

**NOMBRE DEL TRABAJO:** DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA POTABLE EN VIVIENDAS DEL DISTRITO DE CHACLACAYO-LIMA, OCTUBRE 2023

**ASESOR:**

- DR. Q. F. Edgar Robert Tapia Manrique

**AUTORES:**

- Bach. Velasquez Roque, Karina Vanessa
- Bach. De La Cruz Gutierrez, Aurora Smith

**RESUMEN DEL SOFTWARE DE DETECCIÓN DE SIMILITUDES**

RECuento de palabras

**11354 Words**

RECuento de caracteres

**61057 Characters**

RECuento de páginas

**59 Pages**

Tamaño del archivo

**1.1MB**

Fecha de entrega

**Apr 22, 2024 5:03 PM GMT-5**

Fecha del informe

**Apr 22, 2024 5:05 PM GMT-5**

● **3% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 3% Base de datos de Internet
- 0% Base de datos de publicaciones

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS Y  
BIOQUÍMICA**

**TESIS  
DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA POTABLE  
EN VIVIENDAS DEL DISTRITO DE CHACLACAYO-LIMA,  
OCTUBRE 2023**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
QUÍMICO FARMACÉUTICO**

**AUTORES:**

Bach. De La Cruz Gutierrez, Aurora Smith

Bach. Velasquez Roque, Karina Vanessa

**ASESOR:**

Dr. Q.F. Edgar Robert Tapia Manrique

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Salud Pública

**Huancayo - Perú**

**2024**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser quien me guía en cada paso que doy y por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida y culminar esta tesis.

A mis padres: Vilma y Elvis, quienes me han inculcado valores y principios y que me ha permitido ser una persona de bien.

Al regalo más grande que Dios me pudo entregar, mi hija Julia Shantal, la persona más importante en mi vida que fue mi fortaleza y el motivo de mi superación.

Bach. AURORA SMITH DE LA CRUZ GUTIERREZ

## **DEDICATORIA**

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida y permitir la culminación de esta tesis.

A mis padres: Gladis y Carlos por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus principios, sus valores y que me ha permitido ser una persona de bien; a mi hermano Carlos por la motivación constante para nunca rendirme y luchar por mis sueños.

A mis adorados hijos Kaori y Alexander, a mi esposo Edwart quienes han sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para ellos, a pesar de los obstáculos siempre me brindaron su comprensión, cariño y amor.

Bach. KARINA VANESSA VELASQUEZ ROQUE

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por iluminarnos y darnos salud y por permitirnos tener tan buena experiencia dentro de nuestra universidad.

A nuestros padres, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestros objetivos, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

A la universidad por albergarnos en los años de estudios y a nuestros docentes por su enseñanza para desarrollarnos profesionalmente y habernos brindado todos sus conocimientos.

Y para finalizar, también agradecemos a todos los que fueron nuestros compañeros de clase durante todos los niveles de Universidad ya que gracias al compañerismo han aportado un alto porcentaje a las ganas de seguir adelante en nuestra carrera profesional.

Bach. Aurora Smith De La Cruz Gutierrez

Bach. Karina Vanessa Velasquez Roque

## **JURADOS**

### **PRESIDENTE**

Mg. Solgorre Contreras, Juan Enrique

### **MIEMBRO SECRETARIO**

Mg. Cano Pérez, Carlos Alfredo

### **MIEMBRO VOCAL**

Dr. Tapia Manrique, Edgar Robert

### **MIEMBRO SUPLENTE**

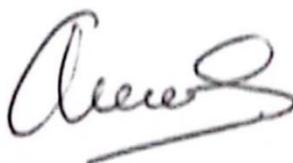
Mg. Díaz Uribe, Julio Luis

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

### DECLARACIÓN JURADA SIMPLE

Yo **AURORA SMITH DE LA CRUZ GUTIERREZ** de nacionalidad peruana, identificada con D.N.I N° **47497459**, tesista de la universidad Privada de Huancayo Franklin Roosevelt, Bachiller en Farmacia y Bioquímica, domiciliado en Sector 3 Grupo 3 Manzana D Lote 24 VILLA EL SALVADOR.

DECLARO BAJO JURAMENTO: QUE TODA LA INFORMACIÓN PRESENTADA ES AUTÉNTICA Y VERAZ. Me afirmo y reafirmo en lo expresado en señal de lo cual firmo el presente documento a los 20 días del mes de diciembre del 2023.



.....  
**Bach.** Aurora Smith De La Cruz Gutierrez  
**DNI N° 47497459**



Huella digital

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

### DECLARACIÓN JURADA SIMPLE

Yo **KARINA VANESSA VELASQUEZ ROQUE** de nacionalidad peruana, identificada con D.N.I N° **45989859**, tesista de la universidad Privada de Huancayo Franklin Roosevelt, Bachiller en Farmacia y Bioquímica, domiciliado en Avenida General Córdova Mz. 1B Lote 10B Villa María del Triunfo.

DECLARO BAJO JURAMENTO: QUE TODA LA INFORMACIÓN PRESENTADA ES AUTÉNTICA Y VERAZ. Me afirmo y reafirmo en lo expresado en señal de lo cual firmo el presente documento a los 20 días del mes de diciembre del 2023.



.....  
**Bach. Karina Vanessa Velasquez Roque**

**DNI N° 45989859**



Huella digital

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Páginas</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	01
<b>II. METODOLOGÍA</b>	13
2.1 Tipo y nivel de la investigación	13
2.2 Diseño de la investigación	13
2.3 Población, muestra y muestreo	13
2.4 Variables de investigación	13
2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	14
2.6 Proceso de recolección de datos	15
2.7 Aspectos éticos	15
2.8 Procesamiento y análisis de datos	15
<b>III. RESULTADOS</b>	16
<b>IV. DISCUSIONES</b>	19
<b>V. CONCLUSIONES</b>	23
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	24
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	25
<b>ANEXOS</b>	30

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Páginas</b>
<b>Tabla 1.</b> Concentración de plomo (Pb) en muestra de agua de una vivienda de Chaclacayo	16
<b>Tabla 2.</b> Concentración de cadmio (Cd) en muestra de agua de una vivienda de Chaclacayo	17
<b>Tabla 3.</b> Concentración de arsénico (As) en muestra de agua de una vivienda de Chaclacayo	18

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Páginas</b>
<b>Figura 1.</b> Representación de la concentración de plomo (Pb) en muestra de agua de una vivienda de Chaclacayo	16
<b>Figura 2.</b> Representación de la concentración de cadmio (Cd) en muestra de agua de una vivienda de Chaclacayo	17
<b>Figura 3.</b> Representación de la concentración de arsénico (As) en muestra de agua de una vivienda de Chaclacayo	18

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar los niveles de plomo, cadmio y arsénico en agua potable en una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, durante el periodo octubre del 2023. La muestra de agua de consumo humano fue obtenida de una vivienda ubicado en el distrito de Chaclacayo – Lima, el reconocimiento de los metales pesados se realizó en el laboratorio LABICER de la Universidad Nacional de Ingeniería. La identificación fue realizada mediante espectrometría de absorción atómica con detector a la llama. La concentración de plomo en la muestra de agua de consumo humano fue de 0.02 ppm, la concentración de cadmio en la muestra de agua de consumo humano fue menor a 0.003 ppm, debido a que no se superó el límite de detección del analito, la concentración de arsénico en la muestra de agua de consumo humano fue menor a 0.2 ppm, debido a que no se superó el límite de detección del analito, se realizaron las comparaciones respectivas con la normativa vigente (Estándares de Calidad Ambiental -2017). Se concluye que la concentración de metales pesados como plomo y arsénico superan los límites detallados en los estándares de calidad ambiental propuestos en el 2017 por el estado peruano.

**Palabras claves:** metales pesados, plomo, cadmio, arsénico.

## ABSTRACT

The objective of this research was to determine the levels of lead, cadmium and arsenic in drinking water in a household in the district of Chaclacayo – Lima, during the period of October 2023. The sample of drinking water was obtained from a household located in the district of Chaclacayo – Lima. The recognition of heavy metals was conducted at the LABICER laboratory of the National University of Engineering. The identification was performed using atomic absorption spectrometry with flame detector. The concentration of lead in the drinking water sample was 0.02 ppm, the concentration of cadmium in the drinking water sample was less than 0.003 ppm, as it did not exceed the detection limit of the analyte, and the concentration of arsenic in the drinking water sample was less than 0.2 ppm, as it did not exceed the detection limit of the analyte. Comparisons were made with the current regulations (Environmental Quality Standards - 2017). It is concluded that the concentration of heavy metals such as lead and arsenic exceeds the limits detailed in the environmental quality standards proposed in 2017 by the Peruvian government.

**Keywords:** Heavy metals, lead, cadmium, arsenic.



.....  
LIC. SHEEN MELBA SUAYMATE LÓPEZ  
Docente Traductor Inglés  
CENTRO DE IDIOMAS

## I. INTRODUCCIÓN

El agua potable es uno de los recursos más importantes, porque sabemos que no existe la vida sin el mencionado recurso. Sin embargo, es mucho más difícil la disponibilidad de agua pura para uso humano y, por lo tanto, hoy en día es un gran problema en todo el mundo. Se considera que la contaminación del agua potable (agua dulce) es un problema para aproximadamente la mitad de la población mundial. El informe de las Naciones Unidas es que alrededor de 2.700 millones de personas enfrentarán deficiencia de agua para 2025. Como sabemos, solo el 3% de agua dulce del agua total está disponible para nosotros y el 0.06% disponible solo para uso humano. Aproximadamente, más de 80 países en el mundo están sufriendo una deficiencia de agua y 1.200 millones de personas utilizan agua contaminada. Se observan alrededor de 2.500 millones de casos debido a la contaminación del agua y los ingredientes químicos importantes que se presentan en el agua también son beneficiosos para la salud humana principalmente de dos maneras: en primer lugar, al proporcionar micro y macroelementos esenciales que los alimentos no pueden suministrar en la cantidad adecuada de estos elementos. (por ejemplo, zinc, yodo y magnesio); y en segundo lugar, aportando los micro y macro elementos que evitan la absorción y los efectos tóxicos de elementos como el Cadmio (Cd), el Mercurio (Hg) y el Plomo (Pb). Al tomar las cantidades en exceso de estos elementos beneficiosos también presenta efectos nocivos para la salud. Porque la concentración de macro y microelementos que se encuentran en el agua potable natural es totalmente diferente según la fuente y la ubicación geográfica de un área específica (1).

Se estima que se han producido entre 5 y 10 millones de muertes de personas a causa de la contaminación del agua. Las enfermedades graves causadas por agua contaminada y de mala calidad son la disentería, el cólera y la esquistosomiasis, la fiebre tifoidea y las enfermedades diarreicas (2).

La toxicidad de los metales en los sistemas acuáticos tiene un rango dinámico de mecanismos complejos controlados por pH, oxidación-reducción, sorción, volatilidad, dureza, hidrólisis, etc. En comparación con los límites permisibles dados por la OMS, metales como Hg, Cr, Pb, Cd As, Ni Zn, etc., se encontraron en exceso en varios sistemas acuáticos como agua dulce, agua subterránea y agua marina. La incorporación de metales a través y dentro del agua ha afectado a diferentes formas de vida acuática, vida silvestre y seres humanos. La bioacumulación y la biomagnificación son algunas de las áreas

destacadas de la toxicidad de los metales donde los bioindicadores y los seres humanos muestran una respuesta aguda o crónica a dosis variables. Los efectos subletales más comunes se identifican a través de cambios conductuales, psicológicos y bioquímicos (3).

Debido a serias preocupaciones ambientales, la contaminación por metales pesados es actualmente un problema global. Perturbando los complejos ambientales bióticos y abióticos, los metales pesados presentan serios peligros para la salud (4). Es así como se evaluará, si el agua consumida por la población de Chaclacayo supera los límites permisibles, encontrándose apta para su consumo o planteando soluciones a la problemática.

Ante esta problemática expuesta planteamos el siguiente problema general para la investigación:

¿Cuáles serán los niveles de plomo, cadmio y arsénico en agua potable en viviendas del distrito de Chaclacayo – Lima, durante el periodo octubre del 2023?

Asimismo, planteamos los siguientes problemas específicos:

- ¿Cuál será el nivel de plomo en agua potable de una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, durante el periodo octubre del 2023?
- ¿Presentará un nivel aceptable de plomo el agua potable de una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, comparado con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua?
- ¿Cuál será el nivel de cadmio en agua potable de una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, durante el periodo octubre del 2023?
- ¿Presentará un nivel aceptable de cadmio el agua potable de una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, comparado con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua?
- ¿Cuál será el nivel de arsénico en agua potable de una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, durante el periodo octubre del 2023?

- ¿Presentará un nivel aceptable de arsénico el agua potable de una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, comparado con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua?

En relación con los antecedentes nacionales del estudio fueron considerados:

**Custodio M, et al. (2021)**, Ejecutaron una investigación con el objetivo principal de “evaluar la distribución de metales pesados y arsénico en humedales continentales utilizando métodos estadísticos multivariados”. Se recolectaron muestras de agua, sedimentos y vegetación acuática en 48 sitios de muestreo establecidos en los humedales de la laguna de Paca y Tragadero. La determinación de metales pesados y arsénico se realizó mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica de llama. El orden decreciente de concentración de metales pesados y arsénico en sedimento fue Fe>Zn>Pb>As, en agua fue Zn>Fe>Pb>As y en *S. californicus* fue Zn>Fe>Pb>As. El análisis de redundancia (RDA) indicó que existen diferencias significativas en las concentraciones de arsénico y metales pesados en los sedimentos entre estanques y entre sitios de muestreo. El análisis del modelo lineal generalizado (GLM) en vegetales indicó que las concentraciones de metales pesados y arsénico en el vegetal aumentan en función de su concentración en el sedimento (5).

**Marcos K, et al. (2022)**, plantearon un proyecto de investigación con la finalidad de “determinar la calidad del agua potable en viviendas del distrito del Cercado de Lima y de Chosica respecto al contenido de plomo y cadmio”. Los resultados indican que la concentración promedio del plomo es 0.0012000 mg/L y de cadmio es 0.0004133 mg/L en el agua potable de los distritos de Cercado de Lima y Chosica, ambos valores no superan los límites máximos permisibles; sin embargo, se observó en el distrito de Cercado de Lima que, de 15 viviendas, una muestra superó los niveles de plomo y cadmio. Se concluye que de las muestras analizadas solo una supera el límite máximo permitido y el resto de las muestras resultaron por debajo de los límites permitidos, pero se deben realizar más estudios con una mayor cantidad de muestras porque se evidencia contaminación (6).

**Condori R, et al. (2022)** La investigación tuvo como objetivo conocer la calidad del agua por el uso y abastecimiento directo de la población, en la agricultura y ganadería, este municipio cuenta con recursos minerales como; Oro, cobre y plata, que son extraídos por las industrias mineras en la cabecera de la cuenca también por su característica estratigráfica

constituida por: el Grupo Yura, Puno, Tacaza y Barroso que tienen conglomerado volcánico y corteza de origen tectónico. Esta actividad ofrece beneficios económicos, ambientales y problemas de salud pública derivados del impacto directo e indirecto de estas actividades. Se determinó la concentración de metales pesados (Pb, As, B y Cd) en los manantiales de; Mauri, Humalzo, Totorani. La presencia de metales pesados se utilizó mediante la Espectrofotometría de Absorción Atómica (AAS). Los siguientes resultados fueron obtenidos; en Mauri: Arsénico 0.08 mg/L, en Humalzo y Mauri: Boro 2.42 mg/L y 0.857mg/L, en Mauri y Humalzo: Plomo 0.02 mg/L y 0.017 mg/L y en Mauri, Humalzo y Totorani: Plomo 0.02 mg/L y 0.017 mg/L y en Mauri, Humalzo y Totorani: <0.003 mg/L. El pH promedio es 8.0 y los metales pesados son; As, B y Pb en agua de los manantiales de Ichuña sobrepasa los Estándares de Calidad mientras que la concentración de Cd es baja (7).

**Custodio M, et al. (2020)**, desarrollaron un trabajo de investigación con el objetivo principal de “determinar la concentración de Cu, Fe, Pb, Zn y As en las aguas superficiales destinadas al consumo humano y otros usos en la cuenca del río Mantar”. Las muestras de agua fueron recolectadas de siete cuerpos de agua de la región Junín en junio de 2019, en el período de baja descarga. El análisis de correlación reveló correlaciones positivas y significativas ( $p < 0,05$ ) para los pares Zn/Pb, Pb/Fe y Zn/Fe con una buena asociación, superiores a 0,80 y para los pares Pb/Cu, Fe/Cu, As/Pb y Pares As/Zn con un débil grado de asociación ( $p < 0,05$ ). El análisis de los componentes principales mostró tres componentes con valores propios  $> 1$ . El análisis de agrupamiento jerárquico clasificó los cuerpos de agua evaluados en tres grupos según la concentración de Cu, Fe, Pb, Zn y As. Es necesario implementar políticas de manejo urgentes para controlar y reducir los niveles de contaminación por metales y metaloides potencialmente tóxicos en el río Mantaro (8).

Con relación a los antecedentes internacionales del estudio se consideró:

**Seyed A, et al. (2022)**, desarrollaron una investigación con el objetivo de “evaluar las concentraciones de arsénico (As), cromo (Cr), plomo (Pb) y zinc (Zn) y el riesgo para la salud humana de los metales a través del consumo de agua potable”. En total, se recolectaron y analizaron 48 muestras de agua subterránea durante 2019. Los índices de riesgo para la salud se estimaron utilizando la ingesta diaria crónica (CDI), el cociente de riesgo (HQ) y el índice de riesgo (HI), así como el riesgo de cáncer (CR). Con excepción del As (el 66,6% de las áreas estaba por encima de los límites permisibles), las concentraciones de otros tres metales pesados se encontraban dentro de los límites permisibles de la EPA y la OMS de

EE. UU. Los valores en el 100% y 75% de las áreas fueron superiores para niños y adultos, lo que implica riesgo no cancerígeno por suma de metales pesados. El riesgo total de cáncer (CRt) de los niños en todas las áreas (excepto un área con riesgo aceptable) cayó dentro del riesgo inaceptable. Los adultos CR en todas las áreas (excepto un área con riesgo inaceptable) estaban en la categoría de riesgo aceptable. Los resultados mostraron que los niños estaban más expuestos a riesgos para la salud, debido a la ingesta de agua potable que contenía As, Cr y Pb en las áreas de estudio (9).

**Naddafi K, et al. (2022)**, Ejecutaron una investigación con el objetivo de evaluar el riesgo no carcinogénico, el riesgo carcinogénico y la carga de enfermedad atribuible a los metales pesados en el agua potable. Se estimaron en términos de cociente de riesgo (HQ), riesgo incremental de cáncer a lo largo de la vida (ILCR) y años de vida ajustados por discapacidad (DALY), respectivamente. Se determinó que las concentraciones promedio de agua potable de (As), (Cd), (Cr), (Pb), (Hg) y (Ni) en Irán eran 2.3, 0.4, 12.1, 2.5, 0,7 y 19,7  $\mu\text{g/L}$ , respectivamente, que eran mucho más bajos que los valores estándar. Los HQ promedio totales de metales pesados en agua potable en todo el país, comunidades rurales y urbanas fueron 0.48, 0.65 y 0.45, respectivamente. A nivel nacional,  $1.06 \times 10^{-4}$  para As,  $5,89 \times 10^{-5}$  para Cd,  $2,05 \times 10^{-5}$  para Cr y  $3,76 \times 10^{-7}$  para Pb. Los casos de cáncer, las muertes, la tasa de mortalidad (por 100 000 personas), los DALY y la tasa de DALY (por 100 000 personas) atribuidos a la exposición a metales pesados en el agua potable a nivel nacional se estimaron en 213 (intervalo de incertidumbre del 95 %: 180 a 254), 87 (73–104), 0,11 (0,09–0,13), 4642 (3793–5489) y 5,81 (4,75–6,87), respectivamente. Las contribuciones de la exposición a As, Cd, Cr y Pb en la carga de enfermedad atribuible fueron del 14,7 %, 65,7 %, 19,3 % y 0,2 % (10).

**Ogwok P, et al. (2022)**, Plantearon una investigación con el objetivo de “determinar los niveles de aluminio, arsénico, cadmio, cromo, cobre, hierro, mercurio, manganeso, níquel, plomo y zinc en agua del grifo, manantiales protegidos alimentados con aguas subterráneas y agua embotellada”. Los riesgos de cáncer y no cánceres asociados con la ingestión de metales pesados (HM) también se evaluaron tanto para niños como para adultos. Los riesgos de cáncer y no cáncer se determinaron utilizando el riesgo incremental de cáncer a lo largo de la vida (ILCR) y el cociente de riesgo no cancerígeno (HQ), respectivamente. El contenido de plomo fue superior a los límites permisibles (PL) según el Estándar de África Oriental, la Organización Mundial de la Salud, la Unión Europea y la Agencia de Protección

Ambiental de los Estados Unidos (USEPA). El arsénico mostró superaciones menores por encima de los valores de referencia en el agua del grifo y en manantiales protegidos alimentados con aguas subterráneas, mientras que el mercurio, el manganeso y el níquel fueron más altos que el PL. Los niveles de aluminio, cadmio, cromo, cobre, hierro y zinc estaban por debajo del PL. El riesgo de por vida de desarrollar cáncer por vía oral fue mayor que el nivel aceptable de la USEPA tanto para niños como para adultos, lo que revela que la exposición a HM en el agua potable plantea un riesgo potencial de cáncer inaceptable. El arsénico contribuyó ca. 90% del ILCR en agua corriente y manantial protegido alimentado por aguas subterráneas. El riesgo combinado no canceroso del HM expresado como índice de riesgo (HI) fue mayor que uno, con valores para niños más altos que para adultos. La contribución del plomo al HI fue en todos los casos superior al 90 % (11).

**Skalny A, et al. (2019).** El objetivo del estudio fue investigar la interacción entre los niveles ambientales (agua y suelo) de zinc, cobre, cadmio y plomo, así como su contenido en tejidos de bovinos de carne Hereford en cinco distritos de la región de Oremburgo. Los niveles de metales en el suelo se evaluaron mediante espectrometría de emisión atómica, mientras que el contenido de metales en agua y tejidos (hígado, riñón, músculo, corazón) se estudió mediante espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente. Los datos obtenidos demuestran que los niveles más altos de Zn en suelo y agua ( $p < 0.001$ ), así como en músculo, hígado y riñón de ganado ( $p < 0.05$ ) se observaron en D 4 y D 5 (zona este), excediendo los niveles de concentración máxima permisibles (MPCL) para agua potable y músculo para todas las regiones. Se encontraron asociaciones similares para los niveles de Cu. Los mayores contenidos de Cd y Pb en suelo y agua se observaron en D 2 (área central) y D 5 (zona este), respectivamente. Al mismo tiempo, el contenido de Cd y Pb en los tejidos bovinos no se correspondía con los niveles ambientales respectivos. El análisis de correlación demostró que el contenido de Zn y Cu en el agua y el suelo se correlacionaba directamente con el músculo, el hígado y los riñones, pero no con el contenido de metales del corazón. Al mismo tiempo, los niveles de Cd en el agua se interrelacionaron negativamente con el contenido de cadmio muscular, pero se correlacionaron directamente con el contenido hepático de metales. Tanto los niveles de Pb en el agua como en el suelo se correlacionaron positivamente con los niveles renales de metales en el ganado. A su vez, el contenido de plomo en el suelo se asoció inversamente con los niveles de metales en los músculos. El análisis de regresión también demostró una asociación significativa entre los niveles ambientales y tisulares de Zn y Cu. Los modelos ajustados para todos los elementos

estudiados demostraron un efecto significativo de la interacción del metal en los niveles de metal en los tejidos (12).

Con respecto a las bases teóricas del presente estudio, a continuación, se describe:

Los investigadores han descubierto que los impactos del cambio climático, como temperaturas más altas y cambios en el ciclo del agua, también exacerbarán estos problemas de agua y potencialmente darán como resultado un aumento de las inundaciones, sequías más severas y una mayor toxicidad de los contaminantes químicos en el medio ambiente. Sin embargo, para la mayoría de las personas que viven en el mundo en desarrollo, la salud humana se ve afectada con mayor frecuencia por el consumo directo de agua contaminada (13-14).

Al considerar el impacto de los metales pesados en el mundo en desarrollo, numerosos artículos de revisión han investigado la prevalencia de metales pesados en las fuentes de agua potable en varios países en desarrollo, junto con los peligros para la salud humana asociados con la contaminación. Muchos investigadores han realizado estudios detallados sobre el exceso por metales pesados de las fuentes de agua en países en desarrollo específicos, incluida China, y varios otros países en desarrollo (15).

Además, debido a los impactos bien documentados de los metales pesados en la salud humana, se ha realizado una gran cantidad de investigación sobre métodos para eliminar los metales pesados de las fuentes de agua potable, así como de las aguas residuales municipales, las aguas residuales industriales y otras fuentes de agua. Muchos artículos de revisión recientes destacan los métodos y tecnologías de tratamiento que logran una alta eficiencia de eliminación de metales pesados y actualmente se están explorando para su uso en muchos países desarrollados, como la filtración por membrana, la electrocoagulación, remediación microbiana, adsorción de carbón activado, nanotecnología de y varios adsorbentes modificados. Sin embargo, estas tecnologías no son viables ni rentables en el contexto del mundo en desarrollo. Para tratar el agua en el mundo en desarrollo, las tecnologías propuestas deben ser fáciles de obtener, construidas por trabajadores locales con educación limitada y tener bajos costos de operación y mantenimiento (16).

A medida que aumenta el pH, comienzan a formarse complejos con hidróxidos y otros aniones que pueden estar presentes en el agua. Junto con estos efectos de los metales pesados, el pH también puede afectar la carga superficial del adsorbente, la concentración

de iones en los grupos funcionales del adsorbente y el estado de ionización del adsorbente (17).

Varios tipos de metales pesados se liberan de diferentes procesos de fabricación industrial, como Cr, Cd, Ni, Cu, Zn, As y Pb se consideran los más tóxicos entre ellos. Estos metales son altamente solubles en agua y pueden ser tomados por organismos acuáticos. La gran concentración de estos metales puede acumularse en el cuerpo humano a través de la cadena alimentaria. Si la concentración de metales pesados se ingiere por encima de la concentración requerida, pueden causar enfermedades tóxicas para la salud (18).

El tratamiento de las aguas residuales, por tanto, debe ser importante antes de su vertido al medio ambiente. Para el tratamiento de aguas residuales, se pueden utilizar procesos convencionales como el intercambio iónico, la precipitación química y la eliminación electroquímica para la eliminación de metales pesados de los efluentes industriales. Las desventajas de estos procesos son que hay una remoción incompleta de metales pesados, recursos de alta energía y se producen lodos tóxicos (19).

Existe una amplia gama de procesos que emiten metales pesados en el medio ambiente, incluso en el aire durante la combustión, la extracción y el procesamiento y en las aguas superficiales a través de la escorrentía del almacenamiento y el transporte y en el suelo, por lo tanto, en las aguas subterráneas y los cultivos. La salud humana se ve profundamente afectada por la emisión de estos metales en los ambientes (18-19).

Debido al uso a largo plazo de aguas residuales para riego como resultado de la acumulación de metales pesados en el suelo y las plantas de cultivo. Estos metales se absorben tanto en las partes comestibles como en las no comestibles de los vegetales. Algunos metales como el Ni, el Mn, el Cu y el Zn se presentan en pequeñas cantidades y se consideran micronutrientes y, cuando su concentración es mayor, se vuelven altamente tóxicos para la salud humana y, por lo tanto, causan enfermedades de riesgo para la salud. Varias actividades humanas y el procesamiento de diferentes aplicaciones son las principales fuentes de contaminación de metales en el medio ambiente. Por lo tanto, los metales no se ven afectados por los microorganismos (no biodegradables) y se acumulan en el medio ambiente y perturban la cadena alimentaria. La extracción de minerales y su procesamiento para diversas aplicaciones, la movilidad de los metales pesados por parte del hombre ha provocado la emisión de estos elementos al medio ambiente. Los metales pesados no son biodegradables

y, por lo tanto, se acumulan en el medio ambiente y finalmente contaminan la cadena alimentaria. Su contaminación provoca efectos peligrosos en el medio ambiente. Se observan efectos cancerígenos, teratogénicos y disruptores endocrinos de los metales pesados y especialmente cambios de comportamiento en los niños (20-21).

La industria del teñido es una de las mayores industrias que utilizan agua. En sus efluentes existen varios contaminantes químicos y compuestos colorantes, por lo que es necesario un tratamiento adecuado antes de su descarga en cualquier cuerpo acuático. Es muy difícil tratar completamente los efluentes domésticos porque están contaminados en una composición compuesta variable. Para el buen funcionamiento de los sistemas biológicos, los metales pesados son muy importantes, pero su gran cantidad puede causar una serie de enfermedades. Los efluentes vertidos de la industria textil y curtiduría poseen mayor cantidad de metales particularmente cadmio (Cd) y Cobre (Cu). Estos metales vertidos se vierten en las aguas superficiales y en la tierra y como resultado de la acumulación de componentes metálicos tóxicos debido a enfermedades peligrosas en los seres vivos. La razón es que no se degradan por completo. De esta manera, los efluentes industriales vertidos tienen un gran efecto en las personas que viven en los países en desarrollo, así como en los desarrollados (22-23).

Los principales contaminantes en las aguas industriales, subterráneas, marinas y residuales son los metales pesados. Las principales fuentes de contaminantes de metales pesados provienen del procesamiento de metales, industrias del cuero, unidades de fabricación de medicamentos, industrias de fabricación de productos químicos, minería, pesticidas, plásticos y caucho, madera y productos madereros. El transporte de metales pesados es por escorrentías y fuentes de agua contaminada. Los metales vertidos en las aguas residuales son en su mayoría cancerígenos, tóxicos y letales para la salud humana. La contaminación ambiental por contaminantes como los metales pesados se debe principalmente a actividades antropogénicas (24).

Es uno de los metales más tóxicos producido principalmente como subproducto durante la fabricación de zinc y es absorbido por los humanos y se almacena dentro del cuerpo durante toda la vida. Este metal es inhalado e ingerido del medio ambiente, provocando así varias enfermedades graves. Está presente en el medio ambiente y persiste durante varios años. Las plantas también absorben predominantemente este metal del medio ambiente, que se acumula en ellas y perturba la cadena alimentaria y, en última instancia, afecta la vida humana. Debido a la alta transferencia de este metal del suelo a las plantas, las frutas y

verduras contienen mucha cantidad de cadmio. El cadmio es un metal tóxico no esencial que influye en el sistema enzimático celular, el estrés oxidativo y causa la deficiencia de nutrientes esenciales en las plantas. El cadmio causa una enfermedad hepática llamada hepatotoxicidad al unirse a una proteína rica en cisteína como la metalotioneína. Un complejo de cisteína-metalotioneína causa hepatotoxicidad y luego se desplaza hacia el riñón y donde se acumula en el tejido renal provoca nefrotoxicidad. También tiene una tendencia a unirse con ligandos de glutamato, histamina y aspartato y, como resultado, se produjo una deficiencia de hierro (22-24).

Según la OMS y la EPA, la concentración estándar de arsénico en el agua potable es de 10 mg por litro. Las principales fuentes de arsénico son naturales (sedimentos jóvenes con bajo lavado, pizarra negra, ambiente geotérmico y mineralización de oro) y antropogénicas (aditivos para alimentos para ganado, actividades mineras, desechos de trióxido de arsénico, reservas y pesticidas). Por lo tanto, debido al alto pH, más de 8.5 la solubilidad y movilidad del arsénico aumentaron. Los estados de oxidación del arsénico son trivalente (+3,-3) y pentavalente (+5), por lo tanto, forma diferentes complejos inorgánicos y orgánicos, pero se producen pequeñas cantidades de forma natural. Los desechos que contienen arsénico se producen con frecuencia en las industrias mineras. Los conservantes de la madera, por ejemplo, el arseniato de cromo y el cromo de cobre, también son fuente de contaminación del suelo por su contacto directo con él. En el tratamiento de haluros, el arsénico fue ampliamente utilizado como pesticida. El arsénico se libera principalmente de las actividades antropogénicas y también de fuentes naturales en el medio ambiente. Los diferentes procesos autónomos que contribuyen a la contaminación de arsénico en el medio ambiente son la tormenta de polvo, la pedogénesis, la hidrotermal, la geotérmica, los incendios forestales y las erupciones volcánicas. Hay más de 200 formas minerales que se producen de forma natural, de las cuales el 20 % son sulfuros y sulfosales y el 60 % son arseniatos y el 20 % restante consiste en arseniatos, óxidos de arseniuros y silicatos (25-26).

Las aguas subterráneas y superficiales están contaminadas principalmente por recursos difusos y puntuales. Las fuentes de contaminación por arsénico son las aguas residuales domésticas sin procesar, los efluentes de las industrias de descarga y las unidades de tratamiento de aguas residuales. Las actividades antropogénicas como el uso y la fabricación de fertilizantes, la aplicación de pesticidas en los cultivos o la contaminación natural de las

aguas subterráneas por arsénico, sales disueltas, fluoruros y procesos geotérmicos son la principal razón de la contaminación difusa (26).

La fuente de plomo en el medio ambiente proviene principalmente de la pintura a base de plomo, el polvo doméstico, los alimentos, el aire, el suelo, ciertos tipos de cerámica, soldadura, porcelana y peltre. El plomo puede acumularse en el cuerpo humano y causar enfermedades relacionadas con los riñones y los glóbulos rojos del cerebro. Es más peligroso para los niños pequeños y las mujeres embarazadas. En adultos, puede retrasar el desarrollo físico del cuerpo y el crecimiento mental normal. Como en los niños la contaminación por plomo proviene de la suciedad y el polvo y los juguetes hechos con plomo, por lo que es necesario lavar las manos de los niños antes de comer. El envenenamiento por plomo en el agua potable tiene efectos tóxicos en la salud humana, particularmente en los niños que beben jugos y comen alimentos formulados con agua contaminada con plomo (27).

Envenenamiento por plomo en adultos por exposición por inhalación en el lugar de trabajo. En envenenamiento pediátrico por plomo debido a la ingestión de medios ambientales como pedacitos de pintura, tierra, polvo, cerámica, agua potable y medicamentos. Los eritrocitos en crecimiento, el sistema nervioso y los riñones se ven afectados por el envenenamiento por plomo del agua potable (26-27).

Por lo tanto, planteamos el objetivo general de la presente investigación:

Determinar los niveles de plomo, cadmio y arsénico en agua potable en una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, durante el periodo octubre del 2023.

Asimismo, nos planteamos los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el nivel de plomo en agua potable en una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, durante el periodo octubre del 2023.
- Comparar el nivel de plomo en agua potable en una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua.
- Determinar el nivel de cadmio en agua potable en una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, durante el periodo octubre del 2023.

- Comparar el nivel de cadmio en agua potable en una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua.
- Determinar el nivel de arsénico en agua potable en una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, durante el periodo octubre del 2023.
- Comparar el nivel de arsénico en agua potable en una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua.

## **II. METODOLOGÍA**

### **2.1 Tipo y nivel de investigación**

El tipo de investigación fue básica y nivel descriptivo.

### **2.2 Diseño de investigación**

En el desarrollo de la investigación se aplicó un diseño no experimental, prospectivo y transversal.

### **2.3 Población y muestra**

#### **2.3.1 Población de estudio**

La población estuvo conformada por las muestras de agua potable de las viviendas del distrito de Chaclacayo – Lima, durante el periodo octubre del 2023.

#### **2.3.2 Muestra de estudio**

La muestra de agua potable se recolectó de una vivienda del distrito de Chaclacayo, Lima, durante el periodo octubre del 2023.

### **2.4 Variable y operacionalización de variable:**

#### **2.4.1 Variable:**

Concentración de plomo, cadmio y arsénico.

#### **2.4.2 Operacionalización de variable:**

(Ver anexo 02)

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

### **2.5.1 Técnicas**

#### **a) Muestreo**

Se recolectó 500 mL de agua potable en una vivienda del distrito de Chaclacayo - Lima, en un recipiente estéril y se almacenó a temperatura refrigerada para su posterior análisis.

El análisis de los metales pesados como el Pb, Cd y As se realizó en el laboratorio LABICER mediante el método espectrofotométrico de absorción atómica.

#### **b) Determinación de metales por espectrometría de absorción atómica.**

##### ***Fundamento***

El espectrómetro Absorción Atómica (AA) consta de tres partes, una fuente de luz, un sistema atomizador de llama (incluye quemador, llama u horno de grafito con un preparador de muestras) y un detector AA y fotometría de llama son similares, pero a diferencia de la fotometría de llama, que mide la intensidad de la luz emitida por una solución de muestra atomizada, AA mide la luz de una fuente particular absorbida por la llama generada por la solución de muestra. En AA, la muestra en solución se atomiza en una llama, produciendo vapor atómico con elementos de la solución. Una fuente de luz monocromática con un tubo de cátodo hueco que contiene el elemento de interés emite luz a la misma longitud de onda que el elemento de interés que pasa a través de la muestra de vapor atómico en la llama. La cantidad de radiación absorbida es proporcional a la concentración de los elementos en la solución. La absorción atómica es una aplicación especial en la que los átomos de metales en estado fundamental absorben luz en longitudes de onda muy específicas correspondientes a la energía necesaria para provocar transiciones electrónicas en sus orbitales electrónicos.

Los átomos se crean calentando la muestra en una llama de gas acetileno o en un horno de tubo de grafito cilíndrico a una temperatura que quema la mayor parte de la matriz orgánica y produce átomos en estado fundamental del metal a medir. La “cubeta” es la llama o el centro del tubo de grafito, y los átomos están en estado gaseoso. La población de átomos tiene una vida relativamente corta en el camino de la luz y se necesitan mediciones rápidas. La energía térmica debe controlarse cuidadosamente y debe evitarse la ionización de los metales manteniendo los átomos en el estado fundamental. Las celdas atómicas más comunes empleadas para AAS son las llamas y los atomizadores electrotérmicos (ETA). Las

llamas, que emplean un entorno de combustión cuidadosamente controlado para producir átomos, tienen las ventajas de la velocidad, la facilidad de uso y el funcionamiento continuo, lo que permite una interfaz sencilla con los sistemas cromatográficos para la especiación. Sin embargo, la eficacia de la introducción de la muestra suele ser del 5 % y los átomos se dispersan en un volumen relativamente grande, lo que hace que la sensibilidad del AAS de llama sea relativamente baja (normalmente, en el nivel de partes por millón (28).

## **2.6 Aspecto ético**

No se involucrarán aspectos éticos durante el desarrollo de la investigación.

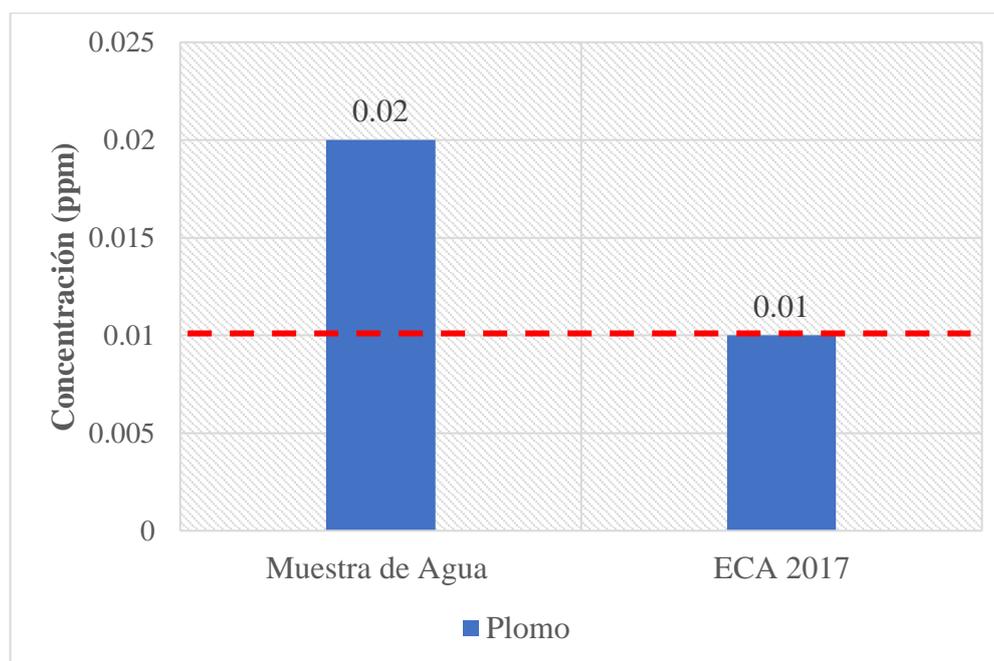
## **2.7 Procesamiento y análisis de datos**

Los datos fueron procesados en el programa Microsoft Excel versión 2019, y se elaboraron graficas para comparar las muestras, y los límites máximos permisibles.

### III. RESULTADOS

**Tabla 1.** Concentración de plomo (Pb) en muestra de agua de una vivienda de Chaclacayo

	Muestra de Agua	ECA 2017
Concentración de plomo (ppm)	0,02	0,01



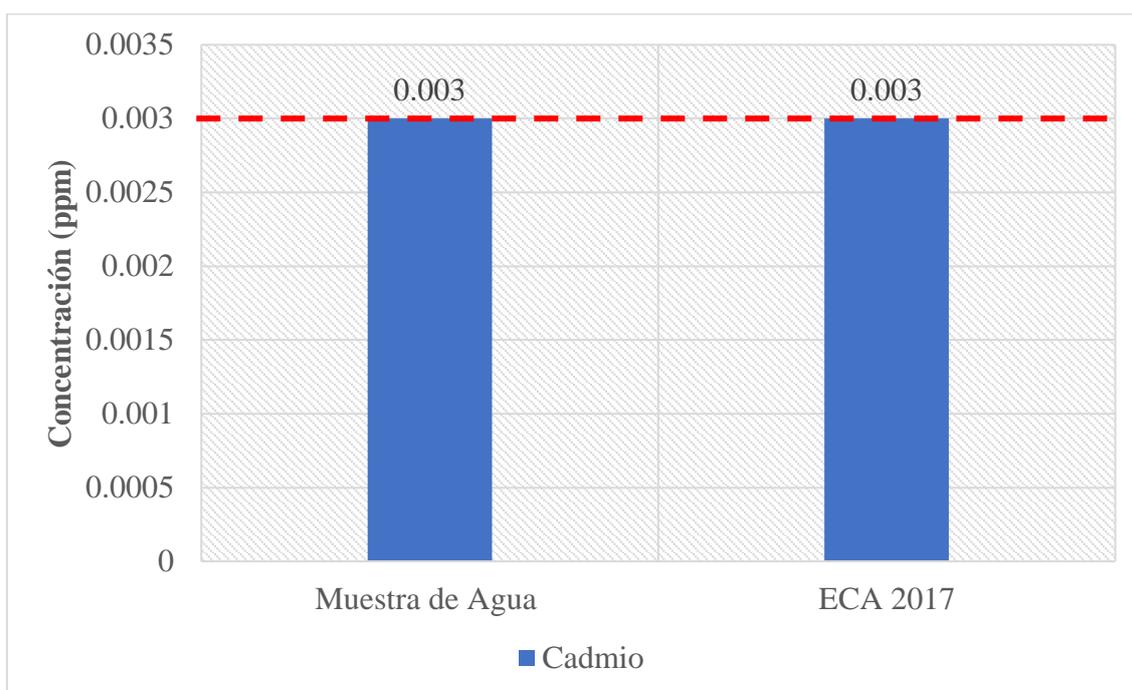
**Figura 1.** Representación de la concentración de plomo (Pb) en muestra de agua de una vivienda de Chaclacayo

En la tabla 1 y figura 1, se muestra la concentración de plomo en agua de consumo humano proveniente de una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, se determinó mediante un espectrofotómetro de absorción atómica de flama una concentración de 0.02 ppm de plomo el cual es superior a los valores descrito en los Estándares de Calidad Ambiental del 2017.

**Tabla 2.** Concentración de cadmio (Cd) en muestra de agua de una vivienda de Chaclacayo

	Muestra de Agua	ECA 2017
Concentración de cadmio (ppm)	<0,003*	0,003

\* Limite de detección del analito



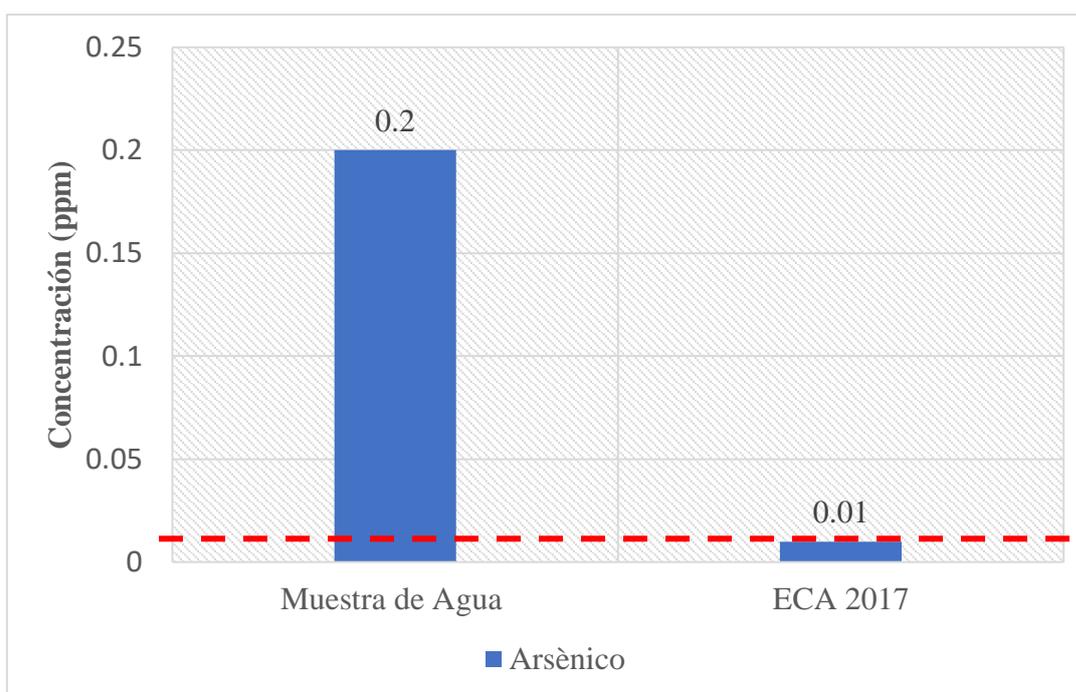
**Figura 2.** Representación de la concentración de cadmio (Cd) en muestra de agua de una vivienda de Chaclacayo

En la tabla 2 y figura 2, se muestra la concentración de cadmio en agua de consumo humano proveniente de una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, se determinó mediante un espectrofotómetro de absorción atómica de flama una concentración menor a 0.003 ppm de cadmio, no es posible determinar la concentración exacta al no superar el límite de detección del analito, no obstante, este valor se encuentra cercano al límite propuesto en los Estándares de Calidad Ambiental.

**Tabla 3.** Concentración de arsénico (As) en muestra de agua de una vivienda de Chaclacayo

	Muestra de Agua	ECA 2017
Concentración de arsénico (ppm)	<0,2*	0,01

\* Limite de detección del analito



**Figura 3.** Representación de la concentración de arsénico (As) en muestra de agua de una vivienda de Chaclacayo

En la tabla 3 y figura 3, se muestra la concentración de arsénico en agua de consumo humano proveniente de una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, se determinó mediante un espectrofotómetro de absorción atómica de flama una concentración menor a 0.2 ppm de arsénico, no es posible determinar la concentración exacta al no superar el límite de detección del analito, no obstante, este valor se encuentra superior al límite propuesto en los Estándares de Calidad Ambiental.

#### IV. DISCUSIONES

Los metales pesados son contaminantes tóxicos, persistentes y bioacumulativos que pueden representar graves amenazas para la salud humana y los ecosistemas. En la presente investigación tuvo como objetivo determinar los niveles de plomo, cadmio y arsénico en agua potable en una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, durante el periodo octubre del 2023.

La identificación de plomo puede realizarse mediante diversas técnicas como espectrometría de absorción atómica (AAS), espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES), espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) y cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Estos métodos se basan en la medición de los espectros característicos de absorción, emisión o masas de los iones o complejos metálicos. Sin embargo, estos métodos a menudo requieren instrumentos costosos, operadores capacitados (29-31).

En nuestra investigación se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica de flama (AAS), de la marca SHIMADZU AA 7000, para las identificaciones de los metales pesados plomo, cadmio y arsénico. La muestra de agua de consumo humano de una vivienda del distrito de Chaclacayo presento una concentración de 0.02 ppm de plomo siendo superior a los valores descrito en los Estándares de Calidad Ambiental del 2017 de 0.01 ppm. Este hallazgo es preocupante, ya que el plomo puede causar daños neurológicos, anemia y problemas renales en las personas expuestas (5-6). La presencia de plomo en el agua potable de Chaclacayo podría estar relacionado con la actividad minera o industrial en la zona. Sin embargo, se requieren más estudios para confirmar esta hipótesis y para evaluar el impacto en la salud de los habitantes e implementar medidas de control y prevención para garantizar la calidad del agua y proteger la salud pública. Un estudio realizado en el año 2021 comparó la calidad del agua potable en relación con los niveles de plomo y cadmio en las viviendas del distrito del Cercado de Lima y Chosica, encontrando que el 100% de las muestras analizadas superaron el límite máximo permisible (LMP) de plomo (0.01 mg/L) y el 80% superaron el LMP de cadmio (0.003 mg/L) (6). Un estudio realizado en el centro poblado de Huacho – Ancash, Perú, encontró que el agua para consumo humano directo tenía una concentración de plomo de 0.029 mg/L, lo cual sobrepasa el límite máximo permitido por la legislación peruana de 0.01 mg/L (32).

Estos estudios sugieren que los niveles de plomo en agua potable son un problema de salud pública en diversas regiones del mundo, y que existen alternativas biológicas para su remoción. Sin embargo, se requieren más investigaciones para evaluar la eficacia y seguridad de estos métodos, así como para establecer los factores que influyen en la contaminación del agua por metales pesados (33).

En la determinación de cadmio, se encontró un nivel inferior a 0.003 ppm, encontrándose posiblemente en concentraciones menores a las establecidas en los Estándares de Calidad Ambiental de 0.003 ppm de cadmio en agua. La exposición al cadmio puede causar efectos adversos en la salud, especialmente en los riñones, los huesos y el sistema respiratorio. Existen pocos estudios sobre la concentración de cadmio en agua potable en Perú. Sin embargo, se encontraron algunos trabajos que reportan valores similares o superiores al obtenidos en nuestra investigación. Un estudio realizado por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos determinó que el cadmio en las aguas de pozos de Castillo Grande - Tingo María superaba la concentración máxima permisible (0.003 ppm) establecida por la norma peruana de calidad del agua para consumo humano (DS 031-2010-SA). El valor promedio encontrado fue de 0.005 ppm, lo que podría generar riesgos para la salud de la población (34).

Otro estudio realizado por la Universidad Santo Tomás evaluó la presencia de cadmio y plomo en el sistema de abastecimiento de agua potable del municipio de San Luis de Gaceno - Boyacá (Colombia). El valor promedio de cadmio encontrado fue de 0.002 ppm, lo que se encuentra dentro del límite permitido por la norma colombiana (0.005 ppm) (35). Un estudio realizado por la Universidad de Guayaquil evaluó la concentración de cadmio en agua, sedimentos, jacinto de agua *Eichhornia crassipes* y caracol *Pomacea canaliculata* en los ríos Guayas, Daule y Babahoyo (Ecuador). El cadmio no fue detectable en el agua, pero se encontraron concentraciones elevadas en los sedimentos (hasta 1.2 ppm) y en las plantas acuáticas (hasta 0.8 ppm), lo que indica una posible contaminación por este metal en el ecosistema acuático (36).

Estos estudios muestran que el cadmio es un contaminante presente en el agua potable y que puede tener efectos nocivos para la salud humana y ambiental. Por lo tanto, se recomienda realizar un seguimiento periódico de este parámetro y aplicar medidas preventivas y correctivas para reducir su presencia y exposición (37).

En la determinación de arsénico, se encontró un nivel menor a 0.2 ppm, encontrándose posiblemente en concentraciones mayores a las establecidas en los Estándares de Calidad Ambiental de 0.01 ppm de arsénico en agua. Estudios recientes han sugerido que la exposición a largo plazo al arsénico en el agua potable puede causar efectos adversos para la salud, como cáncer de vejiga, pulmón, piel, riñón, hígado y próstata, así como efectos no cancerígenos en el sistema cardiovascular, pulmonar, inmunológico, neurológico y endocrino. Estos efectos dependen de la dosis, la duración, la frecuencia y la vía de exposición, así como de la susceptibilidad individual y la presencia de otros factores de riesgo. El arsénico es un elemento que se encuentra naturalmente en el suelo y las rocas, y puede disolverse en el agua subterránea por procesos de lixiviación o erosión. También puede provenir de fuentes antropogénicas, como la minería, la agricultura o la industria (38-40).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el valor máximo permisible de arsénico en agua potable es de 0.01 mg/L o 10 ppb. Sin embargo, muchos países tienen valores más altos, como México (0.025 mg/L), Argentina (0.05 mg/L) y Perú (0.01 mg/L). Estos valores se establecen en función de los recursos disponibles, las condiciones geológicas y los riesgos para la salud (10-11).

En el caso del Perú, se ha estimado que alrededor del 40% de la población rural consume agua con niveles superiores al límite establecido por la OMS. Algunas regiones afectadas son Ancash, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Ica, Junín, La Libertad, Lima y Puno. En estas regiones se han encontrado concentraciones de arsénico que varían desde 0.01 hasta 1.8 mg/L. Se ha reportado que el arsénico proviene principalmente de fuentes naturales, como los depósitos volcánicos y las aguas termales. En el estudio de Huamán, se analizaron 30 muestras de agua subterránea de la cuenca del río Chillón, ubicada al norte de Lima. Se encontró que el 43.3% de las muestras superaban el límite máximo permisible de arsénico de la OMS, con valores que oscilaban entre 0.5 y 29.6 ppb. Los autores sugirieron que la fuente principal de arsénico en el agua era la actividad minera que se realiza en la zona (41).

En otra investigación, se evaluaron los niveles de arsénico en el agua de consumo humano en diferentes países del mundo, como Argentina, Bangladesh, Chile, China, India, México y Estados Unidos. Se reportó que el rango de concentraciones de arsénico en el agua variaba desde menos de 1 ppb hasta más de 5000 ppb, dependiendo de las condiciones geológicas,

hidrológicas y antropogénicas de cada lugar. Los autores estimaron que más de 100 millones de personas estaban expuestas a niveles elevados de arsénico en el agua (42).

Por último, se determinaron los niveles de arsénico en el agua potable distribuida por las redes públicas en 10 ciudades del Perú. Se halló que el 40% de las ciudades presentaban concentraciones superiores al límite máximo permisible de la OMS, siendo las más afectadas Cajamarca, Huancayo y Arequipa, con valores promedio de 23.4, 18.9 y 15.8 ppb, respectivamente. Los autores indicaron que el origen del arsénico en el agua era natural, debido a la presencia de rocas volcánicas y sedimentos aluviales en las fuentes hídricas (43).

Estos estudios demuestran que el problema del arsénico en el agua de consumo humano es una realidad que afecta a muchas regiones del Perú y del mundo, y que requiere una atención urgente por parte de las autoridades competentes y la población en general.

## V. CONCLUSIONES

- El nivel de plomo en el agua potable en una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, fue de 0.02 ppm.
- El nivel de plomo en agua potable en una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, supera los valores 0.01 ppm propuestos en los Estándares de Calidad Ambiental.
- El nivel de cadmio en agua potable en una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, fue menor a 0.003 ppm.
- El nivel de cadmio en agua potable en una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, no supera los valores 0.003 ppm propuestos en los Estándares de Calidad Ambiental.
- El nivel de arsénico en agua potable en viviendas del distrito de Chaclacayo – Lima, fue menor a 0.2 ppm.
- El nivel de arsénico en agua potable en una vivienda del distrito de Chaclacayo – Lima, supera los valores 0.01 ppm propuestos en los Estándares de Calidad Ambiental.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Realizar un análisis periódico del agua potable en las viviendas del distrito de Chaclacayo – Lima, para verificar el cumplimiento de los ECA y las normas internacionales.
- Instalar filtros o sistemas de purificación de agua en las viviendas que presenten niveles elevados de plomo, cadmio o arsénico en el agua potable, para reducir la exposición a estos contaminantes.
- Informar a la población sobre los riesgos y las medidas preventivas relacionadas con la calidad del agua potable, mediante campañas de sensibilización y educación ambiental.
- Exigir a las autoridades competentes la fiscalización y el control de las fuentes de contaminación del agua potable, tales como actividades mineras, industriales o agrícolas, que puedan afectar la salud pública y el medio ambiente.
- Promover el uso racional y eficiente del agua potable, evitando el desperdicio y la contaminación del recurso hídrico, como parte de una cultura de responsabilidad social y ambiental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amjad H, et al. The Sources, Toxicity, Determination of Heavy Metals and Their Removal Techniques from Drinking Water. *World Journal of Applied Chemistry*. 2020; 5(2): 34-40.
2. Contretas J, et al. Determinación de metales pesados en aguas y sedimentos del Río Haina- Revista iberoamericana, 2004;29(1):37-71.
3. Nirmaly B. Una evaluación de la toxicidad con su biogeoquímica. *Metales en Agua*. pág. 71-91, 2023.
4. Shveta S, et al. Enfoques de monitoreo y evaluación de impacto para metales pesados. *Metales pesados en el medio ambiente*. Pag, 57-86, 2021. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821656-9.00004-3>
5. Custodio Mm et al. Evaluación de la Distribución de Metales Pesados y Arsénico en Humedales Interiores (Perú) Utilizando Métodos Estadísticos Multivariados. *Ecol. Ing. Reinar. Tecnología* 2021; 3(1):104–111. <https://doi.org/10.12912/27197050/135522>
6. Marcos K, et al. ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN RELACIÓN A LOS NIVELES DE PLOMO Y CADMIO EN LAS VIVIENDAS DEL DISTRITO DEL CERCADO DE LIMA Y CHOSICA EN EL MES DE OCTUBRE DEL AÑO 2021. Tesis para optar al título profesional de Químico farmacéutico. Universidad Norbert Wiener. 2022.
7. Condori R. Estudio Físico Químico del Agua del Subsuelo de Ichuña, Moquegua, Perú *Revista estadounidense de ciencia e ingeniería ambiental*. 2022; 6(1): 44-50. doi: 10.11648/j.ajese.20220601.16
8. Custodio M. Metales y metaloides potencialmente tóxicos en aguas superficiales destinadas al consumo humano y otros usos en la cuenca del río Mantaro, Perú. *Res. de suelo y agua*, 2020, 15(4) :237-245. DOI: 10.17221/152/2019-ROE
9. Sayed A, et al. Distribución, exposición y análisis de riesgo para la salud humana de metales pesados en el agua subterránea potable del condado de Ghayen, Irán. *Geocarto Internacional*. 2022;37(1): 13127-44. <https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2076916>
10. Naddafi K, et al. Evaluación de la carga de morbilidad inducida por la exposición a metales pesados a través del agua potable a nivel nacional y subnacional en Irán,

2019. Investigacion ambiental. 2022;204(2):112057.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112057>
11. Ogwok P, et al. Evaluación de riesgos para la salud humana de los metales pesados en el agua potable de Kampala (Uganda). *Journal of Food Research*; 2017; 6(4):6-16. <https://doi.org/10.5539/jfr.v6n4p6>
  12. Skalny, AV, Salnikova, EV, Burtseva, TI et al. Niveles de zinc, cobre, cadmio y plomo en tejidos de ganado en relación con diferentes niveles de metales en agua subterránea y suelo. *Environ Sci Pollut Res* 26 , 559–569 (2019).  
<https://doi.org/10.1007/s11356-018-3654-y>
  13. Jiang, Y., Liu, Z., Zeng, G. et al. Adsorbentes a base de polianilina para la eliminación de cromo hexavalente de una solución acuosa: una mini revisión. *Environ Sci Pollut Res* 25 , 6158–6174 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11356-017-1188-3>
  14. Sewoon K, et al. Removal of contaminants of emerging concern by membranes in water and wastewater: A review. *Chemical Engineering Journal*, 2018; 335(1): 896-914. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.11.044>
  15. Okey-Wokeh, C. y Okechukwu, K. Determinación de niveles de metales pesados en aguas superficiales y sedimentos de Mini-Ezi Stream, Elele-Alimini, Rivers State, Nigeria. *Revista Africana de Ciencias Puras y Aplicadas*. 2022;3(1):136-143.  
<https://journals.ku.ac.ke/index.php/AJPAS/article/view/259>
  16. Withanachchi S, et al. Calidad del agua en aguas superficiales: una evaluación preliminar de la contaminación por metales pesados del río Mashavera, Georgia. *Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública*, 2018;15(4):621–626.
  17. Davies C, et al. Evaluación de concentraciones de metales pesados en agua, sedimentos y peces del río New Calabar en el sur de Nigeria. *Revista de Limnología e Investigación Pesquera de Agua Dulce*, 2021; 7(3): 207–218.
  18. Babel, S. y T. A. Kurniawan, Eliminación de Cr (VI) de aguas residuales sintéticas usando carbón de cáscara de coco y carbón activado comercial modificado con agentes oxidantes y/o quitosano. *Chemosphere*, 2004. 54 (7): pág. 951-967.
  19. Barakat, M., Nuevas tendencias en la eliminación de metales pesados de las aguas residuales industriales. *Revista árabe de química*, 2011. 4 (4): p. 361-377.

20. Ali, H., E. Khan y M. A. Sajad, Fitorremediación de metales pesados: conceptos y aplicaciones. *Chemosphere*, 2013. 91 (7): pág. 869-881.
21. Lakherwal, D., Adsorción de metales pesados: una revisión. *Revista internacional de investigación y desarrollo ambiental*, 2014. 4 (1): p. 41-48.
22. Badawi AK, Zaher K. Sistema de tratamiento híbrido para la remediación de aguas residuales textiles reales basado en procesos de coagulación/floculación, adsorción y filtración: rendimiento y evaluación económica. *J. Ing. de Procesos de Agua*. 40 101963. 2021.
23. Arana C. Relación entre los factores sociales y ambientales con los niveles de concentración de metales pesados y metaloides en la población expuesta de la provincia de Hualgayoc, 2017. Tesis para optar al grado académico de maestro en ciencias. Universidad Nacional de Cajamarca. 2017.
24. Pabon S, et al. Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre ciencia e ingeniería*. 2020;14(27):9-18.
25. Solano F. ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO ANTE METALES PESADOS EN BACTERIAS AISLADAS DE RELAVES MINEROS ZACATECANOS. Universidad autónoma de Zacatecas. Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencia y Tecnología Química. 2021.
26. AFAN ROJAS, Karina. Determinación por absorción atómica de plomo y arsénico en agua potable de viviendas del distrito Hualgayoc, Cajamarca– octubre 2017 (Informe de pregrado). Perú. Universidad Norbert Wiener. 2018. Disponible en: <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/1854>
27. Pérez Hernández Victoria Sabrina; García Sarmiento Adrián Michel; Castro Ortiz Erick Pablo; Duarte Zaragoza Victor Manuel. 2015. contenido de plomo total 108 e intercambiable en un suelo agrícola regado con aguas residuales y su acumulación en alfalfa. ASOCIACIÓN MEXICANA DE INGENIERÍA CIENCIA Y GESTIÓN AMBIENTAL, A.C. AMICA. Recuperado de: <http://www.amica.com.mx/issn/archivos/182.pdf>
28. Espectroscopia de emisión y absorción atómica. Vol. 7 pág. 71-77[en línea]. URL disponible en: <http://ru.ua.es/dspace/bitstream/10045/8252/4/T7Abasorc.pdf>

29. Palisoc ST, Vitto RIM, Noel MG, Palisoc KT, Natividad MT. Highly sensitive determination of heavy metals in water prior to and after remediation using *Citrofortunella Microcarpa*. *Scientific Reports*. 2021;11(1):1394.
30. Jin M, Yuan H, Liu B, Peng J, Xu L, Yang D. Review of the distribution and detection methods of heavy metals in the environment. *Analytical Methods*. 2020;12(48):5747-66.
31. Afrasiab Ur R, Abdul Hakim S, Atta Ur R, Fida Ur R, Sher A, Atta Ur R, et al. Electrochemical Techniques for the Detection of Heavy Metals. In: Basim AA, editor. *Heavy Metals*. Rijeka: IntechOpen; 2023. p. Ch. 30.
32. Avalos-Ramírez YJ. Evaluación de plomo en agua, suelo y su correlación con los niveles de plomo en sangre de los habitantes del centro poblado de Huacho – Ancash, Perú – 2021. *Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu*. 2023;10(2):5-16.
33. Blanco Hernández AL, Alonso Gutiérrez D, Jiménez de Blas O, Santiago Guervós M, Miguel Manzano Bd. Estudio de los niveles de plomo, cadmio, zinc y arsénico, en aguas de la provincia de Salamanca. *Revista Española de Salud Pública*. 1998;72:53-65.
34. Macha E. Determinación de cadmio, arsénico y plomo por espectrofotometría de absorción atómica en aguas de pozo de Castillo Grande - Tingo María, julio - setiembre 2019. Tesis para optar al Título de Segunda Especialidad Profesional en Toxicología y Química Legal, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2019.
35. Ortiz D, et al. DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LA PRESENCIA DE CADMIO Y PLOMO EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y LA PERCEPCIÓN EN SALUD DE LA POBLACIÓN PARA EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE GUATAVITA. Tesis para optar al título profesional de Ingeniera Ambiental. Universidad Santo Tomas. Bogota, 2020.
36. Mero Mariuxi, Pernía Beatriz, Ramírez-Prado Nelson, Bravo Kenya, Ramírez Lissette, Larreta Erwin et al. CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN AGUA, SEDIMENTOS, *Eichhornia crassipes* Y *Pomacea canaliculata* EN EL RÍO GUAYAS (ECUADOR) Y SUS AFLUENTES. *Rev. Int. Contam. Ambient*. 2019; 35(3):623-640. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992019000300623&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992019000300623&lng=es).

37. Blanco Hernández AL, Alonso Gutiérrez D, Jiménez de Blas O, Santiago Guervós M, Miguel Manzano Bd. Estudio de los niveles de plomo, cadmio, zinc y arsénico, en aguas de la provincia de Salamanca. *Revista Española de Salud Pública*. 1998;72:53-65.
38. Mendoza-Cano Oliver, Sánchez-Piña Ramón Alberto, Barrón-Quintana Julián, Cuevas-Arellano Herguin Benjamin, Escalante-Minakata Pilar, Solano-Barajas Ramón. Riesgos potenciales de salud por consumo de agua con arsénico en Colima, México. *Salud pública Méx [revista en la Internet]*. 2017 Feb [citado 2023 Dic 24]; 59( 1 ): 34-40. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0036-36342017000100034&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342017000100034&lng=es). <https://doi.org/10.21149/8413>.
39. National Research Council (US) Subcommittee to Update the 1999 Arsenic in Drinking Water Report. *Arsenic in Drinking Water: 2001 Update*. Washington (DC): National Academies Press (US); 2001. 2, Human Health Effects. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK223685/>
40. Mohammed Abdul KS, Jayasinghe SS, Chandana EPS, Jayasumana C, De Silva PMCS. Arsenic and human health effects: A review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2015;40(3):828-46.
41. Huamán, A., Rodríguez, J., & Sánchez, R. (2019). Evaluación del contenido de arsénico en aguas subterráneas en la cuenca del río Chillón-Lima Perú. *Revista Científica Ciencia y Tecnología*, 22(1), 5-14. [Enlace: https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/cytec/article/view/17317](https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/cytec/article/view/17317)
42. Smedley, P., & Kinniburgh, D.. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 2002;17(5): 517-568. [Enlace: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0883292701000573](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0883292701000573)
43. Cáceres, J., Huamaní-Muñoz, J., & Chávez-Capilla, T. (). Niveles promedio anual y estacional del arsénico total presente en el agua potable distribuida por redes públicas a nivel nacional durante los años 2013-2015. *Revista Peruana De Medicina Experimental Y Salud Pública*. 2017; 34(4): 615-622. [Enlace: https://www.scielosp.org/article/rpmesp/2017.v34n4/615-622/](https://www.scielosp.org/article/rpmesp/2017.v34n4/615-622/)

# **ANEXOS**

**Anexo 01: Matriz de consistencia****Título: DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA POTABLE EN VIVIENDAS DEL DISTRITO DE CHACLACAYO-LIMA, OCTUBRE 2023**

<b>Formulación del problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Metodología</b>
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿ Cuáles serán los niveles de plomo, cadmio y arsénico en agua potable en viviendas del distrito de Chaclacayo – Lima, durante el periodo octubre del 2023?</p> <p><b>Problemas Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• ¿Cuál será el nivel de plomo en agua potable en viviendas del distrito de Chaclacayo – Lima, durante el periodo octubre del 2023?</li><li>• ¿Presentará un nivel aceptable de plomo el agua potable en viviendas del distrito de Chaclacayo – Lima, comparado con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua?</li><li>• ¿Cuál será el nivel de cadmio en agua potable en viviendas del distrito de</li></ul>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Determinar los niveles de plomo, cadmio y arsénico en agua potable en viviendas del distrito de Chaclacayo – Lima, durante el periodo octubre del 2023.</p> <p><b>Objetivo Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>•Determinar el nivel de plomo en agua potable en viviendas del distrito de Chaclacayo – Lima, durante el periodo octubre del 2023.</li><li>•Comparar el nivel de plomo en agua potable en viviendas del distrito de Chaclacayo – Lima, con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua.</li><li>• Determinar el nivel de cadmio en agua potable en viviendas del distrito de Chaclacayo – Lima, durante el periodo octubre del 2023.</li></ul>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>No aplica</p>	<p><b>Tipo de investigación</b></p> <p>El tipo de investigación será básica.</p> <p><b>Diseño de investigación</b></p> <p>En el desarrollo de la investigación se aplicará un diseño no experimental, prospectivo y transversal.</p> <p><b>La población</b></p> <p>La población estará conformada por las muestras de agua potable de las viviendas del distrito de Chaclacayo, Lima, durante el periodo octubre del 2023.</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>La muestra de agua potable se recolectará de 03 viviendas del distrito de Chaclacayo, Lima, durante el periodo octubre del 2023.</p>

<p>Chaclacayo – Lima, durante el periodo octubre del 2023?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Presentará un nivel aceptable de cadmio el agua potable en viviendas del distrito de Chaclacayo – Lima, comparado con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua?</li> <li>• ¿Cuál será el nivel de arsénico en agua potable en viviendas del distrito de Chaclacayo – Lima, durante el periodo octubre del 2023?</li> <li>• ¿Presentará un nivel aceptable de arsénico el agua potable en viviendas del distrito de Chaclacayo – Lima, comparado con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparar el nivel de cadmio en agua potable en viviendas del distrito de Chaclacayo – Lima, con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua.</li> <li>• Determinar el nivel de arsénico en agua potable en viviendas del distrito de Chaclacayo – Lima, durante el periodo octubre del 2023.</li> <li>• Comparar el nivel de arsénico en agua potable en viviendas del distrito de Chaclacayo – Lima, con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua.</li> </ul>		
---	--	--	--

**Anexo 02: Operacionalización de variable**

<b>Variable</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Niveles de plomo, cadmio y arsénico</b>	Nivel de plomo	Valores cuantificables de plomo	Ficha de recolección de datos
	Nivel de cadmio	Valores cuantificables de cadmio	
	Nivel de arsénico	Valores cuantificables de arsénico	

## Anexo 03: Informe de análisis LABICER



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
LABORATORIO LABICER  
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



### INFORME TÉCNICO N° 1352 – 23 – LABICER

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : AURORA DE LA CRUZ GUTIERREZ
  - 1.2 D.N.I. : 47497459
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 29 / 11 / 2023
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 04 / 12 / 2023
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 11 / 12 / 2023
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE METALES
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE AGUA
  - 4.2 PROCEDENCIA : DISTRITO DE CHACLACAYO, LIMA
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 23.1 °C; Humedad relativa: 63 %
7. EQUIPO UTILIZADO : Espectrofotómetro de absorción atómica de flama. SHIMADZU, AA 7000.
8. MÉTODO DE REFERENCIA : Standard Methods for the examination of water and Wastewater 3030 E. Nitric Acid Digestion / 3111 B. Atomic Absorption spectrophotometer
9. RESULTADOS

ANÁLISIS	RESULTADOS (ppm)
Plomo (Pb)	0.02
Cadmio (Cd)	< 0.003 <sup>(1)</sup>
Arsénico (As)	< 0.2 <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Límite de detección del analito.

10. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO  
Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

  
Bach. Natalia Quispe G.  
Analista Químico  
LABICER –UNI

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.



  
M.Sc. Ily Marily Maza Mejia  
Responsable de análisis  
Jefe de Laboratorio  
CQP 1149

## Anexo 04: Validación del Instrumento-Experto 1



### FORMATO: A

#### VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR JUICIO DE

TESIS: “DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA POTABLE EN VIVIENDAS DEL DISTRITO DE CHACLACAYO-LIMA, OCTUBRE 2023”

”

Investigadores: Bachiller AURORA SMITH DE LA CRUZ GUTIERREZ / Bachiller KARINA VANESSA VELASQUEZ ROQUE

**Indicación:** Señor calificador se le pide su colaboración para que luego de un riguroso análisis de los ítems de la ficha de recolección de datos respecto a la tesis: “DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA POTABLE EN VIVIENDAS DEL DISTRITO DE CHACLACAYO-LIMA, OCTUBRE 2023” que le mostramos, marque con un aspa el casillero que crea conveniente de acuerdo con su criterio y experiencia profesional, denotando si cuenta o no cuenta con los requisitos mínimos de formación para su posterior aplicación.

**NOTA:** Para cada ítem se considera la escala de 1 a 5 dónde:

1=Muy deficiente	2= Deficiente	3= Regular	4= Bueno	5= Muy bueno
------------------	---------------	------------	----------	--------------

VARIABLE: Concentración de metales pesados	1	2	3	4	5
DIMENSIÓN 1: Niveles de plomo					X
DIMENSIÓN 2: Niveles de cadmio					X
DIMENSIÓN 3: Niveles de arsenico					X

**RECOMENDACIONES:** aplicable

**PROMEDIO DE VALORACIÓN**

5

**OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

a) Deficiente      b) Baja      c) Regular      d) Buena      e) **Muy buena**

**Nombres y Apellidos** : **Carlos Max Rojas Aire**  
**Título Profesional** : **Químico Farmacéutico**  
**Grado Académico** : **Magíster**  
**Mención** : **Docencia Universitaria**



\_\_\_\_\_  
*Firma del experto*

**Lugar y fecha: Huancayo 03/10/2023**

**FORMATO: B**
**FICHAS DE VALIDACIÓN DEL INFORME DE OPINIÓN POR JUICIO DE  
EXPERTO**
**I. DATOS GENERALES**

- I.1. Título de la : **DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA POTABLE EN VIVIENDAS DEL DISTRITO DE CHACLACAYO-LIMA, OCTUBRE 2023**
- I.2. Nombre del instrumento : Ficha de resultados  
motivo de evaluación

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

Indicadores	Criterios	Deficiente				Baja				Regular				Buena				Muy Buena				
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado																				X	
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables																			X		
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagógica																				X	
4. Organización	Existe una organización lógica																				X	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad																			X		
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación																				X	
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos																				X	
8. Coherencia	Entre los índices e indicadores																				X	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico																				X	
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación																				X	

## PROMEDIO DE VALORACIÓN

90

**OPINIÓN DE APLICABILIDAD:** válido, aplicar

<b>11-20</b>	<b>No valido, reformular</b>
<b>25-60</b>	<b>No valido, reformular</b>
<b>65-80</b>	<b>Valido, mejorar</b>
<b>85-100</b>	<b>Valido, aplicar</b>



.....  
**Firma del experto**

**Nombres y Apellidos** : Carlos Max Rojas Aire  
**Título Profesional** : Químico Farmacéutico  
**Grado Académico** : Magíster  
**Mención** : Docencia Universitaria

## Anexo 05: Validación del Instrumento-Experto 2



### FORMATO: A

#### VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR JUICIO DE

**TESIS: “DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA POTABLE EN VIVIENDAS DEL DISTRITO DE CHACLACAYO-LIMA, OCTUBRE 2023”**

**Investigadores:** Bachiller AURORA SMITH DE LA CRUZ GUTIERREZ / Bachiller KARINA VANESSA VELASQUEZ ROQUE

**Indicación:** Señor calificador se le pide su colaboración para que luego de un riguroso análisis de los ítems de la ficha de recolección de datos respecto a la tesis: “DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA POTABLE EN VIVIENDAS DEL DISTRITO DE CHACLACAYO-LIMA, OCTUBRE 2023”, que le mostramos, marque con un aspa el casillero que crea conveniente de acuerdo con su criterio y experiencia profesional, denotando si cuenta o no cuenta con los requisitos mínimos de formación para su posterior aplicación.

**NOTA:** Para cada ítem se considera la escala de 1 a 5 dónde:

1= Muy deficiente	2= Deficiente	3= Regular	4= Bueno	5= Muy bueno
-------------------	---------------	------------	----------	--------------

VARIABLE: Concentración de metales pesados	1	2	3	4	5
DIMENSIÓN 1: Niveles de plomo					X
DIMENSIÓN 2: Niveles de cadmio					X
DIMENSIÓN 3: Niveles de arsenico					X

#### PROMEDIO DE VALORACIÓN

5

#### OPINIÓN DE APLICABILIDAD

f) Deficiente      g) Baja      h) Regular      i) Buena      j) **Muy buena**

**Nombres y Apellidos** : **Juan Roberto Pérez León Camborda**  
**Título Profesional** : **Químico Farmacéutico**  
**Grado Académico** : **Magíster**  
**Mención** : **Productos Naturales**



---

*Firma del experto*

**Lugar y fecha: Huancayo 05/10/2023**



**FORMATO: B**

**FICHAS DE VALIDACIÓN DEL INFORME DE OPINIÓN POR JUICIO DE EXPERTO**

**III. DATOS GENERALES**

III.1. Título de la Investigación : **DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA POTABLE EN VIVIENDAS DEL DISTRITO DE CHACLACAYO-LIMA, OCTUBRE 2023**

III.2. Nombre del instrumento : Ficha de resultados  
 motivo de evaluación

**IV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

Indicadores	Criterios	Deficiente				Baja				Regular				Buena				Muy Buena				
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado																				X	
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables																			X		
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagógica																				X	
4. Organización	Existe una organización lógica																				X	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad																			X		
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación																			X		
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos																			X		
8. Coherencia	Entre los índices e indicadores																			X		
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico																			X		
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación																			X		

## PROMEDIO DE VALORACIÓN

90

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: válido, aplicar



*Firma del experto*

<b>11-20</b>	<b>No valido, reformular</b>
<b>25-60</b>	<b>No valido, reformular</b>
<b>65-80</b>	<b>Valido, mejorar</b>
<b>85-100</b>	<b>Valido, aplicar</b>

**Nombres y Apellidos** : **Juan Roberto Pérez León Camborda**

**Título Profesional** : **Químico Farmacéutico**

**Grado Académico** : **Magíster**

**Mención** : **Productos Naturales**

## Anexo 06: Validación del Instrumento-Experto 3



### FORMATO: A

#### VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN POR JUICIO DE

**TESIS: “DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA POTABLE EN VIVIENDAS DEL DISTRITO DE CHACLACAYO-LIMA, OCTUBRE 2023”**

**Investigadores:** Bachiller AURORA SMITH DE LA CRUZ GUTIERREZ / Bachiller KARINA VANESSA VELASQUEZ ROQUE

**Indicación:** Señor calificador se le pide su colaboración para que luego de un riguroso análisis de los ítems de la ficha de recolección de datos respecto a la tesis: “DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA POTABLE EN VIVIENDAS DEL DISTRITO DE CHACLACAYO-LIMA, OCTUBRE 2023” que le mostramos, marque con un aspa el casillero que crea conveniente de acuerdo con su criterio y experiencia profesional, denotando si cuenta o no cuenta con los requisitos mínimos de formación para su posterior aplicación.

**NOTA:** Para cada ítem se considera la escala de 1 a 5 dónde:

1= Muy deficiente	2= Deficiente	3= Regular	4= Bueno	5= Muy bueno
-------------------	---------------	------------	----------	--------------

VARIABLE: Concentración de metales pesados	1	2	3	4	5
DIMENSIÓN 1: Niveles de plomo					X
DIMENSIÓN 2: Niveles de cadmio					X
DIMENSIÓN 3: Niveles de arsénico					X

**RECOMENDACIONES:** aplicable

**PROMEDIO DE VALORACIÓN**

5

**OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

k) Deficiente    l) Baja    m) Regular    n) Buena    o) **Muy buena**

**Nombres y Apellidos** : **Julio Luis Díaz Uribe**  
**Título Profesional** : **Químico Farmacéutico**  
**Grado Académico** : **Magíster**  
**Mención** : **Ciencia de los alimentos**



\_\_\_\_\_  
**Firma del experto**

**Lugar y fecha: Huancayo 04/10/2023**



**FORMATO: B**

**FICHAS DE VALIDACIÓN DEL INFORME DE OPINIÓN POR JUICIO DE EXPERTO**

**V. DATOS GENERALES**

V.1. Título de la Investigación : **DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN AGUA POTABLE EN VIVIENDAS DEL DISTRITO DE CHACLACAYO-LIMA, OCTUBRE 2023**

V.2. Nombre del instrumento : Ficha de resultados  
 motivo de evaluación

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

Indicadores	Criterios	Deficiente				Baja				Regular				Buena				Muy Buena				
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado																				X	
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables																			X		
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagógica																				X	
4. Organización	Existe una organización lógica																				X	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad																			X		
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación																			X		
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos																			X		
8. Coherencia	Entre los índices e indicadores																			X		
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico																			X		
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación																			X		

## PROMEDIO DE VALORACIÓN

90

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: válido, aplicar



Firma del experto

11-20	No valido, reformular
25-60	No valido, reformular
65-80	Valido, mejorar
85-100	Valido, aplicar

**Nombres y Apellidos** : **Julio Luis Díaz Uribe**  
**Título Profesional** : **Químico Farmacéutico**  
**Grado Académico** : **Magíster**  
**Mención** : **Ciencia de los alimentos**