



*La investigación, su esencia y arte.*

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL  
TESIS**

**CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA PARA CONSUMO  
HUMANO EN LA COMUNIDAD DE ATOCC, DANIEL HERNÁNDEZ,  
TAYACAJA, HUANCVELICA, 2023**

**Tesis para optar Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**LI2: SEGURIDAD AMBIENTAL Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**

**OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE:**

**AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO**

**CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO OCDE:**

1.00.00

**PRESENTADO POR:**

Bach. Pizarro Chamorro, Deysi Vanesa

(ORCID. [0009-0007-0516-6113](https://orcid.org/0009-0007-0516-6113))

**ASESOR:**

M. Sc. Ortecho Llanos, Ronald

(ORCID. [0000-0002-8878-5847](https://orcid.org/0000-0002-8878-5847))

**Pampas - Perú**

**2024**

## FACULTAD DE INGENIERÍA

<b>ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS EN LA MODALIDAD PRESENCIAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL</b>	
Expediente N° 14-2024-UNAT/FI-EPIFA	Página 1 de 1

En esta acta, se hace constar que en el auditorium de Estudios Generales de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja "Daniel Hernández Morillo", ubicado en el distrito de Ahuaycha, provincia de Tayacaja, departamento Huancavelica, el día **13 de diciembre del 2024**, a las **16:30** horas, se reunieron los miembros del Jurado Calificador designados con Resolución de Comisión Organizadora N° 316-2023-CO-UNAT, de fecha 12 de setiembre del 2023, con el propósito de llevar a cabo el **Acto de Sustentación** de la tesis de Titulación Profesional:

### "CONCENTRACIÓN DE LOS METALES PESADOS EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD DE ATOCC, DANIEL HERNÁNDEZ, TAYACAJA, HUANCVELICA, 2023"

Dicha tesis ha sido presentada por la Bachiller en Ingeniería Forestal y Ambiental **PIZARRO CHAMORRO DEYSI VANESA**, asesorado por el docente M. Sc. **ORTECHO LLANOS RONALD**, adscrito al Departamento Académico de Ingeniería Industrial

Después de haber calificado el informe final de tesis, escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas por el Jurado, se le declara<sup>1</sup>: Aprobado, para optar el **Título Profesional de INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**, con la calificación de 18, que corresponde a la condición<sup>2</sup>: Muy bueno.

En consecuencia, la sustentante:

- Queda en condición de recibir el indicado Título Profesional, de conformidad con las normas legales, estatutarias y reglamentarias aplicables en materia del proceso de titulación profesional.
- NO queda en condición de recibir el indicado Título Profesional, de conformidad con las normas legales, estatutarias y reglamentarias aplicables en materia del proceso de titulación profesional.

Siendo las 4:48 pm horas del mismo día, mes y año, se da por concluido el Acto de Sustentación, firmando a continuación los intervinientes, en señal de conformidad de lo acontecido y consignado.

<b>Dr. GARCIA MENDOZA PEDRO JOSÉ</b> Presidente	<b>Dr. SALDAÑA CHAFLOQUE CHARLES F.</b> Miembro
<b>M. Sc. ORTECHO LLANOS RONALD</b> Asesor	

1. Indicar: Aprobado y/o Desaprobado.
2. Indicar: Excelente, Muy Bueno, Bueno, Regular y/o Desaprobado.

## **CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 043-2024**

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE TAYACAJA DANIEL HERNÁNDEZ MORILLO, QUIEN SUSCRIBE:

### HACE CONSTAR:

Que la tesis titulada: "CONCENTRACION DE METALES PESADOS EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA COMUNIDAD DE ATOCC, DANIEL HERNANDEZ, TAYACAJA, HUANCVELICA, 2023" desarrollado por el bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental PIZARRO CHAMORRO DEYSI VANESA, asesorado por el M.SC. RONALD ORTECHO LLANOS, cumple con los requisitos de conformidad de originalidad mediante (*software Anti plagio Turnitin*), evidenciándose en el informe de originalidad un porcentaje de similitud de veinte (20%), el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo.

Se expide la presente constancia para los fines que estime conveniente.

Pampas, 28 de noviembre de 2024


**Dr. Gino Paul Prieto Rosales**  
Director de la Unidad de Investigación  
de la Facultad de Ingeniería

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, doy gracias a Dios, fuente de mi fortaleza y guía en cada paso de este camino. Su amor y sabiduría me han sostenido en los momentos más desafiantes, brindándome claridad y perseverancia para completar este proyecto.

En segundo lugar, agradezco a mi asesor, Ronald Ortecho Llanos, por su invaluable guía, paciencia y apoyo a lo largo de todo este proceso. Sus conocimientos, sugerencias y comentarios fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

En tercer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja “Daniel Hernández Morillo” por brindarme el respaldo financiero necesario para llevar a cabo esta investigación. Este proyecto no habría sido posible sin el generoso apoyo económico proporcionado por esta institución.

Finalmente, a todas las personas que, de una u otra forma, contribuyeron a la realización de esta tesis, les expreso mi más sincero agradecimiento.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación está dedicado a mis padres, (Julia y Eustaquio), por su amor incondicional, su apoyo constante y su paciencia infinita. Sin su guía y esfuerzo, este logro no habría sido posible. A mis hermanos, (Robert, Jhon, Piero y Luz), por creer en mí y motivarme en cada paso de este camino. En especial a mi hermana, Liz Pizarro, cuya partida dejó un vacío profundo en nuestros corazones, envió un abrazo hasta el cielo. Reconozco que este logro no habría sido posible sin el respaldo y la confianza de cada uno de ustedes.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO .....	iv
DEDICATORIA.....	v
INDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRAC .....	xii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	14
1.2. Formulación del problema .....	15
1.2.1. Problema general .....	15
1.2.2. Problemas específicos .....	15
1.3. Justificación .....	15
1.4. Objetivos .....	16
1.4.1. Objetivo general.....	16
1.4.2. Objetivos específicos .....	16
1.5. Formulación de la hipótesis.....	16
1.5.1. Hipótesis general .....	16
1.5.2. Hipótesis específicas.....	17
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
2.1. Antecedentes .....	17
2.2. Marco teórico.....	20
2.2.1. Agua .....	20
2.2.2. Relevancia del agua.....	20
2.2.3. Contaminantes del agua .....	21

2.2.4.	Agua de consumo humano .....	21
2.2.5.	Metales pesados.....	21
2.2.6.	Parámetros químicos inorgánicos .....	22
2.2.7.	Límites Máximos Permisibles (LMP).....	24
<b>III.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>25</b>
3.1.	Tipo de Investigación .....	25
3.2.	Nivel de Investigación .....	25
3.3.	Enfoque de Investigación.....	25
3.4.	Diseño de Investigación.....	25
3.5.	Población, muestra y muestreo .....	25
3.5.1.	Población.....	25
3.5.2.	Muestra y muestreo .....	26
3.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.7.1.	Técnicas de recolección de datos .....	30
3.7.2.	Instrumento de recolección de datos .....	31
3.7.3.	Procesamiento de recolección de datos .....	31
3.7.4.	Procedimiento de muestreo .....	31
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	32
3.8.1.	Diseño estadístico y análisis de varianza (ANOVA) .....	32
3.9.	Aspectos éticos y regulatorios.....	33
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
4.1.	Parámetros físicos .....	34
4.2.	Metales pesados .....	34
4.3.	Análisis de varianza (ANOVA) .....	35
4.4.	Análisis de medias .....	37
<b>V.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>41</b>
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>43</b>

<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>44</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>45</b>
<b>IX. ANEXOS.....</b>	<b>49</b>
<b>Anexo 01: Matriz de Consistencia .....</b>	<b>50</b>
<b>Anexo 02: Consentimiento y cumplimiento normativo .....</b>	<b>51</b>
<b>Anexo 03: Muestreo y análisis en campo .....</b>	<b>51</b>
<b>Anexo 04: Cadena de custodia .....</b>	<b>55</b>
<b>Anexo 05: Informe de ensayo.....</b>	<b>59</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Límites Máximos Permisibles (LMP) .....	24
<b>Tabla 2:</b> Operacionalización de variables .....	27
<b>Tabla 3:</b> Materiales y equipos utilizados para la recolección de muestras .....	30
<b>Tabla 4:</b> Características de los puntos de muestreo: coordenadas UTM y altitud.....	31
<b>Tabla 5:</b> Parámetros físicos in situ en el sistema de captación y sistema de tratamiento de agua.....	34
<b>Tabla 6:</b> Valores medio de metales pesados en el sistema de captación, sistema de tratamiento de agua, reservorio y sistema de distribución de agua.....	34
<b>Tabla 7:</b> Resultados del análisis de varianza para la variable Al .....	36
<b>Tabla 8:</b> Resultados del análisis de varianza para la variable Fe.....	36
<b>Tabla 9:</b> Resultados del análisis de varianza para la variable Ba .....	36
<b>Tabla 10:</b> Resultados del análisis de varianza para la variable Cu .....	37
<b>Tabla 11:</b> Análisis de medias .....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Diagrama de muestreo .....	26
<b>Figura 2:</b> Puntos de muestreo en el sistema de captación, en el sistema de tratamiento de agua y reservorio.....	28
<b>Figura 3:</b> Puntos en el sistema de distribución hacia el consumidor final.....	29
<b>Figura 4:</b> Valores medios para aluminio en comparación con el LMP .....	38
<b>Figura 5:</b> Valores medios de hierro en comparación con los LMP .....	39
<b>Figura 6:</b> Valores medios para el bario en comparación con los LMP.....	40
<b>Figura 7:</b> Valores medios para el cobre en comparación con los LMP .....	40
<b>Figura 8:</b> Inicio de actividades en campo .....	52
<b>Figura 9:</b> Recolección de muestra en el P-1 en la captación (rio) .....	52
<b>Figura 10:</b> Recolección de muestra en los pozos de tratamiento.....	53
<b>Figura 11:</b> Recolección de muestra en el reservorio.....	53
<b>Figura 12:</b> Recolección de muestra en el sistema de red de distribución del consumidor final (casas) .....	54
<b>Figura 13:</b> Recolección de muestra en el sistema de red de distribución del consumidor final (casas.....	54
<b>Figura 14:</b> Muestreo de agua de río .....	55
<b>Figura 15:</b> Muestreo de agua de río y potable .....	56
<b>Figura 16:</b> Muestreo de agua potable .....	57
<b>Figura 17:</b> Muestreo de agua potable .....	58

## RESUMEN

**Objetivo:** Estimar la concentración de los metales pesados en agua para consumo humano en la comunidad de Atocc, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica, 2023, en comparación con la normativa del LMP del D.S. N°. 031-2010-SA. **Metodología:** La investigación es de tipo básico, con un nivel descriptivo, enfoque cuantitativo y diseño no experimental transversal. La población fue el río Atocc, la muestra fue de 9 puntos (3 repeticiones por punto de muestreo) distribuidos en: 3 en la captación del agua, 1 dentro del mismo sistema de agua para su distribución (reservorio) y 5 en el sistema de red de distribución del consumidor final; la recolección de datos se desarrolló mediante el protocolo de procedimientos para el muestreo de agua para consumo humano establecido por la Resolución Directoral 160-2015-DIGESA. **Resultado:** Se evidenció una variación de datos para aluminio con valores de 0.1517 mg/l a 1.4877 mg/l, para hierro de 0.2720 mg/l a 2.6530 mg/l, para bario de 0.003 mg/l a 0.0124 mg/l, para cobre de 0.0002 mg/l a 0.0083 mg/l; además para arsénico, cadmio, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc se encontraron valores constantes de <0.0010, <0.0002, <0.0003, <0.000100, <0.0004, <0.0010 y <0.0002 respectivamente. **Conclusión:** La concentración de aluminio y hierro superan los LMP, a excepción de bario, cobre, arsénico, cadmio, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc, cuyos niveles se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa nacional.

**Palabras claves:** metales pesados, agua potable, límites máximos permisibles

## ABSTRAC

**Objective:** To estimate the concentration of heavy metals in drinking water in the community of Atocc, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica, 2023, in comparison with the LMP standards of D.S. N°. 031-2010-SA. **Methodology:** The research is basic, with a descriptive level, quantitative approach, and non-experimental cross-sectional design. The population was the Atocc river, and the sample consisted of 9 points (3 repetitions per sampling point) distributed as follows: 3 at the water intake, 1 within the same water system for distribution (reservoir), and 5 in the distribution network for the final consumer; data collection was carried out following the water sampling procedure protocol for human consumption established by Resolution No. 160-2015-DIGESA. **Results:** A variation in data was observed for aluminum with values ranging from 0.1517 mg/l to 1.4877 mg/l, for iron from 0.2720 mg/l to 2.6530 mg/l, for barium from 0.003 mg/l to 0.0124 mg/l, and for copper from 0.0002 mg/l to 0.0083 mg/l. Additionally, for arsenic, cadmium, chromium, mercury, nickel, lead, and zinc, constant values of <0.0010, <0.0002, <0.0003, <0.000100, <0.0004, <0.0010, and <0.0002, respectively, were found. **Conclusion:** The concentration of aluminum and iron exceeds the LMP, except for barium, copper, arsenic, cadmium, chromium, mercury, nickel, lead, and zinc, whose levels are within the limits established by national regulations.

**Keywords:** heavy metals, drinking water, maximum permissible limits

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la demanda de un recurso tan fundamental para la existencia como el agua, se ha incrementado a nivel mundial. El abastecimiento adecuado de agua potable es fundamental, puesto que permite certificar el cumplimiento normativo sobre el agua para consumo humano, garantizando la inocuidad de la misma y una adecuada salud pública (Huaman, 2022).

En la actualidad, los ecosistemas acuáticos enfrentan diversos desafíos ambientales, tanto por fenómenos naturales como la desintegración de rocas y la erosión del suelo, o a través de actividades humanas como el desarrollo industrial, crecimiento urbano, el vertido de residuos o agentes tóxicos, y la deforestación en áreas rurales. Estos factores introducen compuestos inorgánicos (metales pesados) en los medios naturales, deteriorando la calidad del agua. Donde la contaminación por los compuestos inorgánicos es una problemática seria que requiere cuantificación, caracterización, análisis de su toxicidad, y su capacidad de acumulación y amplificación biológica en la cadena alimentaria (Ariza & Sampayo, 2017).

Los metales pesados son elementos metálicos caracterizados por su densidad, gravedad específica o pesos atómicos relativamente elevados, y poseen propiedades tóxicas. En términos generales, el contacto de las personas a estos metales suele pasar mayormente por el consumo del agua, dando lugar a la bioacumulación de sustancias tóxicas en el organismo. Estos metales pesados llegan a las aguas superficiales de los ecosistemas acuáticos a través de diversos mecanismos y procesos como la escorrentía, la precipitación, la deposición atmosférica, la migración, la adsorción, los vertimientos directos, la captación, tratamiento, almacenamiento y distribución que afectan su calidad en el punto final del consumidor. Una vez allí, se depositan en los sedimentos, donde su acumulación está relacionada con la dimensión de los fragmentos del sedimento como la arcilla, el limo y la arena, así como también con la presencia de materia orgánica (Reyes et al., 2016).

Por ende, la investigación se enfocó en estimar la concentración de metales pesados (Al, As, Ba, Cd, Cu, Cr, Fe, Hg, Ni, Pb y Zn) presentes en agua para consumo

humano en la comunidad de Atocc, del distrito de Daniel Hernández, en comparación con la normativa del LMP del D.S. N°. 031-2010-SA.

### **1.1. Planteamiento del problema**

El agua para consumo humano, siendo un recurso limitado, desempeña un papel fundamental en el bienestar humano, además su acceso es considerado un derecho fundamental según el D.S. N° 031-2010-SA. En nuestro país y en especial nuestra región, existe escasas plantas potabilizadoras de agua que garanticen la inocuidad para su consumo; por lo cual, las enfermedades que afectan a niños y adultos relacionados con el consumo de agua se han incrementado en los últimos años (MINSA, 2011; Cabral, 2010; Javaid et al., 2022).

Asimismo, uno de los retos medioambientales consiste en la contaminación del agua a nivel global, debido a la existencia de metales pesados. La toxicidad inherente a estos metales está presente en aguas del río y se convierte en un problema de gran envergadura, especialmente para las comunidades que dependen de estos recursos fluviales. Considerando que la concentración de estos compuestos inorgánicos en las fuentes de agua se origina de manera natural o por diversas actividades humanas, este asunto tiene mayor relevancia (Pabón et al., 2020).

El distrito de Daniel Hernández cuenta con el río Atocc, cuyas aguas son aptas para ser potabilizadas. El agua se recolecta en un reservorio con una capacidad de 400 m<sup>3</sup>, cosa que no alcanza para satisfacer las demandas de los 9,089 habitantes del área metropolitana del distrito. El agua tratada con cloro se utiliza para servicios domésticos, comerciales y en instituciones públicas y privadas (Sinchi, 2020).

En la actualidad, existen limitados estudios acerca de la concentración de metales pesados en agua para consumo humano, por lo que impulsa la necesidad de generar investigaciones sobre el tema a fin de determinar el destino del agua que proviene del río Atocc (para consumo humano o uso agropecuario).

Dicha investigación proporcionará información relevante a las autoridades locales, investigadores y/o tesisistas sobre la concentración de los metales pesados en aguas para uso humano, a fin de encontrar soluciones apropiadas al problema que representa este tipo de contaminantes en la población.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es la concentración de los metales pesados en agua para consumo humano en la comunidad de Atocc, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica, 2023?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Los límites máximos permisibles de acuerdo al D.S. N° 0331-2010-SA son superados por la concentración de los metales pesados en agua para consumo humano en la comunidad de Atocc, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica; 2023?
- ¿Cuál es el elemento pesado con mayor concentración de los metales pesados en agua para consumo humano en la comunidad de Atocc, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica, 2023?

## **1.3. Justificación**

El agua es fundamental para la alimentación, las actividades diarias y la higiene de las personas. Asimismo, en zonas rurales y municipales las fuentes para agua potable usualmente provienen de aguas superficiales y aguas subterráneas que no reciben un adecuado tratamiento. Así, la OMS (2018), asevera que “el agua potable contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de enfermedades como cólera, la diarrea, cólicos y la disentería”.

Uno de los mayores desafíos vinculados a la calidad del agua son los contaminantes químicos, especialmente los metales pesados como el Hg, Pb y Zn, considerados entre los agentes más tóxicos vinculados a la contaminación

ambiental (Ariza & Sampayo, 2017). La exposición prolongada a estos compuestos puede generar serios problemas de salud, incluyendo alteraciones neurológicas, daño en los riñones, afecciones hepáticas y enfermedades del sistema cardiovascular.

Dichos peligros para la salud resaltan la necesidad de realizar evaluaciones continuas sobre el agua en áreas que dependen de fuentes naturales que no reciben un tratamiento adecuado. Actualmente, la población hernandina demanda un agua de calidad por ello es relevante realizar pesquisas sobre la calidad del agua que consume dicho distrito, a fin de adoptar medidas correctivas y/o preventivas para asegurar que el agua sea segura para el consumo humano.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Estimar la concentración de los metales pesados en agua para consumo humano en la comunidad de Atocc, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica, 2023.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Cotejar los valores medios de los metales pesados en agua para consumo humano en la comunidad de Atocc, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica, 2023, con los valores establecidos en la normativa del D.S. N° 031-2010-SA.
- Precisar que metal pesado se halla en mayor concentración en el agua para consumo humano en la comunidad de Atocc, Daniel Hernández, Tayacaja, 2023.

#### **1.5. Formulación de la hipótesis**

##### **1.5.1. Hipótesis general**

Existe valores elevados de los metales pesados en el sistema de captación, en el sistema de tratamiento de agua, reservorio y sistema de

distribución de agua en la comunidad de Atocc, del distrito de Daniel Hernández, Tayacaja – Huancavelica, 2023.

### **1.5.2. Hipótesis específicas**

- Las concentraciones medias de los metales pesados en el sistema de captación, en el sistema de tratamiento de agua, reservorio y sistema de distribución de agua para consumo humano en la comunidad de Atocc, Daniel Hernández, Tayacaja, 2023, superan los valores establecidos en los LMP.
- Los elementos pesados que presentan mayor concentración en el sistema de captación, en el sistema de tratamiento de agua, reservorio y sistema de distribución de agua para consumo humano son plomo, mercurio y cadmio, en la comunidad de Atocc, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica, 2023.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

Según Anya & Odo, (2023) en su investigación evaluaron varios metales pesados entre ellos el manganeso, hierro, zinc, plomo, cobre, cromo y arsénico en el río Cross Rivermk, Nigeria, durante un período de doce meses en el 2018. El objetivo fue evaluar el grado de contaminación y la idoneidad para el consumo humano del río. Se tomaron muestras de agua y sedimentos en tres puntos del río, y luego se realizaron análisis de acuerdo con procedimientos estandarizados. Este estudio obtuvo los siguientes resultados en agua (mg/l) y sedimento en (mg/kg): 0.26 y 3.28 para el zinc, 2.22 y 43.73 para el hierro, 0.22 y 3.37 para el manganeso, 0.42 y 0.39 para el plomo, 0.036 y 0.096 para el cobre, 0.53 y 0.92 para el arsénico, y 0.043 y 0.23 para el cromo. Además, se pudo observar que los sedimentos contenían cantidades más elevadas de elementos pesados en comparación con el agua superficial, indicando una acumulación de estos en el lecho. Es relevante destacar que la mayoría de dichos metales como: hierro, manganeso, plomo, arsénico y cromo se detectaron en niveles que excedían los límites por la Organización Estándar de Nigeria, la OMS y la EPA

de los EE.UU. Como resultado, el agua se encontraba contaminada con estos metales.

Por su lado, Ferro et al., (2023) mencionan que los elementos químicos inorgánicos existentes en agua potable, incluyen metales pesados, los cuales son sustancias de origen natural que se hallan dispersos en la naturaleza. No obstante, los elementos tóxicos como el Pb, Cd, As y Hg resultan sumamente perjudiciales para la salud y las formas de vida, estableciéndose como contaminantes críticos. Por lo tanto, el objetivo fue evaluar los parámetros inorgánicos en el agua para consumo humano de los distritos situados en la provincia de Puno, donde los resultados de este análisis fueron contrastados utilizando tanto la prueba paramétrica T – student como las pruebas no paramétricas de Kolmogórov-Smirnov. Se encontraron los valores más elevados en distritos como Capachica para bario 0.8458 y plomo 0.5255 (en mg/l); en Mañazo para aluminio 3.08 y plomo 0.0185 (en mg/l); en San Antonio de Esquilache para hierro 0.49 y plomo 0.9513 (en mg/l), en Vilque para arsénico 0.0193 y plomo con 15.34 (en mg/l), y en Pichacani para arsénico 0.0193 y plomo 0.0215 (en mg/l). El análisis demuestra que las muestras incumplen con la normativa de los estándares de agua para consumo humano.

Por otra parte, Myers et al., (2023) en su pesquisa la existencia de metales pesados en los acuíferos subterráneos, así como evaluar el peligro que podrían conllevar su consumo. Se recolectaron y examinaron 15 muestras de agua subterránea provenientes de distintos pozos. En estas muestras se llevaron a cabo análisis de las concentraciones de cadmio, cromo, arsénico, zinc, plomo y cobre. Donde dichos resultados revelaron que las concentraciones en (mg/l) de cadmio  $0,12 \pm 0,08$  y Cromo  $0,11 \pm 0,09$  excedieron los parámetros establecidos en los estándares, es decir 0,003 y 0,05 correspondientemente, tal como se indica dentro de las pautas de calidad de agua potable recomendadas por la OMS.

Asimismo, Incahuanaco et al., (2021) menciona que los sedimentos son una fuente importante de contaminantes, lo cual han captado el interés de numerosos investigadores debido a su capacidad de proporcionar información

estable y precisa sobre la calidad ambiental regional en comparación con el agua. Utilizando una amplia cantidad de datos, analizaron siete elementos químicos (arsénico, boro, cadmio, cromo, cobre, hierro y plomo) en los sedimentos del estuario Boca del Río, provincia de Ilo, Moquegua, cuya desembocadura es el Océano Pacífico, observándose una variabilidad significativa en las concentraciones de dichos metales en sedimentos. Como resultado se lograron concentraciones medias de arsénico, boro, cadmio, cromo, cobre, hierro y plomo en los sedimentos del estuario siendo de 62.451, 1.817, 0.001, <0.001, 0.006, 0.003 y 0.0701 (en mg/kg). Es importante destacar que el nivel de arsénico (62.451) excede los estándares de calidad de sedimentos establecido por la EPA en 2014.

Además, Shehu et al., (2022) en su pesquisa sobre calidad del agua potable cuyo objetivo fue evaluar los probables riesgos para la salud y la toxicidad asociada a la presencia de parámetros inorgánicos. Se analizaron elementos como: Pb, Cd, Cr, Ni, Cu, Fe, Zn, Al y Mn. Para determinar la calidad del agua y las implicaciones en la salud, los resultados obtenidos se contrastaron con las normativas nacionales, de la Unión Europea y de la OMS. Los resultados muestrearon que la concentración media de dichos elementos en las muestras de agua obtuvo el siguiente orden: aluminio (41,7), níquel (18,1), cobre (8,7), hierro (7,41), cinc (5,5), plomo (2,1), cromo (1,8), manganeso (0,42) y cadmio (0,076) en ( $\mu\text{g/L}$ ) respectivamente. En conclusión, se encontró que aluminio (en una muestra) y níquel (en cinco muestras) excedieron los límites máximos permitidos.

Por último, Vicuña (2019) analizó el agua para consumo humano en los pobladores de Olleros, provincia de Huaraz. El muestreo y análisis de metales se realizó en cinco puntos de muestreo M1, M2, M3, M4 y M5, obteniendo concentraciones de <0.020 para aluminio, <0.010 para arsénico, <0.02 para cobre y <0.010 para cromo (en mg/l). Las concentraciones para hierro (en mg/l) en los cinco puntos de muestreo fueron de 0.179, 0.123, 0.181, 0.203 y 0.144, respectivamente; para manganeso (en mg/l) en los cinco puntos de muestreo fueron de 0.046, 0.040, 0.036, 0.086 y 0.029, respectivamente; para cinc (en mg/l) en los cinco puntos de muestreo fueron de 0.07, 0.06, 0.08, 0.09 y 0.09,

respectivamente. Además, los valores de mercurio fueron inferiores a 0.025 mg/l en todas las estaciones mientras que los valores para níquel fueron menores de 0.02 mg/l y para plomo inferiores a 0.010 mg/l, en todas las estaciones. Concluyendo que las concentraciones de metales pesados cumplen con lo establecido en el D. S. 031-2010-SA.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Agua**

Se trata de un compuesto formado por moléculas integradas por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, es un líquido transparente, que no tiene olor ni sabor, cuya fórmula química se expresa como H<sub>2</sub>O. Del mismo modo el agua es vital para todos los organismos vivos, tanto animales o plantas, cuyos cuerpos están formados en un 70% por este líquido (Aguilar & Navarro, 2018).

Asimismo, este recurso esencial y limitado es de gran relevancia para las personas en todo el mundo, incluyendo nuestro país. No obstante, las comunidades en nuestro país se encuentran forzadas a usar fuentes de agua cuya calidad es inadecuada, lo que provoca enfermedades en niños y adultos (MINSA, 2011).

### **2.2.2. Relevancia del agua**

El agua se encuentra entre las necesidades primordiales de la existencia, con aproximadamente un 0,3% de los recursos hídricos del planeta disponibles para su utilización. La escasez de agua ya representa un desafío en diversas zonas, y millones de personas están limitadas a acceder al agua potable. Este panorama constituye uno de los indicadores más significativos que subraya la necesidad de ser altamente sensibles y conscientes de los recursos hídricos. El incremento poblacional trae consigo un aumento en la exigencia de agua de calidad, sin embargo, muchos recursos acuíferos están disminuyendo y sufriendo contaminación debido a diversas influencias, en especial las actividades humanas (Kılıç, 2020).

### **2.2.3. Contaminantes del agua**

El agua pura se considera un recurso renovable y, por lo tanto, puede recuperarse mediante procesos naturales a una tasa superior a la tasa de consumo humano, sin embargo, en referencia al agua de ríos, lagos y arroyos, se puede decir que están muy contaminados, especialmente esto dificulta su recuperación debido a la actividad humana (Proposito et al., 2020).

### **2.2.4. Agua de consumo humano**

La Dirección General de Salud (2009) la define como “agua apta para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud de los consumidores durante su vida, pero esta se encuentra vulnerable a la contaminación de diferente índole, considerándose imprescindible el consumo de agua inocua, ya que la población podría contraer enfermedades mediante esta vía, donde los más propensos son los lactantes y los niños escolares a contraer enfermedades y donde el agua potable debe de ser óptima para su consumo y la higiene personal”.

La valoración sobre calidad del agua involucra el estudio de un conjunto de parámetros para precisar si el agua cumple con los estándares establecidos para cada uso específico. Sin embargo, estas propiedades se definen en términos de su uso potencial comparándolas con valores estándar que se consideran necesarios para garantizar su uso adecuado (Addisie, 2022).

### **2.2.5. Metales pesados**

Son aquellos agentes contaminantes con alto grado de nocividad, debido a que los organismos no poseen la capacidad de descomponerlos naturalmente y poseen la aptitud de bioacumularse en los seres vivos. Reconocidos por elevada toxicidad y su amplia distribución en el entorno podemos citar al mercurio, cadmio y plomo (Orozco et al., 2011).

## 2.2.6. Parámetros químicos inorgánicos

### - Aluminio (Al)

Es un elemento presente naturalmente en el agua, suele integrarse en la estructura de las arcillas y formar iones  $Al^{3+}$  en solución. Puede encontrarse en formas solubles o coloidales, lo que ayuda a la turbidez del agua debido a su capacidad para generar complejos y precipitar como hidróxidos en condiciones de pH elevadas (Collantes, 2016).

### - Hierro (Fe)

Es un componente común en la superficie de la Tierra y se presenta en aguas dulces principalmente como iones  $Fe^{2+}$  y  $Fe^{3+}$ , con niveles que oscilan entre 0.5 y 50 mg/L. Este metal puede incorporarse al agua a través del uso de coagulantes a base de hierro, además de la corrosión de tuberías de acero o hierro durante su transporte y distribución (Collantes, 2016).

### - Bario (Ba)

Es un metal alcalinotérreo que se encuentra naturalmente en minerales como la barita ( $BaSO_4$ ) y se disuelve en el agua en forma de iones  $Ba^{2+}$ . Es ligeramente soluble y su concentración en agua suele provenir de la disolución de rocas ígneas y sedimentarias. Debido a su toxicidad en concentraciones altas, su presencia requiere monitoreo constante (OMS, 2011).

### - Cobre (Cu)

Elemento de transición que se encuentra naturalmente en cuerpos de aguas superficiales y subterráneas, principalmente como iones  $Cu^{2+}$ . Su liberación en las redes de suministro de agua suele ocurrir por el desgaste de tuberías de cobre, particularmente en condiciones de agua blanda o con acidez elevada (OMS, 2011).

### - Arsénico (As)

Generalmente este metal se localiza naturalmente en los cuerpos de agua en concentraciones que no superan 1-2 g/l. No obstante, a su vez ocurre en el caso de las aguas subterráneas que contienen minerales de sulfuro y sedimentos de origen volcánico, las concentraciones pueden ser mucho más altas (OMS, 2018).

- **Cadmio (Cd)**

Se trata de un metal denso que está presente en aguas naturales principalmente como iones  $\text{Cd}^{2+}$ . Es altamente tóxico y se acumula en suelos agrícolas debido a su movilidad, especialmente por el uso de fertilizantes fosfatados. Aunque no es esencial para la salud de humanos o animales, la exposición al cadmio puede causar efectos tóxicos graves, como edema pulmonar, dificultades respiratorias y bronconeumonía (Humpiri, 2017).

- **Cromo (Cr)**

Se trata de un metal de transición que está presente en la superficie terrestre y presenta varios estados de oxidación, siendo los más comunes  $\text{Cr}^{3+}$  y  $\text{Cr}^{6+}$ . Aunque es un oligoelemento esencial en su forma trivalente ( $\text{Cr}^{3+}$ ), su exposición en altas concentraciones, especialmente en forma hexavalente ( $\text{Cr}^{6+}$ ), puede ser dañina (OMS, 2018).

- **Mercurio (Hg)**

Se trata de un metal en estado líquido. Aparte de existir en su forma principal, puede encontrarse en el agua en su forma elemental, como  $\text{Hg}^0$ , o en formas inorgánicas y orgánicas, siendo el metilmercurio ( $\text{CH}_3\text{HG}^+$ ) una de sus formas más tóxicas. Lo cual en su estado elemental tiene una baja solubilidad, lo que lo hace poco tóxico cuando se ingiere (Reyes et al., 2016).

- **Níquel (Ni)**

Es un metal de transición que está presente en cuerpos de aguas generalmente en concentraciones menor a 0.02 mg/l. No obstante, este metal puede filtrarse a través de grifos y otros accesorios, llegando a niveles de hasta 1 mg/l. En determinadas circunstancias, donde se libera de fuentes naturales o actividades industriales en el suelo, la existencia de este metal en el agua que consumen los seres humanos puede ser más elevadas (OMS, 2018).

- **Plomo (Pb)**

Se trata de un metal bastante denso que se ha empleado durante mucho tiempo por su resistencia a la corrosión, así como por sus propiedades de maleabilidad y ductilidad, además de su capacidad para combinarse fácilmente en aleaciones (Reyes et al., 2016).

### - Zinc (Zn)

Es un elemento metálico de transición, ampliamente presente en el ambiente y el agua potable, especialmente si se almacena en tanques metálicos, donde puede disolverse como iones  $Zn^{2+}$  (Barrenechea, 2004).

#### 2.2.7. Límites Máximos Permisibles (LMP)

Se refiere a “la medida de concentración o el nivel de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en un efluente o emisión, que, si se sobrepasa, puede provocar daños en la salud, el bienestar humano y el medio ambiente” (MINAM et al., 2021).

**Tabla 1**

*Límites Máximos Permisibles (LMP) para elementos pesados en agua para consumo humano según el D.S. N° 031-2010-SA*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>LMP</b>
Aluminio	mg/l	0.2
Hierro	mg/l	0.3
Bario	mg/l	0.7
Cobre	mg/l	2
Arsénico	mg/l	0.01
Cadmio	mg/l	0.003
Cromo	mg/l	0.05
Mercurio	mg/l	0.001
Níquel	mg/l	0.02
Plomo	mg/l	0.01
Zinc	mg/l	3

Fuente: (MINSAs, 2011).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

Corresponde a una investigación de nivel básico puesto que se recopiló información actual y confiable que ha contribuido al conocimiento teórico y científico sobre el tema, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones.

#### **3.2. Nivel de Investigación**

Corresponde a un nivel descriptivo, puesto que, se describe el panorama actual del manejo sostenible del agua por medio de la recopilación de datos y el muestreo del agua. Para registrar los parámetros definidos en el D.S. N° 031-2010-SA (“Reglamento de la calidad del agua para consumo humano”).

#### **3.3. Enfoque de Investigación**

Se desarrolló con un enfoque cuantitativo para estimar la concentración de los metales pesados en el sistema de captación, en el sistema de tratamiento de agua, en el reservorio y en el sistema de distribución hacia el consumidor final.

#### **3.4. Diseño de Investigación**

Corresponde a una investigación no experimental-transversal. Considerada no experimental dado que no se manipularon las variables de estudio, transversal, ya que los datos se recopilaron en un momento determinado.

#### **3.5. Población, muestra y muestreo**

##### **3.5.1. Población**

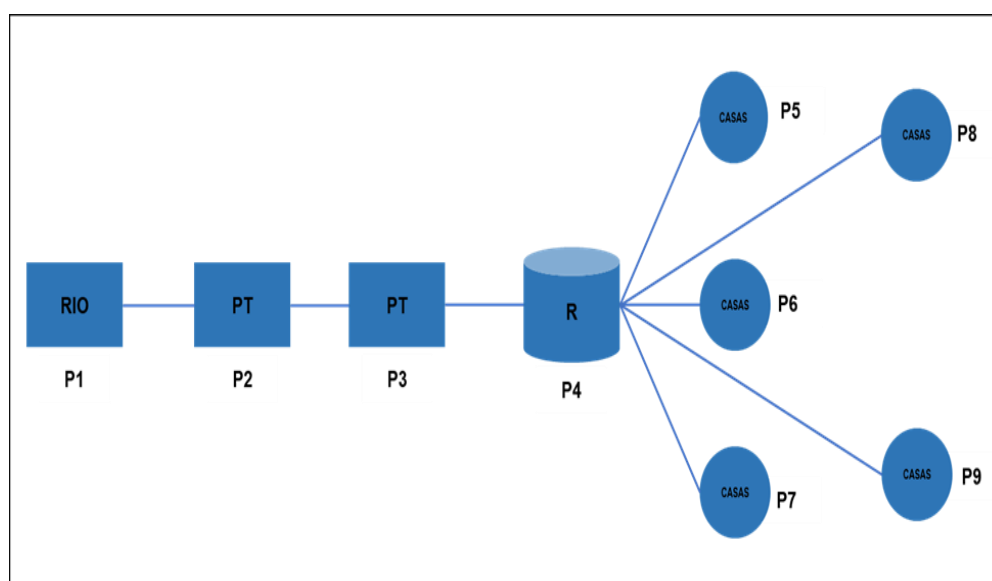
Determinada por el agua en el sistema de captación del río, sistema de tratamiento de agua, reservorio y el sistema de distribución hacia el consumidor final (casas) del distrito de Daniel Hernández.

### 3.5.2. Muestra y muestreo

La muestra se realizó de acuerdo al criterio del investigador teniendo en cuenta diversos factores, tomándose nueve puntos de muestreo. Para cada punto de muestreo se realizó tres repeticiones haciendo un total de 27 muestras analizadas.

**Figura 1**

*Diagrama del muestreo*



**Fuente:** Elaboración propia

### 3.5.3. Ubicación de los puntos de muestreo

Para determinar los metales pesados en el agua para consumo humano se definieron nueve puntos de muestreo: tres puntos en el sistema de captación y sistema de tratamiento, un punto en el reservorio y cinco puntos en el sistema de distribución hacia el consumidor final (casas).

En la tabla 2 se muestran las coordenadas geográficas que indican la ubicación de los sitios de muestreo, lo que permite una mejor identificación y referencia de las áreas evaluadas.

**Tabla 2***Coordenadas UTM y altitud de los puntos de muestreo*

<b>PUNTOS DE MUESTREO</b>	<b>COORDENADAS UTM WGS 84 ZONA 18 s</b>		<b>ALTITUD (msnm)</b>
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	
P1	516868	8629413	3474
P2	516798	8629423	3468
P3	516781	8629425	3456
P4	516255	8629840	3388
P5	514825	8629877	3286
P6	514817	8629851	3287
P7	514998	8630367	3282
P8	515413	8630203	3285
P9	515462	8630105	3313

**Fuente:** Elaboración propia

En la Figura 2 se presenta el punto P1 correspondiente a las aguas no potables antes de la captación; los puntos P2 y P3 corresponden a la planta de tratamiento de agua para consumo humano y el punto P4 corresponde al reservorio de agua para consumo humano.

**Figura 2**

*Puntos de muestreo en el sistema de captación, en el sistema de tratamiento de agua y reservorio*



En la Figura 3 se muestran los puntos P5, P6, P7, P8 y P9 que corresponden a la red de distribución del consumidor final (casas).

### Figura 3

*Puntos de muestreo en el sistema de distribución hacia el consumidor final (casas)*



### 3.6. Operacionalización de las variables

**Tabla 3**

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENCIONES	INDIC ADORES (mg/L)	INSTRUMENTO
Concentración de metales pesados	Todos los medios acuáticos contienen metales pesados, aunque sus niveles son mínimos (Humpiri, 2017).	Se medirán las concentraciones de los metales pesados presentes en 200 ml de agua, es decir serán, expresadas en mg/l utilizando un espectrofotómetro de absorción de masa con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS).	Parámetros Químicos Inorgánicos	Concentración de Al, Fe, As, Ba, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb y Zn.	Espectrofotómetro de absorción de masa con plasma acoplado inductivamente ICP – MS.

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.7.1. Técnicas de recolección de datos

Respecto a los indicadores físicos como: temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica y pH se empleó un medidor multiparamétrico Hanna HI 98194/10. La técnica de observación se empleó para datos ex situ, la cual permitió la identificación de los puntos de monitoreo requeridos. En cada uno de estos puntos de muestreo se aplicó el método de muestreo no probabilístico basado por conveniencia.

### 3.7.2. Instrumento de recolección de datos

En el sistema de captación de agua, en el sistema de tratamiento de agua, reservorio y sistema de distribución hacia el consumidor final – casas, se empleó el “Protocolo de procedimiento para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano” (R.D. N° 160-2015-DIGESA) (MINSA, 2015).

### 3.7.3. Procesamiento de recolección de datos

#### 3.7.3.1. Materiales y equipos

**Tabla 4**

*Materiales y equipos utilizados para la recolección de muestras*

<b>I. Materiales y equipos para el recojo de muestras</b>
- Multiparamétrico Hanna HI 98194/10
- Frascos de plástico de 200 ml
- Caja térmica (coolers)
- Ácido Nítrico (HNO <sub>3</sub> )
- Cadena de custodia
- Etiquetas
- Cuaderno de campo
- Plumón indeleble
- Cámara
- GPS
- Fil
- Equipos de protección personal

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.7.4. Procedimiento de muestreo

#### 3.7.4.1. Toma de muestra

- Usar guantes durante la recolección de muestras
- Enjuagar los frascos de recolección con el agua a ser muestreada unas dos o tres veces, esto ayudara a eliminar

cualquier sustancia que pueda estar presente en el interior del frasco. Tras el enjuague se agita el frasco y se desecha el agua utilizada para el lavado.

- Cuando se llena el frasco con la muestra, se debe dejar un espacio de 1% aproximadamente para verter el preservante (ácido nítrico – HNO<sub>3</sub>) para metales pesados.

#### **3.7.4.2. Consideraciones específicas para el agua potable (grifo)**

- Por espacio de 2 a 3 minutos descargar agua.
- Desinfectar con alcohol de 70% la boca del grifo por dentro y por fuera.
- Con guantes nuevamente abrir el caño y llenar el frasco.

#### **3.7.4.3. Etiquetado y llenado de cadena de custodia**

- Todos los frascos fueron etiquetados de manera clara y legible.
- La cadena de custodia se rellenó con toda la información necesaria que se observaron durante el muestreo (ver el anexo 04).

#### **3.7.4.4. Preservado y traslado de muestras**

- Las muestras recogidas estuvieron conservadas en la caja térmica (cooler) a temperatura indicada.
- Las muestras se transportaron lo más rápido posible hacia el laboratorio.

#### **3.7.4.5. Análisis de muestras**

Se realizó en un laboratorio de análisis de agua acreditado por INACAL. Los metales analizados fueron aluminio, arsénico, bario, cobre, cadmio, cromo, hierro, mercurio, níquel, plomo y zinc.

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

#### **3.8.1. Diseño estadístico y análisis de varianza (ANOVA)**

Se utilizó un diseño estadístico completamente aleatorizado. El estudio estadístico se desarrolló a través del análisis de varianza (ANOVA) empleando el paquete estadístico SAS v9.2. Esta técnica es beneficiosa en situaciones que

involucran la comparación de más de dos grupos, mediciones repetidas en varias ocasiones.

- El modelo matemático utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$ : La observación correspondiente a la concentración del metal registrado en el i-esimo punto de muestreo y j-esima repetición.

$\mu$ : Es la media general.

$t_i$ : Es la concentración del metal determinado en el i-esimo punto de muestreo.

$E_{ij}$ : Es el error experimental asociado a la  $Y_{ij}$  observado.

- Hipótesis estadísticas

$$H_0: u_1 = u_2 = \dots = u_9$$

$$H_a: u_1 \neq u_2 \neq \dots \neq u_9$$

### 3.9. Aspectos éticos y regulatorios

#### 3.9.1. Consentimiento y cumplimiento normativo

Se obtuvo el consentimiento y permiso de la entidad a cargo del sistema de potabilizar el agua para consumo humano (Municipalidad Distrital de Daniel Hernández) y de los hogares que consumen el agua, explicándoles el objetivo de la investigación y los procedimientos que se llevaron a cabo sin ningún tipo de riesgo (ver anexo 02).

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Parámetros físicos

La tabla 5 muestra los parámetros físicos in situ en el sistema de captación y sistema de tratamiento de agua, en esta tabla se puede notar que los tres puntos iniciales no exceden los LMP establecidos para agua para consumo humano.

**Tabla 5**

*Parámetros físicos in situ en el sistema de captación y sistema de tratamiento de agua.*

PUNTOS DE MUESTREO	CONDUCTIVIDAD (μS/cm)	TEMPERATURA (°C)	TOTAL, DE SÓLIDOS DISUELTOS (mg/L)	RESISTENCIA (KΩ)	pH
P1	92.9	11.7	66.4	10.99	7.05
P2	97.5	11.3	68	10.73	6.9
P3	91.5	11.7	65.9	10.92	6.46

**Fuente:** Elaboración propia

### 4.2. Metales pesados

En la tabla 6 se presenta los once metales pesados analizados en los 9 puntos de muestreo, en los cuales se observa que los valores medios de Al y Fe superan los LMP, mientras que para Ba y Cu no exceden los LMP, Por otro lado, los valores medios de As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb y Zn presentan concentraciones inferiores a los límites detectables por espectrometría de masa con plasma acoplado inductivamente ICP – MS. Por esta razón los valores para estos metales 7 metales no reflejaron concentraciones que permitieron ser detectadas por el instrumento, por ende, los análisis de varianza se realizaron solo para los 4 metales con mayor abundancia.

**Tabla 6**

*Valores medios de metales pesados en el sistema de captación, sistema de tratamiento de agua, reservorio y sistema de distribución de agua.*

METALES PESADOS (mg/L)	PUNTOS DE MUESTREO									LMP (mg/L)
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	
Aluminio	0.1520	0.206	0.093	0.029	1.209	1.051	1.488	0.891	0.918	0.2
Hierro	0.335	0.395	0.399	0.272	1.939	1.631	2.653	1.388	1.320	0.3
Bario	0.005	0.0044	0.0028	<0.00030	0.012	0.008	0.012	0.006	0.005	0.700
Cobre	<0.0002	<0.0002	0.0023	0.0083	<0.0002	0.003	0.005	0.003	0.005	2
Arsénico	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.01
Cadmio	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.003
Cromo	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	0.05
Mercurio	<0.00010 0	<0.00010 0	<0.00010 0	<0.00010 0	<0.00010 0	<0.00010 0	<0.00010 0	<0.00010 0	<0.00010 0	0.001
Níquel	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0.02
Plomo	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.01
Zinc	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	3

### 4.3. Análisis de varianza (ANOVA)

En la tabla 7 - 10 se muestran los análisis de varianza para las concentraciones de los metales Al, Fe, Ba y Cu, registrados en los diferentes puntos de muestreo.

Para todos estos elementos analizados se detectó diferencias altamente significativas en las concentraciones registradas en los diferentes puntos de muestreo, sugiriendo que al menos dos de los nueve puntos de muestreo presentaron variaciones importantes ( $p \leq 0.01$ ) en la concentración de estos elementos.

En estos resultados destacan los bajos coeficientes de variación observados para el Al y Fe, no así para los elementos Ba y Cu, los cuales registraron coeficientes relativamente altos, con 31,95 y 55,95%, respectivamente, lo cual se pudo deber a los bajos valores encontrados en ambas variables, lo que las hizo muy sensible en las variaciones observadas entre repeticiones. Sin embargo, ambas variables presentaron coeficientes de

determinación bastante apropiados, lo que demuestra que una alta proporción de la varianza observada en ambas variables pudo ser explicada por el método estadístico utilizado.

Para las variables Al y Fe, se observó un ajuste elevado del modelo de la variación observado, explicando el 98 y 97%, respectivamente, de la variación observada la concentración de ambos metales son partes del muestreo.

**Tabla 7**

*Análisis de varianza para el aluminio*

Fuentes de variación	Aluminio (Al)			
	gl	CM	F	Prob
Trat (PM)	8	0.9159	145.89	<0.0001
Error	18	0.0063		
Total	26			

CV: 11.81  
R<sup>2</sup>: 0.98

**Tabla 8**

*Análisis de varianza para el hierro*

Fuentes de variación	Hierro (Fe)			
	gl	CM	F	Prob
Trat (PM)	8	2.1623	101.94	<0.0001
Error	18	0.0212		
Total	26			

CV: 12.687  
R<sup>2</sup>: 0.97

**Tabla 9**

*Análisis de varianza para el bario*

Fuentes de variación	Bario (Ba)			
	gl	CM	F	Prob
Trat (PM)	8	0.000047	12.72	<0.0001
Error	18	0.0000037		

Total	26
CV: 31.95	
R <sup>2</sup> : 0.84	

**Tabla 10**

*Análisis de varianza para el cobre*

Fuentes de variación	Cobre (Cu)			
	gl	CM	F	Prob
Trat (PM)	8	0.000022	145.89	<0,0001
Error	18	0.000002		
Total	26			

CV: 55.9484  
R<sup>2</sup>: 0.77

#### 4.4. Análisis de medias

En la tabla 11 se presenta las concentraciones del análisis de medias para los 4 metales que presentaron variación en los puntos de muestreo (P1 a P9). Donde se observa que el Al y Fe presentan un patrón de variación en los diferentes puntos de muestreo muy similares, el P7 fue el punto que presentó los valores más altos para ambos elementos, le siguieron el P5 y P6, luego le siguen en orden decreciente el P8 y P9, y los 4 primeros puntos presentaron concentraciones muy similares para ambos elementos, estadísticamente iguales.

Por otro lado, Ba y Cu presentan un comportamiento similar, los 3 primeros puntos de muestreo presentan concentraciones más elevados para ambos elementos, luego se observa que esa concentración tiende a disminuir en la medida que nos alejamos al P9, siendo el caso del Cu desde el P4 – P9 no presento diferencia significativa, al igual pasó con Ba del P4 – P8 no hubo diferencia significativa entre ellas, y el punto más bajo lo obtuvo el P9 para Ba.

**Tabla 11**

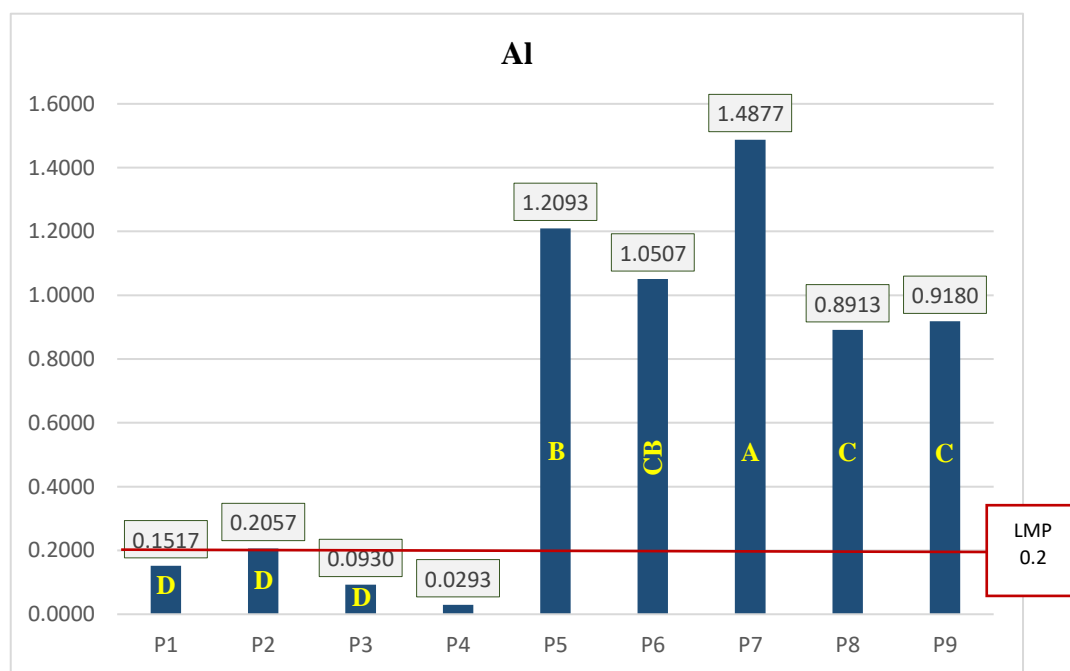
*Análisis de medias para los metales pesados que mostraron variación*

PUNTOS DE MUESTREOS	Al mg/l		Fe mg/l		Ba mg/l		Cu mg/l	
P1	0.1517	D	0.3347	D	0.0124	A	0.0083	A
P2	0.2057	D	0.3953	D	0.0119	A	0.0050	BA
P3	0.0930	D	0.3993	D	0.0076	BA	0.0050	BA
P4	0.0293	D	0.2720	D	0.0058	CB	0.0033	B
P5	1.2093	B	1.9387	B	0.0047	CB	0.0032	B
P6	1.0507	CB	1.6307	CB	0.0046	CB	0.0023	B
P7	1.4877	A	2.6530	A	0.0044	CB	0.0002	B
P8	0.8913	C	1.3880	C	0.0028	CB	0.0002	B
P9	0.9180	C	1.3200	C	0.0003	C	0.0002	B
<b>Media</b>	0.6707		1.1480		0.0061		0.0031	
<b>LSD</b>	0.2267		0.4167		0.0055		0.0049	

En la figura 4 los valores medios para el aluminio oscilan entre 0.1517 a 1.4877 mg/L, donde las concentraciones promedio superan ligeramente los LMP en el sistema de tratamiento (P2) y superan significativamente en el sistema de distribución final – casas (P5, P6, P7, P8 y P9); pudiéndose agrupar en bloques según su concentración promedio (bloques A, B, CB y D).

**Figura 4**

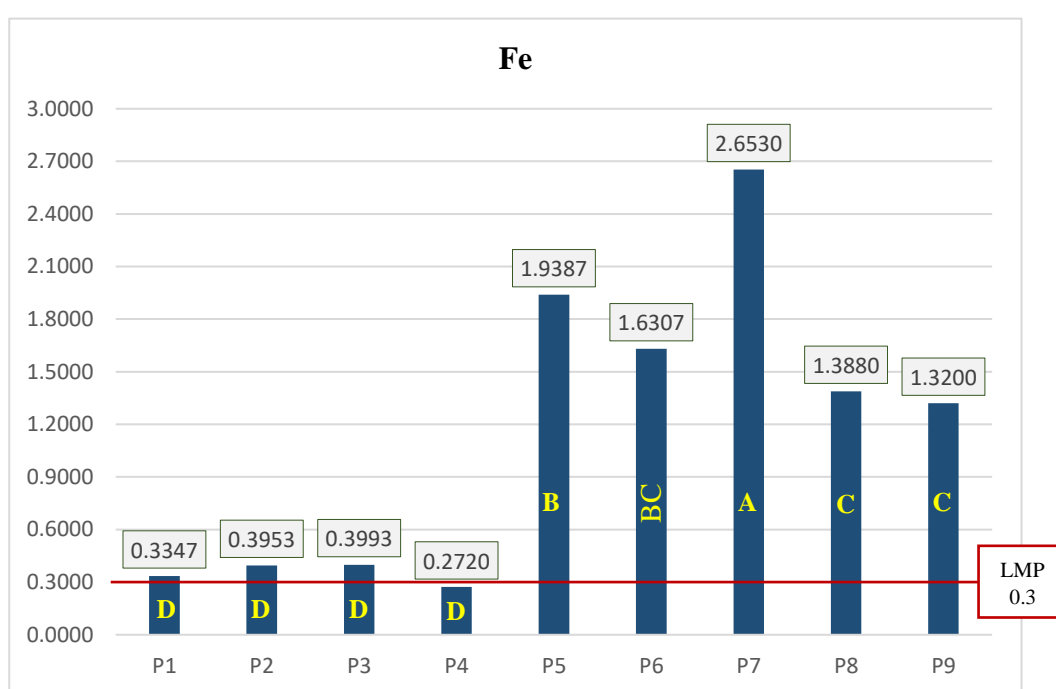
*Valores medios para el aluminio en comparación con los LMP*



En la figura 5 los valores medios para el hierro oscilan entre 0.2720 a 2.6530 mg/L, donde las concentraciones promedio sobrepasan los LMP correspondientes al sistema de captación, en el sistema de tratamiento de agua y reservorio (P1, P2, y P3) con valores cercanos al LMP, mientras que en el sistema de distribución final – casas (P5, P6, P7, P8 y P9) sobrepasan el LMP con valores elevados; pudiéndose agrupar en bloques según su concentración promedio (bloques A, B, CB y D).

**Figura 5**

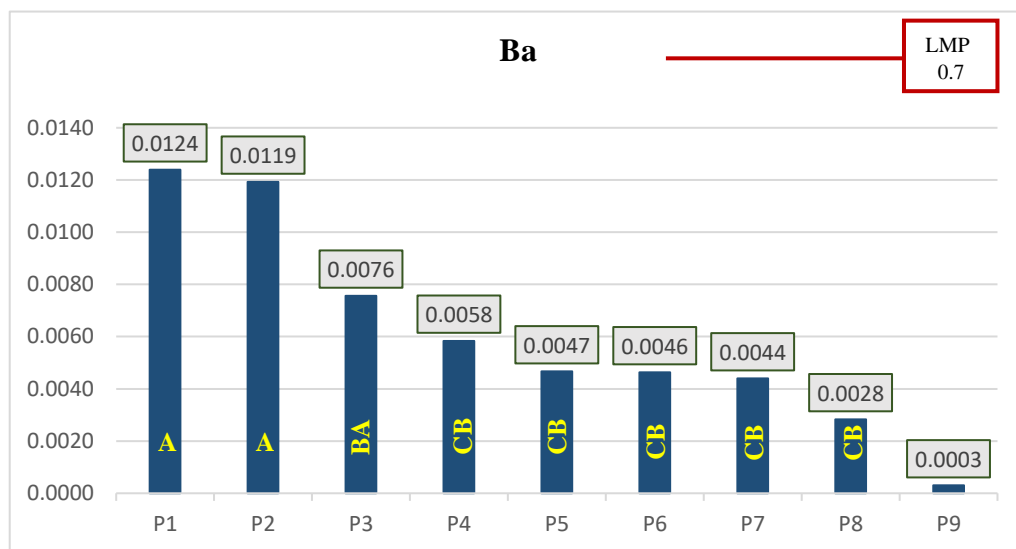
*Valores medios para el hierro en comparación con los LMP*



En la figura 6 los valores medios para el bario (Figura 6) oscilan entre 0.0003 a 0.0124 mg/L, donde las concentraciones promedio no sobrepasan los LMP en todos los puntos de muestreo; pudiéndose agrupar en bloques según su concentración promedio (bloques A, AB y CB).

**Figura 6**

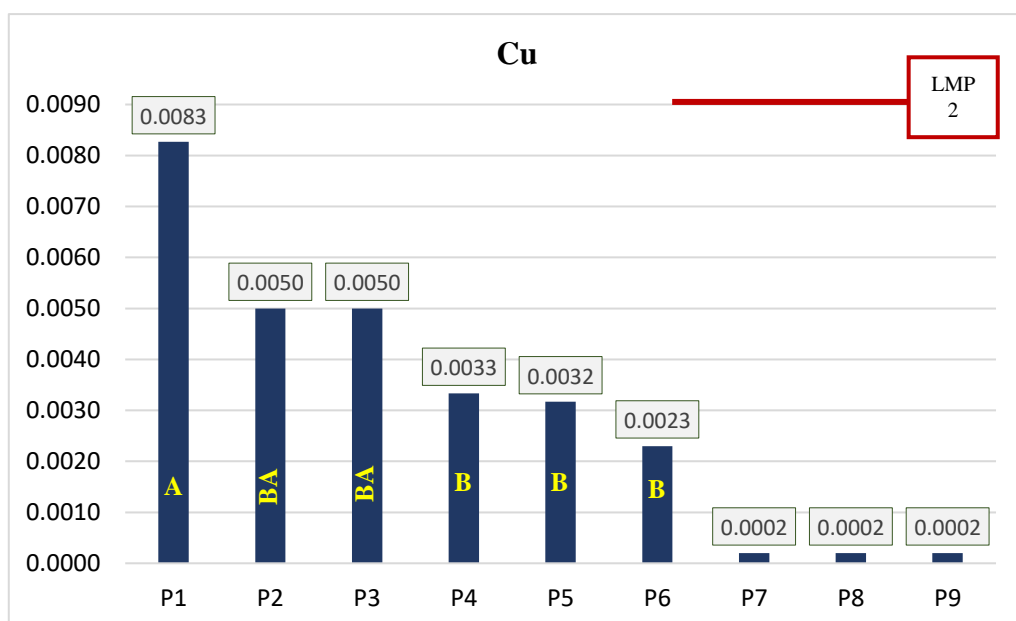
*Valores medios para el bario en comparación con los LMP*



En la figura 7 los valores medios para el cobre (Figura 7) oscilan entre 0.0002 a 0.0083 mg/L, donde las concentraciones promedio no sobrepasan los LMP en todos los puntos de muestreo; pudiéndose agrupar en bloques según su concentración promedio (bloques A, B y BA).

**Figura 7**

*Valores medios para el cobre en comparación con y los LMP*



## V. DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación determinaron que los once metales pesados evaluados para el distrito hernandino, para el aluminio (0.6707 mg/l) y hierro (1.1479 mg/l) sobrepasaron los LMP, similar a lo presentado por Ferro et al., (2022), pero para bario (0.006 mg/l) y cobre (0.0304 mg/l) los valores estuvieron por debajo de los LMP de acuerdo al D.S. 031-2010-SA. Por otro lado, los demás metales quedaron por debajo del límite de detección por espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente ICP-MS: arsénico (< 0.0010 mg/l), cadmio (<0.0002 mg/l), cromo (<0.0003 mg/l), mercurio (<0.000100 mg/l), níquel (<0.0004 mg/l), plomo (<0.0010 mg/l) y zinc (<0.0002 mg/l).

Según la Figura 4, se detallan los valores de concentración de aluminio en agua para consumo humano, observándose valores cercanos a los LMP en el sistema de captación, tratamiento de agua y reservorio. Sin embargo, a medida que el agua se distribuye, se nota un incremento en su concentración (en mg/l), en el P5 (1.2093), P6 (1.05087), P7 (1.4877), P8 (0.8913) y P9 (0.9180), lo cual supera los LMP, similar a lo reportado por Ferro et al., (2022), donde la concentración de aluminio fue de 3.08 mg/l, sobrepasando los LMP. Químicamente, el aluminio en el agua puede presentarse naturalmente tanto en formas solubles o en sistemas coloidales, que tienden a asociarse con materia orgánica e inorgánica y a acumularse en los sedimentos (Espitia, 2014). Por ende, al no realizarse una adecuada limpieza de las áreas de captación, tratamiento y reservorio, el movimiento turbulento del agua genera la resuspensión de estos sedimentos, contribuyendo a la dispersión del aluminio a través del sistema de distribución hasta llegar al consumidor final (casas). Es importante resaltar que el aluminio, especialmente en forma de hidróxidos coloidales, puede contribuir significativamente a la turbidez del agua, perjudicando su calidad y potabilidad (Collantes, 2016).

Según la Figura 5, se detallan los valores de concentración de hierro en agua para consumo humano, observándose un comportamiento similar al del aluminio. Los valores ligeramente elevados a los LMP se evidencian en la captación, tratamiento y reservorio, pero las concentraciones más altas (en mg/l) se presentan en el sistema de distribución siendo estos el P5 (1.9387), P6 (1.6307), P7 (2.6530), P8 (1.3880) y P9

(1.3200), todos superando los LMP. Ferro et al. (2023) también presentó una similar concentración de hierro de 0.49 mg/l, sobrepasando los LMP. Químicamente, el hierro se encuentra naturalmente en la corteza terrestre, y durante periodos de lluvia, los ríos actúan como medios de transporte de este metal, que se acumula en los sedimentos a lo largo de todo su recorrido (Márquez et al., 2008). Lo que indica que existe una acumulación de sedimentos de este metal dentro del reservorio lo cuales se asocian con sustancias orgánicas y de decantas en el reservorio, donde al momento del llenado del agua genera turbulencia y hace que salen a flote estos sedimentos y se acarrean al sistema de distribución del consumidor final (casas). Además, el hierro puede existir en el agua en formas solubles, como  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$ , las cuales se pueden oxidar fácilmente en presencia de oxígeno, precipitando como óxidos e hidróxidos de hierro, que también contribuyen a la turbidez y a la coloración del agua.

Por otra parte, en las Figuras 6 y 7, se detallan los valores de concentración de bario y cobre, presentando ambos un comportamiento similar en todos los puntos evaluados. Tanto el bario como el cobre no superan los LMP, pero se observa una tendencia de mayores concentraciones en los cuatro primeros puntos de muestreo. Esto puede atribuirse a la existencia natural de estos metales en los ríos, debido a la erosión hídrica de minerales en las rocas circundantes. Químicamente, el comportamiento del cobre y el bario en el río y su disminución a medida que avanzan hacia el reservorio y la distribución están influenciados por la interacción iónica con arcillas y sedimentos. Las arcillas, debido a su alta capacidad de intercambio catiónico y su estructura laminar con cargas negativas, tienden a adsorber metales como el cobre y el bario, reduciendo sus concentraciones en el agua libre. El  $\text{Ba}^{2+}$  puede estar presente en el agua en forma de iones disueltos, pero si hay sulfatos en el agua, estos pueden reaccionar con el bario formando sulfato de bario, un compuesto que es altamente insoluble en agua (OMS, 2011). Por su parte, el cobre puede formar enlaces con grupos funcionales presentes en las arcillas y en la materia orgánica asociada a los sedimentos, como carboxilos y fenoles. Aunque en este caso, las concentraciones observadas de Cu no superan los LMP, similar a lo reportado por (Collantes, 2016). Por otro lado, el valor medio para el cobre es similar a lo reportado por Vicuña (2019), con una concentración media de 0.02 mg/l, dentro de los límites permitidos, pero sigue siendo importante su monitoreo por el potencial tóxico de este metal en concentraciones elevadas.

## VI. CONCLUSIONES

- Se determinó que los valores de aluminio, con un valor medio de 0.6707 mg/l (oscilando entre 0.1517 mg/l y 1.4877 mg/l), y los de hierro, con un valor medio de 1.1480 mg/l (oscilando entre 0.2720 mg/l y 2.6530 mg/l), sobrepasan los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la normativa peruana para la distribución de agua.

- Se determinó que los valores de bario, con un valor medio de 0.0061 mg/l (variando entre 0.003 mg/l y 0.0124 mg/l), y de cobre, con un valor medio de 0.0049 mg/l (oscilando entre 0.0002 mg/l y 0.0083 mg/l), son inferiores a los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la normativa peruana para el tratamiento y distribución de agua.

- Los valores medios para arsénico, cadmio, cinc, cromo, mercurio, níquel y plomo se mostraron por debajo del límite de detección del equipo analizador, por ende, estos elementos metálicos están ausentes en el agua y su consumo no es un riesgo para la salud.

- El hierro fue el metal que presentó mayor concentración en el P-7 con un valor de 2.6530 mg/L, en agua para ser potabilizada y agua potable del distrito de Daniel Hernández, provincia de Tayacaja, región Huancavelica.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda evaluar estos metales pesados en los sedimentos de ríos que se destinan para la potabilización.

- Se recomienda muestrear durante la temporada de lluvias, para determinar si el aumento del caudal en los manantiales que suministran agua a las plantas potabilizadoras provoca el arrastre de estos metales pesados.

- Se recomienda a las autoridades de las municipalidades, a través de la Gerencia de Medio Ambiente, implementar programas de monitoreo comunitario en los ríos destinados para la potabilización de agua para consumo humano. Estos programas deben involucrar a la comunidad local para asegurar una vigilancia continua y promover la transparencia en la gestión del recurso hídrico.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Addisie, M. B. (2022). Evaluating Drinking Water Quality Using Water Quality Parameters and Esthetic Attributes. *Air, Soil and Water Research*, 15. 1-8  
<https://doi.org/10.1177/11786221221075005>
- Aguilar, O., & Navarro, B. (2018). Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay-2017. [Tesis de grado para optar título de Ingeniero Ambiental, Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay, Perú]. Repositorio Institucional de la UTEA: <https://repositorio.utea.edu.pe/items/3dc88ee4-6838-422f-b89a-f68f43c28122>
- Anya, C. B., & Odo, G. E. (2023). Heavy Metal Concentration and Pollution Status of Cross River in Afikpo Catchment Area, Ebonyi State, Nigeria. *Chemistry Africa*. 6(4). 2187-2197. <https://doi.org/10.1007/s42250-023-00648-w>
- Ariza, B. A., & Sampayo, C. L. (2017). Determinación de la contaminación por metales pesados en el embalse de Guájaro, departamento del Atlántico. [Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental, Programa de Ingeniería Ambiental. Universidad de la Costa CUC, Barranquilla, Colombia]. Repositorio Institucional de la CUC: <https://repositorio.cuc.edu.co/entities/publication/189d1905-b009-417c-a014-c8edf21f84d8>
- Barrenechea, A. (2004). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. Tratamiento de Agua Para Consumo Humano. Plantas de Filtración Rápida. Manual I: Teoría., 1. 55 p. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
- Cabral, J. P. S. (2010). Water microbiology. Bacterial pathogens and water. In *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 7(10). 3657-3703  
<https://doi.org/10.3390/ijerph7103657>
- Collantes, A. C. (2016). Determinación de metales pesados en el agua del manantial la Quintilla y línea de conducción del sistema de agua potable del distrito de Sucre – Celendín. [Tesis de grado para optar título de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú]. Repositorio: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1753>
- Espitia, N. (2014). Determinación de metales pesados en sedimentos superficiales en cuerpos de agua del canal del dique en las poblaciones de Gambote y Soplaviento (Bolívar).

Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas, 17(34). 91-100

Ferro, P., Farfan-Solis, R., Blanco-Shocosh, D., Ferró-Gonzáles, A. L., & Ferro-Gonzales, P. F. (2023). Determination of inorganic chemical parameters in drinking water in districts of the province of Puno in the region Puno-Peru. *Heliyon*, 9(5). 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15624>

Ferro, P., Rossel-Bernedo, L. J., Ferró-Gonzáles, A. L., & Vaz-Moreira, I. (2022). Quality Control of Drinking Water in the City of Ilave, Region of Puno, Peru. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17). 1-9. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710779>

Huaman, J. P. (Julio de 2022). Contaminación por metales pesados en la microcuenca urbana del río Ichu en la ciudad de Huancavelica, 2022. [Tesis de grado para optar título como Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú]. Repositorio: <https://repositorio.unh.edu.pe/items/a0715a1a-60dd-4432-a063-c2dac08f6d65>

Humpiri, I. (2017). Concentración de los metales pesados y propuestas de recuperación en la sub-cuenca del río crucero. [Trabajo de tesis de Maestría, Universidad Nacional del Antiplano, Puno, Perú]. Repositorio Institucional de la UNAP: <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/8124>

Incahuanaco, J., Montalván, R., & Dávila, Y. (2021). Contaminación por metales pesados (As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, y Pb) en sedimentos superficiales del estuario Boca del Río, Ilo, Moquegua, Perú 2021. *Sincretismo*, 1(1). 10-13.

Javaid, M., Qasim, H., Zia, H. Z., Bashir, M. A., Syeda Amber Hameed, A. Q., Samiullah, K., Hashem, M., Morsy, K., Dajem, S. Bin, Muhammad, T., Shaheen, M., Ali, M. Y., Saeed, M., Alasmari, A., & Alshehri, M. A. (2022). Bacteriological composition of groundwater and its role in human health. *Journal of King Saud University - Science*, 34(6). <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102128>

Kılıç, Z. (2020). The importance of water and conscious use of water. *International Journal of Hydrology*, 4(5). 239-249. <https://doi.org/10.15406/ijh.2020.04.00250>. Disponible en: <https://medcraveonline.com/IJH/the-importance-of-water-and-conscious-use-of-water.html>

- Márquez, A., Senior, W., Martínez, G., Castañeda, J., & González, Á. (2008). Concentraciones de metales en sedimentos y tejidos musculares de algunos peces de la Laguna de Castellero, Venezuela. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Veterinarias de La Universidad Del Zulia*, 18(2). 121-133
- MINAM, OEFA, & SENAMHI. (2021). Límite Máximo Permisible (LMP). Bicentenario Perú, 01. Disponible en: <https://infoaireperu.minam.gob.pe/limite-maximo-permisible-lmp/>
- Ministerio de Salud (MINSA). (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D. S. N ° 031-2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental - Ministerio de Salud, Lima, Perú. 23 p. Disponible en: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento\\_Calidad\\_Agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf)
- Ministerio de Salud (MINSA). (2015). Protocolo de procedimientos para la toma de muestra, preservacion, conservacion, transporte, almacenamiento y recepcion de agua para consumo humano, Lima, Perú. 23 p. Disponible en: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/normaslegales/normas/rd\\_160\\_2015\\_digesa.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/normaslegales/normas/rd_160_2015_digesa.pdf)
- Myers, R. A., Gyimah, E., Gbemadu, K., Osei, B., & Akoto, O. (2023). Appraising groundwater quality and the associated health risks of heavy metal contamination at Suame magazine. *Scientific African*, 21. 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01794>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227623002508>.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda. Organización Mundial de La Salud, Ginebra. 4. 606 p. Disponible en: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf>.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda [Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating first addendum]. Organización Mundial de la Salud. 631 p. Disponible en: <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>
- Orozco, C., Pérez, A., Gónzales, M., Rodríguez, F., & Alfayate, J. (2011). Contaminación Ambiental: Una visión desde la química. In Thomson Editores Spain. Ediciones Paraninfo, SA.

- Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., & Gallo, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27). 8-18. <https://doi.org/10.31908/19098367.1734>
- Proposito, P., Burratti, L., & Venditti, I. (2020). Silver nanoparticles as colorimetric sensors for water pollutants. *Chemosensors* 8(2). 1-29. <https://doi.org/10.3390/CHEMOSENSORS8020026>. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2227-9040/8/2/26>.
- Reyes, Y. C., Vergara, I., Torres, O. E., Díaz, M., & González, E. E. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 16(2). 66-67. <https://doi.org/10.19053/1900771x.v16.n2.2016.5447>
- Shehu, A., Vasjari, M., Duka, S., Vallja, L., Broli, N., & Cenolli, S. (2022). Assessment of health risk induced by heavy metal contents in drinking water. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, 12(11). 816-827. <https://doi.org/10.2166/washdev.2022.126>
- Sinchi, C. F. (2020). Modelo dinamico para la determinacion de estrategias en el manejo sostenible del agua en el distrito de Daniel Hernandez de la region de Huancavelica. [Trabajo de grado para optar al grado de Doctor en Sistemas de Ingeniería, Escuela de Posgrado, Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio: <https://repositorio.unh.edu.pe/home>
- Vicuña, F. (2019). Evaluación de la calidad del agua potable del sistema de abastecimiento y el grado de satisfacción en la población de Olleros-Huaraz, periodo 2015-2016. [Trabajo de tesis de Maestría, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2900>

## **IX. ANEXOS**

### Anexo 01: Matriz de Consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p align="center"><b>Problema General</b></p> <p>¿Cuál es la concentración de los metales pesados en agua para consumo humano en la comunidad de Atoc, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica, 2023?</p> <p align="center"><b>Problema Específico</b></p> <p>¿Los límites máximos permisibles de acuerdo al D.S. N° 0331-2010-SA son superados por la concentración de los metales pesados en agua para consumo humano en la comunidad de Atoc, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica; 2023?</p> <p>¿Cuál es el elemento pesado con mayor concentración de los metales pesados en agua para consumo humano en la comunidad de Atoc, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica, 2023?</p>	<p align="center"><b>Objetivo General</b></p> <p>Estimar la concentración de los metales pesados en agua para consumo humano en la comunidad de Atoc, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica, 2023.</p> <p align="center"><b>Objetivo Específico</b></p> <p>Cotejar los valores medios de los metales pesados en agua para consumo humano en la comunidad de Atoc, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica, 2023, con los valores establecidos en la normativa del D.S. N° 031-2010-SA.</p> <p>Precisar que metal pesado se halla en mayor concentración en el agua para consumo humano en la comunidad de Atoc, Daniel Hernández, Tayacaja, 2023.</p>	<p align="center"><b>Hipótesis General</b></p> <p>Existe valores elevados de los metales pesados en el sistema de captación, en el sistema de tratamiento de agua, reservorio y sistema de distribución de agua en la comunidad de Atoc, del distrito de Daniel Hernández, Tayacaja – Huancavelica, 2023.</p> <p align="center"><b>Hipótesis Específico</b></p> <p>Las concentraciones medias de los metales pesados en el sistema de captación, en el sistema de tratamiento de agua, reservorio y sistema de distribución de agua para consumo humano en la comunidad de Atoc, Daniel Hernández, Tayacaja, 2023, superan los valores establecidos en los LMP.</p> <p>Los elementos pesados que presentan mayor concentración en el sistema de captación, en el sistema de tratamiento de agua, reservorio y sistema de distribución de agua para consumo humano son plomo, mercurio y cadmio, en la comunidad de Atoc, Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica, 2023.</p>	<p><b>Variable 1:</b> Concentración de metales pesados</p> <p><b>Dimensiones:</b> 1. Parámetros químicos inorgánicos</p>	<p><b>Tipo:</b> Básico <b>Nivel:</b> Descriptivo <b>Enfoque:</b> Cuantitativo <b>Diseño:</b> No experimental - Transversal</p> <p><b>Población y muestra</b> <b>a) Población.</b> Definida por el agua en el sistema de captación del río, sistema de tratamiento de agua, reservorio y el sistema de distribución hacia el consumidor final – casas de la zona urbana del distrito de Daniel Hernández, Tayacaja, Huancavelica.</p> <p><b>b) Muestra</b> Se realizó de acuerdo al criterio de la Investigación teniendo diversos factores, tomándose 9 puntos de muestreo.</p> <p><b>b) Muestreo</b> No probabilístico por conveniencia</p> <p><b>Técnicas e instrumentos</b> <b>a) Técnicas</b> Es la observación, donde a través de esta técnica, se identificarán los puntos de monitoreo necesarios, y para cada punto de muestreo se utilizará el método de muestreo puntual.</p> <p><b>b) Instrumentos</b> El manual protocolar de procedimientos o pasos para el muestreo de agua potable, establecido por Resolución Directoral 160-2015-DIGESA.</p> <p><b>Técnica de procesamiento de datos</b> Se llevará a cabo a través del Análisis de Varianza (ANOVA), usando el paquete estadístico SAS v9.2.</p>

## Anexo 02: Consentimiento y cumplimiento normativo

# UNAT

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo  
Ley de Creación N° 29716

Deconio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"  
"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"



**SOLICITO: AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR LA RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE AGUA EN EL RESERVORIO PRINCIPAL DE ATOCC.**

### SEÑOR:

Miguel Ángel Chamorro López

ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE DANIEL HERNÁNDEZ – TAYACAJA - HUANCVELICA S.A.

Yo, **DEYSI VANESA PIZARRO CHAMORRO**, identificado con **DNI N° 71387076** con domicilio en la Av. Arequipa S/N - Pampas – Tayacaja, estudiante del x ciclo de la escuela profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja "Daniel Hernández Morillo" 'con numero de celular, 901458049 y correo institucional 71387076@unat.edu.pe, Ante Ud. respetuosamente me presento y expongo:

Que, en mi condición de estudiante del X ciclo de la escuela profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, teniendo la necesidad y obligación de realizar un proyecto de investigación (**TESIS**) para obtener el título profesional, solicito la autorización para recolectar muestras de agua de las instalaciones del reservorio, puesto que mi investigación está basado en la **EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA PARA SER POTABILIZADA EN LA COMUNIDAD DE ATOCC, DANIEL HERNÁNDEZ, TAYACAJA, HUANCVELICA, 2023**, por tanto suplico a Ud. se sirva a disponer a quien corresponda, para que previo los trámites pertinentes se me otorgué el permiso correspondiente para realizar la recolección de muestras de agua el día **martes 28 del presente mes**, para lo cual me comprometo a cumplir con seriedad, responsabilidad y honestidad las consideraciones que se me otorga.

### POR LO EXPUESTO:

Suplico a Ud. Sr alcalde, acceda a lo solicitado y agradeciendo de antemano la atención prestada a la presente quedo a sus órdenes.

Daniel Hernández, 23 de noviembre del 2023.



REGISTRO N° .....  
FOLIO: 01 P. HONA. 10:19 P. PIZARRO CHAMORRO DEYSI VANESA  
SEC. GENERAL

DNI: 71387076

*Figura 8: Inicio de actividades en campo*



*Figura 9: Recolección de muestra en el P-1 en la captación (rio)*



*Figura 10: Recolección de muestra en los pozos de tratamiento*



*Figura 11: Recolección de muestra en el reservorio*



**Figura 12:** Recolección de muestra en el sistema de red de distribución del consumidor final (casas)



**Figura 13:** Recolección de muestra en el sistema de red de distribución del consumidor final (casas)



### Anexo 04: Cadena de custodia

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA																					
Orden de servicio: <b>6318</b>		Plan de monitoreo:																					
Bazon social: Universidad Nacional Autónoma de Tarma "Daniel Hernández Morillo"		Informes de ensayo: <b>TE-23-27809</b> // <b>CC-23-71680</b>																					
Persona de contacto: Ronald Ortacho Llanos		Procedencia o lugar de muestreo: Daniel Hernández - Tarma - Huancavelica																					
Nombre del proyecto: Análisis de Agua		Preservar																					
		HINCH																					
Muestra		Muestreo		Muestreo		Muestreo		Muestreo		Muestreo													
Nº	Código	Fecha y hora	Localidad	Altura	Temperatura	pH	Conductividad	Turbidez	Color	Residual	Observaciones												
1	AS-01	28/11/2023 H: 11:38	POYANCO RIO		N: -74.844813 E: -12.398108	1	✓			11.7	7.05												
2	AS-01	28/11/2023 H: 11:39	POYANCO RIO		N: -74.844813 E: -12.398108	1	✓			11.7	7.05												
3	AS-01	28/11/2023 H: 11:40	POYANCO RIO		N: -74.844813 E: -12.398108	1	✓			11.7	7.05												
4	AS-02	28/11/2023 H: 12:04	POYANCO RIO		N: -74.845672 E: -12.398075	1	✓			11.3	6.90	Precipitación durante el recojo de las muestras											
5	AS-02	28/11/2023 H: 12:05	POYANCO RIO		N: -74.845672 E: -12.398075	1	✓			11.3	6.90	Precipitación durante el recojo de las muestras											
6	AS-02	28/11/2023 H: 12:06	POYANCO RIO		N: -74.845672 E: -12.398075	1	✓			11.7	6.90	Precipitación durante el recojo de las muestras											
7	AS-03	28/11/2023 H: 12:20	POYANCO RIO		N: -74.845673 E: -12.398076	1	✓			11.7	6.46	Precipitación durante el recojo de las muestras											
8	AS-03	28/11/2023 H: 12:21	POYANCO RIO		N: -74.845673 E: -12.398076	1	✓			11.7	6.46	Precipitación durante el recojo de las muestras											
Equipos utilizados		Lugares		Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.942																			
Item	Código interno del equipo	Nombre del equipo		P. Fecha: 28/11/2023 V. Vial: 1 T. Agua: Temperatura de muestra H. Hora: 11:38 P. Puntos: 1 T. Ambiente: Temperatura ambiente																			
1				Muestreado por: Vanessa Pizarro		<table border="1"> <thead> <tr> <th>GRUPO</th> <th>SUB-GRUPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AG: Agua Natural</td> <td>SUBTERRANEA (Madras - Tapan)</td> </tr> <tr> <td>AR: Agua Residual</td> <td>DOMESTICA - RESIDUAL - MUNICIPAL</td> </tr> <tr> <td>AD: Agua para Uso y Consumo Humano</td> <td>POCO Y LAGUNA ARTIFICIAL RESERVA (Pozo, Hoyo, Escudo)</td> </tr> <tr> <td>AS: Agua Salada</td> <td>MAR - SALOBRES - SALINOSAS AGUA MINERAL Y REFINACION</td> </tr> <tr> <td>AP: Agua de Proceso</td> <td>CONDICIONADO (TRATAMIENTO) - AGUA DE CALDERAS A. REFINACION DE CALDERAS - AGUA DE LUBRICACION AGUA PURIFICADA - AGUA DE INYECCION Y REINYECCION</td> </tr> </tbody> </table>						GRUPO	SUB-GRUPO	AG: Agua Natural	SUBTERRANEA (Madras - Tapan)	AR: Agua Residual	DOMESTICA - RESIDUAL - MUNICIPAL	AD: Agua para Uso y Consumo Humano	POCO Y LAGUNA ARTIFICIAL RESERVA (Pozo, Hoyo, Escudo)	AS: Agua Salada	MAR - SALOBRES - SALINOSAS AGUA MINERAL Y REFINACION	AP: Agua de Proceso	CONDICIONADO (TRATAMIENTO) - AGUA DE CALDERAS A. REFINACION DE CALDERAS - AGUA DE LUBRICACION AGUA PURIFICADA - AGUA DE INYECCION Y REINYECCION
GRUPO	SUB-GRUPO																						
AG: Agua Natural	SUBTERRANEA (Madras - Tapan)																						
AR: Agua Residual	DOMESTICA - RESIDUAL - MUNICIPAL																						
AD: Agua para Uso y Consumo Humano	POCO Y LAGUNA ARTIFICIAL RESERVA (Pozo, Hoyo, Escudo)																						
AS: Agua Salada	MAR - SALOBRES - SALINOSAS AGUA MINERAL Y REFINACION																						
AP: Agua de Proceso	CONDICIONADO (TRATAMIENTO) - AGUA DE CALDERAS A. REFINACION DE CALDERAS - AGUA DE LUBRICACION AGUA PURIFICADA - AGUA DE INYECCION Y REINYECCION																						
2				Cliente: Ronald Ortacho		Muestreado por: <input type="checkbox"/> ALAB <input checked="" type="checkbox"/> Cliente																	
3				Fecha: 28/11/2023 - 28/11/2023																			
4				Firma:																			

Figura 14: Muestreo de agua de rio

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA									
Razon social: Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja "Daniel Hernández Morillo"		Orden de servicios: 6318									
Persona de contacto: Ronald Ortecho Ulanos		Plus de monitoreo:									
Nombre del proyecto: Analisis de Agua		Informes de ensayo: IE-23-27306 1cc-23-71678									
		Procedencia o lugar de muestreo: Daniel Hernández - Tayacaja - Huancavelica									
		Preservante: HNO3									
Muestreo de Agua de Río		Muestreo de Agua Potable		Muestreo de Agua de Red		Muestreo de Agua de Red		Muestreo de Agua de Red		Muestreo de Agua de Red	
Nº	Código interno	Código externo	Fecha y hora	Ubicación	Estado	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (µS/cm)	Turbidez (NTU)	Color (PCU)	Observaciones
1	AS-03	92120	F: 28/11/2023 H: 12:22	rio	NO	N: -74.845673 E: -12.308075	1	✓	11.7	0.46	Precipitación durante el recojo de las muestras
2	AS-04	92121	F: 28/11/2023 H: 12:45	rio	NO	N: -74.855648 E: -12.389827	1	✓	11.2	0.97	
3	AS-04	92122	F: 28/11/2023 H: 12:47	rio	NO	N: -74.855648 E: -12.389827	1	✓	11.2	0.97	
4	AS-04	92123	F: 28/11/2023 H: 12:48	rio	NO	N: -74.855648 E: -12.389827	1	✓	11.2	0.97	
5	AP-05	92124	F: 28/11/2023 H: 06:24	POTABLE		N: 862972 E: 514831	1	✓			
6	AP-05	92125	F: 28/11/2023 H: 06:30	POTABLE		N: 862972 E: 514831	1	✓			
7	AP-05	92126	F: 28/11/2023 H: 06:31	POTABLE		N: 862972 E: 514831	1	✓			
8	AP-06	92127	F: 28/11/2023 H: 06:40	POTABLE		N: 862961 E: 514804	1	✓			
Muestreo de Agua de Red		Temperatura		Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042							
Item	Código interno del equipo	Nombre del equipo		T° Fiebre	T° Ambiente						
1				T° Muestra	T° Ambiente						
2				Muestreado por:	Clasificación:						
3				Nombre: Vanessa Pilano	Ronald Ortecho						
4				Fecha: 28/11/2023 - 28/11/2023	28/11/2023 - 29/11/2023						
Firma:				Recepción de muestras: 30 NOV 2023 19:00							
				ALAB CALLAO							
				Muestreado por: <input type="checkbox"/> ALAB <input checked="" type="checkbox"/> Cliente							

Figura 15: Muestreo de agua de rio y potable



ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA									
Razon social: Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja "Daniel Hernández Morillo"										Orden de servicio: 6318	
Persona de contacto: Ronald Ortacho Llanos										Plan de monitoreo:	
Nombre del proyecto: Analisis de Agua										Informe de ensayo: 1E-23-27756 // CC-23-71625	
										Procedencia o lugar de muestreo: Daniel Hernández - Tayacaja - Huancavelica	
										Preservante	
										HINOS	
Código de muestra		Fecha de muestreo		Tipo de muestra		Muestra		Volumen		Observaciones	
1	AP-09	92021	F: 29/11/2023 H: 07:10	AH	POTABLE	N: 863017 E: 515482	1	✓			
2	AP-09	92022	F: 29/11/2023 H: 07:11	AH	POTABLE	N: 863017 E: 515482	1	✓			
3	AP-09	92023	F: 29/11/2023 H: 07:12	AH	POTABLE	N: 863017 E: 515482	1	✓			
4											
5											
6											
7											
8											
Equipos de laboratorio		Muestreador		Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTI							
Item	Código interno del equipo	Nombre del equipo	Material	Uso	Temperatura de muestra						
1											
2											
3											
4											
Muestreador por:		Cliente:		Recepción de muestras:							
Nombre: Yanessa Pizarro		Nombre: Ronald Ortacho		3-0 NOV 2023							
Fecha: 28/11/2023 - 29/11/2023		Fecha: 28/11/2023 - 29/11/2023		18:00							
Firma:		Firma:		ALAB							
				CALLAO							
				Muestreado por: ALAB							

Figura 17: Muestreo de agua potable

## Anexo 05: Informe de ensayo



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



### INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-27809

N° Id.: 0000095974

#### I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE TAYACAJA DANIEL HERNANDEZ MORILLO
2.-DIRECCIÓN	: JR. BOLOGNESI NRO. 418 (A 2 CDRAS Y MEDIA DE LA PLAZA PRINCIPAL) HUANCAMELICA - TAYACAJA - PAMPAS
3.-PROYECTO	: ANALISIS DE AGUA
4.-PROCEDENCIA	: DANIEL HERNANDEZ - TAYACAJA - HUANCAMELICA
5.-SOLICITANTE	: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE TAYACAJA DANIEL HERNANDEZ MORILLO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 000006318-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2023-12-12

#### II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua Natural
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 8
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2023-11-30
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2023-11-30 al 2023-12-12

Liz Y. Quispe Quispe  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

SEDE PRINCIPAL  
Av. Guardia Chabaca N° 1877,  
Belavista - Callao  
Tel.: (+01) 717 5902  
Cel.: 977 515 128

SEDE ZARUMILLA  
Prolongación Zarumilla Mo. D2  
Ll. S. Bellavista - Callao  
Tel.: (+01) 713 0030  
Cel.: 997 111 979

SEDE AREQUIPA  
COOP SIDORUR Mo. I.L.L. &  
Arequipa  
Tel.: (+054) 918 843  
Cel.: 952 361 941

SEDE PIURA  
Urb. Miraflores Mo. G.L.L. 17,  
Covilla - Piura  
Tel.: (+073) 542 335  
Cel.: 952 617 762

SEDE TUMBALLO  
Urb. Sol de Tumbillo Mo. A.L.L. 28,  
Año Salaverry - Tumbillo  
Tel.: (+01) 713 0030  
Cel.: 991 708 828

Pág. 1 de 4

www.alab.com.pe

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-27809**

N° Id.: 000009

**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales ICP-MS <sup>1)</sup>	Method 200.8, Revision 5.4 1994. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance: Bi, B, Ca, Ce, Cs, Fe, Ga, Ge, Hf, K, La, Li, Lu, Mg, Na, Nb, P, Rb, Si, Sn, Sr, Ta, Te, Ti, W, Yb, Zr). 2021.	Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.

<sup>1)</sup> Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-27809**

N° Id.: 000005974

**IV. RESULTADOS**

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-92130	M-23-92131	M-23-92132	M-23-92133			
CÓDIGO DEL CLIENTE	AS-01	AS-01	AS-01	AS-02			
COORDENADAS	E.-12.398168	E.-12.398168	E.-12.398168	E.-12.398075			
UTM WGS 84	N.-74.844815	N.-74.844815	N.-74.844815	N.-74.845672			
PRODUCTO	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO	Agua Superficial de Río	Agua Superficial de Río	Agua Superficial de Río	Agua Superficial de Río			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO :	28-11-2023 11:38	28-11-2023 11:39	28-11-2023 11:40	28-11-2023 12:04			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
<b>Metales Totales ICP-MS</b>							
Aluminio (*)	mg/L	0,001	0,003	0,100	0,136	0,219	0,188
Arsénico (*)	mg/L	0,0002	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Bario (*)	mg/L	0,00008	0,00030	0,00400	0,00470	0,00520	0,00510
Cadmio (*)	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cobre (*)	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cromo (*)	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Hierro (*)	mg/L	0,001	0,002	0,300	0,316	0,388	0,390
Mercurio (*)	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100
Níquel (*)	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Plomo (*)	mg/L	0,0008	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Zinc (*)	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002

Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, \*<= Menor que el L.C.M.  
L.D.M.: Límite de detección del método, \*<= Menor que el L.D.M.

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-2780**

N° id.: 0000

ITEM	5	6	7	8			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-92134	M-23-92135	M-23-92136	M-23-92137			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	AS-02	AS-02	AS-03	AS-03			
COORDENADAS:	E.-12.398075	E.-12.398075	E.-12.398076	E.-12.398076			
UTM WGS 84:	N.-74.845672	N.-74.845672	N.-74.845673	N.-74.845673			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Agua Superficial de Río	Agua Superficial de Río	Agua Superficial de Río	Agua Superficial de Río			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO :	28-11-2023 12:05	28-11-2023 12:06	28-11-2023 12:20	28-11-2023 12:21			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
<b>Metales Totales ICP-MS</b>							
Aluminio (*)	mg/L	0,001	0,003	0,244	0,185	0,104	0,127
Arsénico (*)	mg/L	0,0002	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Bario (*)	mg/L	0,00008	0,00030	0,00550	0,00260	0,00380	0,00440
Cadmio (*)	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cobre (*)	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cromo (*)	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Hierro (*)	mg/L	0,001	0,002	0,416	0,380	0,365	0,392
Mercurio (*)	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100
Níquel (*)	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Plomo (*)	mg/L	0,0008	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Zinc (*)	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002

(\*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.  
L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

**V. OBSERVACIONES**

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

**"FIN DE DOCUMENTO"**

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-27806

N° Id.: 0000095971

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-92120	M-23-92121	M-23-92122	M-23-92123			
CÓDIGO DEL CLIENTE	AS-03	AS-04	AS-04	AS-04			
COORDENADAS:	E-12.389876	E-12.389827	E-12.389827	E-12.389827			
UTM WGS 84:	N-74.845673	N-74.855648	N-74.855648	N-74.855648			
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUB PRODUCTO:	Agua Superficial de Río	Agua Superficial de Río	Agua Superficial de Río	Agua Superficial de Río			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO :	28-11-2023 12:20	28-11-2023 12:45	28-11-2023 12:47	28-11-2023 12:48			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
<b>Metales Totales ICP-MS</b>							
Aluminio (*)	mg/L	0.001	0.003	0.048	0.025	0.035	0.028
Arsénico (*)	mg/L	0.0002	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Bario (*)	mg/L	0.00008	0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030	<0.00030
Cadmio (*)	mg/L	0.0001	0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Cobres (*)	mg/L	0.0001	0.0002	0.0065	0.0072	0.0090	0.0086
Cromo (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Hierro (*)	mg/L	0.001	0.002	0.441	0.284	0.283	0.285
Mercurio (*)	mg/L	0.000033	0.000100	<0.000100	<0.000100	<0.000100	<0.000100
Níquel (*)	mg/L	0.0001	0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Plomo (*)	mg/L	0.0008	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Zinc (*)	mg/L	0.0001	0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002

\* Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, \*<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, \*<= Menor que el L.D.M.

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-27806**

N° Id.: 0000095971

ITEM	5	6	7	8			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-92124	M-23-92125	M-23-92126	M-23-92127			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	AS-05	AS-05	AS-05	AS-06			
COORDENADAS:	E:0514831	E:0514831	E:0514831	E:0514804			
UTM WGS 84:	N:862972	N:862972	N:862972	N:862961			
PRODUCTO:	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano			
SUB PRODUCTO:	Bebida (Agua Potable)	Bebida (Agua Potable)	Bebida (Agua Potable)	Bebida (Agua Potable)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO :	29-11-2023 06:24	29-11-2023 06:30	29-11-2023 06:31	29-11-2023 06:40			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
<b>Metales Totales ICP-MS</b>							
Aluminio (*)	mg/L	0,001	0,003	1,237	1,205	1,186	1,114
Arsénico (*)	mg/L	0,0002	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Bario (*)	mg/L	0,00008	0,00030	0,01230	0,01240	0,01250	0,01190
Cadmio (*)	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cobre (*)	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cromo (*)	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Hierro (*)	mg/L	0,001	0,002	1,903	1,845	2,060	1,774
Mercurio (*)	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100
Níquel (*)	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Plomo (*)	mg/L	0,0006	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Zinc (*)	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002

Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<" Menor que el L.C.M.  
L.D.M.: Límite de detección del método, "<" Menor que el L.D.M.

**V. OBSERVACIONES**

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

**"FIN DE DOCUMENTO"**

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-27752**

N° Id.: 0000095917

**IV. RESULTADOS**

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-92008	M-23-92009	M-23-92010	M-23-92011			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	AP-06	AP-06	AP-07	AP-07			
COORDENADAS:	E.0514804	E.0514804	E.0514988	E.0514988			
UTM WGS 84:	N.862961	N.862961	N.863067	N.863067			
PRODUCTO:	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano			
SUB PRODUCTO:	Bebida (Agua Potable)	Bebida (Agua Potable)	Bebida (Agua Potable)	Bebida (Agua Potable)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO :	29-11-2023 06:41	29-11-2023 06:42	29-11-2023 06:49	29-11-2023 06:50			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
<b>Metales Totales ICP-MS</b>							
Aluminio (*)	mg/L	0.001	0.003	1.048	0.990	1.552	1.273
Arsénico (*)	mg/L	0.0002	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Bario (*)	mg/L	0.00008	0.00030	0.00540	0.00540	0.01470	0.00960
Cadmio (*)	mg/L	0.0001	0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Cobre (*)	mg/L	0.0001	0.0002	0.0060	0.0033	0.0055	0.0032
Cromo (*)	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Hierro (*)	mg/L	0.001	0.002	1.540	1.578	2.886	2.251
Mercurio (*)	mg/L	0.000033	0.000100	<0.000100	<0.000100	<0.000100	<0.000100
Níquel (*)	mg/L	0.0001	0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Plomo (*)	mg/L	0.0008	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Zinc (*)	mg/L	0.0001	0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002

Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.  
L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877,  
Belavista - Callao  
Tel.: (+01) 717 5802  
Cel.: 977 815 129

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz. D2  
L1.3, Belavista - Callao  
Tel.: (+01) 713 0030  
Cel.: 907 114 329

SEDE AREQUIPA

COOP SIBSUR Mz. E L1.9,  
Arequipa  
Tel.: (+054) 616 843  
Cel.: 952 301 941

SEDE PIURA

Urb. Miraflores Mz. G L1.17,  
Castilla - Piura  
Tel.: (+073) 542 333  
Cel.: 952 617 702

SEDE TRUJILLO

Urb. Sol de Trujillo Mz. A L1.26,  
Alto Salaverry - Trujillo  
Tel.: (+01) 713 0036  
Cel.: 969 768 606

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-27752**

N° Id.: 0000095017

ITEM	5	6	7	8			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-92012	M-23-92013	M-23-92014	M-23-92015			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	AP-07	AP-08	AP-08	AP-08			
COORDENADAS:	E:0514988	E:0515400	E:0515400	E:0515400			
UTM WGS 84:	N:863067	N:863020	N:863020	N:863020			
PRODUCTO:	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano			
SUB PRODUCTO:	Bebida (Agua Potable)	Bebida (Agua Potable)	Bebida (Agua Potable)	Bebida (Agua Potable)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO :	29-11-2023 06:51	29-11-2023 07:02	29-11-2023 07:03	29-11-2023 07:04			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
<b>Metales Totales ICP-MS</b>							
Aluminio (*)	mg/L	0,001	0,003	1,638	0,895	0,982	0,797
Arsénico (*)	mg/L	0,0002	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Bario (*)	mg/L	0,00008	0,00030	0,01130	0,00450	0,00680	0,00622
Cadmio (*)	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cobre (*)	mg/L	0,0001	0,0002	0,0063	0,0034	0,0031	0,0035
Cromo (*)	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Hierro (*)	mg/L	0,001	0,002	2,822	1,306	1,582	1,296
Mercurio (*)	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100
Níquel (*)	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Plomo (*)	mg/L	0,0008	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Zinc (*)	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002

(\*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, \*<= Menor que el L.C.M.  
L.D.M.: Límite de detección del método, \*<= Menor que el L.D.M.

**V. OBSERVACIONES**

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

**"FIN DE DOCUMENTO"**

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-27756**

N° Id.: 0000095021

**IV. RESULTADOS**

ITEM	1	2	3			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-02021	M-23-02022	M-23-02023			
CÓDIGO DEL CLIENTE	AP-09	AP-09	AP-09			
COORDENADAS:	E:0515482	E:0515482	E:0515482			
UTM WGS 84	N:863017	N:863017	N:863017			
PRODUCTO:	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua para Uso y Consumo Humano			
SUB PRODUCTO:	Bebida (Agua Potable)	Bebida (Agua Potable)	Bebida (Agua Potable)			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA					
FECHA y HORA DE MUESTREO:	29-11-2023 07:10	29-11-2023 07:11	29-11-2023 07:12			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
<b>Metales Totales ICP-MS</b>						
Aluminio (*)	mg/L	0,001	0,003	0,932	0,892	0,930
Arsénico (*)	mg/L	0,0002	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Bario (*)	mg/L	0,00008	0,00030	0,00570	0,00230	0,00600
Cadmio (*)	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cobre (*)	mg/L	0,0001	0,0002	0,0053	0,0098	0,0054
Cromo (*)	mg/L	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Hierro (*)	mg/L	0,001	0,002	1,399	1,193	1,368
Mercurio (*)	mg/L	0,000033	0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100
Níquel (*)	mg/L	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Plomo (*)	mg/L	0,0008	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Zinc (*)	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002

(\*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

**V. OBSERVACIONES**

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

**"FIN DE DOCUMENTO"**