



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**

**ESTUDIO DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS  
(ARSÉNICO, CADMIO, MERCURIO Y PLOMO) EN AGUA PARA  
CONSUMO HUMANO EN EL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA**

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

**AUTORES:**

Bach. DELGADO RODRIGUEZ, TANIA MAVILA

Bach. ZAVALA SUCUITANA, PAMELA CRISTINA

**ASESOR:**

Mg. MIRANDA PAREDES, JEAN PAUL

**LIMA – PERÚ**

**2021**

## DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido llegar hasta hoy, brindándome salud y fuerzas necesarias para lograr mis objetivos.

A mis padres, por su apoyo y amor incondicional a pesar de las adversidades.

A mi hermana, por la paciencia y el soporte en mis momentos de debilidad.

Y en memoria de mi abuela.

Tania Mavila Delgado Rodriguez

A Dios por bendecirme y ser mi guía.

A mis padres que con su esfuerzo, cuidado y dedicación han constituido en mí los pilares fundamentales para mi formación.

A mis mamitas, Teodora Vega y en memoria de Teófila Narváez, por sus enseñanzas y consejos para ser mejor cada día.

Pamela Cristina Zavala Sucuitana

## **AGRADECIMIENTO**

Primero a Dios, por fortalecer nuestros corazones e iluminar nuestras mentes y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido una gran compañía y soporte durante todo este periodo de estudio.

Gracias a nuestros maestros que en el transcurso de nuestra educación sembraron sólidos conocimientos para poder ejercer esta hermosa carrera.

Agradecemos a nuestro asesor de tesis Dr. Jean Paul Miranda Paredes, por su paciencia, conocimientos y consejos para poder culminar con este trabajo de investigación.

## Índice General

	<b>Páginas</b>
<b>Resumen</b>	ix
<b>Abstract</b>	x
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	8
2.1 Enfoque y diseño de la investigación	8
2.2 Población, muestra y muestreo	8
2.3 Variables de investigación	8
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	9
2.5 Proceso de recolección de datos	9
2.6 Métodos de análisis estadístico	10
2.7 Aspectos éticos	10
<b>III. RESULTADOS</b>	11
<b>IV. DISCUSIÓN</b>	28
4.1 Discusión de resultados	28
4.2 Conclusiones	29
4.3 Recomendaciones	30
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	31
<b>ANEXOS</b>	34

## Índice de Tablas

Tabla 1. Resultados de la Provincia Arequipa	12
Tabla 2. Resultados de la Provincia Camaná	13
Tabla 3. Resultado de la Provincia Caravelí	13
Tabla 4. Resultados de la Provincia Castilla	14
Tabla 5. Resultados de la Provincia Condesuyos	14
Tabla 6. Resultados de la Provincia Islay	15
Tabla 7. Resultados de concentración de metales pesados clasificados por provincia y tipo de estudio	26

## Índice de Figuras

Figura 1. Provincias del Departamento de Arequipa	11
Figura 2. Concentración de metales pesados obtenidos en la Provincia de Arequipa	15
Figura 3. Concentración de metales pesados obtenidos en la Provincia de Camaná	16
Figura 4. Concentración del metal pesado obtenido en la Provincia de Caravelí	16
Figura 5. Concentración de metales pesados obtenidos en la Provincia de Castilla	17
Figura 6. Concentración de metales pesados obtenidos en la Provincia de Condesuyos	18
Figura 7. Concentración de metales pesados obtenidos en la Provincia de Islay	18
Figura 8. Comparación de metales pesados entre las Provincias del Departamento de Arequipa	19
Figura 9. Comparación de arsénico con el límite máximo permisible del D.S. N°031-2010-SA-MINSA	20
Figura 10. Comparación de cadmio con el límite máximo permisible del D.S. N°031-2010-SA-MINSA	21
Figura 11. Comparación de mercurio con el límite máximo permisible del D.S. N°031-2010-SA-MINSA	21
Figura 12. Comparación de plomo con el límite máximo permisible del D.S. N°031-2010-SA-MINSA	22
Figura 13. Comparación de arsénico con el límite máximo permisible de la OMS	23
Figura 14. Comparación de cadmio con el límite máximo permisible de la OMS	24

Figura 15. Comparación de mercurio con el límite máximo permisible de la OMS	24
Figura 16. Comparación de plomo con el límite máximo permisible de la OMS	25

## Índice de Anexos

<b>Anexo A.</b> Operacionalización de la variable o variables	35
<b>Anexo B.</b> Matriz de consistencia	36
<b>Anexo C.</b> Límites Máximos Permisibles, según lo establece el D.S. N°031-2010-SA-MINSA	37
<b>Anexo D.</b> Límites Máximos Permisibles, según lo establece la guía para la calidad de agua potable de la OMS	38
<b>Anexo E.</b> Ficha de recolección de datos	39



## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar la concentración de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa.

**Métodos:** Se realizó el método inductivo, el enfoque del estudio es descriptivo, cualitativo, cuantitativo y transversal. Su diseño es no experimental, contando con estudios de metales pesados de diferentes fuentes de agua para consumo humano en el departamento de Arequipa. La técnica de recolección de información fue a través del análisis documental, empleando como instrumento las fichas de registros de datos.

**Resultado:** En la provincia de Arequipa encontramos, arsénico 0.0288 mg/L, cadmio 0.0002 mg/L, mercurio 0.0002 mg/L y plomo 0.005 mg/L. En la provincia de Camaná encontramos, arsénico 0.0170 mg/L, cadmio 0.0083 mg/L, plomo 0.056 mg/L. En la provincia de Caravelí encontramos, mercurio 0.0699 mg/L. En la provincia de Castilla encontramos, arsénico 0.0003 mg/L, cadmio 0.00003 mg/L, mercurio 0.00005 mg/L y plomo 0.0001 mg/L. En la provincia de Condesuyos encontramos, arsénico 0.00128 mg/L, cadmio 0.00001 mg/L, mercurio 0.0005 mg/L y plomo 0.00035 mg/L. En la provincia de Islay encontramos, arsénico 0.10534 mg/L, cadmio 0.00081 mg/L, mercurio 0.00006 mg/L y plomo 0.00714 mg/L.

**Conclusiones:** Se evaluó la concentración de metales pesados en 6 provincias del departamento de Arequipa, encontrándose que la mayoría de resultados superan los límites máximos permisibles establecidos por el D.S. N°031-2010-SA-MINSA y por la OMS.

**Palabras claves:** metales pesados, agua para consumo humano, arsénico, mercurio, cadmio y plomo.

## ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the concentration of arsenic, cadmium, mercury and lead in water for human consumption in the department of Arequipa.

**Methods:** The inductive method was carried out, the focus of the study is descriptive, qualitative, quantitative and cross-sectional. Its design is non-experimental, with studies of heavy metals from different sources of water for human consumption in the department of Arequipa. The information gathering technique was through documentary analysis, using the data record sheets as an instrument.

**Result:** In the province of Arequipa we found arsenic 0.0288 mg / L, cadmium 0.0002 mg / L, mercury 0.0002 mg / L and lead 0.005 mg / L. In the province of Camaná we find arsenic 0.0170 mg / L, cadmium 0.0083 mg / L, lead 0.056 mg / L. In the province of Caravelí we found, mercury 0.0699 mg / L. In the province of Castilla we find arsenic 0.0003 mg / L, cadmium 0.00003 mg / L, mercury 0.00005 mg / L and lead 0.0001 mg / L. In the province of Condesuyos we find arsenic 0.00128 mg / L, cadmium 0.00001 mg / L, mercury 0.0005 mg / L and lead 0.00035 mg / L. In the province of Islay we find 0.10534 mg / L arsenic, 0.00081 mg / L cadmium, 0.00006 mg / L mercury and 0.00714 mg / L lead.

**Conclusions:** The concentration of heavy metals was evaluated in 6 provinces of the department of Arequipa, finding that most of the results exceed the maximum permissible limits established by the S.D. N ° 031-2010-SA-MINSA and by the OMS.

**Keywords:** heavy metals, water for human consumption, arsenic, mercury, cadmium and lead.

## I. INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en el 2010 reportó una lista de los diez contaminantes de mayor preocupación para la salud de la población, donde se encontraron al plomo, mercurio, cadmio y arsénico como los principales metales pesados.

El MINSA en su Vigilancia epidemiológica identificó a la minería como una fuente principal de contaminación de metales pesados<sup>1</sup>.

El MINSA mediante DIGESA ha puesto en marcha el Plan de Supervisión de la Calidad del Saneamiento del Agua para consumo humanitario desde el año 2003 con énfasis en la vigilancia bacteriológica, el programa se amplió el año 2010 y emitió recomendaciones basadas según la guía de la OMS, así como la implementación del plan de seguridad hídrica mencionado anteriormente. Por ello, las Entidades prestadoras de Servicios, EPS- se ha ido adaptando a esta normativa, cuando se detecta agua potable que supera el valor estándar para arsénico y metales pesados, adaptan sus métodos de tratamiento para eliminar estos metales<sup>2</sup>.

Los metales pesados en el agua para consumo humano representan un peligro para la sociedad. Las personas están propensas principalmente a metales pesados a través del consumo de agua, sin embargo, poco de estos pueden acumularse en el cuerpo (por ejemplo, en lípidos y el sistema gastrointestinal, éstos pueden provocar cáncer y otras enfermedades<sup>3</sup>.

La contaminación ambiental es uno de los problemas más relevantes que afectan a la población del siglo XXI. Entre los metales pesados estudiados en el presente trabajo (arsénico, cadmio, mercurio y plomo), el arsénico está muy diseminado en la corteza terrestre con una cantidad promedio de 2mg/kg. Está presente en pocas cantidades y en diversos tipos de rocas, suelos, aguas y aires<sup>4</sup>.

Cada vez hay más países con un alto contenido de arsénico en el agua potable, lo que destaca el aumento del contenido de arsénico (As) en el agua para la salud pública a nivel mundial. En América Latina, el problema de la contaminación del agua por As se conoce en 14 de los 20 países: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, El

Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Perú y Uruguay. Se estima que el número de personas expuestas es de aproximadamente 14 millones, considerando el límite de 10g/L para arsénico en el agua potable<sup>5</sup>.

En un estudio realizado en Perú en el año 2014, se manifestó que cerca de 50 de los recursos hídricos no están conformes con los protocolos de uso para el consumo humano, riego o preservación de los ecosistemas. En varias zonas rurales muchas personas están expuestas a ingerir agua sin una adecuada calidad y cerca al 8% de fallecidos por factores relacionados a la salud ambiental se originan por el inadecuado acceso al agua y limpieza<sup>1</sup>.

Conforme a la Estrategia Nacional para mejorar la Calidad del agua 2016, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) halló 41 unidades hidrográficas, donde los factores de calidad superan los ECA-Agua, que es la principal causa de descarga de aguas residuales de la industria, domésticas y municipios<sup>6</sup>.

El presente estudio corresponde a la evaluación de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo), encontrados en agua para consumo humano donde realizaremos una comparación entre los límites máximos permisibles según el D.S. N°031-2010-SA-MINSA y límites máximos permisibles según la OMS con los valores reales encontrados según diversas investigaciones realizadas en el departamento de Arequipa.

**Por lo tanto, se tiene como problema general lo siguiente:**

¿Cuál es la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa?

**Siendo como problema específico lo siguiente:**

- ¿La concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa superan los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N°031-2010-SA-MINSA?

- ¿La concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa superan los límites máximos permisibles establecidos por la OMS?

- ¿Qué metal pesado se encuentra en mayor concentración en el agua para consumo humano en el departamento de Arequipa?

**En tal sentido, precisamos las teorías relacionadas al tema:**

El agua es un compuesto formado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Es líquido, inodoro, insípido e incoloro. Es el componente más abundante de la superficie terrestre. Las fuentes de abastecimiento de agua pueden ser: aguas subterráneas, aquellas que provienen de manantiales, pozos y nacientes. Aguas superficiales, aquellas que provienen de lagos, ríos, canales, etc. aquí también se encuentran las aguas pluviales, que son las que se obtiene de la lluvia, provenientes de las precipitaciones<sup>7</sup>.

Los metales pesados son elementos que los humanos ni crean ni destruyen, sino que se introducen directamente en el medio ambiente de manera que se modifican química o biológicamente<sup>8</sup>.

Son en general tóxicos para los seres humanos y entre los más susceptibles, destacamos: El arsénico, es una sustancia química que se encuentra en el agua geotermal, en rocas volcánicas y rocas sedimentarias. El cadmio, identificado como una sustancia muy contaminante, se encuentra en la corteza terrestre y existe muchas veces junto con otros minerales<sup>9</sup>.

El mercurio, es uno de los contaminantes más dañinos, las principales fuentes de contaminación son: la natural, por deslizamientos de tierra o abrasión de la corteza terrestre y provocada por el hombre<sup>10</sup>.

El plomo es un elemento químico que se encuentra en la corteza terrestre, catalogado como una sustancia muy contaminante para la naturaleza, causando serios problemas de salud pública a todos los que se encuentran expuestos<sup>11</sup>.

### **A nivel internacional se reseña los siguientes antecedentes:**

Arada et al. (2017), indican en su estudio que el agua de los pozos “Rive Fuente” y “Bárbara” del poblado El Cobre en Cuba, no son aptas para ser utilizadas como agua potable, ni para abasto, debido a que existen metales pesados como el plomo, aluminio, cromo y cadmio, los cuales sobrepasan los Límites máximos admitidos según la Norma Cubana 827-2012 “Agua Potable” y la Norma Cubana 1021:2014 “Higiene Comunal-Fuentes de abastecimiento de agua”<sup>12</sup>.

Nawab et al. (2016), mencionan en su estudio que el 70% de las fuentes de agua utilizadas para beber en la Agencia Malakand de Pakistán, estaban contaminadas con F. coliform, lo que representa una alta contaminación bacteriana. Los metales pesados, como cadmio (29 y 8%), níquel (16 y 78%) y cromo (7%), excedieron sus respectivos límites de seguridad de la OMS y Pak-EPA, mientras que el plomo (9%) solo superó el límite de seguridad de la OMS, siendo un riesgo potencial para la salud de los habitantes<sup>13</sup>.

Segura et al. (2003), indican en su estudio que las concentraciones de plomo, cadmio y zinc en agua de bebederos de presión son superiores a lo recomendado en 40%, 20% y 13% respectivamente, de acuerdo con la Guía de Valores Máximos Recomendados de la OMS. Los resultados son analizados considerando aspectos nutricionales y toxicológicos, refiriéndose a la presencia de metales esenciales y tóxicos para el ser humano. La comparación de los límites reglamentarios de 10 países de América, revela la necesidad de establecer un consenso sobre la concentración máxima de metales en el agua potable<sup>14</sup>.

### **A nivel nacional se reseña los siguientes antecedentes:**

Copa S, Roque K (2016), determinaron en su tesis la calidad del agua para consumo humano ubicado en el Distrito de Uñon Provincia De Castilla, específicamente en el centro poblado de Santuario de Uñon. Para ello evaluaron las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua proveniente de la quebrada de Huayunca. Todos los parámetros evaluados se encontraron dentro de los límites aceptados en la norma para agua potable D.S. N°031-2010-SA y DIGESA a excepción del parámetro de bacterias coliformes totales<sup>15</sup>.

Núñez (2015), indicó en su tesis que el agua del Distrito Mariscal Cáceres - San José en la Provincia de Camaná – Arequipa no es apta para consumo humano, ya que contiene arsénico promedio de  $0.017 \text{ mgL}^{-1}$ , hierro promedio de  $0.9835 \text{ mgL}^{-1}$  y manganeso promedio de  $0.8455 \text{ mgL}^{-1}$ , los cuales no están dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA<sup>16</sup>.

Torres (2015), mencionó en su tesis que la concentración de arsénico en agua potable proveniente de 2 tipos de fuente de agua: Superficial y Manantial, superan los LMP y en mayor concentración el de fuente de manantial. El autor concluye que el agua de la red pública para consumo humano proveniente de los 2 tipos de fuente, se encuentran por encima de los LMP de los Estándares de Calidad Ambiental<sup>17</sup>.

**En concordancia a lo mencionado anteriormente la justificación de nuestro trabajo se basa en:**

- Justificación teórica:

El agua es un recurso vital para la existencia del ser vivo, por ello, el uso adecuado y el proceso de sanitización del agua para consumo humano se volvió en un punto crítico para la sociedad.

Como labor de Químico Farmacéutico nuestro compromiso con la población recae en dar la información necesaria para que tomen conciencia acerca de las condiciones que deberían tener las fuentes de agua que se consideran para consumo.

- Justificación práctica

Este trabajo de investigación tiene como principal enfoque la calidad de agua para el consumo humano considerado como un tema de prioridad para la salud pública.

El resultado de esta investigación permitirá conocer si las cantidades de metales pesados se encuentran dentro del límite máximo permisible según el D.S. N°031-2010-SA-MINSA y la OMS.

#### - Justificación social

La intención del presente trabajo es permitir que las personas se relacionen e interesen con la problemática de la contaminación del agua por metales pesados y concientizar a las entidades correspondientes para que realicen un constante monitoreo en las fuentes de agua para consumo humano en el departamento de Arequipa.

De esta manera promovemos que la normativa sea cumplida en su totalidad reduciendo así, el riesgo de enfermedades.

#### - Justificación metodológica

La motivación que sustenta a este proyecto es la salud y bienestar de nuestro país, y una de las razones es aportar información de estudios ya elaborados para conocer la realidad en un determinado tiempo, basándonos en el uso de la metodología del análisis crítico y descriptivo.

**De acuerdo a lo expuesto, el trabajo está orientado a cumplir los siguientes objetivos:**

#### **Objetivo general:**

- Evaluar la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa.

#### **Objetivos específicos:**

- Realizar una comparación de la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa con los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N°031-2010-SA-MINSA.

- Realizar una comparación de la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa con los límites máximos permisibles establecidos por la OMS.

- Determinar qué metal pesado se encuentra en mayor concentración en el agua para consumo humano en el departamento de Arequipa.



**Por lo tanto, de este trabajo podemos obtener las siguientes Hipótesis:**

**Hipótesis General:**

- Se lograría evaluar la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa.

**Hipótesis Específicos:**

- La concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano superarían los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N°031-2010-SA-MINSA.

- La concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano superarían los límites máximos permisibles establecidos por la OMS.

- Los metales pesados como el arsénico y el mercurio se encontrarían en mayor concentración en el agua para consumo humano en el departamento de Arequipa.

## **II. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El enfoque del estudio es descriptivo, cualitativo, cuantitativo y transversal, la variable seleccionada no se manipula. Descriptivo, donde se medirán las características de las variables en nuestra investigación (valores de las concentraciones de arsénico, cadmio, mercurio y plomo). Los resultados no se limitan a la recolección de datos, sino a la identificación de los valores que existen según los estudios realizados de estos metales pesados en agua para consumo humano en las provincias de Arequipa. Cualitativo se refiere a que se encuentra enfocado en la teoría y clasificación de los datos encontrados sobre los metales en agua para consumo humano en provincias de Arequipa según nuestro estudio.

Transversal debido que los datos se recopilan dentro de un período de tiempo determinado. El diseño de la investigación no es experimental, porque observaremos fenómenos que ocurren naturalmente sin interferir con su desarrollo.

### **2.2 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO**

En el presente estudio se evalúa los niveles de concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en diferentes fuentes de agua para consumo humano en las siguientes provincias del departamento de Arequipa: Arequipa, Islay, Camaná, Condensuyos, Castilla y Caravelí.

### **2.3 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

El presente estudio presenta como variable independiente, la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo), según su naturaleza, es una variable cuantitativa continua.

Como variable dependiente, consideramos el agua para consumo humano y su clasificación, según su naturaleza, es una variable cualitativa y su escala de medición es nominal.

**Variable Independiente:** Concentración de metales pesados.

Definición conceptual: Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad alta. Son en general tóxicos para los seres humanos y entre los más susceptibles de presentarse en el agua destacamos el arsénico, cadmio, mercurio y plomo.

Definición operacional: Se registran los valores de concentración de metales pesados registrados en la documentación, luego se codifican y almacenan en las hojas de cálculo del programa Microsoft Excel.

**Variable Dependiente:** Agua para consumo humano.

Definición conceptual: Agua apta para consumo humano, tratada bajo normas de calidad nacional e internacional que garantiza la calidad de este recurso.

Definición operacional: Se clasifica mediante el análisis documental donde determinan el tipo de fuente de agua y localidades más afectadas.

## **2.4 TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Se empleará la técnica para la recolección de información mediante el análisis documental utilizando técnicas de lectura rápida y analítica, empleando como instrumento las fichas de registros de datos (Anexo E), con ello obtener y recopilar información relacionados con el problema y objetivo de investigación, con la cual se obtendrá una cantidad importante de información de forma óptima y eficaz.

## **2.5 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Para desarrollar nuestro trabajo, en el proceso de recolección de datos, se emplearon los siguientes procedimientos: la observación sistemática indirecta, mediante esta técnica se podrá analizar y estudiar los diversos documentos que contienen

información sobre la concentración de metales pesados en agua para consumo humano.

## **2.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para el análisis estadístico, los datos cuantitativos serán procesados y analizados electrónicamente, y sus variables serán clasificadas y sistematizadas según la unidad de análisis correspondientes a través del programa de Microsoft Excel. Donde una vez recogidos los datos útiles para la investigación, estos se registrarán en forma manual, luego se codificarán y almacenarán en las hojas de cálculo del programa. El proceso de datos culmina con la presentación en tablas simples y gráficos lineales de estadística, los mismos que permiten analizar la comparación para cada metal en estudio (arsénico, cadmio, mercurio y plomo).

## **2.7 ASPECTOS ÉTICOS**

Se tomará en cuenta el principio ético y moral en la investigación ya que debe tener veracidad y precisión en la información, empleando las normas VANCOUVER respetando los derechos de autor, ya que lo que se busca es beneficiar a la población con la realización de esta tesis para el cual se requiere de una información real de los resultados, a fin de informarle de cómo se encuentra el agua que consumen, por lo tanto, se trata de realizar una investigación que sea lo más objetiva posible.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. RECOLECCION DE DATOS

Los estudios de metales pesados en agua para consumo humano fueron evaluados en 6 provincias de Arequipa.



**FIGURA N° 1: PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA**

Según la provincia Arequipa los distritos evaluados son: Tiabaya, Sachaca, Sabandia, Cayma, Yanahuara, Cerro Colorado, Cercado, Characato, Chiguata, Arequipa, Paucarpata.

Según la provincia Camaná los distritos evaluados son: Mariscal Cáceres, Quilca, Ocoña.

Según la provincia Caravelí el distrito evaluado: Chala

Según la provincia Castilla el distrito evaluado: Uñon

Según la provincia Condesuyos el distrito evaluado: Cayarani

Según la provincia Islay los distritos evaluados son: Dean Valdivia, Punta de Bombón, Mollendo

### 3.2. RESULTADOS DE LA DETERMINACION DE ARSENICO, CADMIO, MERCURIO Y PLOMO EN LAS PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA

**TABLA N°1: RESULTADOS DE LA PROVINCIA AREQUIPA**

Distrito	Concentraciones de Metales Pesados			
	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Hg (mg/L)	Pb (mg/L)
Tiabaya	0.042	N.E	N.E	N.E
Sachaca	0.034	N.E	N.E	N.E
Sabandia	0.053	N.E	N.E	N.E
Cayma	0.024	N.E	N.E	N.E
Yanahuara	0.023	N.E	N.E	N.E
Cerro Colorado	0.024	N.E	N.E	N.E
Arequipa	0.022	N.E	N.E	N.E
Characato	0.008	0.0002	0.0002	0.005
Sabandia	0.027	0.0002	0.0002	0.005
Sabandia	0.039	0.0002	0.0002	0.005
Chiguata	0.005	0.0002	0.0002	0.005
Chiguata	0.008	0.0002	0.0002	0.005
Arequipa	0.172	0.0002	0.0002	0.005
Chiguata	0.01	N.E	N.E	N.E
Paucarpata	0.027	N.E	N.E	N.E
<b>PROMEDIO</b>	0.0288	0.0002	0.0002	0.005

Donde: (N.E) No Evaluado

En la tabla N°1 se aprecia los resultados del análisis de la concentración de metales pesados en agua para consumo humano en la provincia de Arequipa, en donde el

promedio de arsénico es 0.0288 mg/L, cadmio es 0.0002 mg/L, mercurio es 0.0002 mg/L y plomo es 0.005 mg/L.

**TABLA N°2: RESULTADOS DE LA PROVINCIA CAMANÁ**

Distrito	Concentraciones de Metales Pesados			
	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Hg (mg/L)	Pb (mg/L)
Mariscal Cáceres	0.017	N.E	N.E	N.E
Quilca	0.0180	0.0190	N.E	0.1070
Quilca	0.0220	0.0030	N.E	0.0500
Ocoña	0.0360	0.0030	N.E	0.0110
<b>PROMEDIO</b>	0.0170	0.0083	N.E	0.056

Donde: (N.E) No Evaluado

En la tabla N°2 se aprecia los resultados del análisis de la concentración de metales pesados en agua para consumo humano en la provincia de Camaná, en donde el promedio de arsénico es 0.0170 mg/L, cadmio es 0.0083 mg/L, mercurio no ha sido evaluado y plomo es 0.056 mg/L.

**TABLA N°3: RESULTADO DE LA PROVINCIA CARAVELÍ**

Distrito	Concentraciones de Metales Pesados			
	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Hg (mg/L)	Pb (mg/L)
Chala	N.E	N.E	0.1224	N.E
Chala	N.E	N.E	0.0173	N.E
<b>PROMEDIO</b>	N.E	N.E	0.0699	N.E

Donde: (N.E) No Evaluado

En la tabla N°3 se aprecia como resultado el análisis de la concentración del mercurio en agua para consumo humano en la provincia de Caravelí, en donde el promedio de mercurio es 0.0699 mg/L. Los metales como el arsénico, cadmio y plomo no han sido evaluados.

**TABLA N°4: RESULTADOS DE LA PROVINCIA CASTILLA**

Distrito	Concentraciones de Metales Pesados			
	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Hg (mg/L)	Pb (mg/L)
Uñon	0.0003	0.00003	0.00005	0.0001
<b>PROMEDIO</b>	0.0003	0.00003	0.00005	0.0001

En la tabla N°4 se aprecia los resultados del análisis de la concentración de metales pesados en agua para consumo humano en la provincia de Castilla, en donde el promedio de arsénico es 0.0003 mg/L, cadmio es 0.00003 mg/L, mercurio es 0.00005 mg/L y plomo es 0.0001 mg/L.

**TABLA N°5: RESULTADOS DE LA PROVINCIA CONDESUYOS**

Distrito	Concentraciones de Metales Pesados			
	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Hg (mg/L)	Pb (mg/L)
Cayarani	0.00028	0.00001	0.0005	0.0001
Cayarani	0.00228	0.00001	0.0005	0.0006
<b>PROMEDIO</b>	0.00128	0.00001	0.0005	0.00035

En la tabla N°5 se aprecia los resultados del análisis de la concentración de metales pesados en agua para consumo humano en la provincia de Condesuyos, en donde el promedio de arsénico es 0.00128 mg/L, cadmio es 0.00001 mg/L, mercurio es 0.0005 mg/L y plomo es 0.00035 mg/L.



**TABLA N°6: RESULTADOS DE LA PROVINCIA ISLAY**

Distrito	Concentraciones de Metales Pesados			
	As (mg/L)	Cd (mg/L)	Hg (mg/L)	Pb (mg/L)
Dean Valdivia y Punta de Bombón	0.11824	0.00127	0.00006	0.00951
Dean Valdivia y Punta de Bombón	0.09243	0.00034	0.00006	0.00477
Mollendo	0.2034	0.0070	N.E	0.0320
<b>PROMEDIO</b>	0.10534	0.00081	0.00006	0.00714

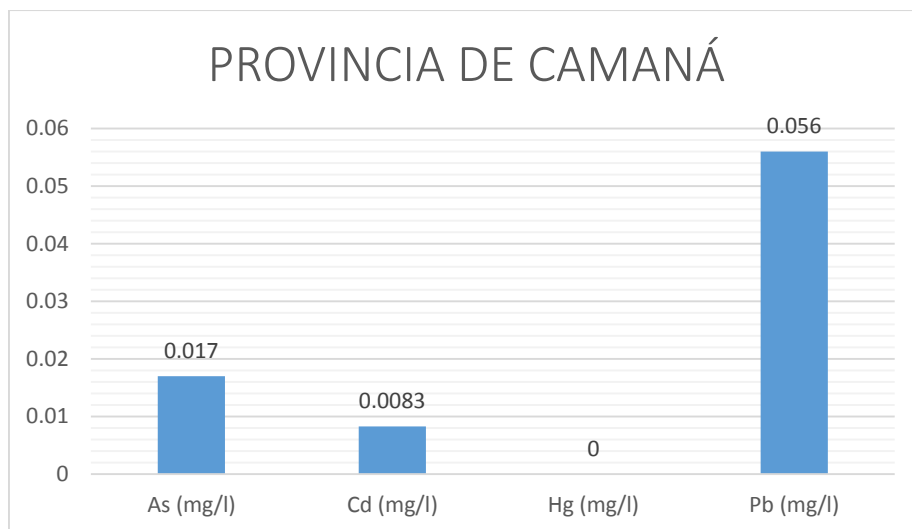
Donde: (N.E) No Evaluado

En la tabla N°6 se aprecia los resultados del análisis de la concentración de metales pesados en agua para consumo humano en la provincia de Islay, en donde el promedio de arsénico es 0.10534 mg/L, cadmio es 0.00081 mg/L, mercurio es 0.00006 mg/L y plomo es 0.00714 mg/L.



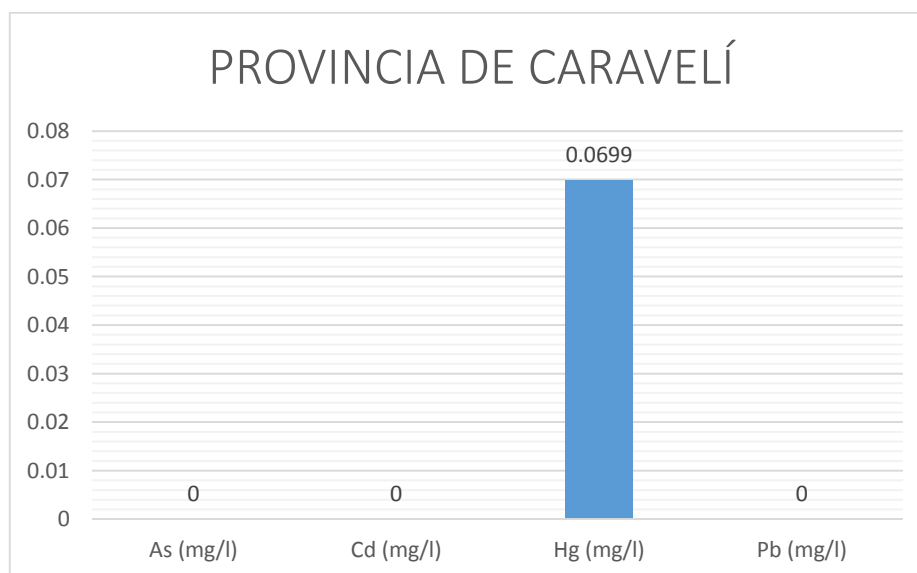
**FIGURA N°2: CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS OBTENIDOS EN LA PROVINCIA DE AREQUIPA**

Como se puede observar en la Figura N°2 la concentración de metales pesados en agua para consumo humano obtenidos en la provincia de Arequipa encontramos el valor más bajo en cadmio y mercurio siendo de 0.0002 mg/L y el valor más alto en arsénico es de 0.0288 mg/L.



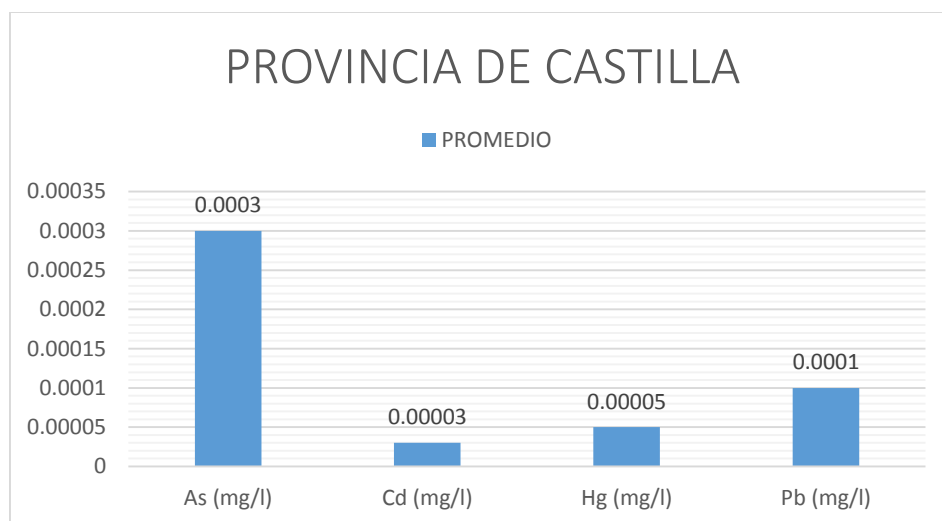
**FIGURA N°3: CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS OBTENIDOS EN LA PROVINCIA DE CAMANÁ**

Como se puede observar en la Figura N°3 la concentración de metales pesados en agua para consumo humano obtenidos en la provincia de Camaná encontramos el valor más bajo en cadmio es de 0.0083 mg/L y el valor más alto en plomo es de 0.056 mg/L. El mercurio no fue evaluado.



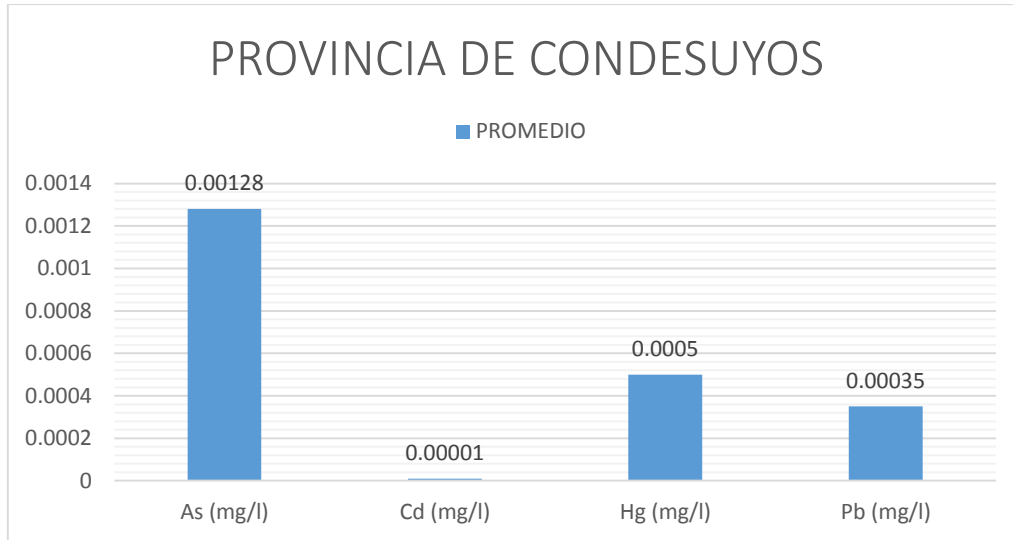
**FIGURA N°4: CONCENTRACIÓN DEL METAL PESADO OBTENIDO EN LA PROVINCIA DE CARAVELÍ**

Como se puede observar en la Figura N°4 la concentración de mercurio es de 0.0699 mg/L en agua para consumo humano obtenido en la provincia de Caravelí. El arsénico, cadmio y plomo no fueron evaluados.



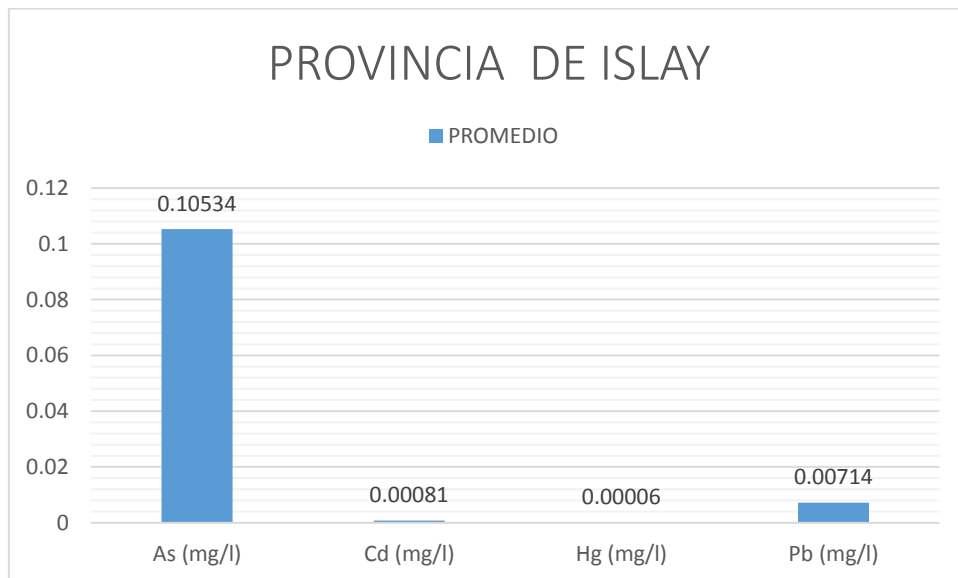
**FIGURA N°5: CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS OBTENIDOS EN LA PROVINCIA DE CASTILLA**

Como se puede observar en la Figura N°5 la concentración de metales pesados en agua para consumo humano obtenidos en la provincia de Castilla encontramos el valor más bajo en cadmio es de 0.00003 mg/L y el valor más alto en arsénico es de 0.0003 mg/L.



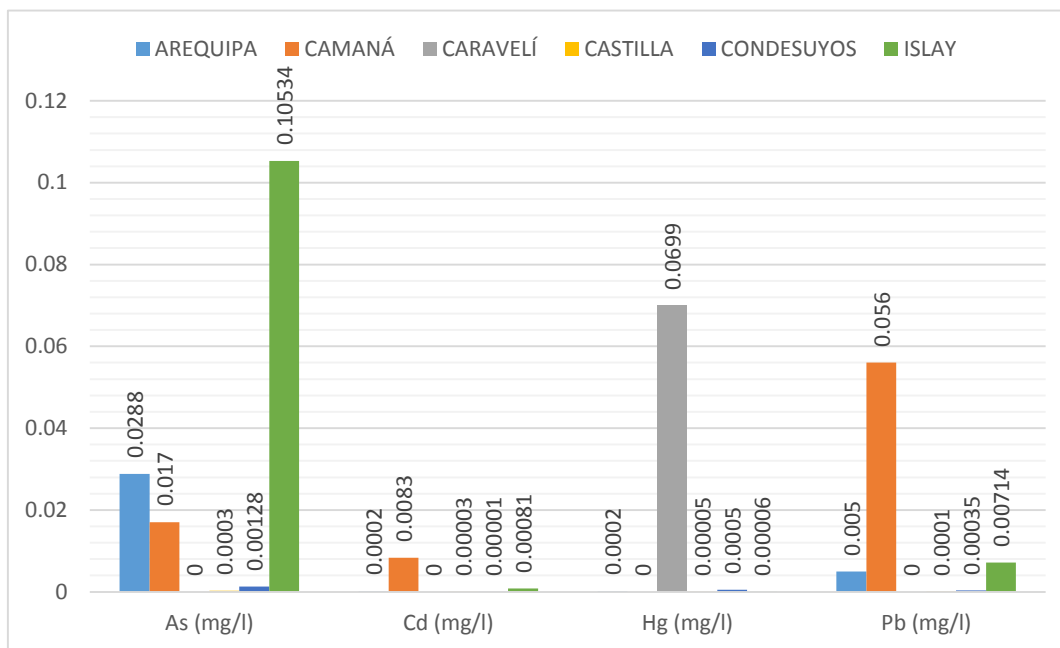
**FIGURA N°6: CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS OBTENIDOS EN LA PROVINCIA DE CONDESUYOS**

Como se puede observar en la Figura N°6 la concentración de metales pesados en agua para consumo humano obtenidos en la provincia de Condesuyos encontramos el valor más bajo en cadmio es de 0.00001 mg/L y el valor más alto en arsénico es de 0.00128 mg/L.



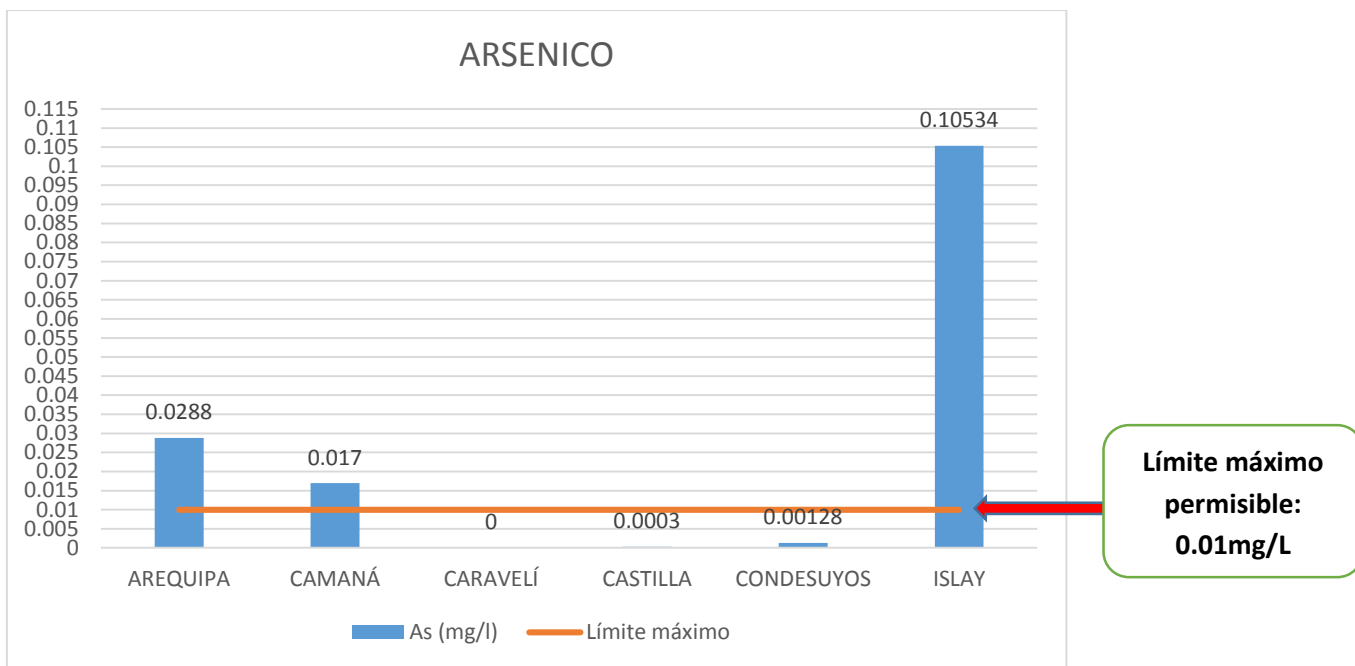
**FIGURA N°7: CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS OBTENIDOS EN LA PROVINCIA DE ISLAY**

Como se puede observar en la Figura N°7 la concentración de metales pesados en agua para consumo humano obtenidos en la provincia de Islay encontramos el valor más bajo en mercurio es de 0.00006 mg/L y el valor más alto en arsénico es de 0.10534 mg/L.



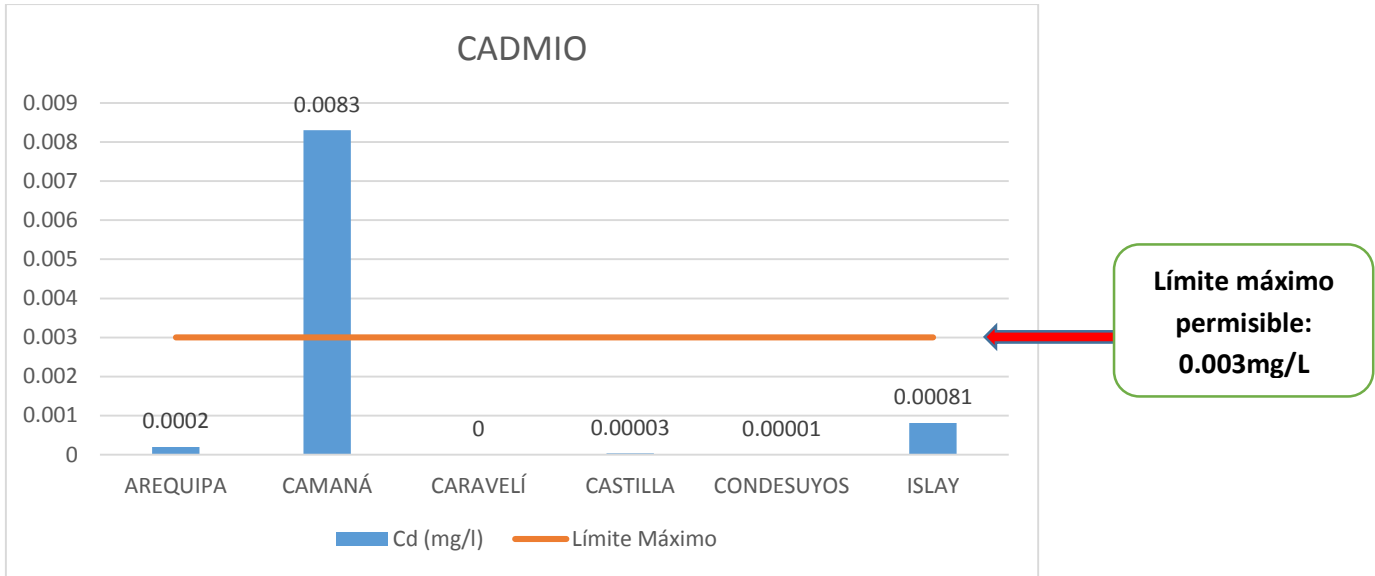
**FIGURA N°8: COMPARACIÓN DE METALES PESADOS ENTRE LAS PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DE AREQUIPA**

En la presente Figura N°8 se aprecia la concentración de metales pesados en agua para consumo humano obtenidos en las provincias (Arequipa, Camaná, Caravelí, Castilla, Condesuyos e Islay) del departamento de Arequipa. Encontramos el valor más alto en arsénico de 0.10534 mg/L en la provincia de Islay. El valor más alto en cadmio de 0.0083 mg/L en la provincia de Camaná. El valor más alto en mercurio de 0.0699 mg/L en la provincia de Caravelí. El valor más alto en plomo de 0.056 mg/L en la provincia de Camaná.



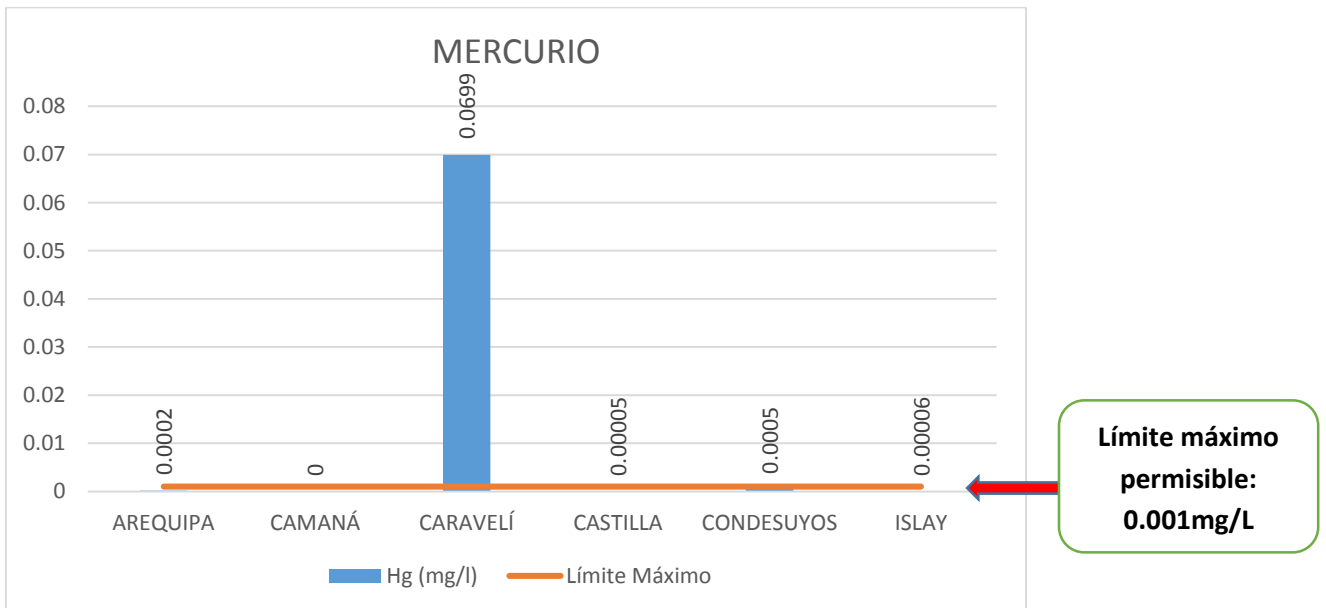
**FIGURA N°9: COMPARACIÓN DE ARSÉNICO CON EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DEL D.S. N°031-2010-SA-MINSA**

Como se puede observar en la Figura N°9 la concentración de arsénico en agua para consumo humano obtenidos en las provincias de Arequipa, Camaná e Islay del departamento de Arequipa supera el límite máximo permisible establecido en el D.S. N°031-2010-SA-MINSA.



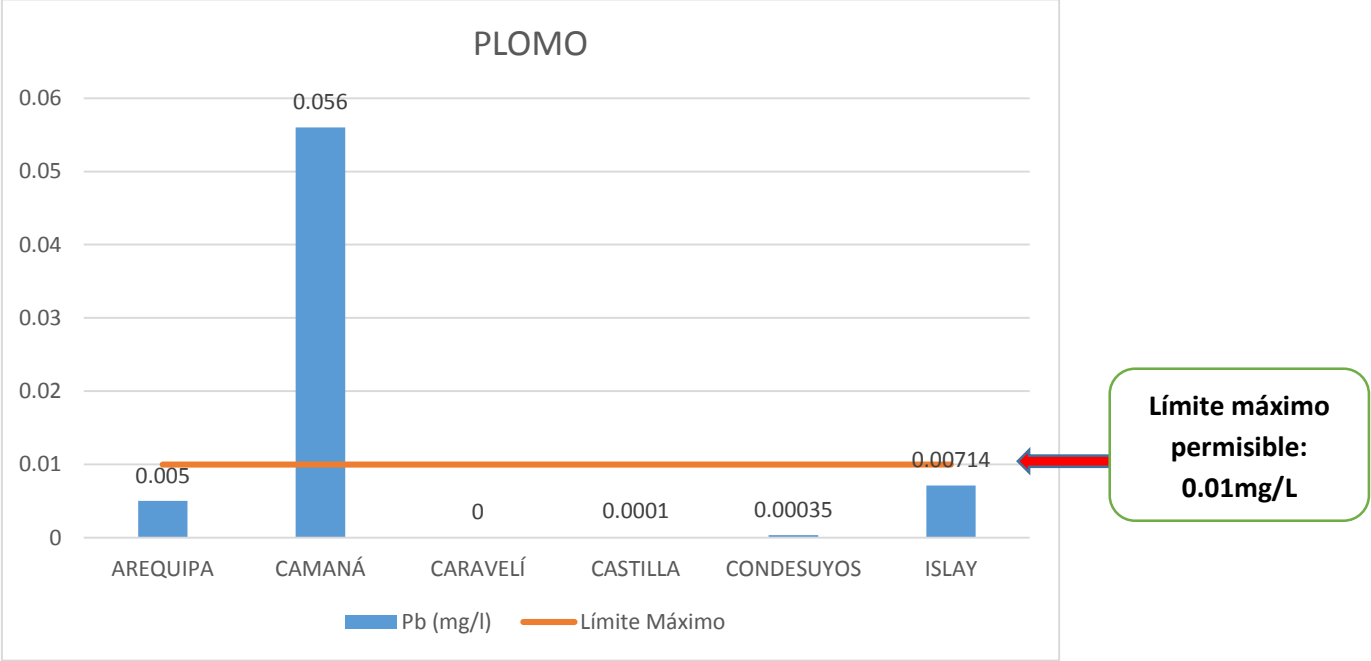
**FIGURA N°10: COMPARACIÓN DE CADMIO CON EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DEL D.S. N°031-2010-SA-MINSA**

Como se puede observar en la Figura N°10 la concentración de cadmio en agua para consumo humano obtenido en la provincia de Camaná del departamento de Arequipa supera el límite máximo permisible establecido en el D.S. N°031-2010-SA-MINSA.



**FIGURA N°11: COMPARACIÓN DE MERCURIO CON EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DEL D.S. N°031-2010-SA-MINSA**

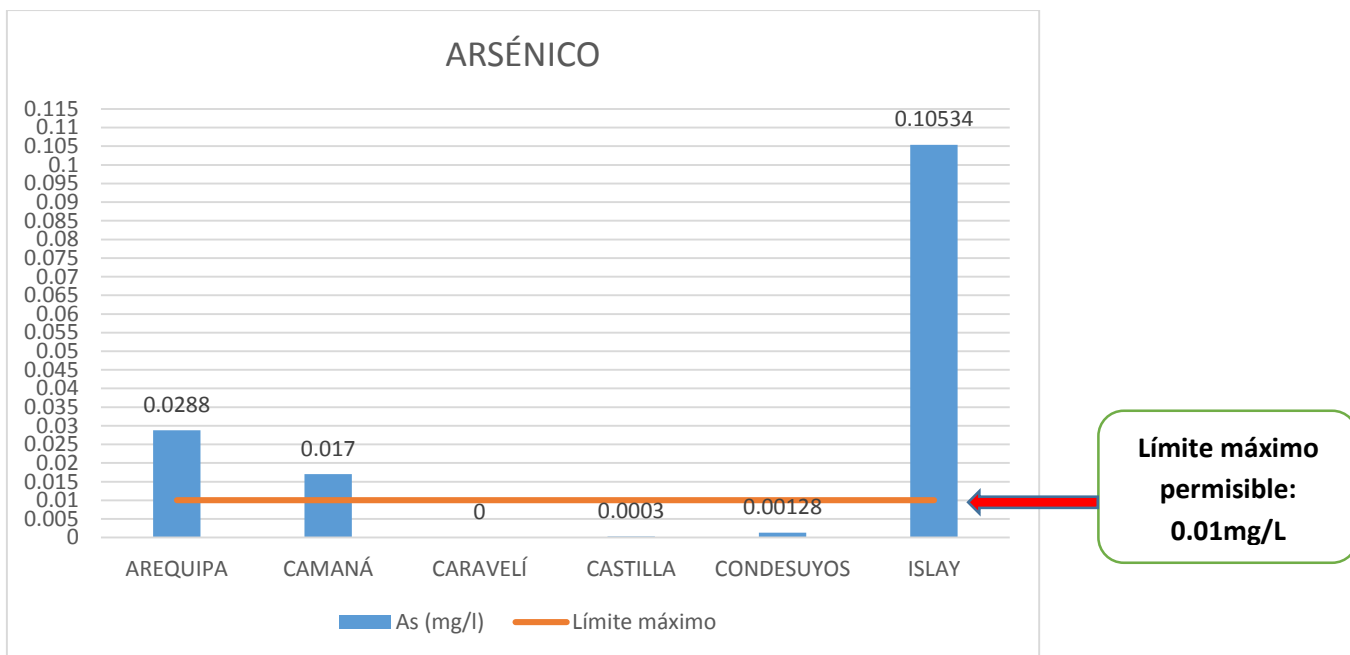
Como se puede observar en la Figura N°11 la concentración de mercurio en agua para consumo humano obtenido en la provincia de Caravelí del departamento de Arequipa supera el límite máximo permisible establecido en el D.S. N°031-2010-SA-MINSA.



**FIGURA N°12: COMPARACIÓN DE PLOMO CON EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DEL D.S. N°031-2010-SA-MINSA**

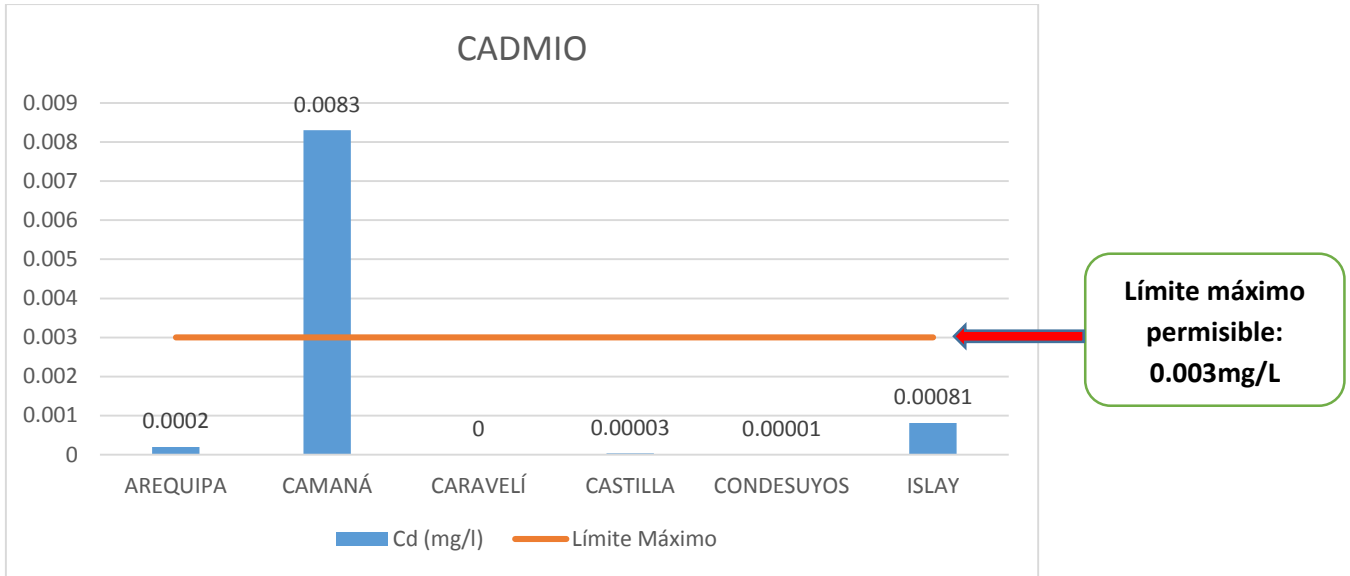
Como se puede observar en la Figura N°12 la concentración de plomo en agua para consumo humano obtenido en la provincia de Camaná del departamento de Arequipa supera el límite máximo permisible establecido en el D.S. N°031-2010-SA-MINSA.





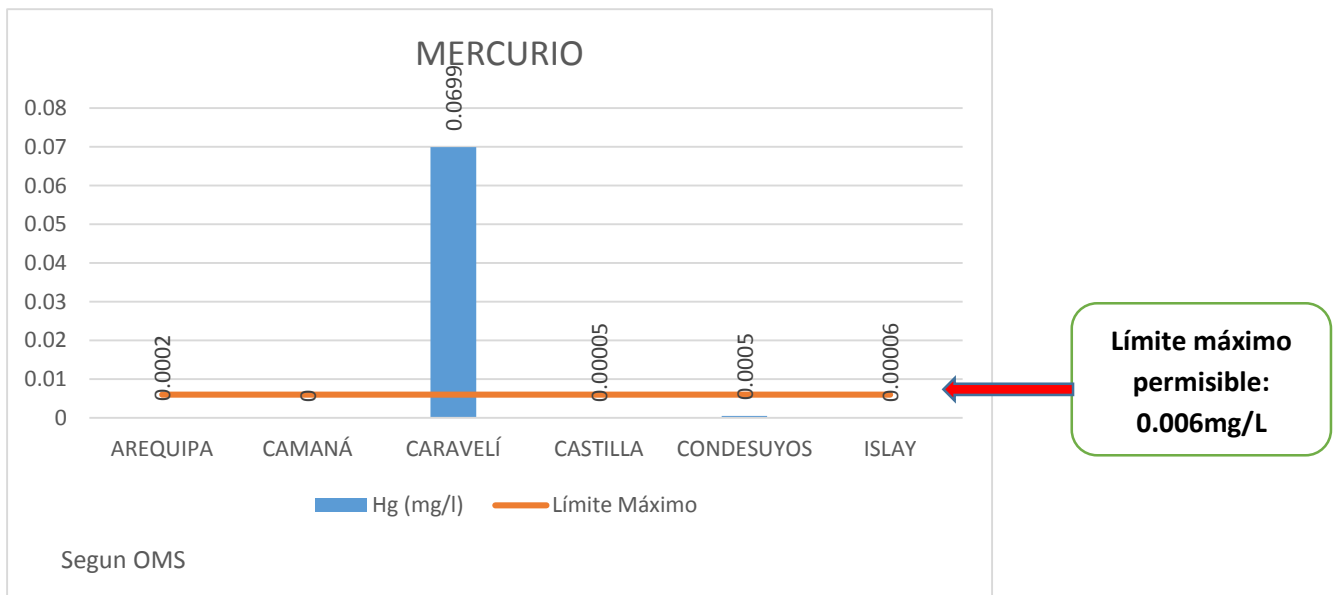
**FIGURA N°13: COMPARACIÓN DE ARSÉNICO CON EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE LA OMS**

Como se puede observar en la Figura N°13 la concentración de arsénico en agua para consumo humano obtenido en la provincias de Arequipa, Camaná e Islay del departamento de Arequipa supera el límite máximo permisible establecido por la OMS.



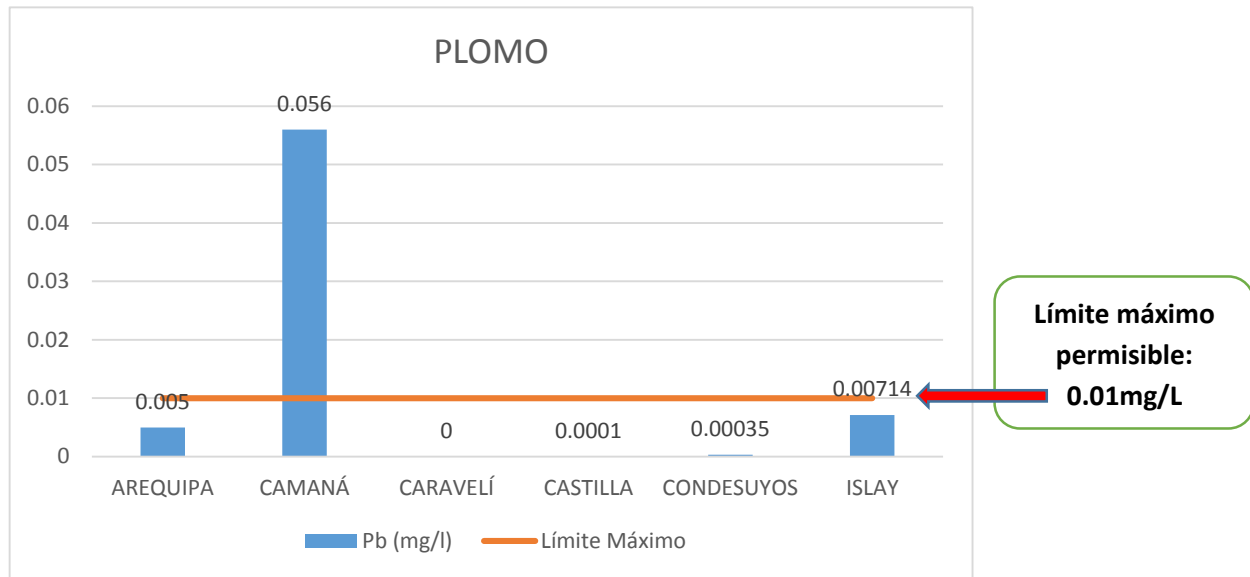
**FIGURA N°14: COMPARACIÓN DE CADMIO CON EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE LA OMS**

Como se puede observar en la Figura N°14 la concentración de cadmio en agua para consumo humano obtenido en la provincia de Camaná del departamento de Arequipa supera el límite máximo permisible establecido por la OMS.



**FIGURA N°15: COMPARACIÓN DE MERCURIO CON EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE LA OMS**

Como se puede observar en la Figura N°15 la concentración de mercurio en agua para consumo humano obtenido en la provincia de Caravelí del departamento de Arequipa supera el límite máximo permisible establecido por la OMS.



**FIGURA N°16: COMPARACIÓN DE PLOMO CON EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE LA OMS**

Como se puede observar en la Figura N°16 la concentración de plomo en agua para consumo humano obtenido en la provincia de Camaná del departamento de Arequipa supera el límite máximo permisible establecido por la OMS.

**TABLA N°7: RESULTADOS DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS CLASIFICADOS POR PROVINCIA Y TIPO DE ESTUDIO**

N°	Tipo de Fuente	Nombre del tipo de fuente	Distrito	Provincia	Concentraciones de Metales Pesados				Estudio
					As (mg/l)	Cd (mg/l)	Hg (mg/l)	Pb (mg/l)	
1	Manantial	Agua Potable	Tiabaya	Arequipa	0.042	N.E	N.E	N.E	Determinación y monitoreo de arsénico en agua potable de fuentes superficiales y de manantial, provistas por SEDAPAR.
2	Manantial	Agua Potable	Sachaca	Arequipa	0.034	N.E	N.E	N.E	Determinación y monitoreo de arsénico en agua potable de fuentes superficiales y de manantial, provistas por SEDAPAR.
3	Manantial	Agua Potable	Sabandia	Arequipa	0.053	N.E	N.E	N.E	Determinación y monitoreo de arsénico en agua potable de fuentes superficiales y de manantial, provistas por SEDAPAR.
4	Superficial	Agua Potable	Cayma	Arequipa	0.024	N.E	N.E	N.E	Determinación y monitoreo de arsénico en agua potable de fuentes superficiales y de manantial, provistas por SEDAPAR.
5	Superficial	Agua Potable	Yanahuara	Arequipa	0.023	N.E	N.E	N.E	Determinación y monitoreo de arsénico en agua potable de fuentes superficiales y de manantial, provistas por SEDAPAR.
6	Superficial	Agua Potable	Cerro Colorado	Arequipa	0.024	N.E	N.E	N.E	Determinación y monitoreo de arsénico en agua potable de fuentes superficiales y de manantial, provistas por SEDAPAR.
7	Superficial	Agua Potable	Arequipa	Arequipa	0.022	N.E	N.E	N.E	Determinación y monitoreo de arsénico en agua potable de fuentes superficiales y de manantial, provistas por SEDAPAR.
8	Termal	Ojo del Milagro	Characato	Arequipa	0,008	0,0002	0,0002	0,005	Estudios geoquímicos de las fuentes termales y frías asociadas al volcán Misti.
9	Termal	Yumina	Sabandia	Arequipa	0,027	0,0002	0,0002	0,005	Estudios geoquímicos de las fuentes termales y frías asociadas al volcán Misti.
10	Termal	Sabandia	Sabandia	Arequipa	0,039	0,0002	0,0002	0,005	Estudios geoquímicos de las fuentes termales y frías asociadas al volcán Misti.
11	Termal	Bedoya	Chiguata	Arequipa	0,005	0,0002	0,0002	0,005	Estudios geoquímicos de las fuentes termales y frías asociadas al volcán Misti.
12	Termal	Agua Salada	Chiguata	Arequipa	0,008	0,0002	0,0002	0,005	Estudios geoquímicos de las fuentes termales y frías asociadas al volcán Misti.
13	Termal	Jesús	Arequipa	Arequipa	0,172	0,0002	0,0002	0,005	Estudios geoquímicos de las fuentes termales y frías asociadas al volcán Misti.
14	Manantial	La Bedoya	Chiguata	Arequipa	0.01	N.E	N.E	N.E	Propuesta de optimización de los procesos de tratamiento de agua potable de la PTAP San Bernardo y ampliación de cobertura de Abastecimiento.
15	Manantial	La Alborada	Paucarpata	Arequipa	0.027	N.E	N.E	N.E	Propuesta de optimización de los procesos de tratamiento de agua potable de la PTAP San Bernardo y ampliación de cobertura de Abastecimiento.

16	Pozo	Sin nombre	Mariscal Cáceres	Camaná	0.017	N.E	N.E	N.E	Contaminación del agua por metales pesados en el distrito Mariscal Cáceres – San José en la provincia de Camaná – Arequipa.
17	Rio	Quilca	Quilca	Camaná	0,0180	0,0190	N.E	0,1070	Contaminación del agua por metales pesados As, B, Cu, Pb, Cd Y CN-EN las cuencas de los ríos Tambo, Quilca, Camaná y Ocoña de la región Arequipa.
18	Rio	Camaná	Quilca	Camaná	0,0220	0,0030	N.E	0,0500	Contaminación del agua por metales pesados As, B, Cu, Pb, Cd Y CN-EN las cuencas de los ríos Tambo, Quilca, Camaná y Ocoña de la región Arequipa.
19	Rio	Ocoña	Ocoña	Camaná	0,0360	0,0030	N.E	0,0110	Contaminación del agua por metales pesados As, B, Cu, Pb, Cd Y CN-EN las cuencas de los ríos Tambo, Quilca, Camaná y Ocoña de la región Arequipa.
20	Pozo	120 m distancia al mar	Chala	Caravelí	N.E	N.E	0.1224	N.E	Evaluación de la Contaminación Ambiental causada por la Pequeña Minería y Minería Artesanal en la Zona Urbana del Distrito de Chala- Arequipa.
21	Pozo	210 m distancia al mar	Chala	Caravelí	N.E	N.E	0.0173	N.E	Evaluación de la Contaminación Ambiental causada por la Pequeña Minería y Minería Artesanal en la Zona Urbana del Distrito de Chala- Arequipa.
22	Manantial	Sin nombre	Uñon	Castilla	0.0003	0.00003	0.00005	0.0001	Caracterización hidroquímica e hidrodinámica del manantial de la quebrada de huayunca y su potabilización en el distrito de Uñon provincia de Castilla.
23	Manantial	Pucaorcco	Cayarani	Condesuyos	0.00028	0.00001	0.0005	0.0001	Estudio de fuentes para disponibilidad hídrica por la municipalidad distrital de Cayarani.
24	Manantial	Pucacacca	Cayarani	Condesuyos	0.00228	0.00001	0.0005	0.0006	Estudio de fuentes para disponibilidad hídrica por la municipalidad distrital de Cayarani.
25	Rio	Tambo 22 msnm	Dean Valdivia y Punta de Bombón	Islay	0.11824	0.00127	0.00006	0.00951	Evaluación de la calidad de agua respecto a metales pesados presentes en el río Tambo provincia de Islay 2016 - 2018
26	Rio	Tambo 13 msnm	Dean Valdivia y Punta de Bombón	Islay	0.09243	0.00034	0.00006	0.00477	Evaluación de la calidad de agua respecto a metales pesados presentes en el río Tambo provincia de Islay 2016 - 2018
27	Río	Tambo	Mollendo	Islay	0,2034	0,0070	N.E	0,0320	Contaminación del agua por metales pesados As, B, Cu, Pb, Cd Y CN-EN las cuencas de los ríos Tambo, Quilca, Camaná y Ocoña de la región Arequipa.

Donde: (N.E) No Evaluado

## IV. DISCUSIÓN

### 4.1. Discusión de resultados

En el presente estudio los resultados han determinado la concentración de (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en 6 provincias de Arequipa.

Como se puede observar la mayoría de los resultados superan los límites máximos permisibles establecidos por el D.S. N°031-2010-SA-MINSA y por la OMS.

Donde el límite máximo permisible por el D.S. N°031-2010-SA-MINSA por cada metal pesado es: arsénico (0.010 mg/L), mercurio (0.001 mg/L), cadmio (0.003 mg/L), plomo (0.010 mg/L).

Donde el límite máximo permisible por la OMS por cada metal pesado es: arsénico (0.010 mg/L), mercurio (0.006 mg/L), cadmio (0.003 mg/L), plomo (0.010 mg/L).

La presencia de una alta concentración de arsénico en la provincia de Arequipa, Camaná e Islay se debe que el agua de consumo humano es proveniente de las siguientes fuentes: manantial, superficial y termal, la cual no cuenta con el tratamiento adecuado solo cuenta con el proceso de cloración, el cual solo elimina microorganismos. Esto es debido a que anteriormente las municipalidades construían los reservorios de agua y los cuales fueron pasando a dominios de la empresa SEDAPAR la cual solo realiza este proceso de cloración. Dentro de sus proyectos a futuro está en que cada reservorio de estas zonas que obtienen la materia prima proveniente de manantial sea tratado adecuadamente con la finalidad de eliminar metales pesados, ya que la zona geográfica de Arequipa es rica en metales pesados por los yacimientos mineros.

La presencia de cadmio en la provincia de Camaná se debe que el agua es tomada proveniente de las fuentes de río y pozos, la cual no cuenta con el tratamiento adecuado. Esto es debido que se hizo conocido un proyecto minero Marion, por ello el contenido de las aguas con sedimentos de metales parece estar relacionado a los vertimientos mineros.

La presencia de plomo en la provincia de Camaná se debe que el agua es tomada de la fuente proveniente del río, la cual no cuenta con el tratamiento adecuado. Esto se debe a la actividad volcánica que genera un gran desprendimiento de cenizas que incrementan la contaminación de los suelos que son lavados por acción de las lluvias, viento y son aportantes de contaminantes en las aguas de los ríos formados en zonas de este origen.

La presencia elevada de mercurio en la provincia de Caravelí se debe a la actividad minera de la zona, este monitoreo fue realizado por el Centro de Salud y la empresa SEDAPAR, donde los resultados detectaron contaminantes tóxicos como el mercurio considerado el único metal pesado que se estudió en esta provincia. Se considera que al no ser evaluados otros metales pesados no se pudo realizar una comparación correcta entre todos los metales estudiados en este trabajo.

## **4.2. Conclusiones**

1- Se logró evaluar la concentración de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en agua para consumo humano en 6 provincias del departamento de Arequipa entre ellas: Arequipa, Camaná, Caravelí, Castilla, Condesuyos e Islay.

2- La concentración de arsénico supera los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N°031-2010-SA-MINSA en las provincias de Arequipa (0.0288 mg/L), Camaná (0.017 mg/L) e Islay (0.10534 mg/L). La concentración de cadmio supera los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N°031-2010-SA-MINSA en la provincia de Camaná (0.0083 mg/L). La concentración de mercurio supera los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N°031-2010-SA-MINSA en la provincia de Caravelí (0.0699 mg/L). La concentración de plomo supera los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N°031-2010-SA-MINSA en la provincia de Camaná (0.056 mg/L).

3- La concentración de arsénico supera los límites máximos permisibles establecidos por la OMS en la provincia de Arequipa (0.0288 mg/L), Camaná (0.017 mg/L) e Islay (0.10534 mg/L). La concentración de cadmio supera los límites máximos permisibles

establecidos por la OMS en la provincia de Camaná (0.0083 mg/L). La concentración de mercurio supera los límites máximos permisibles establecidos por la OMS en la provincia de Caravelí (0.0699 mg/L). La concentración de plomo supera los límites máximos permisibles establecidos por la OMS en la provincia de Camaná (0.056 mg/L).

4- Los metales pesados que se encuentran en mayor concentración en el agua para consumo humano en el departamento de Arequipa, está el arsénico con una concentración de 0.10534 mg/L en la provincia de Islay. El cadmio con una concentración de 0.0083 mg/L en la provincia de Camaná. El mercurio con una concentración de 0.0699 mg/L en la provincia de Caravelí. El plomo con una concentración de 0.056 mg/L en la provincia de Camaná.

#### **4.3. Recomendaciones**

- Se recomienda considerar ampliar las zonas donde se realizan estos estudios de investigación, para así poder hallar poblaciones que pudieran estar en potencial riesgo por la presencia de metales pesados.
  
- Se recomienda realizar estudios enfocados en la concentración de metales pesados presentes en el ambiente como suelos o aire.
  
- Se recomienda a las autoridades distritales, provinciales y regionales un mayor compromiso en cuanto al servicio del agua para las zonas que no cuentan con agua potable, viéndose obligados a consumir agua de fuentes no tratadas.
  
- Se recomienda realizar charlas y/o capacitaciones a la población para que de alguna manera puedan buscar otras opciones de donde recoger el agua para su consumo y evitar generar la propagación de enfermedades.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tecnologías para la recuperación de agua contaminada con metales pesados: Plomo, Cadmio, Mercurio y Arsénico. Boletín tecnológico, N°3, (2019).
2. Equipo técnico regional de agua y saneamiento (ETRAS). Estrategia para abordar la solución del problema de minimización de los riesgos para la salud por el consumo de agua con metales pesados y arsénico. Lima: OPS/OMS; 2016: 46
3. Chowdhury S, Jafar MA, Al-Attas O, Husain T. Heavy metals in drinking water: Occurrences, implications, and future needs in developing countries. Sci Total Environ. 2016: 1-13.
4. Cienc. Desarro 2015, (89-92)
5. Bundschuh J., Litter M., Faruque P., Román R. G., Niclì B. H., Jiin-Shuh J. et al. One century of arsenic exposure in Latin America: A review of history and occurrence from 14 countries, Sci Total Environ. 2011;(1):1-34.
6. Aquino E. P. Calidad de agua en el Perú. 1ª ed. Lima: DAR; 2017
7. Cieza R. Concentración de metales pesados específicos en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017 [tesis]. Chiclayo: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería; 2017. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/30720>
8. Peña F. Presencia y distribución medioambiental de metales pesados y metaloides en Alcalá de Henares, Madrid. Evaluación del riesgo para la población y biomonitorización de la población escolar [tesis doctoral]. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá, Facultad de Farmacia; 2011. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10017/9510>
9. Gonzales L, Osorio J. Determinación espectrofotométrica por absorción atómica de la concentración de cadmio y arsénico en aguas de consumo humano de la comunidad urbana de Chuquitanta – distrito de San Martín de Porres [tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2014. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/3844>

10. Araujo C. Cuantificación de plomo, mercurio y cadmio en agua de consumo humano de cinco comunidades de El Salvador por espectrofotometría de absorción atómica [tesis]. El Salvador: Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia; 2010. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2370>
11. Organización Mundial de la Salud (OMS). [internet] Intoxicación por Plomo y Salud. Editores OMS. 2019 [actualizada en agosto de 2019; acceso 02 de septiembre 2020]. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
12. Arada M, Garrido D, Acebal A. Evaluación de metales pesados e impacto ambiental en los pozos “Riva Fuente” y “Bárbara” del poblado El Cobre. *Rev Cub Quim* [Internet]. 2017 Oct [citado 2020 Set 02]; 30(1), 68-76. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-54212018000100006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212018000100006)
13. Nawab J, Khan S, Ali S, Sher H, Rahman Z, Khan K, et al. Health risk assessment of heavy metals and bacterial contamination in drinking water sources: a case study of Malakand Agency, Pakistan. *Environ Monit Assess* [Internet]. 2016 Abr [citado 2020 Set 02]; 188(5):286. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27075311/>
14. Segura S, Beltramini T, Takayanagui A, Hering S, Cupo P. Metales pesados en agua de bebederos de presión. *ALAN* [Internet]. 2003 Mar [citado 2020 Set 02]; 53(1): 59-64. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222003000100009&lng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222003000100009&lng=es)
15. Copa S, Roque K. Caracterización hidroquímica e hidrodinámica del manantial de la quebrada de Huayunca y su potabilización en el distrito de Uñon provincia de Castilla [tesis]. Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Facultad de Ingeniería de Procesos; 2016. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3057>
16. Núñez D. Contaminación del agua por metales pesados en el distrito Mariscal Cáceres – San José en la provincia de Camaná – Arequipa [tesis]. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Ciencias Naturales y

Formales; 2015. Disponible en:  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6846>

17. Guillen R, Torres V. Determinación y monitoreo de arsénico en agua potable de fuentes superficiales y de manantial, provistas por Sedapar [tesis]. Arequipa: Universidad Católica de Santa María, Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas; 2015. Disponible en:  
<http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/3430>

## ANEXOS

## Anexo A. Operacionalización de la variable o variables

Operacionalización de la variable					
Variable	Tipo de variable según su naturaleza y escala de medición	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
METALES PESADOS (ARSÉNICO, CADMIO, MERCURIO Y PLOMO)	Tipo de variable según su naturaleza: Cuantitativa  Escala de medición: Continua	Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad alta. Son en general tóxicos para los seres humanos y entre los más susceptibles de presentarse en el agua destacamos arsénico, cadmio, mercurio y plomo.	Se registran los valores de concentración de metales pesados registrados en la documentación, luego se codifican y almacenan en las hojas de cálculo del programa Microsoft Excel.	Límites máximos permisibles según D.S. N°031-2010-SA-MINSA del Arsénico	0.010 mg/L
				Límites máximos permisibles según D.S. N°031-2010-SA-MINSA del Cadmio	0.003 mg/L
				Límites máximos permisibles según D.S. N°031-2010-SA-MINSA del Mercurio	0.001 mg/L
				Límites máximos permisibles según D.S. N°031-2010-SA-MINSA del Plomo	0.010 mg/L
				Límites máximos permisibles según OMS del Arsénico	0.01 mg/L
				Límites máximos permisibles según OMS del Cadmio	0.003 mg/L
				Límites máximos permisibles según OMS del Mercurio	0.006 mg/L
				Límites máximos permisibles según OMS del Plomo	0.01 mg/L
AGUA PARA CONSUMO HUMANO	Tipo de variable según su naturaleza: Cualitativa  Escala de medición: Nominal.	Agua apta para consumo humano, tratada bajo normas de calidad nacional e internacional que garantiza la calidad de este recurso.	Se clasifica mediante el análisis documental donde determinan los tipos de fuente de agua.	Tipos de Fuente Superficial	Ríos, Lagos
				Tipos de Fuente Subterráneas	Manantial, Galería filtrante, Pozo

## Anexo B. Matriz de consistencia

Formulación del problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Diseño metodológico
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿Cuál es la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p>¿La concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa superan los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N°031-2010-SA-MINSA?</p> <p>¿La concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa superan los límites máximos permisibles establecidos por la OMS?</p> <p>¿Qué metal pesado se encuentra en mayor concentración en el agua para consumo humano en el departamento de Arequipa?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Evaluar la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar una comparación de la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa con los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N°031-2010-SA-MINSA.</li> <li>- Realizar una comparación de la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa con los límites máximos permisibles establecidos por la OMS.</li> <li>- Determinar qué metal pesado se encuentra en mayor concentración en el agua para consumo humano en el departamento de Arequipa.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>Se lograría evaluar la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano en el departamento de Arequipa.</p> <p><b>Hipótesis específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano superarían los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N°031-2010-SA-MINSA.</li> <li>- La concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en agua para consumo humano superarían los límites máximos permisibles establecidos por la OMS.</li> <li>- Los metales pesados como el arsénico y el mercurio se encontrarían en mayor concentración en el agua para consumo humano en el departamento de Arequipa.</li> </ul>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Concentración de metales pesados</p> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Agua para consumo humano</p> <p><b>Dimensiones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Límites máximos permisibles según D.S. N°031-2010-SA-MINSA.</li> <li>- Límites máximos permisibles según OMS.</li> <li>- Tipo de Fuente Superficial</li> <li>- Tipo de Fuente Subterráneo</li> </ul>	<p><b>Tipo de investigación</b></p> <p>El tipo de investigación es descriptivo, cualitativo, cuantitativo y transversal, la variable seleccionada no se manipula.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Descriptivo:</b> Donde se medirán las características de las variables en nuestra investigación (valores de las concentraciones de (arsénico, cadmio, mercurio y plomo). Los resultados no se limitan a la recolección de datos, sino a la identificación de los valores que existen según los estudios realizados de estos metales pesados en agua para consumo humano en las provincias de Arequipa.</li> <li>- <b>Cualitativo:</b> Se refiere a que se encuentra enfocado en la teoría y clasificación de los datos encontrados sobre los metales en agua para consumo humano en provincias de Arequipa según nuestro estudio.</li> <li>- <b>Transversal:</b> Debido que los datos se recopilan dentro de un período de tiempo determinado.</li> </ul> <p><b>Diseño de investigación</b></p> <p>El diseño de la investigación no es experimental, porque observaremos fenómenos que ocurren naturalmente sin interferir con su desarrollo.</p> <p><b>Población</b></p> <p>En el presente estudio se evalúa los niveles de concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en diferentes fuentes de agua para consumo humano en las provincias del departamento de Arequipa: Arequipa, Islay, Camaná, Condensuyos, Castilla y Caravelí.</p>

**Anexo C. Límites Máximos Permisibles, según lo establece el D.S. N°031-2010-SA-MINSA.**

<b>Parámetros Inorgánicos</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Arsénico	mg/L	0.010
Cadmio	mg/L	0.003
Mercurio	mg/L	0.001
Plomo	mg/L	0.010

**Anexo D. Límites Máximos Permisibles, según lo establece la guía para la calidad de agua potable de la OMS**

<b>Parámetros Inorgánicos</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Arsénico	mg/L	0.01
Cadmio	mg/L	0.003
Mercurio	mg/L	0.006
Plomo	mg/L	0.01



**Anexo E. Ficha de recolección de datos**

<b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>	
<b>UBICACIÓN GEOGRÁFICA</b>	
Departamento: Provincia: Distrito: Lugar de muestreo:	
<b>MUESTRA</b>	
Tipo de muestra: Temperatura de muestra:	
<b>PRUEBAS TOXICOLÓGICAS</b>	<b>VALOR REFERENCIAL mg/L</b>
Concentración de Arsénico:	
Concentración de Cadmio:	
Concentración de Mercurio:	
Concentración de Plomo:	