

**Editorial**

**CICI**

**CENTRO DE INVESTIGACIONES  
Y CAPACITACIONES INTERDISCIPLINARES**

**DETERMINACION DE METALES  
PESADOS ARSENICO, MERCURIO Y  
PLOMO EN AGUAS DEL RIO ICHU EN  
ZONAS URBANAS DEL DISTRITO DE  
ASCENCIÓN Y HUANCVELICA**

**Víctor Guillermo Sánchez Araujo**

**Wilfredo Sáez Huaman**

**Pedro Antonio Palomino Pastrana**

**Luis Alberto Tito Córdova**

**Max Henry Alvarado Anampa**

**Mabel Yesica Escobar Soldevilla**

**Julio Daniel Enríquez Quispe**

**ISBN 978-628-95934-3-3**

## ***Autores Principales y Compiladores***

---

***Víctor Guillermo  
Sánchez Araujo***

Universidad Nacional de  
Huancavelica  
victor.sanchez@unh.edu.pe

 <http://orcid.org/0000-0002-7702-0881>

***Wilfredo Sáez Huaman***

Universidad Nacional de Huancavelica  
wilfredo.saez@unh.edu.pe

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

***Pedro Antonio Palomino Pastrana***

Universidad Nacional de  
Huancavelica  
pedro.palomino@unh.edu.pe

 <https://orcid.org/0000-0001-7833-6805>

***Luis Alberto Tito Córdova***

Universidad Nacional de Huancavelica  
luis.tito@unh.edu.pe

 <https://orcid.org/0000-0003-0072-4140>

***Max Henry Alvarado Anampa***

Universidad Nacional de Huancavelica  
max.alvarado@unh.edu.pe

 <https://orcid.org/0000-0003-3746-0775>

***Mabel Yesica Escobar Soldevilla***

Universidad Nacional de Huancavelica  
mabel.escobar@unh.edu.pe

 <https://orcid.org/0000-0001-9253-5974>

***Julio Daniel Enríquez Quispe***

Universidad Nacional de Huancavelica  
daniel.enriquez@unh.edu.pe

 <https://orcid.org/0000-0003-1933-0221>

Alain Fitzgerald Castro Alfaro: Editor

2023 – Determinación de metales pesados arsénico, mercurio y plomo en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica

Primer Volumen

**Autores:** Víctor Guillermo Sánchez Araujo, Wilfredo Sáez Huaman, Pedro Antonio Palomino Pastrana, Luis Alberto Tito Córdova, Max Henry Alvarado Anampa, Mabel Yesica Escobar Soldevilla, Julio Daniel Enríquez Quispe.

**Versión Digital ISBN:** 978-628-95934-3-3

**Depósito Digital Biblioteca Nacional de Colombia:** DD-018123

Determinación de metales pesados arsénico, mercurio y plomo en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica

Coordinadora: Nora González Pérez –Cartagena –Colombia

Portada y diagramación: Mariapaula Valeria Ramírez Guerrero

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales

Cartagena –Colombia, Septiembre 2023

***DETERMINACIÓN DE METALES  
PESADOS ARSÉNICO, MERCURIO Y  
PLOMO EN AGUAS DEL RIO ICHU EN  
ZONAS URBANAS DEL DISTRITO DE  
ASCENSIÓN Y HUANCVELICA***

**Víctor Guillermo Sánchez Araujo**

**Wilfredo Sáez Huaman**

**Pedro Antonio Palomino Pastrana**

**Luis Alberto Tito Córdova**

**Max Henry Alvarado Anampa**

**Mabel Yesica Escobar Soldevilla**

**Julio Daniel Enríquez Quispe**

**Colombia**  
**Latinoamérica**

## Contenido

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
1.2 Descripción del problema .....	11
1.3 Formulación del problema .....	12
1.4 Problema general.....	12
1.5 Problemas específicos.....	12
1.6 Objetivos .....	12
1.7 Objetivos general .....	12
1.8 Objetivos específicos .....	13
1.9 Justificación.....	13
2. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 Antecedentes.....	15
2.2 Internacionales .....	15
2.3 Nacionales.....	17
2.4 Bases teóricas .....	20
2.5 Bases conceptuales.....	29
2.6 Hipótesis .....	36
2.7 Variables .....	37
2.8 Operacionalización de Variables .....	37
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	40
3.1 Ámbito temporal y espacial .....	40
3.2 Tipo de investigación.....	43
3.3 Nivel de investigación .....	43
3.5 Población, muestra y muestreo.....	45
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	45
3.7 Técnicas y procesamiento de análisis de datos.....	62
4. PRESENTACION DE RESULTADOS .....	65
4.1 Análisis de información .....	65
4.2 Principios de la investigación y prueba de hipótesis.....	69

4.3	Discusión de resultados.....	77
4.4	Conclusiones.....	79
4.5	Recomendaciones.....	79
4.5	Referencias.....	80
4.6	Apéndice.....	83

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar parámetros físicos y microbiológicos del contenido de las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica. Se obtuvo 6 puntos de muestreo ubicados en la parte urbana de la vertiente del río Ichu a nivel urbano en 6 zonas del río correspondientes a los distritos de Huancavelica y Ascensión, desde Chuñuranra (boca toma de EMAPA) hasta la altura del puente de Santa Rosa. La toma de datos se realizó en los meses de abril, mayo y junio; como primer monitoreo se realizó el 15 de abril, segundo monitoreo el 15 mayo y como tercer monitoreo el 15 de junio del 2021. Cada 30 días de frecuencia el cual nos permitió tener mayor fiabilidad.

Los resultados obtenidos en la presente investigación permitió determinar la temperatura en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica donde se pudo observar que la temperatura en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presento una media de 13 °C, el pH en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presento una media de 7.5 unidad de pH, los sólidos totales disueltos en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presento una media de 41.0 mg/L, la demanda bioquímica de oxígeno en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presento una media de 20.3 mg/L, la turbidez en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presento una media de 5.0 NTU, los Coliformes fecales en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presento una media de 1661.7 NMP/100 ml.

**Palabras clave:** Número más probable, Coliformes fecales, parámetros físicos, río Ichu

## **ABSTRACT**

The objective of the research was to determine physical and microbiological parameters of the water content of the ichu river in urban areas of the Huancavelica district. Six sampling points located in the urban part of the Ichu river slope were obtained at the urban level in 6 areas of the river corresponding to the districts of Huancavelica and Ascensión, from Chuñuranra (EMAPA outlet) to the height of the Santa Rosa bridge. . The data collection was carried out in the months of April, May and June; The first monitoring was carried out on April 15, the second monitoring on May 15 and the third monitoring on June 15, 2021. Every 30 days of frequency which allowed us to have greater reliability.

The results obtained in the present investigation allowed to determine the temperature in the waters of the Ichu river in urban areas of the district of Huancavelica where it could be observed that the temperature in the water of the Ichu river in urban areas of the district of Huancavelica in the 6 monitoring points I present an average of 13 °C, the pH in the water of the Ichu river in urban areas of the district of Huancavelica in the 6 monitoring points I present an average of 7.5 pH unit, the total solids dissolved in the water of the Ichu river in areas The urban areas of the Huancavelica district at the 6 monitoring points presented an average of 41.0 mg/L, the biochemical oxygen demand in the water of the Ichu river in urban areas of the Huancavelica district at the 6 monitoring points presented an average of 20.3 mg. /L, the turbidity in the water of the Ichu river in urban areas of the district of Huancavelica in the 6 monitoring points presented an average of 5.0 NTU, the fecal coliforms in the water of the Ichu river in areas urban areas of the district of Huancavelica in the 6 monitoring points presented an average of 1661.7 NMP/100 ml.

**Keywords:** most probable number, fecal coliforms, physical parameters, Ichu river

## 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

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 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 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), 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 las faltas de sistemas de saneamiento básico ocasionan 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. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1. 2 Descripción del problema**

La contaminación del agua afecta plantas y organismos que viven en estos cuerpos de agua, y en la mayoría de los casos afecta dañando no solamente a las especies individuales y las poblaciones, así como en las comunidades biológicas.

La descarga de contaminantes específicos no es la única causa de contaminación del agua, también la construcción de presas, embalses y desviaciones de ríos pueden degradar seriamente su calidad (Heinke et al., 1999).

Particularmente peligroso es la contaminación provocada por las altas concentraciones de algunos metales pesados y su incremento en los efectos adversos causados por la persistencia y el fenómeno de bio magnificación. De forma natural, los metales son introducidos a los sistemas acuáticos como resultado de la lixiviación de suelos y rocas, y erupciones volcánicas. También pueden provenir de las actividades antropogénicas como son, agrícolas, domésticas, industriales y mineras. La actividad minera-metalúrgica a través del procesamiento de minerales y fundición, podría causar la dispersión y depósito de grandes cantidades de metales hacia el medio ambiente, si existe alguna operación inadecuada.

Al contrario de muchos contaminantes orgánicos los metales pesados, generalmente, no se eliminan de los ecosistemas acuáticos por procesos naturales debido a que no son biodegradables. Por el contrario, son muy contaminantes y sufren un ciclo global ecobiológico, donde las aguas naturales son el principal camino. Hoy en día los metales pesados tienen un gran significado como indicadores de la calidad ecológica de todo flujo de agua debido a su toxicidad y muy especialmente al comportamiento bioacumulativo.

Asimismo, los metales pesados tienen tendencia a formar asociaciones con sustancias minerales (carbonatos, sulfatos, etc.) y en mayor grado con sustancias orgánicas, mediante fenómenos de intercambio iónico, adsorción, quelación, formación de combinaciones químicas, etc., por lo que se acumulan en el medio

ambiente, principalmente en los sedimentos de ríos, lagos y mares (Förstner et al., 1981).

Las altas concentraciones de metales pesados en las aguas de corrientes fluviales asociados a sulfuros tales como el arsénico (As), plomo (Pb) pueden atribuirse a la minería lo cual son causa del fuerte impacto en el medio ambiente (Salomons, 1995). En cambio, otros metales no-sulfurosos como el mercurio (Hg) posiblemente indican una contaminación antropogénica de metales pesados que están estrechamente asociados con las descargas industriales.

Es por tal que ante frente a este problema se propuso la evaluación de la contaminación por metales pesados: arsénico, mercurio y plomo en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica.

### **1. 3 Formulación del problema**

#### **1. 4 Problema general**

¿Cuál es la concentración de metales pesados arsénico, mercurio y plomo en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica?

#### **1. 5 Problemas específicos**

- a) ¿Cuál es la concentración de arsénico en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica?
- b) ¿Cuál es la concentración de mercurio en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica?
- c) ¿Cuál es la concentración de plomo en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica?

#### **1. 6 Objetivos**

#### **1. 7 Objetivos general**

- Determinar la concentración de metales pesados arsénico, mercurio y plomo en aguas del rio Ichu adyacentes a las zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica.

## **1. 8 Objetivos específicos**

- Determinar la concentración de arsénico en aguas del rio Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica.
- Determinar la concentración de mercurio en aguas del rio Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica.
- Determinar la concentración de plomo en aguas del rio Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica.

## **1. 9 Justificación**

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 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.

El presente trabajo de investigación, trata en lo posible de conocer si existe contaminación y en qué nivel y así como caracterizar, determinar 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, determinando en que cantidad se presentan y poder conocer un resultado 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 presenta 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.

# Capítulo II

MARCO TEÓRICO

---

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes**

### **2.2 Internacionales**

Chávez (2014), en su trabajo de investigación "Determinación de la contaminación por metales pesados (plomo, cromo, cadmio y mercurio) en las aguas del rio cauca, en la zona urbana de la ciudad de Cali y evaluación de la mutagenidad utilizando el test de ames" se evaluó la contaminación por metales pesados (cromo, mercurio, plomo y cadmio) en las aguas superficiales del rio Cauca a su paso por la ciudad de Santiago de Cali durante los años de 2008, 2009 y 2013 y la mutagenidad por medio del Test de Ames, los metales se determinaron por absorción atómica y la mutagenidad se evaluó con cepas TA98 y TA100 de la bacteria Salmonella typhimurium. Las recolecciones de muestras de las aguas superficiales se realizaron en 5 puntos de muestreo. El punto que mostro mayor concentración de metales, fue el canal colector sur con un valor de 7.1. los resultados de la investigación indican una alta concentración de los metales pesados en las muestras analizadas y en el periodo de tiempo evaluado no sobrepasan los límites permitidos por la EPA en las aguas de consumo humano se encontró una leve correlación con los índices de mutagenidad observados.

Francisca y carro, (2014) en su trabajo de investigación "Remoción de arsénico en agua mediante procesos de coagulación – floculación" con el objeto de evaluar la eficiencia en la eliminación del arsénico en el agua para consumo humano. En los ensayos realizados varió la dosis de los coagulantes desde 5 a 500 mg/L, la de partículas sólidas desde 0 a 6000 mg/L y la concentración inicial de arsénico desde 0.5 a 5 mg/L. Con estas variables se han realizado combinaciones en más de 100 experimentos. Se obtuvieron porcentajes de remediación de arsénico que variaron desde 0 hasta 95 %. Los resultados obtenidos permitieron lograr remociones del 95 % al incorporar cloruro férrico y del 80% con sulfato de aluminio en soluciones con arsenato. Para dosis de cloruro férrico mayores a 50 mg/L la eficiencia de la remediación disminuyó considerablemente en relación con los resultados obtenidos con sulfato de aluminio,

para todos los tipos y concentraciones de sólidos. Las mayores remociones se lograron a pH entre 3 y 5, en soluciones oxidadas. A partir de los resultados obtenidos y su análisis mediante regresiones lineales múltiples con valores de  $R > 0.90$ , se pudo determinar que los parámetros que controlan la remoción son la dosis de floculante, el pH del líquido y la concentración de sólidos en suspensión. La mineralogía de los sólidos y el tipo de floculante tendrían un efecto menos significativo en la remoción mediante coagulación-floculación. Los resultados obtenidos son relevantes para la remoción de As en plantas potabilizadoras de agua, como también en la implementación de métodos caseros de remoción.

Blanco, Alonso, Jiménez, Santiago y Miguel, (1998) en su trabajo "Estudio de los niveles de plomo, cadmio, cins y arsénico, en aguas de la provincia de salamanca" Se han estudiado las aguas que proceden de redes de abasto, fuentes, manantiales, pozos, ríos, riveras y lagunas de la provincia de Salamanca, analizándose los contenidos de plomo, cadmio, zinc y arsénico de 180 muestras, por medio de espectroscopía de absorción atómica. Se han comparado los niveles de contaminación por los 4 recursos en medio de las aguas que proceden de redes de abasto y esas muestras de pozos, fuentes, manantiales y aguas de área. No se han visto diferencias en los niveles de contaminación por los 4 recursos en medio de las aguas que proceden de redes de abastecimientos y esas muestras de pozos, fuentes, manantiales y aguas de área y los resultados presentan que las aguas de la provincia de Salamanca muestran de manera "natural" elevados contenidos de cadmio y plomo, posiblemente gracias a las propiedades geológicas del lote.

Funes et al., (2018) en su trabajo "Determinación de mercurio, cadmio, plomo y arsénico en ríos de la zona subcuenta del Río Titihuapa, cabañas, el salvador". La metodología empleada incluyó la toma de muestras de sedimentos en sitios ubicados en los puntos de confluencia de los ríos tributarios a la subcuenta Titihuapa, las cuales fueron resguardadas y transportadas al laboratorio para su respectivo análisis mediante técnicas de absorción atómica, método de horno de grafito y método de generador de flama. Se usó como parámetro el nivel de efectos leves (NEL) de la Guía Para la Evaluación de Sedimentos, del departamento de Protección Ambiental de New Jersey, 1998. Las concentraciones de Hg, Cd y Pb están por debajo de los valores de la NEL. Las concentraciones de As, la mayoría sobrepasa el NEL que es de 6.0  $\mu\text{g/g}$ .

### 2.3 Nacionales

Calixto, Clotilde, Motta, y Rolando, (2018) en la investigación titulada "Determinación de la concentración de arsénico y mercurio por espectrometría de absorción atómica en peces procedentes del mar de huacho y chorrillos" se determinó en que concentración estará el arsénico y el mercurio en el hígado y tejido muscular de los peces y en el agua procedentes del mar de huacho y chorrillos según los límites máximos permisibles (LMP). Los resultados obtenidos de la concentración de arsénico en el tejido muscular fue de 0.00265 mg/kg y mercurio en el hígado fue de 0.03945 mg/kg; estas concentraciones comparadas con la norma de la Unión Europea y la norma peruana de sanidad Pesquera se encuentran por debajo del límite máximo permisible. Los niveles de concentración de arsénico y mercurio en el agua de mar no superan los valores máximos permisibles establecidos por el Ministerio del Ambiente (Minam), se realizaron exámenes complementarios al agua de mar y los resultados no superan los valores máximos permisibles; para la conductividad fue de 54890  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (S), sólidos suspendidos

Chávez y Miglio, (2011) en su trabajo "Remoción de arsénico por oxidación solar en aguas para consumo humano" donde evaluó una alternativa de tratamiento simple: el método de Remoción de Arsénico por Oxidación Solar, RAOS, utilizando alambres de hierro Nro. 16 y jugo de limón, variedad sutil. Se realizaron pruebas experimentales con aguas sintéticas de un pH promedio de 6,7 y 0,2 mg/L de arsénico, obteniéndose una reducción de hasta un 98,5% de arsénico total bajo una irradiación solar promedio de 612,1 W-h/m<sup>2</sup> en seis horas. Para el tratamiento de un litro de agua se empleó seis gramos de alambre de hierro Nro. 16 y 1,3 mL de jugo de limón de la variedad Citrus aurantifolia swingle (sutil). La experimentación en campo se realizó en la región Apurímac con las aguas del río Iscahuaca-Colcabamba que contenían 0,05 mg/L de arsénico, lográndose reducir el 88% de arsénico total bajo una irradiación solar promedio de 586 W-h/m<sup>2</sup>. Los resultados indican que el método RAOS propuesto puede aplicarse para descontaminar aguas de consumo humano en zonas rurales a nivel familiar.

Apaza (2016), en su trabajo de investigación "Determinación del contenido de mercurio en agua y sedimentos del río Suches-zona bajo paria cojata – Puno" donde se evaluó la

concentración de mercurio en agua y sedimento del río suches en la zona bajo Paria del distrito de Cojata Puno y reúne los resultados de la evaluación de niveles de mercurio en agua y sedimentos de la cuenca. Este análisis muestra que hay una marcada tendencia de incremento de las concentraciones de mercurio durante los últimos años. Los datos obtenidos fueron la presencia de mercurio en el agua muestra indicadores de ligera contaminación, por debajo de los límites permisibles y en varios casos por debajo del límite de detección (generalmente 0.0002 ug/l). Estos valores han sido reportados en aguas de relave; su efecto en la ictiofauna muestra que los peces se encuentran por debajo de los límites permisibles para la alimentación. Los sedimentos presentan concentraciones mínimas de mercurio; sin embargo la tendencia espacial demuestra que hay una relación inversa entre las concentraciones de mercurio y la pendiente, En cuanto al elevado contenido de mercurio en los sedimentos, estos pueden traer problemas ambientales pues en medios anaeróbicos el mercurio tiende a mutilarse, convertirse en una sustancia orgánica por la flora y fauna del medio proviniendo la bioacumulación del mismo en el ser vivo.

Vidal, Acosta, y Villacres, (2017), en su investigación "Determinación de metales pesados en los cuerpos de agua del área de conservación regional humedales de ventanilla, región callao, Peru" el presente estudio se llevó a cabo la determinación de metales pesados (Hg, Cd, Pb, As) en los cuerpos de agua del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla mediante el método de Inducción de Plasma Acoplada (ICP). Donde se colectaron muestras de agua en 17 estaciones de muestreo durante tres periodos de monitoreo para el análisis de cuatro variables de la calidad fisicoquímica de los cuerpos de agua. La presencia de estos elementos en el agua es motivo de interés ambiental y para la salud de las comunidades humanas asociadas a los cuerpos de agua. Algunos metales son rápidamente atrapados por los sedimentos, por lo que su presencia en la columna de agua es indicador de contaminación reciente. Se compararon las características fisicoquímicas halladas, con los límites establecidos en la legislación peruana del 2008 y 2015. En el caso de los metales pesados, el plomo, el arsénico y el mercurio exhiben valores más altos por lo que se discuten sus fuentes de origen potencial.

Urviola, (2009) en el trabajo de investigación "Determinación de metales pesados en las aguas del río Ananea debido a la actividad minera aurífera, puno – Perú" El objetivo de este trabajo fue determinar los niveles de Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, Plomo y Zinc del río Ananea. Se programaron tres campañas de muestreo, realizados en los meses de marzo, junio y agosto (período de estiaje). Las concentraciones de los metales pesados se determinaron por espectrometría de absorción atómica, por la técnica del ICP (Inductively Coupled Plasma) EPA: 200.8. Revisión 5,4. 1994. Los resultados mostraron que las concentraciones de Arsénico, Cobre, Cromo, Plomo y Zinc, se encontraron por encima de los límites máximos permisibles y para metales como Cadmio y Mercurio resultaron valores por debajo de los límites máximos permisibles.

Afan (2018), en su trabajo de investigación "Determinación por absorción atómica de plomo y arsénicos en agua potable de viviendas del distrito Hualgayoc, Cajamarca – Octubre 2017" donde se evaluó la presencia de plomo y arsénico en agua potable, el desarrollo de esta investigación se cuantifico plomo y arsénico mediante la metodología analítica de absorción atómica con horno de grafito por ser una técnica altamente sensible y específica. Se tomaron 15 muestras de agua en 5 puntos diferentes para determinar dichos niveles y se analizaron en la unidad de servicio de análisis químicos (USAQ) de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Los resultados nos indica que la concentración promedio de Arsénico en el agua potable es de 0.0060 mg/L. con cifras extremas: mínima de 0.0000 mg/L y máxima de 0.0213 mg/L, encontrándose que el 27% supera los LMP dados por la DIGESA, y la concentración promedio de Plomo es de 0.0564 mg/L. con cifras extremas: mínima de 0.0105 mg/L y máxima de 0.1587 mg/L, encontrándose que el 100% superan las concentraciones del LMP dados por la DIGESA. Estos resultados evidencian un riesgo de intoxicación crónica y un grave problema de salud para la población de Hualgayoc.

## 2.4 Bases teóricas

### Teoría de química Redox

#### Oxidación y reducción

El término oxidación comenzó a usarse para indicar que un compuesto incrementaba la proporción de átomos de Oxígeno. Igualmente, se utilizó el término de reducción para indicar una disminución en la proporción de oxígeno. Actualmente, ambos conceptos no van ligados a la mayor o menor presencia de Oxígeno (Devlin, 2008). Se utilizan las siguientes definiciones:

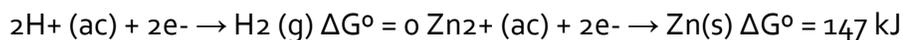
Oxidación: Pérdida de electrones (o aumento en el número de oxidación)

Reducción: Ganancia de electrones (o disminución en el número de oxidación). Siempre que se produce una oxidación debe producirse simultáneamente una reducción. Cada una de estas reacciones se denomina semirreacción.

Un enorme conjunto de actitudes químicas avanza con la pérdida formal de electrones de un átomo y la ganancia de ellos por otro. La especie que suministra electrones es el representante reductor (especie que se oxida) y la que los gana es el representante oxidante (especie que se reduce). Dichos hechos presentan que las actitudes redox se asemejan a las ácido-base conforme con la definición de Brönsted, empero en vez de transferirse protones a partir de un ácido a una base, en la situación de la oxido-reducción se transfieren electrones a partir del representante reductor al oxidante (matias, 2006).

**Reacción redox** Esta división es conceptual y no corresponde a una división real de ambos procesos. El par se redacta colocando en primera instancia la especie oxidada y, después, la especie limitada:  $H^+/H_2$  y  $Zn^{2+}/Zn$ .

**Potenciales habituales de reducción** Cada semirreacción ayuda con cierto costo de  $\Delta G^\circ$  a la energía independiente total, siendo ésta la suma de las energías libres típicas de ambas semirreacciones. Como las semirreacciones se tienen que crear por parejas, se puede tomar una semirreacción como alusión y darle el costo de  $DG^\circ = 0$ , en condiciones estándar.



Las energías libres habituales tienen la posibilidad de obtener usando una pila galvánica en la que la actitud que impulsa la corriente de electrones por el circuito es la de interés.

$\Delta G^\circ = -nFE^\circ$  Como  $\Delta G^\circ$  es cero para el par  $\text{H}^+/\text{H}_2$ , su potencial estándar  $E^\circ = 0$ . Y, por consiguiente,  $E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.761 \text{ V}$  y  $\Delta G^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = +147 \text{ kJ}$ .

Si se examina otra vez la actitud entre  $\text{H}^+$  y el  $\text{Zn}$  se observa que el potencial de la pila es  $E^\circ > 0$ , lo cual involucra que  $\Delta G^\circ$  pila  $< 0$ , por consiguiente, el  $\text{Zn}$  tenderá a minimizar a los  $\text{H}^+$  para ofrecer sitio a  $\text{H}_2(\text{g})$ , en condiciones clásicos (matias, 2006b).

### La Serie Electroquímica

Un potencial común negativo,  $E^\circ < 0$ , denota que la especie limitada del par es capaz de minimizar a los iones  $\text{H}^+$  en ruptura acuosa en condiciones estándar, y crear  $\text{H}_2$ . En esos pares redox con  $E^\circ$  bastante positivo, la especie oxidada se comporta como un oxidante bastante profundo. En esos pares con  $E^\circ$  bastante negativo, la especie limitada actúa como un reductor bastante profundo. Una información bastante fundamental que se extrae de la serie electroquímica está en el hecho de que la especie limitada de un par puede minimizar a la manera oxidada de cualquier par que esté por arriba de él en la serie.

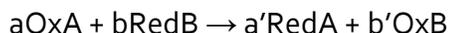
### Ecuación de NERSNT

Los potenciales normales son indicadores de cambios en condiciones estándar. Pero si se quiere estudiar la tendencia de una reacción es preciso conocer el signo y el valor de  $\Delta G$  en dichas condiciones. Para obtener dicha información se utiliza la siguiente expresión termodinámica (matias, 2006):

$$- \Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$$

Donde  $Q$  es el cociente de reacción:

$$Q = \frac{(Red)'a(Ox)'b}{(Red)a(Ox)b}$$



La reacción será espontánea si  $DG < 0$ . Como  $DG = -nFE$  podemos transformar la expresión anterior de la forma siguiente:

$$-nFE = -nFE^\circ + RT \ln Q$$

$$E = E^\circ - (RT/nF) \ln Q$$

Esta expresión es conocida como la ecuación de Nernst. La forma más utilizada de esta expresión, a 25 °C, tras sustituir el valor numérico de las constantes es:

$$E = E^\circ - (0.059/n) \log Q$$

El potencial de una reacción redox espontánea es positivo,  $E > 0$ , y su  $\Delta G < 0$ . Para una reacción en equilibrio  $E = 0$  ( $\Delta G = 0$ ) y su cociente de reacción,  $Q$ , es igual a la constante de equilibrio,  $K$ :

$$E = 0 = E^\circ - (RT/nF) \ln K \Rightarrow E^\circ = (RT/nF) \ln K \quad (\Delta G^\circ = -RT \ln K)$$

### Sobre potencial

Como se señaló anteriormente, los factores termodinámicos se pueden usar tan sólo para predecir la espontaneidad de una reacción en unas determinadas condiciones. La Termodinámica no indica nada sobre la velocidad del proceso. Este punto es estudiado, como es bien sabido, por la Cinética Química.

Así, un potencial normal negativo de un par  $Mn^+/M$  indica que la especie  $M$  puede reducir, de manera espontánea, al  $H^+$  a  $H_2$ , o a cualquier especie oxidada de un par con un potencial más positivo, en condiciones normales. Pero no se puede predecir si la reacción transcurrirá a velocidades apreciables o no. No existen reglas que permitan predecir cuándo será probable que la reacción sea rápida. Sin embargo, hay una regla empírica útil (que encuentra numerosas

excepciones) que dice que "los pares con potenciales inferiores a  $-0.6$  V pueden reducir al ion  $H^+$  a  $H_2$  a velocidad apreciable". Esta regla se puede ampliar diciendo que una reacción redox se producirá a una velocidad apreciable siempre que su potencial sea superior a  $0.6$  V. Por ejemplo para que se pueda producir la reacción de oxidación del agua a tal velocidad (Matías, 2006).



$$E_{Red}^\circ = +1.23 \text{ V}$$



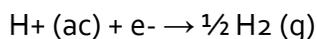
$$E_{Ox}^\circ = -1.23 \text{ V}$$

Se necesita un par redox cuyo potencial sea de  $E^\circ = 1.23 + 0.6 = 1.83$  V.

Como se puede observar, la regla dicta que se necesita una diferencia entre los dos potenciales de reducción de los pares redox implicados de  $0.6$  V. Este valor de potencial en exceso se denomina sobrepotencial. La existencia de este sobrepotencial explica por qué ciertos metales reducen al  $H^+$  en medio ácido y no en agua a pH neutro. Tales metales (entre los que se encuentra el Fe y el Zn) poseen potenciales de reducción negativos, pero no poseen un valor suficientemente grande como para conseguir un sobrepotencial de  $-0.6$  V para la reducción del  $H^+$  a  $pH = 7$ .

Ejemplo: reducción del  $H^+$  por Fe(s).

La ecuación de Nernst para el hidrógeno, a  $P = 1 \text{ atm}$ , es:



$$E = E^\circ - (0.059/1) \log (1/[H^+])$$

$$\downarrow E^\circ = 0$$

$$E = 0.059 \log [H^+] = -0.059 \text{ pH}$$

$$\downarrow \text{pH} = 7$$

$$E = -0.41$$

Suponiendo que el par redox  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$  se encuentra en condiciones estándar,  $E^\circ = -0.44$

V. Luego

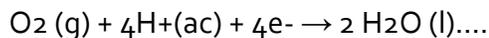
$$E_R = -0.41 - (-0.44) = 0.03 \text{ V}$$

Como  $0.03 \ll 0.6 \text{ V}$ , se puede predecir que la reacción será lenta.

Estabilidad de los Pares Redox

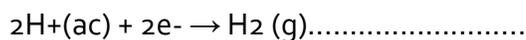
Un ion o molécula en disolución puede ser inestable al sufrir reacciones de oxidoreducción, debido a la presencia de cualquiera de las otras especies presentes en disolución, o incluso al mismo disolvente. Cuando el disolvente empleado es  $\text{H}_2\text{O}$ , éste puede actuar como agente reductor, liberando  $\text{O}_2$  (se oxida el ion  $\text{O}_2^-$ ), o como oxidante produciendo  $\text{H}_2$  (el  $\text{H}^+$  se reduce). Las especies que pueden existir en  $\text{H}_2\text{O}$  poseen potenciales de reducción que se encuentran entre los límites definidos por estos dos procesos:

↑ Especies que oxidan al  $\text{H}_2\text{O}$



$$E^\circ = +1.23 \text{ V}$$

Especies Estables en  $\text{H}_2$



$$E^\circ = 0 \text{ V}$$

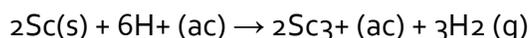
↓ Especies que reducen al  $\text{H}^+$

Especies oxidadas por el  $\text{H}_2\text{O}$

La oxidación de los metales por el agua o por los ácidos en medio acuoso, generalmente, responde al siguiente tipo de proceso:



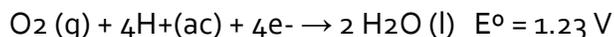
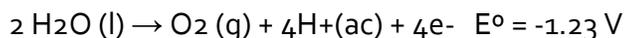
Estos procesos son termodinámicamente favorables cuando el metal, M, es un elemento del bloque s, distinto del berilio, o un metal de la primera parte (Grupos 4-7: Ti, V, Cr, Mn) de la primera serie de transición. Algunos metales pueden sufrir reacciones semejantes, pero transfieren un número de electrones superior



De manera general, cuando el potencial normal de reducción de un ion metálico a metal es negativo, el metal se oxida en un ácido  $1M$ , con desprendimiento de  $H_2$ . Sin embargo, como ya se ha comentado anteriormente, la reacción puede ser lenta. Por ejemplo, las reacciones del Mg y del Al con el aire húmedo son espontáneas, pero estos metales se pueden usar durante años en presencia de  $H_2O$  y oxígeno. No se atacan por oxígeno porque se pasivan, es decir, se recubren de una capa impermeable de óxido que los aísla del exterior e impide que progrese la reacción de oxidación. Este fenómeno de pasivado también ocurre en los metales como el Fe, Cu y Zn.

### Especies reducidas por el $H_2O$

El agua puede actuar como reductora mediante la semirreacción:



Como se observa, este potencial muy positivo muestra que el  $H_2O$  se comporta como un reductor muy débil, excepto frente a agentes oxidantes enérgicos como por ejemplo el ion  $Co_3^+(ac)$ , para el que  $E^\circ(Co_3^+/Co_2^+) = +1.82 V$ . Este ion se reduce en  $H_2O$  con liberación de  $O_2$ .



$$E^\circ = E^\circ(\text{CO}_3^{2-}/\text{CO}_2) - E^\circ(\text{H}^+, \text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = -0.59 \text{ V}$$

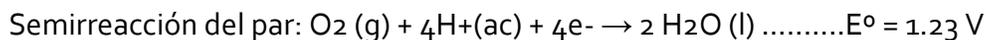
Este valor de  $E^\circ$  es muy próximo al valor del sobrepotencial necesario para que la velocidad de reacción sea significativa. Como se producen  $\text{H}^+$  en la reacción, un cambio de pH desde neutro a pH altos favorece la reacción.

Existen otros sistemas como el  $\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}$  (1.61 V),  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}$  (+1.33 V, medio ácido) y  $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$  (1.51 V, en medio ácido), para los que no se alcanza el sobrepotencial, y son estables en disolución acuosa, aunque para todos ellos  $\text{DG}^\circ < 0$ . El origen de esta dificultad del agua para actuar como reductor reside en la necesidad de transferir cuatro electrones a fin de un doble enlace oxígeno-oxígeno.

### Campo de estabilidad del $\text{H}_2\text{O}$

Un agente reductor capaz de reducir al agua a  $\text{H}_2$  o un agente oxidante capaz de oxidarlo a  $\text{O}_2$  se descompondrá en disolución acuosa. El campo de estabilidad del agua se define como el intervalo de valores del potencial de reducción y de pH para el que el  $\text{H}_2\text{O}$  es termodinámicamente estable a la reducción y a la oxidación. Los límites superior e inferior del campo de estabilidad se identifican hallando la dependencia de E con el pH para las semirreacciones correspondientes:

#### $\text{H}_2\text{O}$ actuando como reductor



$$n = 4 \dots\dots\dots Q = 1/[\text{PO}_2][\text{H}^+]^4$$

$$E = E^\circ + (RT/4F)\ln([\text{PO}_2][\text{H}^+]^4)$$

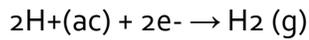
$$\downarrow [\text{PO}_2] = 1 \text{ atm, } 25^\circ\text{C}$$

$$E = 1.23 - 0.059\text{pH}$$

Cualquier especie con un potencial de reducción más alto que este valor puede ser reducido por el agua, liberándose O<sub>2</sub>. Éste es el límite superior del campo de estabilidad del H<sub>2</sub>O como reductor.

**H<sub>2</sub>O como oxidante:**

La reducción del H<sup>+</sup> (ac) a H<sub>2</sub> se produce mediante la siguiente semirreacción:



$$E^\circ = 0, n = 2, Q = \text{PH}_2/[\text{H}^+]^2$$

Donde,

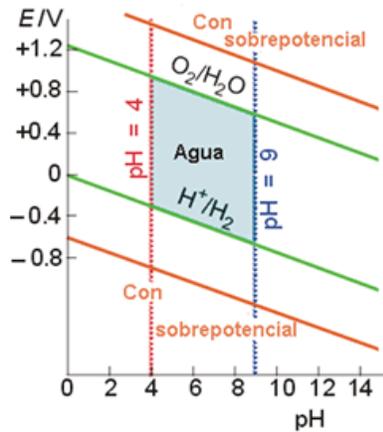
$$E = E^\circ - (RT/2F)\ln(\text{PH}_2/[\text{H}^+]^2)$$

$$\text{Si } \text{PH}_2 = 1 \text{ y } t = 25 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$E = -0.059\text{pH}$$

Cualquier especie con un potencial de reducción inferior a este valor puede reducir al H<sup>+</sup>(ac) a H<sub>2</sub>, por lo que éste es el límite inferior del campo de estabilidad.

El eje vertical representa el E<sup>o</sup> de reducción de los pares redox en agua: Los que caen por encima de la línea superior pueden oxidar al agua; aquellos que caen por debajo de la línea inferior pueden reducir al agua. La zona sombreada representa la zona de estabilidad del agua pura.



Campo de estabilidad del agua.

### Desproporción

Como  $E^\circ(\text{Cu}^+/\text{Cu}) = +0.52 \text{ V}$  y  $E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+) = 0.16 \text{ V}$  ambos potenciales se encuentran dentro del campo de estabilidad del H<sub>2</sub>O y, por lo tanto, los iones Cu<sup>+</sup> no oxidarán ni reducirán al agua. Sin embargo, el Cu(I) no es estable en disolución acuosa porque sufre una desproporción, que consiste en una reacción en la que el número de oxidación del elemento aumenta y disminuye. Es decir, el elemento que se desproporciona actúa como oxidante y como reductor al mismo tiempo:



Esta reacción es espontánea ya que el  $E^\circ = E^\circ ( E^\circ(\text{Cu}^+/\text{Cu}) - E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+) ) = 0.36 \text{ V}$ . Empleando la ecuación  $E^\circ = + (RT/nF)\ln K$ , se puede tener una idea de la posición del equilibrio.

$$0.36 = (0.059/n)\log K, n = 1 \Rightarrow K = 1.3 \times 10^6$$

El elevado valor de la constante indica que la reacción está muy desplazada a la derecha.

El ácido hipocloroso también está sometido a la desproporción:

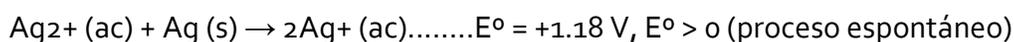


Esta reacción es la suma de dos semirreacciones:



$$E^\circ = +1.63 - 1.43 \text{ V} = 0.20 \text{ V}, K = 3 \times 10^{13}$$

La reacción inversa a la desproporción es la comproporción. En esta reacción, dos especies del mismo elemento en estado de oxidación diferentes forman un producto en el que el elemento se encuentra en un estado de oxidación intermedio:



$$K = 9 \times 10^{19}$$

## 2.5 Bases conceptuales

### Mercurio

#### a) El mercurio

El mercurio es un componente natural que está en la piedra de la corteza terrestre, como en los depósitos de carbón. En la tabla periódica, tiene el signo "Hg" y el número atómico es 80.

- Metilmercurio y otros compuestos orgánicos
- Mercurio elemental (metálico),

#### b) Compuestos de mercurio inorgánico.

El metilmercurio y otros compuestos de mercurio orgánico están compuestos una vez que el mercurio se combina con el carbón. Los organismos microscópicos transforman el mercurio en metilmercurio, que es el compuesto de mercurio orgánico más común ambiental. El mercurio elemental o metálico es un metal plateado brillante y líquido a temperatura ambiente. A temperatura ambiente, el mercurio elemental expuesto puede evaporarse hasta transformarse en un vapor tóxico invisible e inodoro. Una vez que el mercurio reacciona con otra

sustancia, forma un compuesto. Los compuestos de mercurio inorgánico toman la manera de sales de mercurio y, generalmente, son cristales o un polvo color blanco, con la exclusión del sulfuro de mercurio (cinabrio), que es color rojo.

### **c) Emisiones de mercurio a la atmósfera**

El mercurio se convierte en un problema para el medio ambiente una vez que se libera de las piedras y acaba en la atmósfera y en el agua. Tanto los volcanes como los incendios forestales envían mercurio a la atmósfera. La quema de carbón, petróleo, madera y combustible tienen la posibilidad de provocar que el mercurio quede suspendido en el viento, así como además, la quema de residuos que tienen dentro mercurio. La proporción de mercurio depositada en un área específica es dependiente de cuánto mercurio se libera de las fuentes locales, regionales, nacionales e de todo el mundo (US EPA, 2016).

### **d) Exposición al mercurio**

Generalmente hablamos de niveles bajos, debidos casi constantemente a una exposición crónica (por contacto prolongado, así sea intermitente o continuo). Empero algunas veces la población se ve expuesta a niveles altos de mercurio, como pasa en caso de exposición aguda (concentrada en un breve tiempo de tiempo, comunmente menos de un día) debida ejemplificando a un infortunio industrial.

- La forma de mercurio de que se trate;
- La dosis;
- La duración de la exposición;
- La vía de exposición (inhalación, ingestión o contacto cutáneo).

Generalmente hay 2 conjuntos en especial vulnerables a los efectos del mercurio. Los fetos son propensos más que nada a sus efectos sobre el desarrollo. La primordial efecto sanitaria del metilmercurio es la variación del desarrollo neurológico.

### **e) Efectos ambientales del mercurio**

La más grande parte del mercurio liberado por las ocupaciones humanas es liberada al viento, por medio de la quema de productos fósiles, minería, fundiciones y combustión de residuos rígidos. Distintas maneras de ocupaciones humanas liberan mercurio de manera directa al suelo o al agua, como la aplicación de fertilizantes en la agricultura y los vertidos de aguas residuales industriales. El mayor impacto negativo de la contaminación ambiental por mercurio se genera a grado acuático, ya que el metilmercurio (toxina bastante potente para el pescado) con la era se acumula en la vida acuática en concentraciones y niveles más altos. Una vez que los valores de pH permanecen entre 5 y 7, las concentraciones de mercurio en el agua se aumentarán gracias a la movilización del mercurio en el suelo. El mercurio que alcanzó las aguas superficiales o suelos los microorganismos tienen la posibilidad de convertirlo en metil mercurio, una sustancia que podría ser absorbida velozmente por la mayor parte de los organismos y es conocido que daña al sistema nervioso. En la extensión de la tierra, el mercurio que se acumula en el suelo es degradado por microorganismos (biometilación) o se oxida conformando  $Hg^{2+}$ .

#### **f) Propiedades del mercurio**

Es el exclusivo metal líquido que a temperatura ambiente se expande o contrae uniformemente con cambios de temperatura, mata bacterias y hongos, es un óptimo conductor de la electricidad y pobre conductor del calor.

#### **g) Ciclo del mercurio**

Se define como periodo de mercurio, el flujo constante de mercurio entre atmósfera, tierra y agua. En cualquier punto de la tierra, la proporción de mercurio presente va a ser en funcionalidad del periodo universal natural, el periodo universal perturbado, las fuentes regionales de mercurio y las fuentes locales de mercurio (Gaona Martínez, 2004).

## **Arsénico**

### **a) El arsénico**

El arsénico (As) es un factor bastante común en la atmósfera, en piedras y suelos, en la hidrosfera y la biosfera. Es movilizado al medio ambiente por medio de una mezcla de procesos que integran tanto procesos naturales (meteorización, actividad biológica, emisiones volcánicas), así como procesos antropogénicos (actividad minera, uso de combustibles fósiles, uso de pesticidas, herbicidas, desecantes, conservadores de la madera, y uso como aditivos de piensos) (Lillo, s).

### **b) Arsénico en el agua**

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 (As+5). Bajo condiciones de reducción, generalmente en los sedimentos de los lagos o aguas subterráneas, predomina el arsénico trivalente o arsenito, (As+3) (Mayorga Moreno, 2013).

### **c) Distribución de arsénico en agua superficiales.**

Los valores de fondo de contenido de arsénico en ríos son relativamente bajos, en general, inferiores a 0,8 µg/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 (Mayorga Moreno, 2013).

### **d) Efectos en la salud**

El arsénico existe tanto en forma orgánica como inorgánica. Los compuestos de arsénico inorgánico (como los que se encuentran en el agua) son extremadamente tóxicos, en tanto que los compuestos de arsénico orgánico (como los que se encuentran en pescados y mariscos) son menos perjudiciales para la salud (OMS, 2018).

- **Efectos agudos**

Los síntomas inmediatos de intoxicación aguda por arsénico incluyen vómitos, dolor abdominal y diarrea. Seguidamente, aparecen otros efectos, como entumecimiento u hormigueo en las manos y los pies o calambres musculares y, en casos extremos, la muerte.

- **Efectos a largo plazo**

Los primeros síntomas de la exposición prolongada a altos niveles de arsénico inorgánico (por ejemplo, a través del consumo de agua y alimentos contaminados) se observan generalmente en la piel e incluyen cambios de pigmentación, lesiones cutáneas y durezas y callosidades en las palmas de las manos y las plantas de los pies (hiperqueratosis). Estos efectos se producen tras una exposición mínima de aproximadamente cinco años y pueden ser precursores de cáncer de piel.

Además de cáncer de piel, la exposición prolongada al arsénico también puede causar cáncer de vejiga y de pulmón. El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) ha clasificado el arsénico y los compuestos de arsénico como cancerígenos para los seres humanos; el arsénico presente en el agua de bebida también ha sido incluido en esa categoría por el CIIC (OMS, 2018).

## **Plomo**

### **a) El Plomo**

El plomo es un elemento metálico pesado, suave y moldeable de color azul grisáceo. No es un buen conductor de electricidad y es resistente a la corrosión (MINAM, 2013).

### **b) El plomo en el agua**

Se han reportado niveles de 0.4 a 0.8 mg/L en aguas naturales. El agua de la superficie y el agua subterránea tiene un rango de 0.04 mg/L, un equivalente a 0.01 mg/L. Las industrias y campos de minería pueden contribuir a la contaminación del agua, sin embargo, cuando se detectan

altos niveles de plomo en el agua potable, la causa se busca por lo regular en las líneas de servicio del agua y el sistema de fontanería de los hogares (MINAM, 2013).

### c) Efectos en la salud

Los efectos del plomo en la salud son de naturaleza toxicológica y se miden a través de niveles de plomo en la sangre. Los efectos son neurotóxicos, incluyendo daño cerebral irreversible. Un nivel así de tóxico se alcanza cuando se tienen niveles de plomo superiores a 100-120µg/dL en la sangre. Severos síntomas de problemas gastrointestinales van relacionados con los síntomas encefalopáticos.

Estos síntomas se comienzan a presentar en trabajadores de plomo de edad adulta en niveles de 40 a 60µg/dL, en niños se presentan síntomas graves e inclusive mortales a partir de 80 a 100µg/dL.

Cuando los casos no son fatales (de 40 a 60µg), se causa retraso mental severo permanente con repercusiones neurológicas, y en niños estos problemas se pueden presentar con niveles desde 15 a 30µg/DI (MINAM, 2013).

### Definición de términos

- **Agua:** Sustancia líquida sin olor, color ni sabor que se encuentra en la naturaleza en estado más o menos puro formando ríos, lagos y mares, ocupa las tres cuartas partes del planeta Tierra y forma parte de los seres vivos; está constituida por hidrógeno y oxígeno ( H<sub>2</sub> O ) (Marsily, 2005).
- **Agua tratada:** Corresponde al agua subterránea o superficial cuya calidad ha sido modificada por la acción antropogénica, y por medios de procesos de tratamiento que incluye la desinfección su calidad se ajusta a la normas vigentes.
- **Contaminación Ambiental:** Se denomina contaminación ambiental a la presencia de componentes nocivos (ya sean químicos, físicos o biológicos) en el medio ambiente (entorno natural y artificial), que supongan un perjuicio para los seres vivos que lo habitan, incluyendo a los seres humanos (Trace, 2018).

- **Calidad del agua:** Es un factor que incide directamente en la salud de los ecosistemas y el bienestar humano: de ella depende la biodiversidad, la calidad de los alimentos, las actividades económicas, etc. Por tanto, la calidad del agua es también un factor influyente en la determinación de la pobreza o riqueza de un país (Ecured, 2012).
- **Dureza:** Hace referencia a la concentración de cationes (iones metálicos positivos). Los más abundantes son el Ca y Mg (Ecured, 2012).
- **El arsénico (As):** Es un elemento muy común en la atmósfera, en rocas y suelos, en la hidrosfera y la biosfera.
- **Efecto:** El efecto es el resultado, el fin, la conclusión, la consecuencia, lo que se deriva de una causa, de ahí proviene el principio fundamental causa-efecto, de la ciencia y de la filosofía. El término efecto proviene del latín effectus, y posee varios significados dependiendo del área en el que se utiliza.
- **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 entre los más susceptibles de presentarse en el agua destacamos mercurio, níquel, cobre, plomo y cromo (Facsá, 2017).
- **Mercurio:** Es un elemento natural que se encuentra en la roca de la corteza terrestre, como en los depósitos de carbón. En la tabla periódica, tiene el símbolo "Hg" y el número atómico es 80 (OMS, 2017).
- **Metilmercurio:** Es una toxina más potente que las sales de Hg 2+, ya es salubre en los tejidos grasos de animales y se bioacumula y biomagnifica (Baird, 2001).
- **Oxidación:** Pérdida de electrones o aumento en el número de oxidación (matias, 2006).
- **Plomo:** Es un elemento metálico pesado, suave y moldeable de color azul grisáceo. No es un buen conductor de electricidad y es resistente a la corrosión (MINAM, 2013).
- **Río:** Corriente natural de agua que fluye permanentemente y va a desembocar en otra, en un lago o en el mar.(Vaicenavičienė, 2019).

- **Reducción:** Ganancia de electrones o disminución en el número de oxidación. Siempre que se produce una oxidación debe producirse simultáneamente una reducción. Cada una de estas reacciones se denomina semirreacción (matias, 2006).
- **Salud:** Estado en que un ser u organismo vivo no tiene ninguna lesión ni padece ninguna enfermedad y ejerce con normalidad todas sus funciones (Elizondo, 2002).
- **Toxicidad:** Es la capacidad de una sustancia química de producir efectos perjudiciales sobre un ser vivo, al entrar en contacto con él. [Tóxico](#) es cualquier sustancia, artificial o natural, que posea toxicidad (es decir, cualquier sustancia que produzca un efecto dañino sobre los seres vivos al entrar en contacto con ellos) (Manuel y Guillermo, 2009).

## 2.6 Hipótesis

### Hipótesis general

La concentración de metales pesados: arsénico, mercurio y plomo en aguas del río Ichu adyacentes a las zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica no superan los LMP.

### Hipótesis específicas

La concentración de arsénico en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica no supera los LMP de 0.01 mg/L

La concentración de mercurio en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica no supera los LMP de 0.01 mg/L

La concentración de plomo en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica no supera los LMP de 0.01 mg/L

## **2.7 Variables**

### **Variables**

#### **Concentración de metales pesados**

Concentración de Arsénico (mg/L)

Concentración de Mercurio (mg/L)

Concentración de plomo (mg/L)

#### **Variables intervinientes**

Ph

Temperatura

## **2.8 Operacionalización de Variables**

**Tabla 1.**

Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Unidades
<b>Variable dependiente</b>					
Concentración de metales pesados:	Son parámetros químicos, característicos de las aguas, que son fuentes de importancia de los cuerpos de agua.	Medición en laboratorio a partir de un muestreo de calidad de agua conforme al protocolo de monitoreo. De calidad de agua – ANA, en el afluente y efluente del agua del río <del>ichu</del> .	Parámetros químicos	Concentración de Arsénico	mg/L
				Concentración de Mercurio	mg/L
				Concentración de plomo	mg/L
<b>Variables intervinientes</b>					
Potencial de hidrogeno	El agua tiene concentraciones de ion hidrógeno con procesos biológicos, y el efluente puede modificar la concentración de ion hidrógeno en las aguas naturales	Se <u>realizara</u> el monitoreo de pH a través de un multiparámetro en los puntos de muestreo.	Parámetro físico	Concentración de pH	Escala de pH
Temperatura	Es un parámetro muy importante porque afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y la adecuación del agua para fines benéficos.	Se <u>realizara</u> el monitoreo de Temperatura a través de un multiparámetro.	Parámetro físico	Medida de Temperatura	C °

# Capítulo III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

---

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Ámbito temporal y espacial

##### Ámbito temporal

La toma de datos y el procesamiento del trabajo de investigación se realizaron en los meses de enero a junio del 2021

Tabla 1.  
Cronograma total de duración de la tesis

Actividades para la Realización del Trabajo de Investigación.	Año 2021																				
	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
Presentación del proyecto ante las autoridades de las instituciones.	x	x	x	x	x				x												
Aprobación del proyecto ante las autoridades de las instituciones.						x	x	x	x												
Monitoreo en puntos considerables									x	x	x	x	x	x	x	x					
Recolección de datos.									x	x	x	x	x	x	x	x					
Procesamiento de datos									x	x	x	x	x	x	x	x					
Análisis e interpretación de datos obtenidos									x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Elaboración de informe final																	x	x	x	x	x

##### Ámbito espacial

El espacio del trabajo de investigación se ubicará a unos metros de la estación meteorológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), con una Latitud sur: 12°46'17.86", Longitud 75°0'44.52" y con una altitud aproximada de 3715 Medido con

GPS Garmin y con temperaturas registradas diariamente por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

Vertiente de Huancavelica:

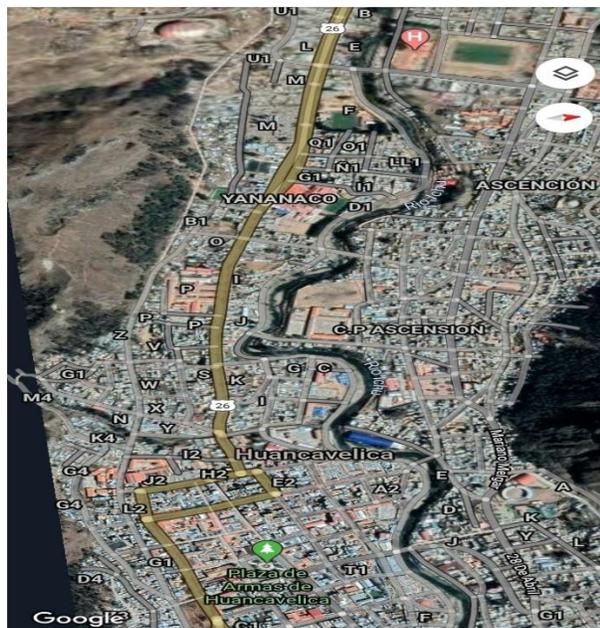
Departamento: Huancavelica

Provincia : Huancavelica

**Distrito : Huancavelica**

**Figura 1**

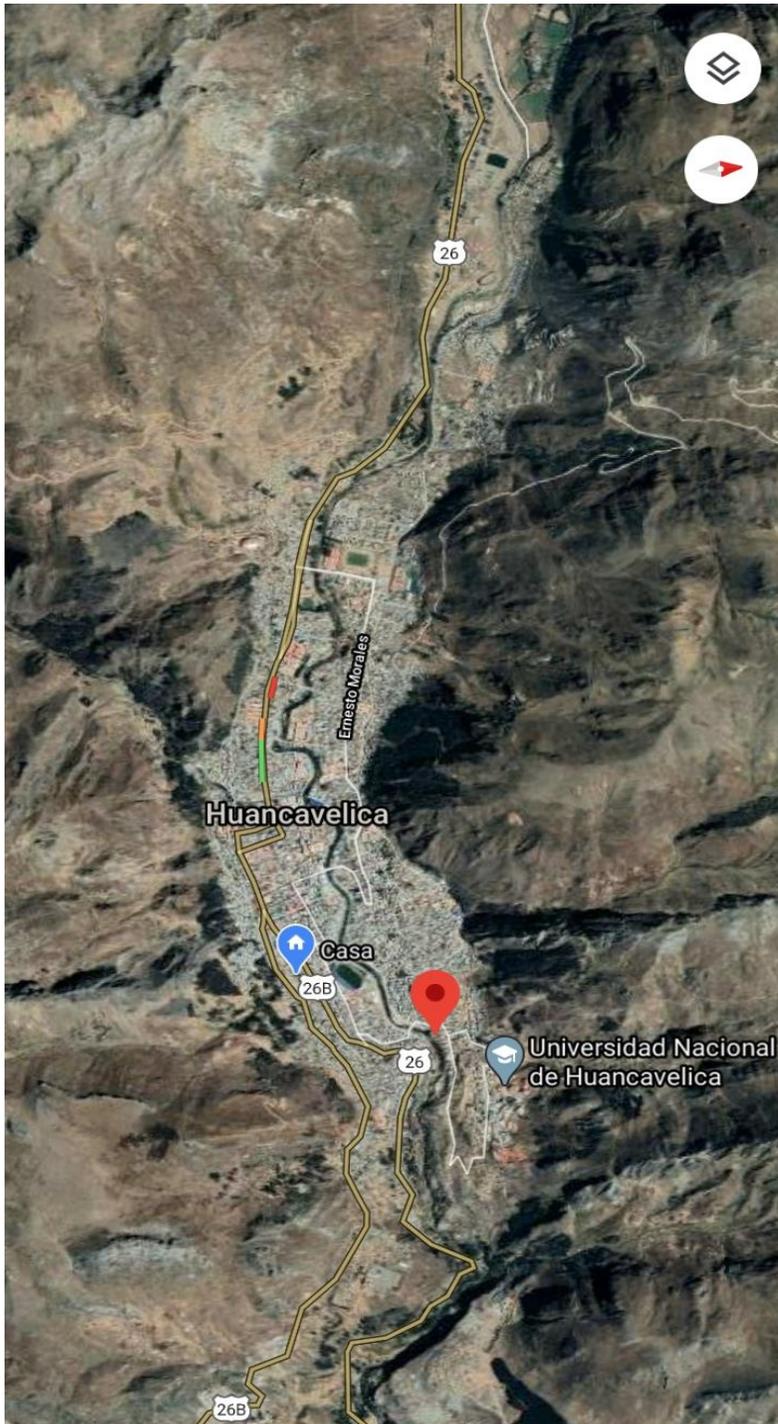
Vertiente del río ichu



Fuente: *Hearth. (2018).*

**Figura 2**

Vertiente de los puntos en el río ichu



### 3.2 Tipo de investigación

Se trata de una investigación aplicada porque busca nuevas interpretaciones y valores de causa para determinar su análisis e interpretación (Tamayo, 2003)

### 3.3 Nivel de investigación

**Descriptivo:** busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren (Hernández et al., 2014).

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas, es decir, La manipulación de variables en la investigación descriptiva no hay manipulación de variables, estas se observan y se describen tal como se presentan en su ambiente natural. Su metodología es fundamentalmente descriptiva, aunque puede valerse de algunos elementos cuantitativos y cualitativos, (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014).

### Método de investigación

El método científico es un proceso sistemático para construir la ciencia y desarrollar el conocimiento científico que incluye dos actividades básicas: el razonamiento lógico (racionalismo) para deducir consecuencias contrastables de una teoría en la realidad, y la observación de los hechos empíricos (el empirismo) para corroborar o modificar lo predicho por la teoría. En este proceso el investigador necesita ir de los datos a la teoría y de la teoría a los

datos. A veces se inicia con la observación de una situación problemática a partir de la cual se infieren posibles explicaciones y leyes que hay que confirmar en la realidad.

Con este fin se deducen una serie de respuesta al problema planteado, formuladas en términos de hipótesis operativas y contrastables. La inferencia inductiva resultante a la verificación de estas consecuencias formará parte del área de influencia de las explicaciones y teorías iniciales y permitirá aportar nuevos datos que ampliarán y complementarán sus estructuras y conceptos (Bisquerra, 2009).

### Diseño de la investigación

La investigación se encuentra incluida dentro del diseño no experimental de tipo transversal – Descriptivo. La investigación no experimental es la que se realiza sin manipular deliberadamente las variables independientes; se basa en categorías, conceptos, variables, sucesos, fenómenos o contextos que ya ocurrieron o se dieron sin la intervención directa del investigador (Hernández *et al.*, 2014).

Los diseños transversales realizan observaciones en un momento o tiempo único. Cuando recolectan datos sobre una nueva área sin ideas prefijadas; cuando recolectan datos sobre cada una de las categorías, conceptos, variables, contextos, comunidades o fenómenos, e informan lo que arrojan esos datos son descriptivos (Hernández *et al.*, 2014).

El presente diagrama a plantear es el siguiente:

M                      Rx                       $\longrightarrow$

Ox

Donde:

M: Muestra representativa

Rx: Respuesta

Ox: Observaciones de contaminantes (metales)

### 3.5 Población, muestra y muestreo

#### Población

La población en estudio estuvo representada por la parte urbana considerado la vertiente del rio Ichu, siendo su nacimiento en el la boca toma de EMAPA y el punto final en el puente Santa Rosa.

#### Muestra

Se obtuvo 6 puntos de muestreo ubicados en la parte urbana de la vertiente del rio Ichu a nivel urbano correspondientes a los distritos de Huancavelica y Ascensión, desde Chuñuranra (boca toma de EMAPA) hasta la altura del puente de Santa Rosa. Los puntos de monitoreo se consideraron de acuerdo a los criterios del Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales – Autoridad Nacional del Agua (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA).

#### Muestreo

La tesis aplicó la técnica de muestreo no probabilístico con el tipo de muestreo por conveniencia, por qué las elecciones de las muestras no dependen de fórmulas de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador, porque están convenientemente disponibles para el investigador (Hernández *et al.*, 2014).

### 3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### Instrumentos de recolección de datos.

- ✚ Multiparámetro modelo Orion 4star, para análisis de pH.

**Figura 3**

Ph-metro



✚ Equipos de análisis de DBO<sub>5</sub>.

- Incluye incubadora de 25 °C
- Magnetos, nitrificante y botellas de 1 litro color ámbar sensor de CO<sub>2</sub>.

**Figura 4**

**Estufa simple para estilización de los materiales**



✚ Estufa of-300

- Calor seco
- Temperatura máxima de 160 °C

**Figura 5**

**Estufa para esterilizar los materiales**



- Equipo de baño maría (ultrasonido)
- Temperatura regulable
- Sensor térmico

**Figura 6**

**Baño maría**



- Balanza analítica de

- 220 g como máximo
- Resolución 0.1 mg

**Figura 7**

**Balanza analítica**



**Instrumento de recolección de datos de campo**

En la siguiente investigación se utilizó materiales para la colección de la muestra como frascos de muestras de plástico, cooler, guardapolvo y guantes de polipropileno. Estos materiales fueron necesarios para la colección de la muestra en campo.

### **Técnicas de recolección de datos**

La toma de datos se realizó en los meses abril a junio del 2021. Cada 30 días de frecuencia el cual nos permitió tener mayor fiabilidad de los resultados obtenidos.

La técnica que se utilizó para la recolección de datos en esta investigación fue la técnica de observación, donde mediante la observación se hizo un diagnostico situacional de los parámetros físicos, y parámetros microbiológicos en los lugares y puntos de muestreo, donde la técnica de muestreo para cada parámetro fue la muestras simples o puntuales determinando 6 puntos de monitoreo en la vertiente del rio Ichu.

### **Identificación y reconocimiento de la zona de estudio**

Se identificó y selecciono 3 monitoreos a lo largo del rio Ichu aledaño a la zona urbana en 6 puntos de monitoreo (P-1 al P- 6).

El punto 1 se ubicó en la captación de EMAPA.

El punto 2 se ubicó en el camal municipal (Chuñuranra).

El punto 3 se ubicó en inmediaciones del Instituto Superior Tecnológico Huancavelica.

El punto 4 se ubicó en el puente del colegio la victoria de Ayacucho (Ascensión).

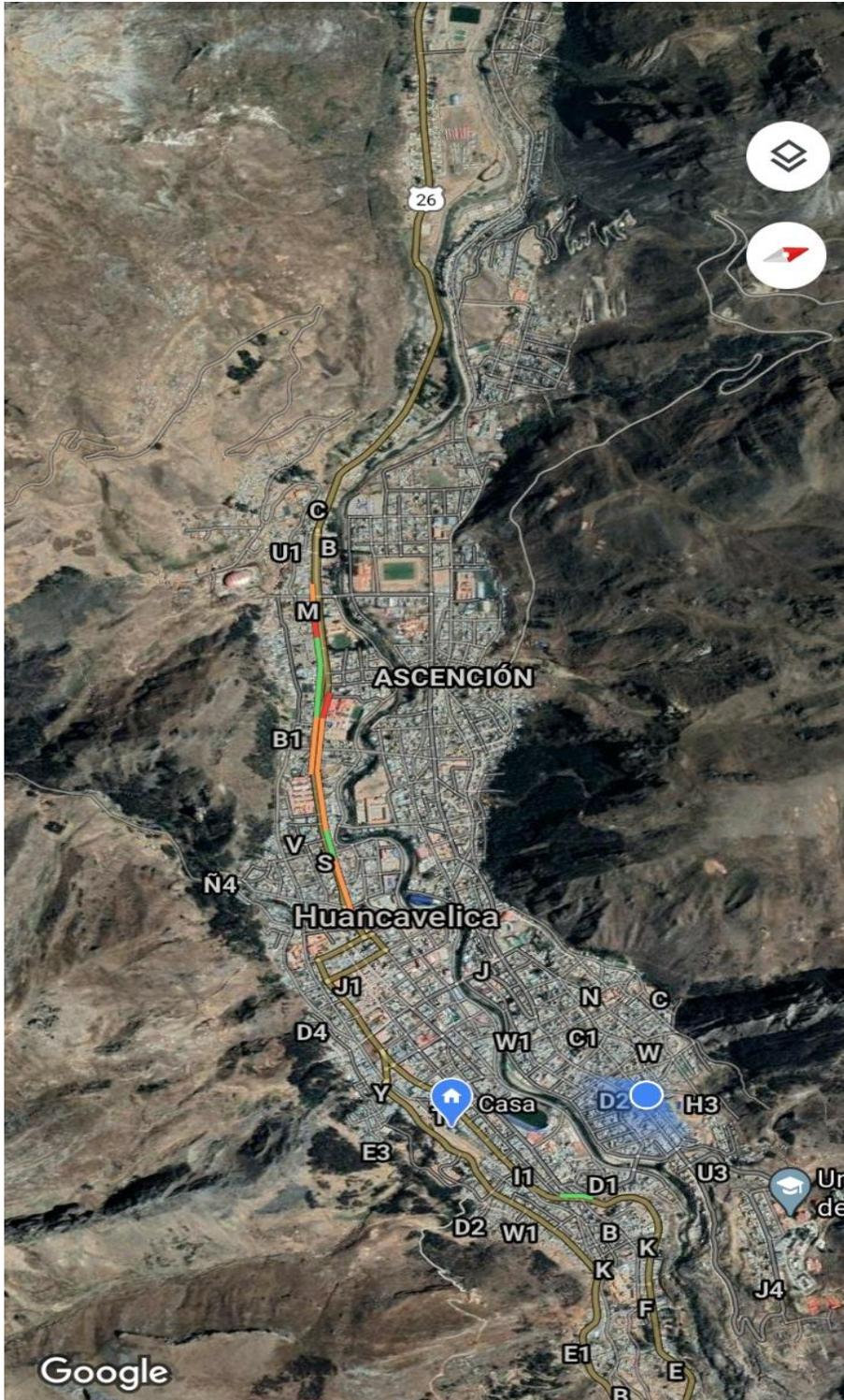
El punto 5 se ubicó en el puente del ejército San Cristóbal.

El punto 6 se ubicó en el puente santa rosa.

Se realizó la descripción y geo referenciación de la zona de estudio.

Figura 8

Identificación de los puntos de monitoreo



### **Determinación de puntos de muestreo para evaluación de la calidad del agua**

Se realizó 6 puntos de recolección de muestras de agua del rio Ichu obtenidos en al área urbana, con tres repeticiones, con respecto a los distintos usos que se le da durante su recorrido. Los puntos fueron geo referenciados con el uso de GPS.

**Tabla 3**

#### **Determinación de los puntos de monitoreo para la recolección de muestras**

Puntos de monitoreo	Coordenadas	Referencia Geográfica
P-1	Latitud: 12°47'10.33"s Longitud: 75° 2'52.31"	Captación EMAPA
P-2	Latitud: 12°45'21.61"s Longitud: 75° 1'41.09"	Altura camal municipal (Chuñuranra)
P-3	Latitud: 12°56'47.53"s Longitud: 74°49'38.49"	Instituto Superior Tecnológico Huancavelica (Pucarumi)
P-4	Latitud: 12°57'13.03"s Longitud: 74°28'46.48"	Punto puente del colegio nacional la Victoria de Ayacucho (Ascensión)
P-5	Latitud: 12°36'54.11"s Longitud: 74°27'52.48"	Punto puente del ejercito de Huancavelica (San Cristóbal)
P-6	Latitud: 12°17'3.56"s Longitud: 74°16'25.67"	Punto puente de Santa Rosa.

Fuente: elaboración propia

### Proceso de toma de muestra

- El muestreo se realizó en los meses de abril a junio del 2021
- El monitoreo se realizó en 6 puntos de monitoreo a los largo de la parte urbana del río ichu.
- Se tomó 500 ml de muestra de agua.
- Se procedió a analizar la muestra en relación a los parámetros de estudio.
- Primer monitoreo se realizó en el mes de abril
- Segundo monitoreo se realizó en el mes de mayo
- Tercer monitoreo se realizó en el mes de junio

### Figura 9

#### Proceso de análisis y toma de muestra



- Identificado como P-2

**Figura 10**

**Análisis del punto de monitoreo 2**



- Identificación del P-3

**Figura 11**

**Análisis del punto de monitoreó 3**



- Identificado como P-4

**Figura 12**

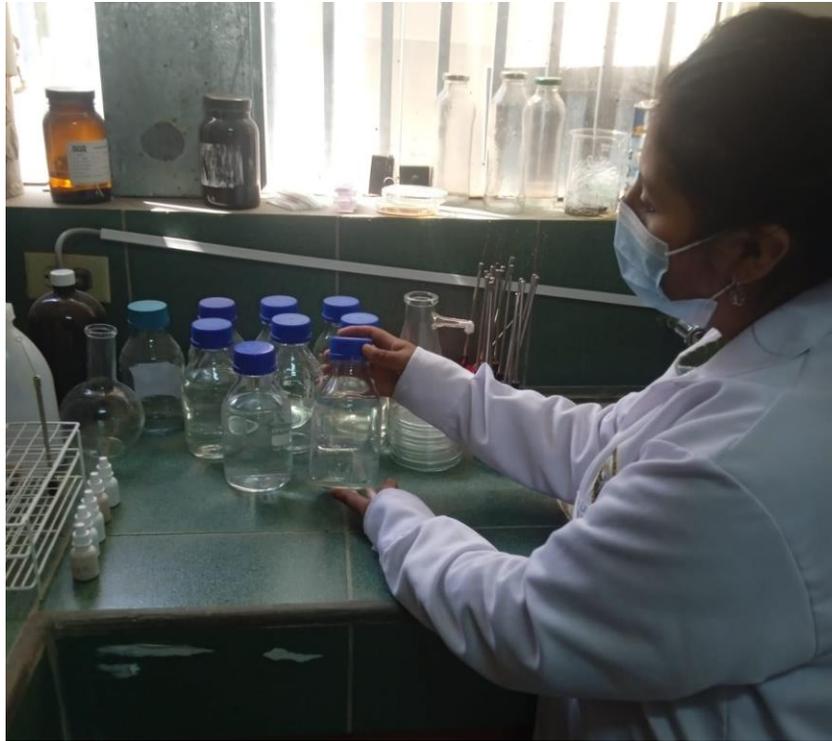
**Análisis del punto de monitoreó 4**



- Identificado como P-5

**Figura 13**

**Análisis del punto de monitoreó 5**



- Identificado como P-6

**Figura 14**

**Análisis del punto de monitoreó 6**



**Toma de muestras para el análisis de minerales**

- Se preparó 6 envases de vidrio de 1 litro esterilizado.
- Con realizo un rotulo que permitió la identificación de los puntos de monitoreo.
- Se utilizó los equipos de protección personal tales como: bata, guantes quirúrgicos y mascarilla.
- Y se anotó en el registro de datos.
- La técnica de recolección consistió en enjuagar 3 veces el envase con el agua del efluente y se introdujo a 20 cm de profundidad de la fuente para posteriormente tomar 1 litro de muestra.

Figura 15

Toma de muestra del PM – 1 a PM - 6



### Procedimiento de recolección de las muestras

#### a) Conservación y transporte de las muestras de agua

- Se adiciono 1 ml de  $\text{HNO}_3$  al 50% (1:1), para estandarizar y preservar las muestras. Dicha solución fue preparada en laboratorio y añadida en cada envase.

Preparación  $\text{HNO}_3$  al 50% (1:1) para 6 botellas

$\text{HNO}_3$  al 50% (1: 1) = 5 ml ( $\text{HNO}_3$ ) + 5 ml (Agua Ultra pura)

$\text{HNO}_3$  AL 50% (1: 1) = 6ml

- Las botellas fueron trasladadas en un cooler de capacidad de 10 litros para la preservación de la solución y las muestras.

## **Medición de parámetros**

Los parámetros se evaluaron de la siguiente manera: Minerales Se evaluó los parámetros, de los puntos determinados en el estudio (P-1 a P-6) que consistió en una muestra representativa para realizar todos los análisis que se requiere y se usaron en directo los equipos disponibles.

- Potenciómetro
- Termómetro.

### **a) Determinación de Arsénico**

Se determinó el arsénico (mg/L) en el espectrofotómetro de absorción atómica de flama, en el laboratorio central de la universidad Nacional de Huancavelica.

Se registró los datos Anotados en el registro de campo se registró la segunda lectura para impedir cualquier alteración de los datos.

**Figura 16**

**Proceso para determinar el arsénico**



**a) Determinación del Mercurio**

La medición del arsénico (mg/L) se realizó en el equipo de absorción atómica

Se tuvo mucho cuidado en el trabajo debido a que se trabajó con gases como: óxido nítrico, acetileno y aire comprimido).

Figura 7

Proceso para determinar el mercurio



a) Determinación de Plomo

La medición del STD se realizó *in situ* con el equipo Multiparámetro portátil Thermo, modelo Orion 4 star.

Se utilizó la indumentaria adecuada para realizar la toma de las lecturas.

**Figura 8**

**Proceso de muestreo del agua de rico Ichu**



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

**Técnica de análisis de datos**

La presente investigación contiene la evaluación de los puntos de monitoreo en las aguas del río ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en relación a los parámetros físicos y microbiológicos

Se empleó la estadística descriptiva de los datos, de los parámetros físicos y microbiológicos del agua, desarrollando tablas de contingencia y gráficos de barras para explicar los datos obtenidos medidas de tendencia central, dispersión y asimetría.

**Procesamiento de datos**

El procesamiento y análisis de datos se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9.4 donde se realizó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro wilk.

Se utilizó la Prueba de t-student cuyo objeto es determinar la existencia de la hipótesis nula o la hipótesis de investigación, con una confiabilidad de 95%. y el programa Microsoft Office Excel 2017.

Se utilizó la prueba de Shapiro Wilk el cual es una prueba de normalidad de datos donde se ve la distribución normal, para cada uno de los parámetros físicos y microbiológicos.

# Capítulo IV

## PRESENTACION DE RESULTADOS

---

## **4. PRESENTACION DE RESULTADOS**

### **4.1 Análisis de información**

Se presenta los resultados para el objetivo específico en términos del contenido del agua del río Ichu de los parámetros físicos: temperatura (T), Potencial de hidrogeno (pH), mercurio, arsénico y plomo comparados con los ECAS. El proceso de obtención de datos constituyó de 3 monitoreos cada 30 días, en 6 puntos de monitoreo ubicados en las zonas urbanas del distrito de Huancavelica.

Los parámetros se determinaron en época de lluvia entre los meses de abril, mayo y junio, se empezó a realizar la identificación de los puntos de monitoreo con un GPS Garmin con la identificación de los puntos UTM.

Los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de la Universidad Nacional de Huancavelica.

La toma de datos contempla parámetros físicos y microbiológicos evaluados en los 6 puntos de monitoreo.

**Análisis de arsénico, de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica del (P-1 al P-6).**

**Tabla 1**  
**Análisis del arsénico en los Puntos de Monitoreo (P-1 a P-6)**

Parámetros físicos	Puntos	Monitoreos				X	ECA	Regla
		M-1	M-2	M-3			mg/L	
Arsénico (mg/L)	P-1	0.0045	0.0051	0.0075	0.0057	0.01	Si	
	P-2	0.0050	0.0077	0.0068	0.0065	0.01	Si	
	P-3	0.0075	0.0078	0.0088	0.0080	0.01	Si	
	P-4	0.0060	0.0073	0.0085	0.0073	0.01	Si	
	P-5	0.0043	0.0071	0.0082	0.0065	0.01	Si	
	P-6	0.0061	0.0081	0.0071	0.0071	0.01	Si	
Promedio		0.0055	0.0071	0.0078	0.0069	0.01	Si	

En la tabla 8 se muestra los resultados del análisis de arsénico, de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica (P-1 a P-6). Los análisis se realizaron con 6 puntos de monitoreo en 3 monitoreos.

Se obtuvo una media de 0.0055 mg/L donde comparado con el decreto supremo de los LMP 0.01 no supera la norma.

Se obtuvo en el segundo monitoreo una media de 0.0071 mg/L se reporta una variación de arsénico del agua en función a cada punto del río Ichu: P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, y P-6.

Existe un ligero incremento de 0.0078 mg/L de arsénico, a medida que llegamos del P-1 al P-6 esto se debe a factores de saturación del oxígeno disuelto (OD) los cuales influyen de manera que incrementa los valores que reflejan en los 6 puntos de monitoreo.

**Análisis del mercurio, de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica (P-1 al P-6).**

**Tabla 5**

**Análisis del mercurio en los Puntos de Monitoreo (P-1 a P-6)**

Parámetros físicos	Puntos	Monitoreos				X	ECA mg/L	Regla
		M-1	M-2	M-3				
Mercurio (mg/L)	P-1	<0.0005	<0.0001	<0.0003	0.0003	0.01	Si	
	P-2	<0.0001	<0.0002	<0.0003	0.0002	0.01	Si	
	P-3	<0.0003	<0.0002	<0.0002	0.0002	0.01	Si	
	P-4	<0.0003	<0.0002	<0.0002	0.0002	0.01	Si	
	P-5	<0.0001	<0.0002	<0.0002	0.0002	0.01	Si	
	P-6	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0001	0.01	Si	
Promedio		0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.01	Si	

En la tabla 6 se muestra los resultados del análisis de mercurio, de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica (P-1 a P-6). Los análisis se realizaron con 6 puntos de monitoreo en 3 monitoreos.

Se obtuvo una media de 0.0002 mg/L de mercurio donde comparado con el decreto supremo de los LMP 0.01 no supera la norma.

Se obtuvo en el segundo monitoreo una media de 0.0002 mg/L se reporta una variación de arsénico del agua en función a cada punto del río Ichu: P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, y P-6.

Existe un ligero incremento de 0.0002 mg/L de mercurio, a medida que llegamos del P-1 al P-6 esto se debe a factores propios del río Ichu los cuales influyen de manera que incrementa los valores que reflejan en los 6 puntos de monitoreo.

**Análisis de los Plomo de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica (P-1 al P-6).**

**Tabla 6**

**Análisis del plomo en los Puntos de Monitoreo (P-1 a P-6)**

Parámetros físicos	Puntos	Monitoreos					
		M-1	M-2	M-3	X	ECA	regla
Plomo (mg/L)	P-1	0.0020	0.0032	0.0029	0.0027	0.01	Si
	P-2	0.0034	0.0031	0.0038	0.0034	0.01	Si
	P-3	0.0022	0.0027	0.0035	0.0028	0.01	Si
	P-4	0.0027	0.0038	0.0031	0.0032	0.01	Si
	P-5	0.0020	0.0039	0.0023	0.0027	0.01	Si
	P-6	0.0036	0.0031	0.0033	0.0033	0.01	Si
<b>Promedio</b>		<b>0.0027</b>	<b>0.0033</b>	<b>0.0032</b>	<b>0.0030</b>	<b>0.01</b>	<b>Si</b>

En la tabla 6 se muestra los resultados del análisis de plomo, de las aguas del río Ichu, en zonas urbanas del distrito de Huancavelica (P-1 a P-6). Los análisis se realizaron con 6 puntos de monitoreo en 3 monitoreos.

Se obtuvo una media de 0.0265 mg/L de plomo donde comparado con el decreto supremo de los LMP 0.01 supera la norma.

Se obtuvo en el segundo monitoreo una media de 0.0330 mg/L se reporta una variación de arsénico del agua en función a cada punto del río Ichu: P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, y p-6.

Existe un ligero incremento de 0.0315 mg/L de plomo, a medida que llegamos del P-1 al P-6 esto se debe a factores propios del río ichu los cuales influyen de manera que incrementa los valores que reflejan en los 6 puntos de monitoreo.

#### **4.2 Principios de la investigación y prueba de hipótesis**

Los Teniendo en consideración los objetivos propuestos y los resultados obtenidos en el presente estudio, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El sistema formal de recopilación e integración oportuna, eficaz y eficiente contribuye en la toma de decisiones, es decir que existe relación positiva entre las variables.
2. La existencia de un sistema y base de datos se encuentran relacionadas con la proporción de información necesaria a los titulares de las microempresas de acopio de fibra de alpaca, es decir que existe relación positiva entre las variables.
3. Las modalidades que ayudan a mejorar la eficacia se encuentran relacionadas con las características que deben poseer las microempresas de acopio de fibra de alpaca para el desarrollo organizacional, es decir que existe relación positiva entre las variables.
4. La planeación de sistema y las tecnologías de información se relaciona con la información que se proporciona y la requerida por las microempresas de acopio de fibra de alpaca, es decir que existe relación positiva entre las variables.
5. La formulación de estrategias y políticas se relaciona con los objetivos existentes y la competitividad de las microempresas de acopio de fibra de alpaca, es decir que existe relación positiva entre las variables.

#### **Principios de la investigación**

Se realizó el test de normalidad utilizando el estadístico de **Shapiro-Wilk**, porque la cantidad de datos evaluados de cada parámetro son menores a 50 datos ( $n < 50$ ).

##### **A. Test de normalidad**

##### **Test de normalidad de los parámetros.**

**Tabla 2**  
**Test de normalidad**

Test para normalidad <b>Shapiro Wilk</b>				
	Estadístico	p valor		Sig
Arsénico	W 0.8506	Pr < W	0.0534	0.05
Mercurio	W 0.8838	Pr < W	0.0752	0.05
Plomo	W 0.9802	Pr < W	0.7888	0.05

Se realizó el test de normalidad con el estadístico de **Shapiro Wilk**, porque el número de datos son menores a 50 datos, resultando para los parámetros químicos presenta una distribución normal (Campana de Gauss Asimétrica) muestran un comportamiento normal. Debido a que el nivel de significancia es 0.05 y el valor de p- valor es mayor.

### **Prueba de hipótesis**

Como señala Hernández *et al.* (2014), La contratación de hipótesis se resume a 6 pasos, y estando en este último paso, se tiene ya la posibilidad de tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula; atendiendo a este planteamiento, que a criterio propio es el más coherente; sin dejar de lado otros planteamientos, se ha optado por seguir estos pasos para el contraste de la hipótesis:

1. Formular la hipótesis nula y alterna de acuerdo al problema.
2. Escoger un nivel de significancia o riesgo " $\alpha$ ".
3. Escoger el estadígrafo de prueba más apropiado.
4. Establecer la región crítica.
5. Calcular los valores de la prueba estadística de una muestra aleatoria de tamaño "n".

6. Decisión estadística: rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) si el estadígrafo tiene un valor en la región crítica y no rechazar (aceptar) igual en el otro caso.

**1. Formulación de la hipótesis nula y alterna**

- **Formulación de la hipótesis nula y alterna del parámetro arsénico**

Ho: La concentración de arsénico en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica supera el LMP de 0.01 mg/L

Ha:  $\mu > 0.01$  mg/L

Ho: La concentración de arsénico en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica no supera el LMP de 0.01 mg/L

Ha:  $\mu < 0.01$  mg/L

- **Formulación de la hipótesis nula y alterna del parámetro mercurio**

Ho: La concentración de mercurio en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica supera el LMP de 0.01 mg/L

Ho:  $\mu > 0.01$  mg/L

Ha: La concentración de mercurio en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica no supera el LMP de 0.01 mg/L

Ha:  $\mu < 0.01$  mg/L

- **Formulación de la hipótesis nula y alterna del parámetro plomo**

Ho: La concentración de plomo en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica supera el LMP de 0.01 mg/L

Ho:  $\mu > 0.01$  mg/L

Ha: La concentración de plomo en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica no supera el LMP de 0.01 mg/L

Ha:  $\mu < 0.01$  mg/L

## 2. Nivel de significación

En la presente investigación se trabajó con un error de 5 %; es decir:

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

## 3. Estadístico de prueba

El estadístico de prueba utilizado fue el "T de Student" debido a que los datos analizados son menores a 30 datos, por cada parámetro para analizar el comportamiento de los datos (Sampieri, 2010).

## 4. Valor crítico y regla de decisión

A partir de la hipótesis planteada la  $H_a (>)$ , indica que tendrá una cola hacia la derecha y cuando  $H_a (<)$ , indica que tendrá una cola hacia la izquierda para un nivel de confianza de 95% con un error  $\alpha = 0.05$  en la tabla de T de Student tenemos los valores críticos de T de tabla y  $\alpha$  error.

$$T_{\text{tabla}} = 1/18 = 1.7396$$

$Gl = 18 - 1$ ; porque se tiene 9 puntos por 3 monitoreos.

$T_{\text{cal}} < =$  que el valor T de la tabla se acepta la hipótesis nula

$T_{\text{cal}} > =$  que el valor T de la tabla se rechaza la hipótesis nula.

## 5. Cálculo de los estadígrafos de prueba

### a) T de Student para el parámetro arsénico.

Tabla 8

#### Prueba de T de Student para el parámetro arsénico

Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (x)	0.0055
Valor hipotético ( $\mu$ )	0.01
Muestra (n)	6
Desviación estándar (S)	0.192
T de tabla (valor crítico)	1.7396
T de Student calculado	-37.36

Reemplazando los datos en la siguiente fórmula de la prueba de T de Student se obtiene:

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

Donde:

t = t de Student calculado

x = Media

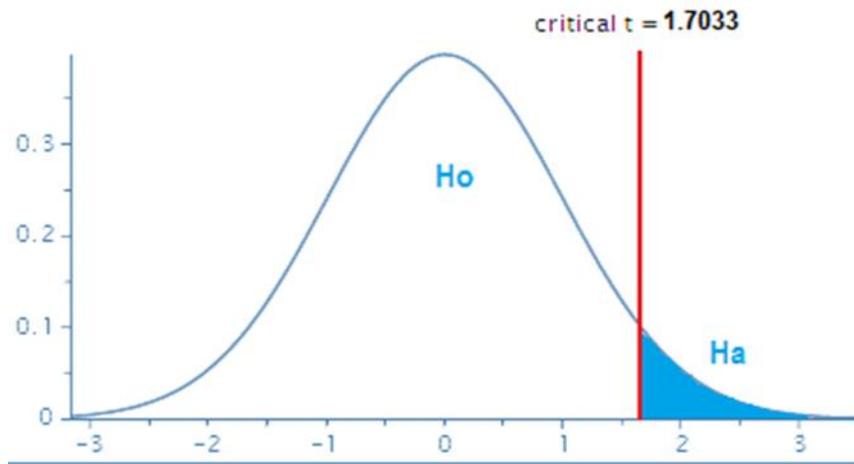
$\mu$  = Valor hipotético

S = Desviación estándar

n = Muestra

**Figura 19**

**Resultados obtenidos en la campana de Gauss – Región de rechazo**



Obteniendo que el T cal o T de Student es = -37.36

Con T de tabla = 1.7396

**b) T de Student para el parámetro mercurio.**

**Tabla 9**

**Prueba de T de Student para el parámetro mercurio**

Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media (x)	0.0002
Valor hipotético ( $\mu$ )	0.01
Muestra ( $n$ )	6
Desviación estándar ( $S$ )	0.0916
T de tabla (valor crítico)	1.7396
T de Student calculado	<b>43.47</b>

Reemplazando los datos en la siguiente fórmula de la prueba de T de Student se obtiene:

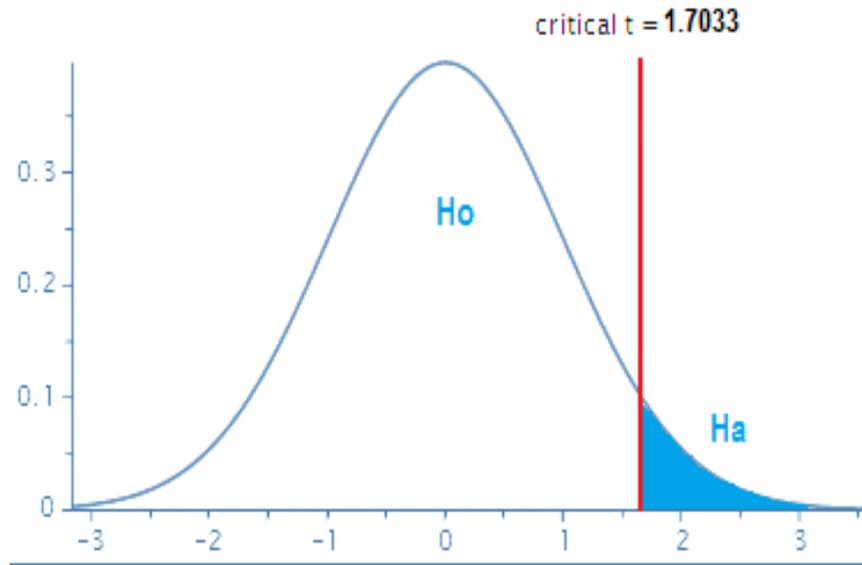
$$t = \frac{x - \mu}{S\sqrt{n}}$$

Donde:

t = t de Student calculado

$\bar{x}$  = Media  
 $\mu$  = Valor hipotético  
 $S$  = Desviación estándar  
 $n$  = Muestra

Figura 9.  
 Resultados obtenidos en la campana de Gauss – Región de rechazo



Obteniendo que el T cal o T de Student es = 43.47

Con T de tabla = 1.7396

a) T de Student para el parámetro plomo.

Tabla 3  
 Prueba de T de Student para el parámetro plomo

Nivel de significancia (NS)	0.05
Nivel de confianza (NC)	0.95
Media ( $\bar{x}$ )	0.0027
Valor hipotético ( $\mu$ )	0.01
Muestra (n)	6
Desviación estándar (S)	1.0973
T de tabla (valor crítico)	1.7396
T de Student calculado	<b>-3707.65</b>

Reemplazando los datos en la siguiente fórmula de la prueba de T de Student se obtiene:

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

Donde:

t = t de Student calculado

x = Media

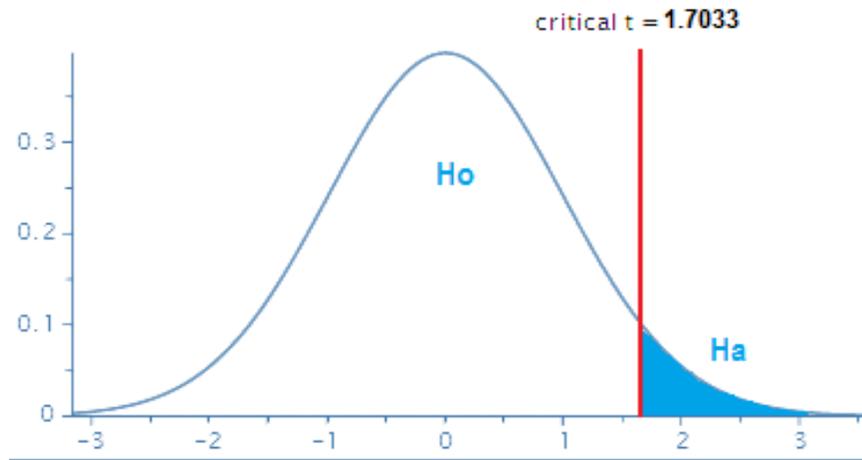
$\mu$  = Valor hipotético

S = Desviación estándar

n = Muestra

Figura 10.

Resultados obtenidos en la campana de Gauss – Región de rechazo



Obteniendo que el T cal o T de Student es = -3707.65

Con T de tabla = 1.7396

## 6. Decisión estadística

### a) Decisión estadística del parámetro arsénico

Rechazo la hipótesis nula ( $H_0$ ) y acepto la hipótesis alterna ( $H_a$ ) Debido a que el valor de T calculado es  $-37.36 >$  que el valor de T de la tabla 1.7396, lo que indica que el valor del estadístico muestral (T calculado), se encuentra en la región de rechazo para  $H_0$  y acepto la  $H_a$ : La concentración de arsénico en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica no supera el LMP de 0.01 mg/L

#### **b) Decisión estadística del parámetro mercurio**

Rechazo la hipótesis nula ( $H_0$ ) y acepto la hipótesis alterna ( $H_a$ ) Debido a que el valor de T calculado es  $43.47 >$  que el valor de T de la tabla  $1.7396$ , lo que indica que el valor del estadístico muestral (T calculado), se encuentra en la región de rechazo para  $H_0$  y acepto la  $H_a$ : La concentración de mercurio en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica no supera el LMP de  $0.01$  mg/L

#### **C) Decisión estadística del parámetro plomo**

Rechazo la hipótesis nula ( $H_0$ ) y acepto la hipótesis alterna ( $H_a$ ) Debido a que el valor de T calculado es  $-3707.65 >$  que el valor de T de la tabla  $-1.7396$ , lo que indica que el valor del estadístico muestral (T calculado), se encuentra en la región de rechazo para  $H_0$  y acepto la  $H_a$ : La concentración de plomo en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica no supera el LMP de  $0.01$  mg/L

### **4.3 Discusión de resultados**

#### **Arsénico**

Los resultados obtenidos en la presente investigación permitieron determinar la temperatura en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica donde se pudo observar que una temperatura media para el primer monitoreo de  $13.3$  °C y el segundo monitoreo tuvo una media de  $13.4$  °C y como tercer monitoreo de observo una media de  $13.3$  °C

Se menciona a (Rubio et al., 2014) "Índice de Calidad de Agua (ICA) en la Presa la Boquilla en Chihuahua, México"  $11.6$  a  $25.5$  °C se colecto de la presa La Boquilla en Chihuahua, México. Seis puntos de muestreo fueron seleccionados aleatoriamente se colectaron mensualmente, a cuatro profundidades:  $0.30$  m,  $5.0$  m,  $10.0$  m y  $15.0$  m. Se concluye que el agua de la presa La Boquilla se puede considerar adecuada para la producción agrícola, uso pecuario y producción piscícola. Superior a resultado obtenido.

### **Mercurio**

Dentro de este parámetro se pudo observar que el pH a medida que avanzan los puntos de monitoreo (M1 – 7.5) monitoreo 2 (M2-7.5) y tercer monitoreo (M3 - 7.4) unidad de potencial de hidrogeno.

Se observa que en este parámetro existe 6 puntos de monitoreo a lo largo del área urbana del río Ichu.

(Loayza & Cano, 2015) realizó un trabajo sobre el "Impacto de las Actividades Antrópicas sobre la Calidad del Agua de la Subcuenca del río Shullcas – Huancayo – Junín" donde se pudo observar que el potencial de hidrógeno que obtuvieron 8,5 a 7,93 dichos parámetros no son aceptables para consumo humano ni para riego y bebida de animales en el sector bajo de la subcuenca. Superior a nuestros resultados reportados en el presente trabajo

### **Plomo**

En relación a este parámetro se observó que existe una mayor influencia de los resultados con un comportamiento ascendente en relación a los puntos realizados.

También se menciona a (Rubio et al., 2014) donde analizaron el "Índice de Calidad de Agua (ICA) en la Presa la Boquilla en Chihuahua, México" donde se obtuvo un valor de pH de 7.6 a 9.1 superior a lo establecido en la norma, comparado con nuestro resultado se observa que superan los ECAS esto debido a una mayor carga orgánica en las aguas.

Se observó que a medida que se realizó los monitoreos del P-1 se obtuvo (39.5 mg/L) y en el P-2 (40 mg/L) y punto 6 P-6 (42.0 mg/L), a diferencia de (Loayza & Cano, 2015) "Impacto de las Actividades Antrópicas sobre la Calidad del Agua de la Subcuenca del río Shullcas – Huancayo – Junín" obtuvieron resultados de sólidos totales disueltos de 92,20 a 163,7 mg/L, dichos parámetros no son aceptables para consumo humano ni para riego y bebida de animales en el sector bajo de la subcuenca, en comparación con lo reportado se observó que superan los valores obtenidos.

#### **4.4 Conclusiones**

Las conclusiones que se llegaron al finalizar la presente tesis fueron las siguientes:

La concentración de metales pesados (arsénico, mercurio y plomo) en el agua del río Ichu en las zonas urbanas del distrito de Huancavelica se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles.

La concentración de arsénico en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presentó una media de 0.0069 mg/L por lo que se encuentra dentro de los LMP del D.S N° 031-2010-SA.

La concentración de mercurio en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presentó una media de 0.0002 mg/L por lo que se encuentra dentro de los LMP del D.S N° 031-2010-SA.

La concentración de plomo en el agua del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica en los 6 puntos de monitoreo presentó una media de 0.0030 mg/L por lo que se encuentra dentro de los LMP del D.S N° 031-2010-SA.

#### **4.5 Recomendaciones**

Se recomienda poder realizar monitoreos y que estos se reporten para poder tomar medidas de control y monitoreo.

Se recomienda realizar pruebas de parámetros físicos en diferentes vertientes de la región de Huancavelica para determinar la calidad del agua.

Se recomienda hacer más análisis químicos que permitan realizar mayor cobertura del agua del río Ichu.

Se debe realizar análisis microbiológicos con mayor cantidad de puntos de monitoreo.

Se debe explorar otras cuencas de importancia económica para poder conocer parámetros de importancia científica.

#### 4.5 Referencias

- Aguilar, S. O., & Navarro, A. B. (2018). 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, Abancay – Perú.
- Alarcón, P., Benazir Ana Luzmila, & Ñique, Á., Manuel. (2016). Índice de calidad del agua según NSF del humedal laguna Los Milagros (Tingo María, Perú). 98-107.
- Bisquerra, R. (2009). Metodología de la investigación educativa (segunda edición; S. S. La Muralla, Ed.). Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/166/16612113.pdf#page=1&zoom=auto,0,288>
- Calla, L. H. J. (2010). Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac—Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú.
- Casilla, Q. S. (2014). Evaluación de la Calidad de Agua en los Diferentes Puntos de Descarga de la Cuenca del Río Suchez. Universidad Nacional Del Altiplano Puno, Puno – Perú.
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Díaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: Evolución y tendencias a nivel global. 10, n.º 17, 111-124.
- Cava, S. T., & Ramos, A. F. E. del R. (2016). Caracterización físico – química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento”. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque – Perú.
- Coello, J. R., Ormaza, R. M., Déley, Á. R., Recalde, C. G., & Rios, A. C. (2013). Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoche, Pichahuiña y Pomacocho-Parque Nacional Sangay-Ecuador.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (Sexta). México.

- Hernández, V. C. (2016). Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y propuesta de alternativas tendientes a su mejora, en la Comunidad de 4 Millas de Matina, Limón. Universidad Nacional Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar Escuela de Ciencias Ambientales, Heredia.
- Loayza, Q., Jessenia Lizbet, & Cano, R., Pedro Angel. (2015). Impacto de las Actividades Antrópicas sobre la Calidad del Agua de la Subcuenca del río Shullcas – Huancayo – Junín. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo - Perú.
- Minaya, V., Reynaldo Javier. (2017). Parámetros Físicos, Químicos, Microbiológicos, Para Determinar la Calidad del Agua en la Laguna Moronacocha,, Época de Transición Creciente-Vaciante. Iquitos. Perú. 2016. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos – Perú.
- OPS/OMS, O. P. de S. O. M. de la S. (2012). Estudio de la Calidad de Fuentes Utilizadas para Consumo Humano y Plan de Mitigación por Contaminación por uso doméstico y Agroquímicos en Apurímac y Cuzco. Lima-Perú.
- Pavón, E. Y. A., & Rocha, P. J. S. (2015). 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, Managua, Nicaragua.
- Quiroz, F., Luis Santiago, Izquierdo, K., Elena, & Menéndez, G., Carlos. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. Vol. XXXVIII, p.41-51.
- Roldán, P. G. A. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia (Primera Edición). Colombia: Universidad de Antioquía.
- Romero, A. A., Flores, S. L., & Pacheco, W. W. (2010). Estudio de la calidad de agua de la cuenca del río Santa. Vol. 13.

- Rubio, Arias. H. O., Ortiz, D., Roberto Carlos, Quintana, M., Rey Manuel, Saucedo, T., Rubén Alfonso, Ochoa, R., Jesús Manuel, & Rey, B., Nora Ivet. (2014). Índice de Calidad de Agua (ICA) en la Presa la Boquilla en Chihuahua, México.
- Samboni, R. N. E., Carvajal, E. Y., & Carlos Escobar, E. J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. 172-181.
- Sotil, F., Hugo Daniel. (2017). Análisis de Indicadores de Contaminación Bacteriológica (Coliformes Totales y Termotolerantes) en el lago de Moronacocha. Universidad Científica del Perú, San Juan – Perú.
- Sotil, R. L. E., & Flores, V. H. I. (2016). Determinación de Parámetros Físicos, Químicos y Bacteriológicos del Contenido de las Aguas del Río Mazán – Loreto, 2016. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos – Perú.
- Tamayo, M. (2003). El proceso de la investigación científica (Cuarta). <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Torres, P., Cruz, C. H., & Patiño, P. J. (2009). Índices de Calidad de Agua en fuentes Superficiales Utilizadas en la Producción de Agua Para Consumo Humano. Una Revisión Crítica. 8, 79-94.
- Velarde, P., Bianny Gempell. (2016). Índice de Calidad de Agua de Calidad de Agua Superficial del Río Chili en el Sector de Sachaa—Tiabaya—Huayco. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa - Perú.
- Villena Chávez, J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, 35(2), 304. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- Zhen WU, B. Y. (2009). Calidad fisico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de a microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008. UNED, San José, Costa Rica.

## 4.6 Apéndice

Problema	Objetivos	Marco teórico	Hipótesis	Variables y dimensiones	Metodología
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cuál es la concentración de metales pesados arsénico, mercurio y plomo en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es la concentración de arsénico en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica?</li> <li>• ¿Cuál es la concentración de mercurio en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica?</li> <li>• ¿Cuál es la concentración de plomo en las aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Determinar la concentración de metales pesados arsénico, mercurio y plomo en aguas del río Ichu adyacentes a las zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Determinar la concentración de arsénico en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica.</li> <li>b) Determinar la concentración de mercurio en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica.</li> <li>c) Determinar la concentración de plomo en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Huancavelica.</li> </ol>	<p>El término oxidación comenzó a usarse para indicar que un compuesto incrementaba la proporción de átomos de Oxígeno. Igualmente, se utilizó el término de reducción para indicar una disminución en la proporción de oxígeno.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>La concentración de metales pesados: arsénico, mercurio y plomo en aguas del río Ichu adyacentes a las zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica superan los límites.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La concentración de arsénico en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica supera el LMP de 0.01 mg/L.</li> <li>• La concentración de mercurio en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica no supera el LMP de 0.01 mg/L.</li> <li>• La concentración de plomo en aguas del río Ichu en zonas urbanas del distrito de Ascensión y Huancavelica no supera el ECA de 0.01 mg/L</li> </ul>	<p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Concentración de Arsénico (mg/L) Concentración de Mercurio (mg/L) Concentración de plomo (mg/L)</p> <p><b>Variables intervinientes:</b></p> <p>Ph Temperatura</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada. <b>Nivel de investigación:</b> Descriptivo. <b>Diseño de Investigación:</b> No experimental <b>Población, Muestra y Muestreo:</b> <b>Población</b> Son todas las fuentes de agua adyacentes a los centros urbanos al distrito de Huancavelica. <b>Muestra</b> Consta de 6 puntos de monitoreo <b>Muestreo</b> Es no probabilístico e intencional de tipo por conveniencia. <b>Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos</b> La técnica de recolección de datos será la observación a través de instrumentos y equipos de medición especializada.</p>

**Tabla 4**

Matriz de Consistencia. “DETERMINACION DE METALES PESADOS ARSENICO, MERCURIO Y PLOMO EN AGUAS DEL RIO ICHU EN ZONAS URBANAS DEL DISTRITO DE ASCENSIÓN Y HUANCAMELICA”

**Tabla 12.**

Ficha de registro de datos en campo

Cuenca:

Realizado por:



Tabla 13.  
Etiqueta para muestra de agua

+			
Nombre laboratorio:			
Código Punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:		Hora:	
Muestreado por:			
Parámetro requerido			
Preservada:	SI	NO	Tipo de reactivo:
□			

## Apéndice 1

### Resultados de los parámetros físicos

Tabla 5.  
Resultado del parámetro temperatura

		fecha	Temperatura
Monitoreo 1	1	04/11/2019	13.0
	2	05/11/2019	13.2
	3	06/11/2019	13.1
	4	07/11/2019	13.4
	5	08/11/2019	13.4
	6	09/11/2019	13.5
Monitoreo 2	1	23/11/2019	13.0
	2	24/11/2019	13.2
	3	25/11/2019	13.4
	4	26/11/2019	13.5
	5	27/11/2019	13.5
	6	28/11/2019	13.5
Monitoreo 3	1	13/12/2019	13.1
	2	14/12/2019	13.0
	3	15/12/2019	13.4
	4	16/12/2019	13.4
	5	17/12/2019	13.5
	6	18/12/2019	13.4

**Tabla 6**  
Resultado del parámetro pH

		fecha	PH	ECA	
Monitoreo 1	1	04/11/2021	7.4	6.5	8.5
	2	05/11/2021	7.6	6.5	8.5
	3	06/11/2021	7.5	6.5	8.5
	4	07/11/2021	7.5	6.5	8.5
	5	08/11/2021	7.3	6.5	8.5
	6	09/11/2021	7.4	6.5	8.5
Monitoreo 2	1	23/11/2021	7.5	6.5	8.5
	2	24/11/2021	7.5	6.5	8.5
	3	25/11/2021	7.6	6.5	8.5
	4	26/11/2021	7.5	6.5	8.5
	5	27/11/2021	7.4	6.5	8.5
	6	28/11/2021	7.5	6.5	8.5
Monitoreo 3	1	13/12/2021	7.4	6.5	8.5
	2	14/12/2021	7.4	6.5	8.5
	3	15/12/2021	7.4	6.5	8.5
	4	16/12/2021	7.3	6.5	8.5
	5	17/12/2021	7.3	6.5	8.5
	6	18/12/2021	7.4	6.5	8.5

**Tabla 7**  
Resultado del parámetro sólidos totales disueltos

		fecha	Sólidos Totales Disueltos	ECA
Monitoreo 1	1	04/11/2019	39.5	1000
	2	05/11/2019	40.0	1000
	3	06/11/2019	40.1	1000
	4	07/11/2019	41.7	1000
	5	08/11/2019	42.6	1000
	6	09/11/2019	42.0	1000
Monitoreo 2	1	23/11/2019	39.4	1000
	2	24/11/2019	39.8	1000
	3	25/11/2019	40.6	1000
	4	26/11/2019	41.6	1000
	5	27/11/2019	41.9	1000
	6	28/11/2019	42.8	1000
Monitoreo 3	1	13/12/2019	39.6	1000
	2	14/12/2019	40.7	1000
	3	15/12/2019	40.9	1000
	4	16/12/2019	41.7	1000
	5	17/12/2019	41.5	1000
	6	18/12/2019	42.0	1000

**Apéndice 2**

Datos de ruido ambiental en el Sistema SAS

*Resultado del parámetro temperatura*

**DATA REQUENACCANTO;**

INPUT Temperatura;

CARDS;

13.0

13.2

13.1

13.4

13.4

13.5

13.3

13.0

13.2

13.4

13.5

13.5

13.5

13.4

13.1

13.0

13.4

13.4

13.5

13.4

13.3

**PROC UNIVARIATE** PLOT NORMAL DATA=REQUENACCANTO;

VAR Temperatura;

HISTOGRAM;

**RUN;**

*Resultado del parámetro pH*

**DATA REQUENACCANTO;**

INPUT pH;

CARDS;

7.4

7.6

7.5

7.5

7.3

7.4

7.5

7.5

7.5

7.6

7.5

7.4

7.5

7.5

7.4

7.4

7.4

7.3

7.3

7.4

7.4

PROC UNIVARIATE PLOT NORMAL DATA=REQUENACCANTO;

VAR pH;

HISTOGRAM;

RUN;

**Resultado del parámetro solidos totales disueltos**

DATA REQUENACCANTO;

INPUT Solidos\_Totales\_Disueltos;

CARDS;

39.5

40.0

40.1

41.7

42.6

42.0

41.0

39.4

39.8

40.6

41.6

41.9

42.8

41.0

39.6

40.7

40.9

41.7

41.5

42.0

41.1

PROC UNIVARIATE PLOT NORMAL DATA=REQUENACCANTO;

VAR Solidos\_Totales\_Disueltos;

HISTOGRAM;

RUN;

### Resultado del parámetro demanda bioquímica de oxígeno

DATA REQUENACCANTO;

INPUT DBO;

CARDS;

15.6

16.7

17.9

22.5

24.7

24.5

20.3

15.6

18.7

18.9

21.8

22.2

23.5

20.1

18.2

18.7

18.9

23.1

23.1

24.3

21.1

PROC UNIVARIATE PLOT NORMAL DATA=REQUENACCANTO;

VAR DBO;

HISTOGRAM;

RUN;

### Resultado del parámetro turbidez

DATA REQUENACCANTO;

INPUT Turbidez;

CARDS;

2.5

3.6

5.1

5.4

6.6

6.8

5.0

3.4

4.6

5.3

6.4

6.1

6.2

5.3

3.6

4.6

6.4

6.3

6.2

6.4

5.6

PROC UNIVARIATE PLOT NORMAL DATA=REQUENACCANTO;

VAR Turbidez;

HISTOGRAM;

RUN;

### **Resultado del parámetro Coliformes fecales**

DATA REQUENACCANTO;

INPUT Coliformes\_fecales;

CARDS;

950.0

1000.0

1340.0

2190.0

2245.0

2245.0

1661.7

980.0

1100.0

1277.0

1856.0

2167.0

2122.0

1583.7

850.0

1150.0

1309.0

2030.0

2105.0

2210.0

1609.0

**PROC UNIVARIATE** PLOT NORMAL DATA=REQUENACCANTO;

VAR Coliformes\_fecales;

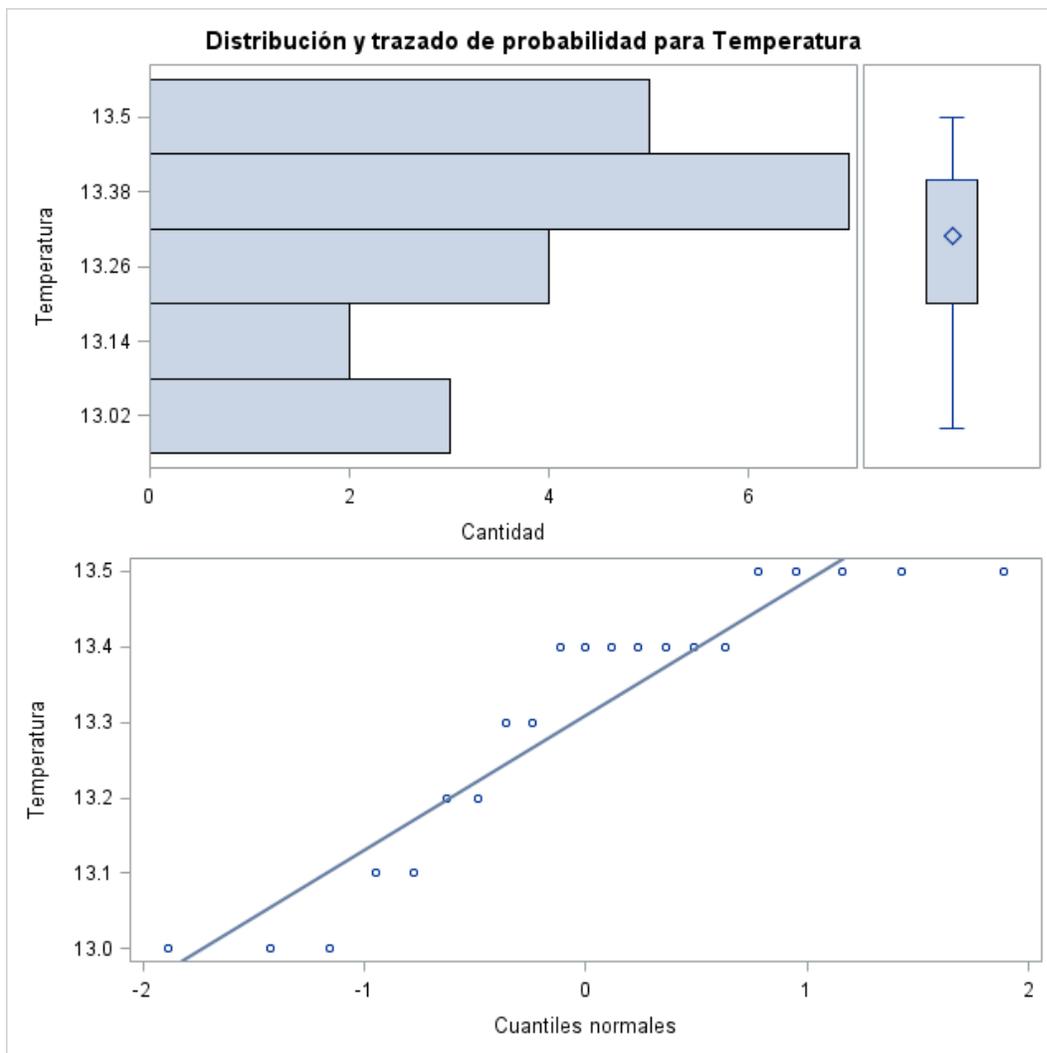
HISTOGRAM;

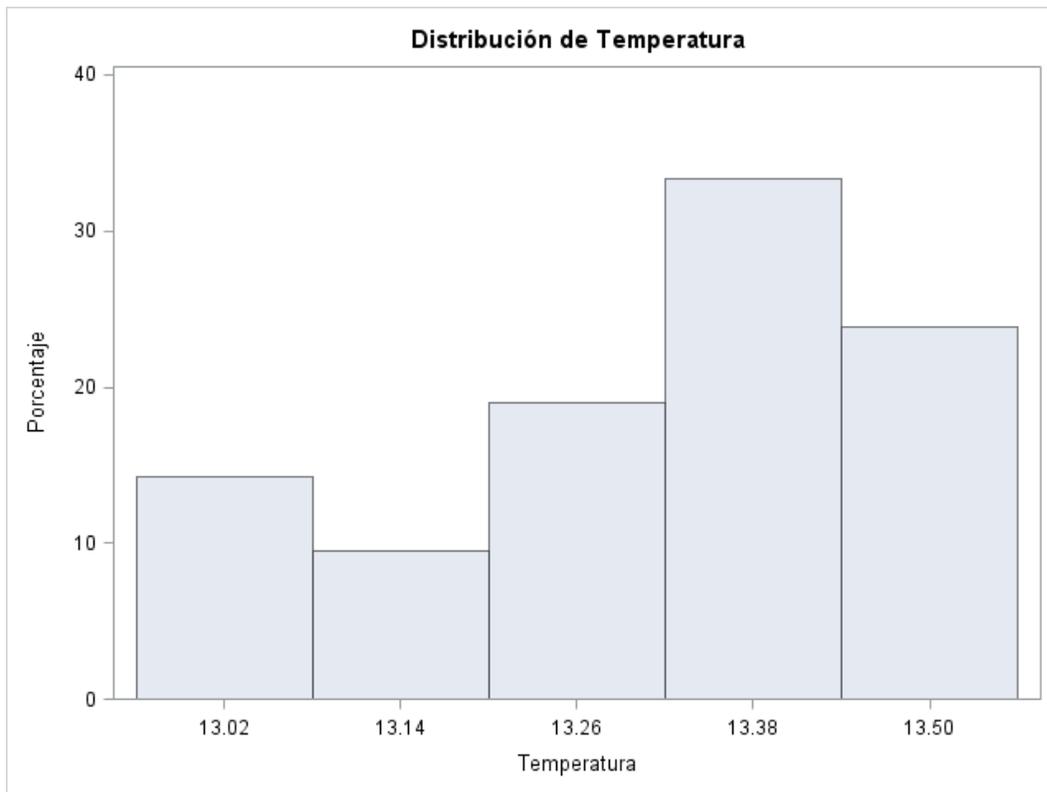
**RUN;**

### Apéndice 3

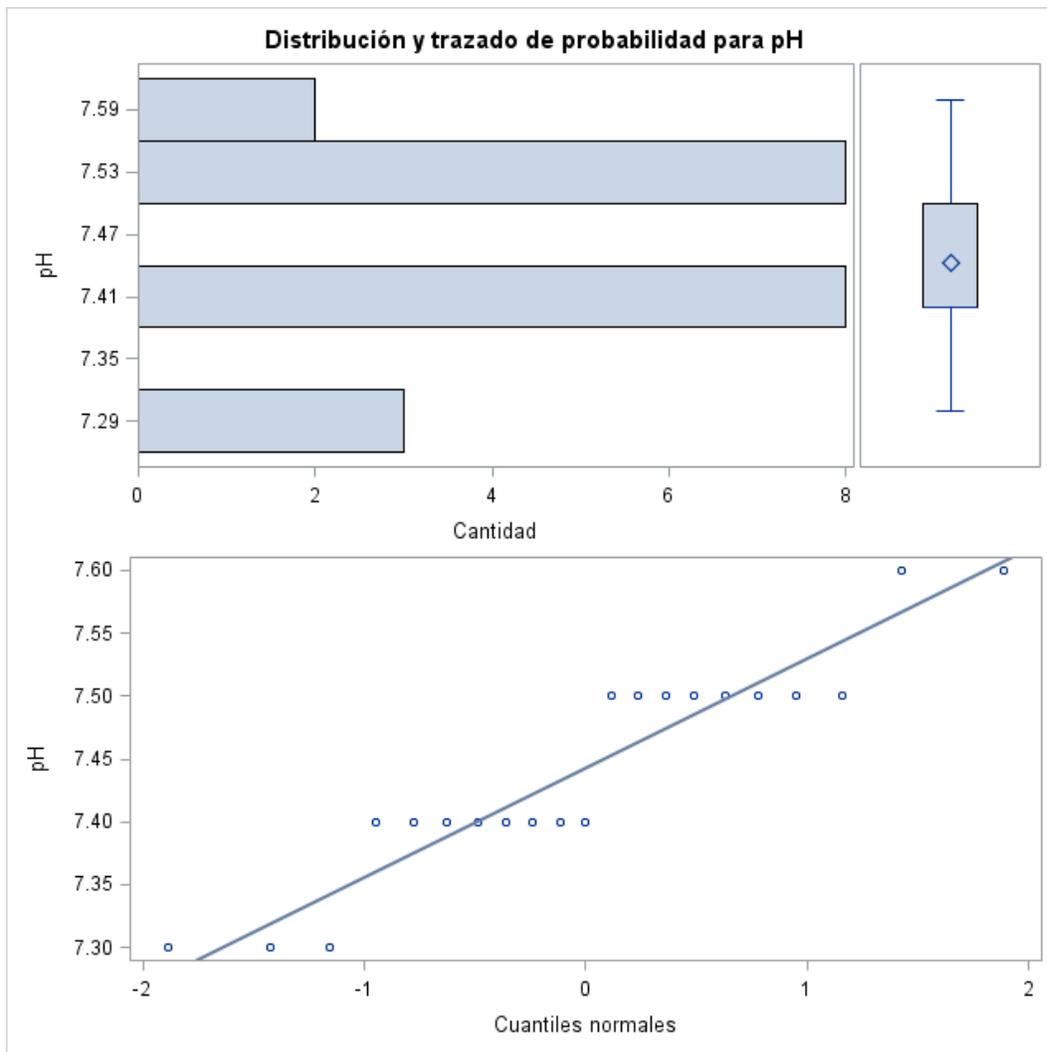
#### Gráficos de distribución

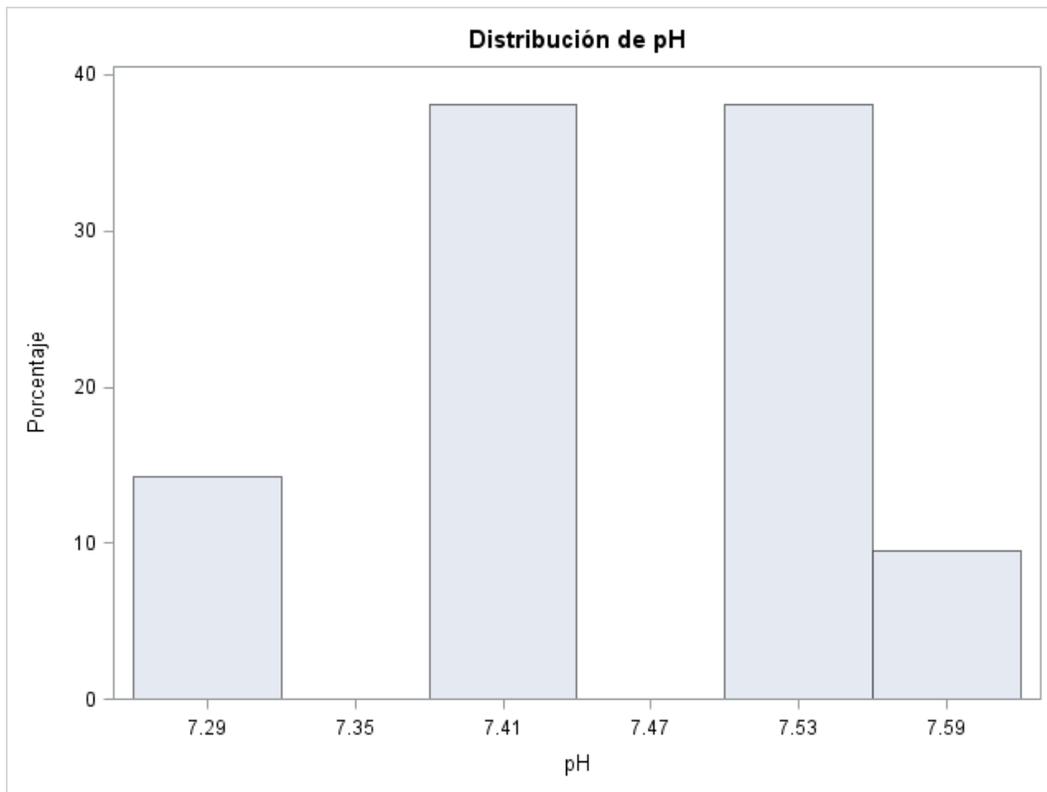
**Figura 11.**  
.Distribución y trazado de la temperatura



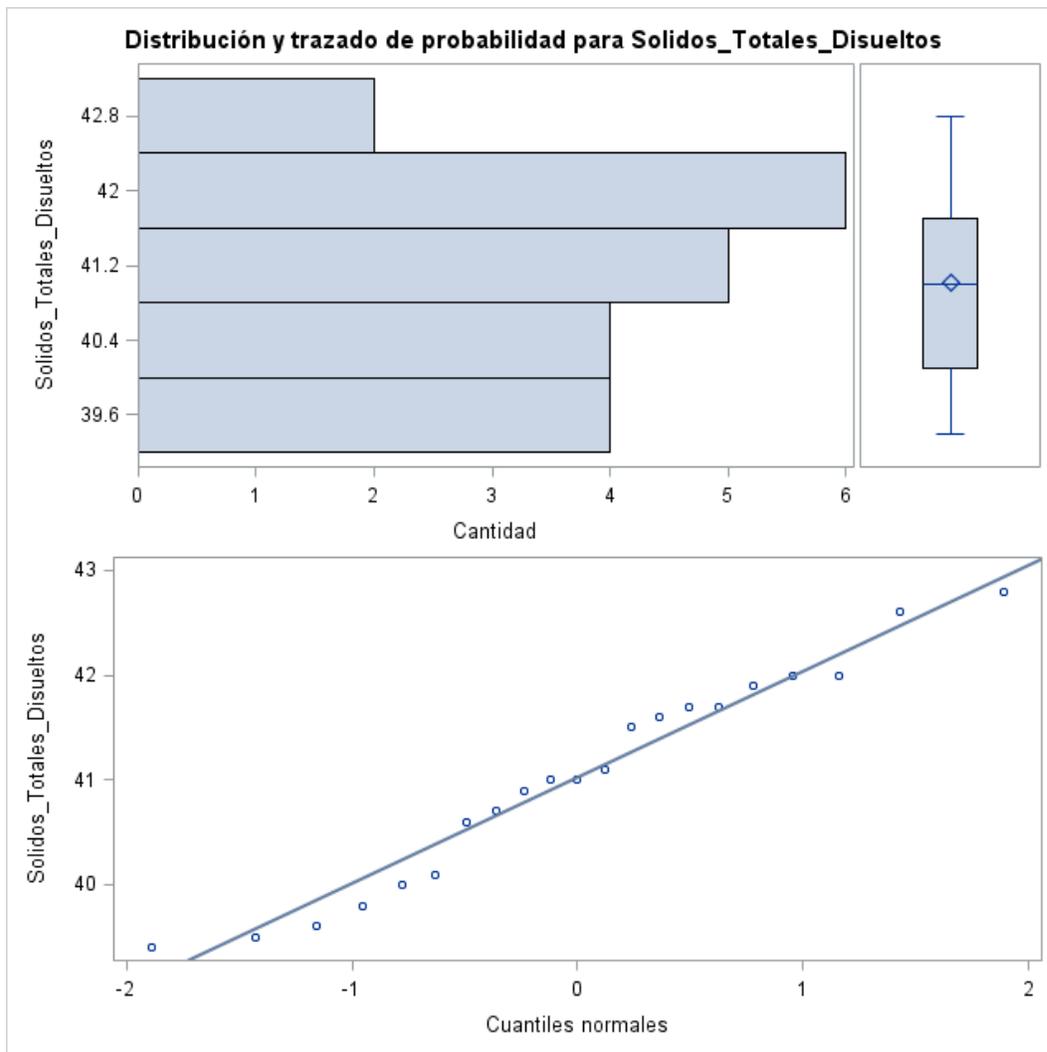


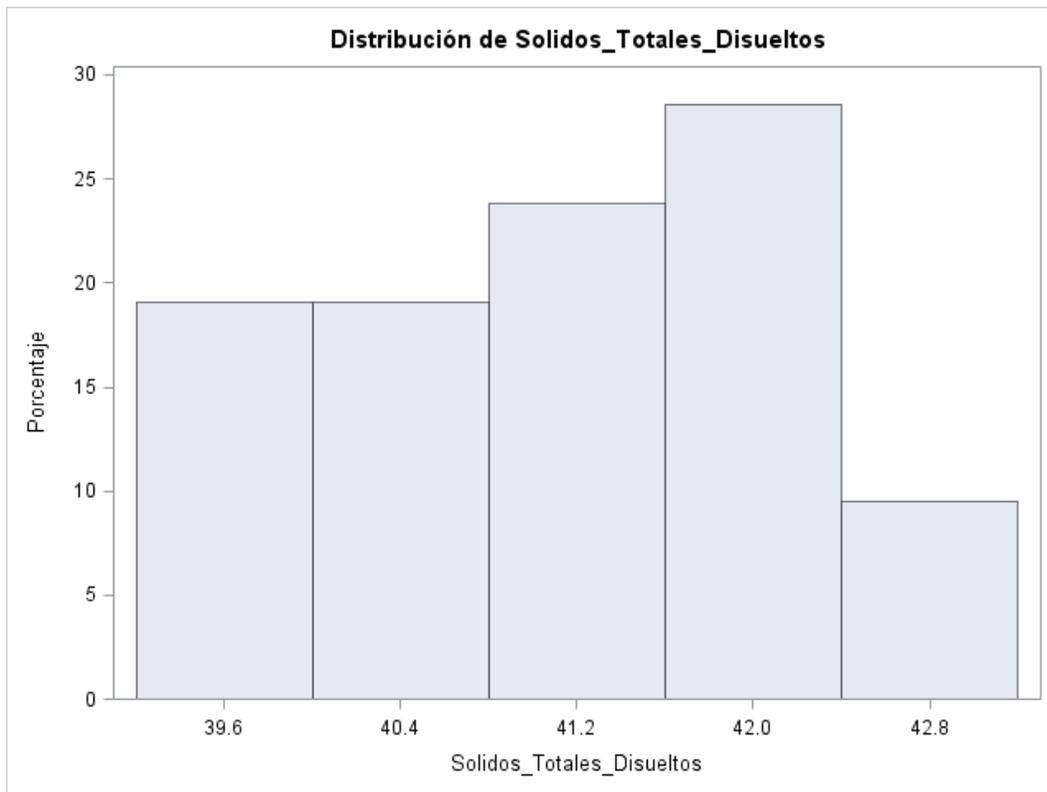
**Figura 12**  
Distribución y trazado del pH



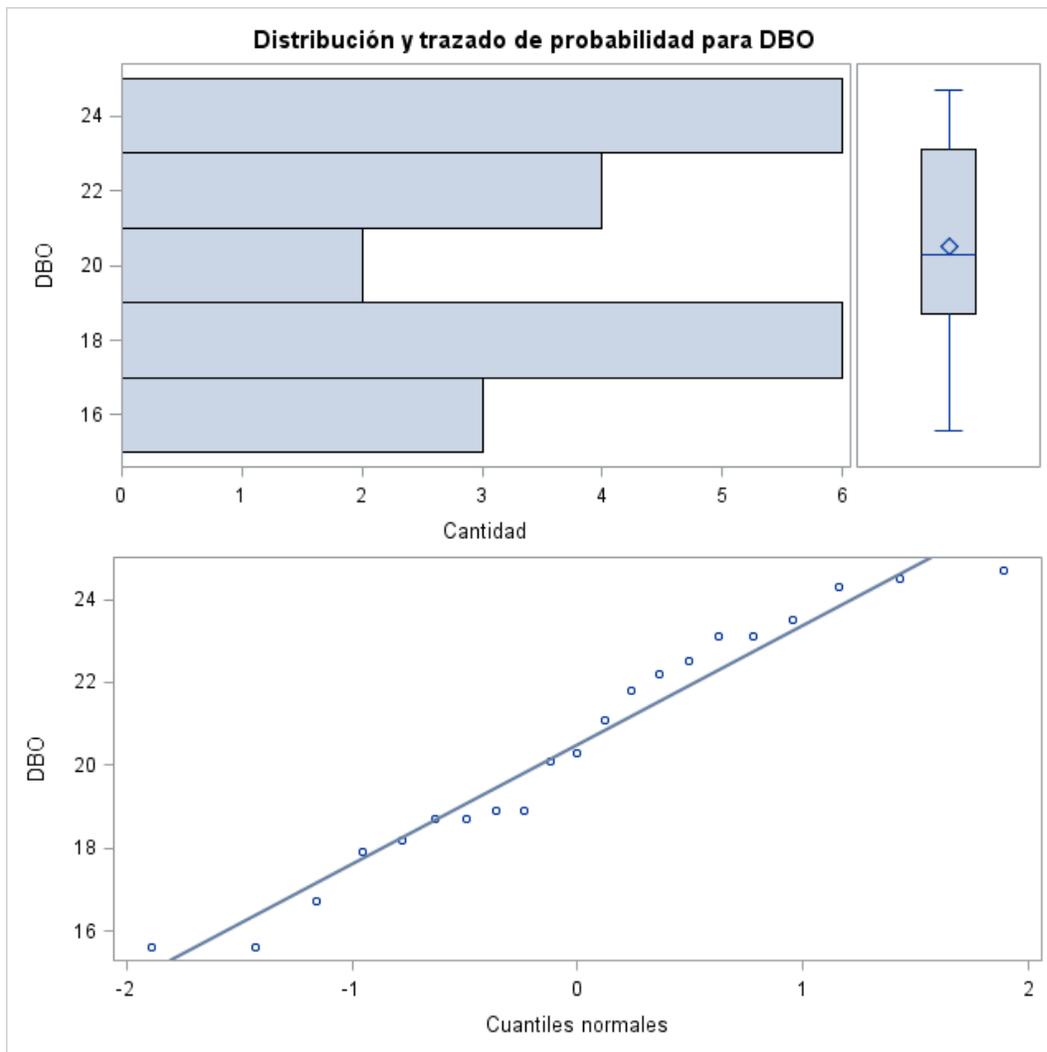


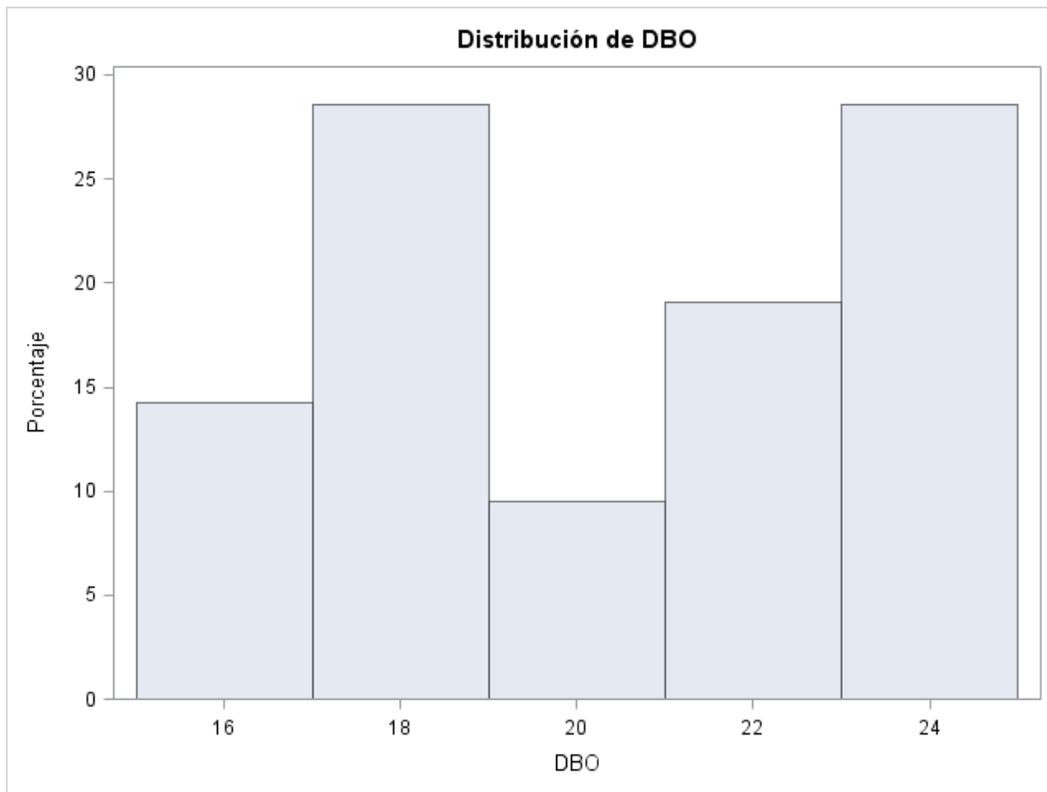
**Figura 13**  
Distribución y trazado de los Solidos totales disueltos



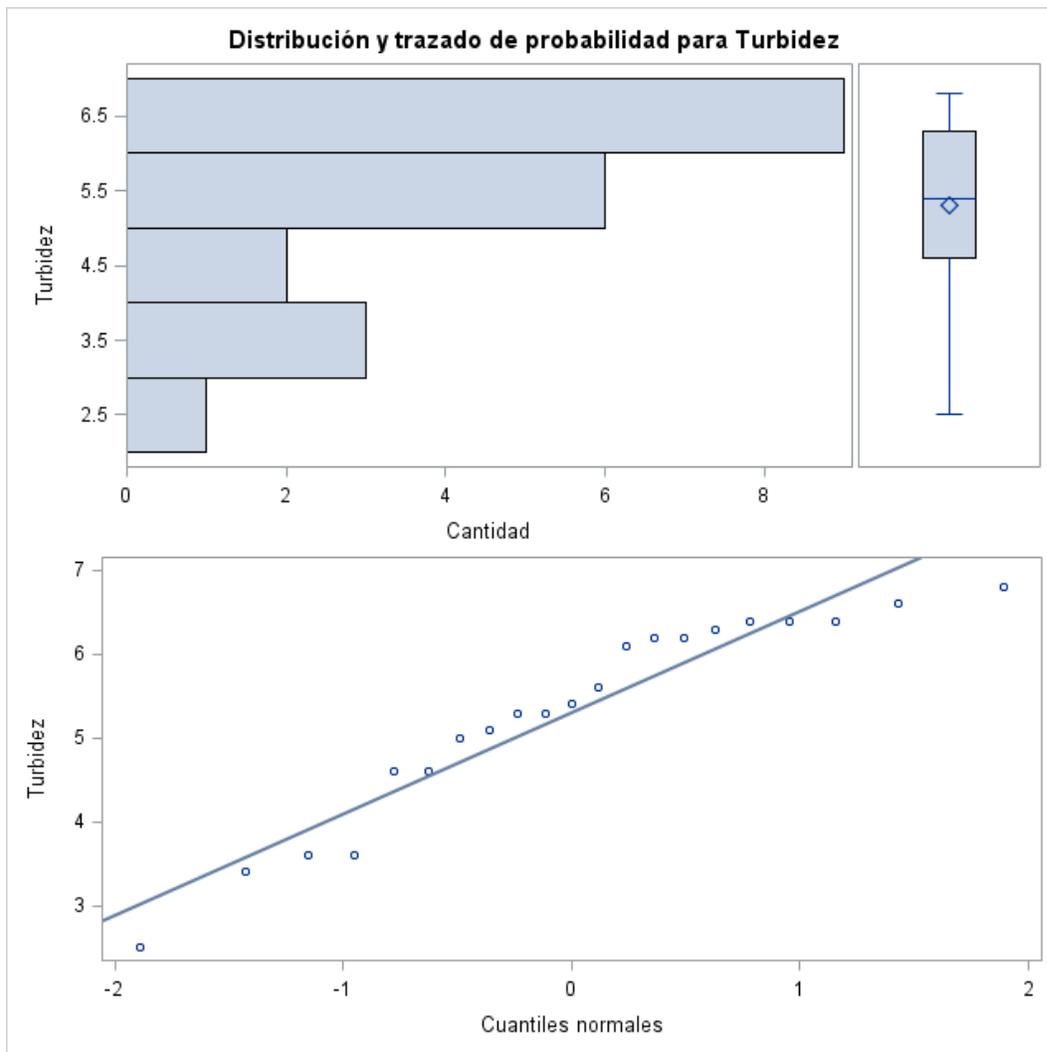


**Figura 14**  
Distribución y trazado de la demanda bioquímica de oxígeno





**Figura 15**  
Distribución y trazado de la turbidez



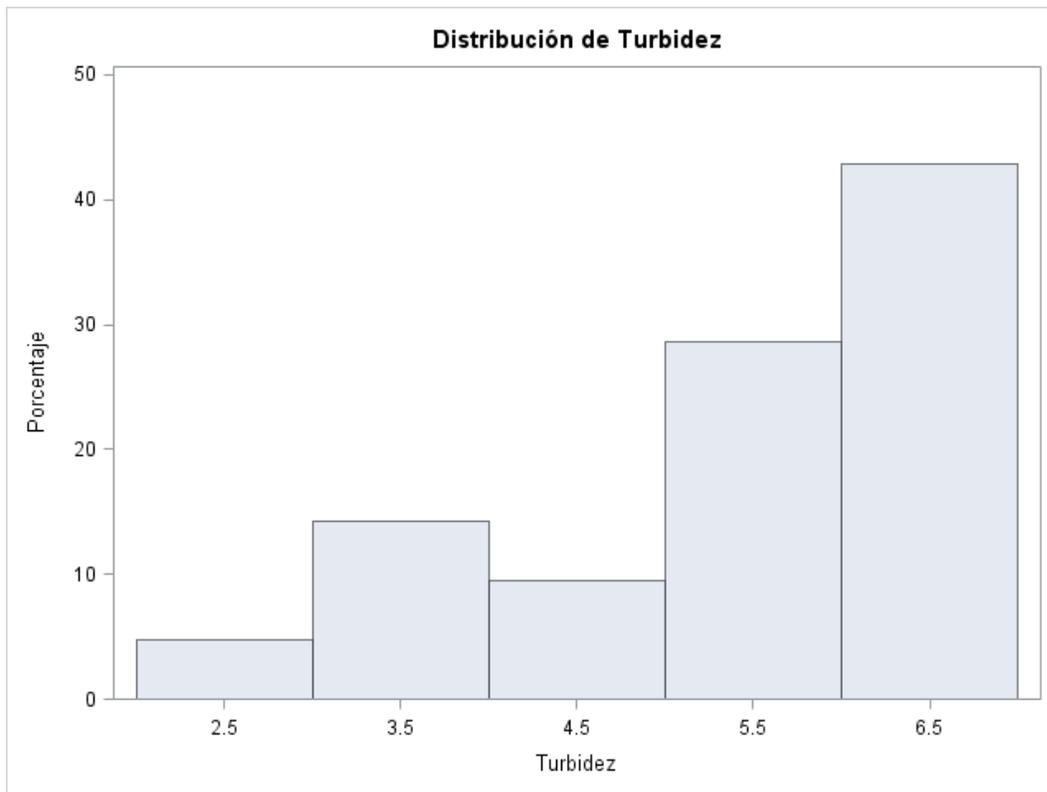
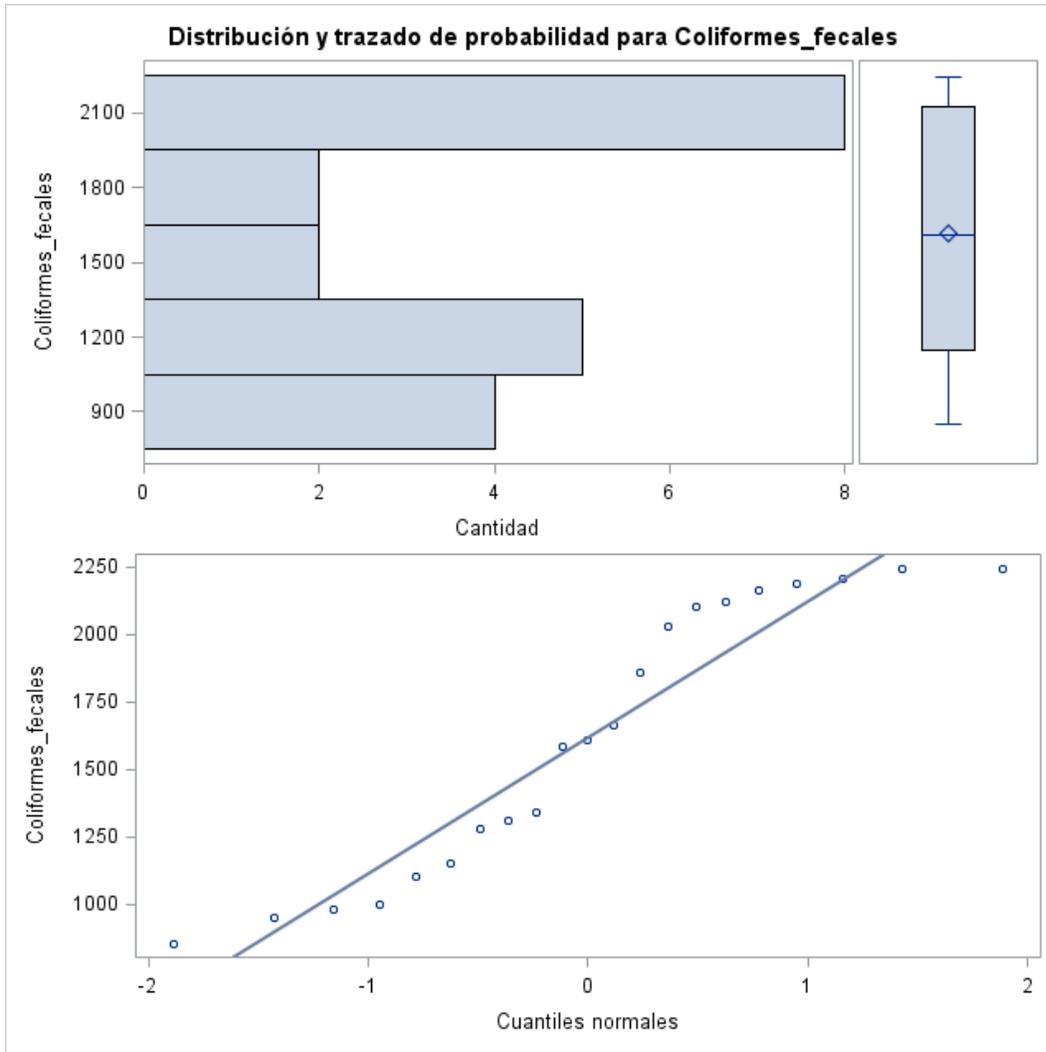
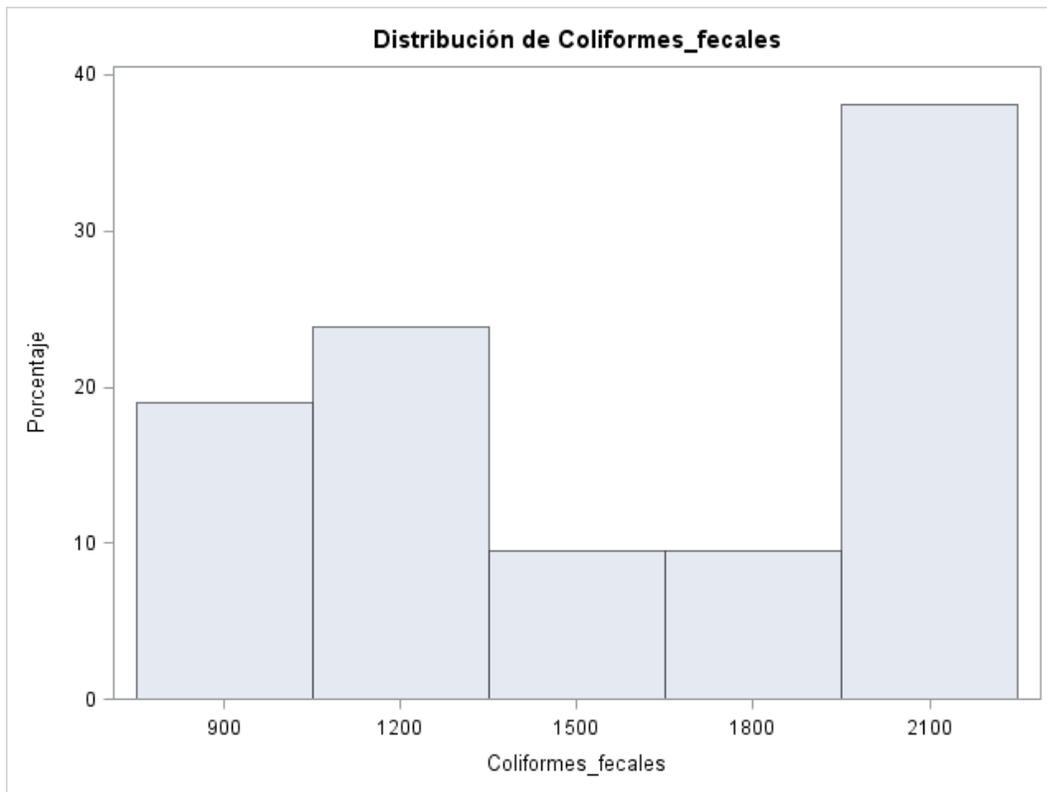


Figura 16

Distribución y trazado de Coliformes fecales





**Panel fotográfico**

**Figura 17**

Identificación del rio Ichu



**Figura 18**  
Ordenando los instrumentos de monitoreo



# DETERMINACION DE METALES PESADOS ARSENICO, MERCURIO Y PLOMO EN AGUAS DEL RIO ICHU EN ZONAS URBANAS DEL DISTRITO DE ASCENCIÓN Y HUANCVELICA

---

*Víctor Guillermo  
Sánchez Araujo*

Universidad Nacional de  
Huancavelica  
victor.sanchez@unh.edu.pe

 <http://orcid.org/0000-0002-7702-0881>

*Wilfredo Sáez Huaman*

Universidad Nacional de Huancavelica  
wilfredo.sáez@unh.edu.pe

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

---

*Pedro Antonio Palomino Pastrana*

Universidad Nacional de  
Huancavelica  
pedro.palomino@unh.edu.pe

 <https://orcid.org/0000-0001-7833-6805>

*Luis Alberto Tito Córdova*

Universidad Nacional de Huancavelica  
luis.tito@unh.edu.pe

 <https://orcid.org/0000-0003-0072-4140>

---

*Max Henry Alvarado Anampa*

Universidad Nacional de Huancavelica  
max.alvarado@unh.edu.pe

 <https://orcid.org/0000-0003-3746-0775>

*Mabel Yesica Escobar Soldevilla*

Universidad Nacional de Huancavelica  
mabel.escobar@unh.edu.pe

 <https://orcid.org/0000-0001-9253-5974>

---

*Julio Daniel Enríquez Quispe*

Universidad Nacional de Huancavelica  
daniel.enriquez@unh.edu.pe

 <https://orcid.org/0000-0003-1933-0221>