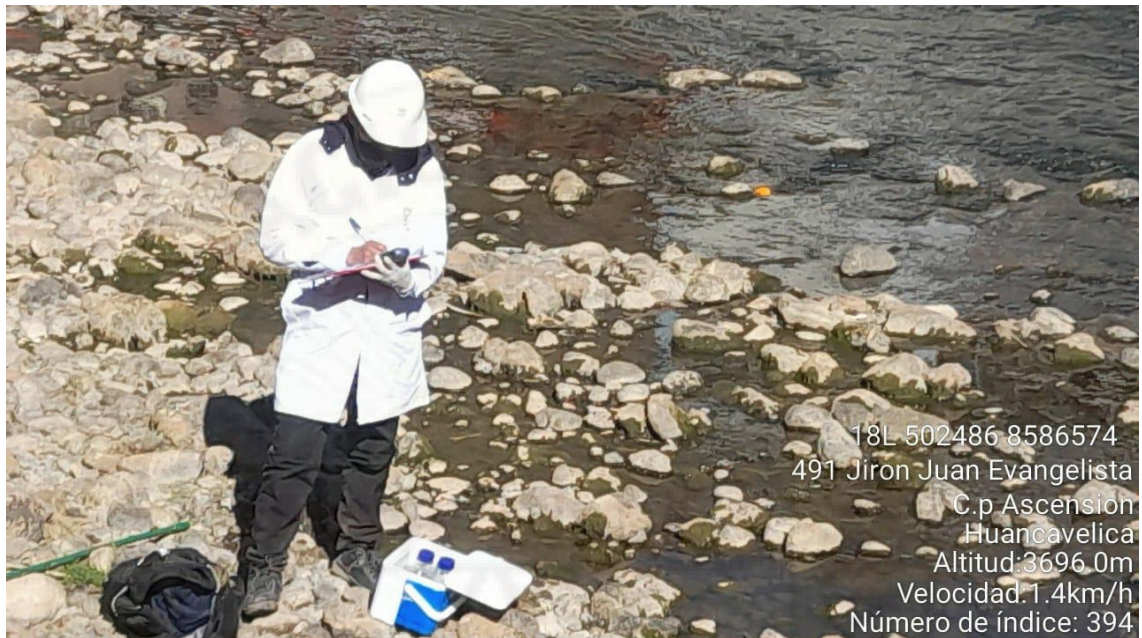
*Localización de la estación de monitoreo (EM -2)*



Fuente: Propia (2022)

**Figura 19**

*Localización de la estación de monitoreo (EM -3)*



Fuente: Propia (2022)

**Figura 20**

*Localización de la estación de monitoreo (EM -4)*



Fuente: Propia (2022)

**Figura 21**

*Localización de la estación de monitoreo (EM -5)*



Fuente: Propia (2022)

**Figura 22**

*Monitoreo de la muestra en la estación de monitoreo (EM -1)*



Fuente: Propia (2022)

**Figura 23**

*Monitoreo de la muestra en la estación de monitoreo (EM -2)*



Fuente: Propia (2022)

**Figura 24**

*Monitoreo de la muestra en la estación de monitoreo (EM -3)*



Fuente: Propia (2022)

**Figura 25**

*Monitoreo de la muestra en la estación de monitoreo (EM -4)*



Fuente: Propia (2022)

**Figura 26**

*Monitoreo de la muestra en la estación de monitoreo (EM -5)*



Fuente: Propia (2022)

**Figura 27**

*Etiquetado de las muestras en campo*



Fuente: Propia (2022)

**Figura 28**

*Medición de parámetros de campo.*



Fuente: Propia (2022)

**Figura 29**

*Preservación de las muestras con HNO<sub>3</sub>*



Fuente: Propia (2022)

**Figura 30**

*Transporte de las muestras en la caja térmica (cooler) para los análisis de metales pesados*



Fuente: Propia (2022)