



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS ESPECÍFICOS EN EL  
AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL ÁREA URBANA DEL  
DISTRITO DE HUALGAYOC – 2017”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**

Rosario Cieza Ruiz

**ASESOR:**

Ing. Celso Nazario Purihuaman Leonardo

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales.

CHICLAYO - PERÚ

2017

## DICTAMEN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



### ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 2:00 pm. Horas del día 14 de noviembre del 2018, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Dirección de Investigación N° 2759-2018-UCV-CH, de fecha 08 de noviembre del 2018, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada:

“Concentración de metales pesados específicos en el agua para consumo humano del área urbana del Distrito de Hualgayoc - 2017”.

Presentado por la Bachiller: CIEZA RUIZ, ROSARIO, con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Ambiental, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

PRESIDENTE : Dr. John William Cajan Alcántara  
SECRETARIO : Mgtr. José Modesto Vásquez Vásquez  
VOCAL : Dra. Bertha Magdalena Gallo Gallo


Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:


**APROBADO POR UNANIMIDAD**

Siendo las 2:45 pm., del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 14 de noviembre del 2018

  
Presidente

  
Secretario (a)

  
Vocal

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a Dios y a mi madre Aurora, que desde el cielo guía mi camino. A mi Padre Adriano, con mucho amor y cariño pilar fundamental de mi vida, le dedico todo mi esfuerzo en reconocimiento a todo el sacrificio puesto para que yo pueda seguir adelante y ser una persona de bien.

A mis queridos hermanos Francisco, Apolinar, Reina, Susana y Santos por ser mi apoyo incondicional. A mis Sobrinos, porque llenan de alegría cada día de mi vida, a mis cuñados y a toda mi familia por la motivación para cada día llegar más lejos en mi vida y mi carrera profesional.

**ROSARIO**

## **AGRADECIMIENTO**

Los resultados de este proyecto, están dedicados a todas aquellas personas que, de alguna forma, son parte de su culminación en especial al Doctor Percy Vera y a la Ingeniero Silvia Paola Verastegui.

A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a la universidad Cesar Vallejo, por permitirme prepararme para un futuro competitivo y formarme como persona de bien.

A mi padre y hermanos porque siempre me brindaron su apoyo, tanto emocional, como económico.

**ROSARIO**

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo Cieza Ruiz Rosario, con DNI N° 44924372, a efecto de cumplir con los criterios de evaluación de la experiencia curricular de Metodología de la Investigación Científica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, diciembre del 2017

Cieza Ruiz Rosario

## **PRESENTACIÓN**

### **Señores miembros del jurado:**

En merito a los dispuesto por el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejos, Facultad de Ingeniería, cumpla con someter a vuestro ilustrado criterio la Tesis Intitulada CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS ESPECÍFICOS EN EL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE HUALGAYOC - 2017, para su evaluación y dictamen respectivo, a efecto de obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

El presente trabajo ha sido efectuado considerando las exigencias metodológicas de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental y tiene como objetivo dar a conocer la concentración de metales pesados específicos en el agua de consumo humano, en el área urbana del distrito de Hualgayoc.

Mi consideración a Ustedes, y en su persona a todos los docentes que han contribuido con sus conocimientos y experiencias durante el desarrollo del presente estudio.

**El Autor**

## INDICE

DICTAMEN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
INDICE.....	vii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
1.1. Realidad Problemática.....	14
1.2. Trabajos previos.....	21
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	29
1.4. Marco legal.....	68
1.5. Formulación del problema.....	69
1.6. Justificación del estudio.....	70
1.7. Hipótesis.....	71
1.8. Objetivos.....	71
<b>II. METODO.....</b>	<b>73</b>
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	73
2.2. Variables, Operacionalización.....	73
2.3. Población y Muestra.....	75
2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, Validez y Confiabilidad.....	75
2.5. Método de análisis de datos.....	78
2.6. Aspecto ético.....	79
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>80</b>
3.1. Materiales y Métodos .....	80

3.2. Resultados propiamente dichos.....	82
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>97</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>99</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>100</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA.....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>110</b>
<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS.....</b>	<b>125</b>
<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV.....</b>	<b>126</b>



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Límites máximos permisibles para Agua Potable según OMS.....	44
<b>Tabla 2.</b> ECAS para agua categoría 1A – DS. N° 015-2015-MINAM.....	44
<b>Tabla 3.</b> LMP, según lo establecido el D.S. N° 031-2010-SA-MINSA.....	45
<b>Tabla 4.</b> Operacionalización de Variables.....	74
<b>Tabla 5.</b> Características de los manantiales: Ubicación, Altitud y Caudal.....	80
<b>Tabla 6.</b> Concentración de mercurio total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017.....	82
<b>Tabla 7.</b> Concentración de Cadmio total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017.....	85
<b>Tabla 8.</b> Concentración de Cromo total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc.....	87
<b>Tabla 9.</b> Concentración de Arsénico total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017.....	90
<b>Tabla 10.</b> Concentración de Plomo total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017.....	92
<b>Tabla 11.</b> Estadística de muestra única para concentración de Hg, Cd, Cr, Ar y Pb.....	95
<b>Tabla 12.</b> Prueba de muestra única para concentración de Hg, Cd, Cr, Ar y Pd.....	95

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Número de conflictos socio – ambientales.....	17
<b>Figura 2.</b> Huaylla y Peña Blanca Manantiales.....	20
<b>Figura 3.</b> Sistema la Huaylla reservorio El Mirador – Hualgayoc.....	20
<b>Figura 4.</b> Concentración de Mercurio total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017 (D.S. N° 004 – 2017 – MINSA).....	83
<b>Figura 5.</b> Concentración de Mercurio total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017 (D.S. N° 031-2010-SA-MINSA).....	83
<b>Figura 6.</b> Concentraciones de Cadmio total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017 (D.S. N° 004-2017-MINAM).....	85
<b>Figura 7.</b> Concentración de Cadmio total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017 (D.S. N° 031-2010-SA-MINSA).....	86
<b>Figura 8.</b> Concentración de Cromo total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc (D.S. N° 004 – 2017 – MINAM).....	88
<b>Figura 9.</b> Concentración de Cromo total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc (D.S. N° 031-2010-SA-MINSA).....	88
<b>Figura 10.</b> Concentración de Arsénico total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017 (D.S. N° 004 – 2017 – MINAM).....	90
<b>Figura 11.</b> Concentración de Arsénico total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017 (D.S. N° 031-2010-SA-MINSA).....	91
<b>Figura 12.</b> Concentración de Plomo total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017 (D.S. N° 004 – 2017 – MINAM).....	93
<b>Figura 13.</b> Concentración de Plomo total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc-2017 (D.S. N° 031-2010-SA-MINAM).....	93

## RESUMEN

En la presente investigación, se propone como objetivo principal determinar las concentraciones de metales pesados específicos en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc. Las muestras fueron tomadas de dos sistemas “Peña Blanca” y “Mirador”, en tres fechas diferentes, la metodología de recolección de datos fue mediante El Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos (ANA), obteniéndose como resultado para mercurio 0.0002 mg/L, Cadmio 0.002 mg/L, Cromo 0.002 mg/L, Arsénico 0.003 mg/L y Plomo 0.003 mg/L lo que se puede afirmar que el agua que consume la población de la Zona Urbana del distrito de Hualgayoc no se está contaminada por metales pesados ya que se encuentra por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua según D.S. N° 004-2017-MINAM y por debajo de los Límites Máximos Permisibles, según D.S. N° 031-2010-SA-MINSA, así mismo se tiene como posibles factores contaminantes las tuberías metálicas en uso, pinturas de los útiles de cocina y el uso de combustible, para el cual se debe tener cierta precaución en el futuro, para el cual se recomienda estudios permanentes de metales pesados tanto en las fuentes de agua como a zonas aledañas a la misma.

**Palabras clave:** metal pesado, agua para consumo humano, Estándares de Calidad Ambiental, Límites Máximos Permisibles.

## ABSTRACT

In the present investigation, the main objective is to determine the concentrations of specific heavy metals in water for human consumption in the urban area of Hualgayoc district. The samples were taken from two systems "Peña Blanca" and "Mirador", in three different dates, the methodology of data collection was through the National Protocol for the Monitoring of the Water Resources Quality (ANA), obtaining as a result for mercury 0.0002 mg / L, Cadmium 0.002 mg / L, Chromium 0.002 mg / L, Arsenic 0.003 mg / L and Lead 0.003 mg / L what can be said that the water consumed by the population of the Urban Zone of the district of Hualgayoc is contaminated by heavy metals since it is below the Environmental Quality Standards (ECA) for water according to DS N ° 004-2017-MINAM and below the Maximum Permissible Limits, according to D.S. N ° 031-2010-SA-MINSA, likewise it has as possible polluting factors the metallic pipes in use, paints of the kitchen utensils and the use of fuel, for which there must be some precaution in the future, for the which is recommended permanent studies of heavy metals both in water sources and surrounding areas.

**Key words:** heavy metal, water for human consumption, Environmental Quality Standards, Maximum Permissible Limits.

## I. INTRODUCCIÓN

La disminución de la calidad del recurso hídrico no solo es un problema local, sino es un problema en todas partes del país y el mundo entero. Hoy en día, constituye una gran dificultad hacer uso eficientemente y adecuado de dicho recurso, el cual complica el suministro del mismo, tanto para el uso poblacional, la salud pública, como para las actividades productivas y la conservación de los ecosistemas acuáticos como terrestres.

Actualmente y es una realidad latente, muchos cuerpos de agua superficiales como lagos, lagunas, ríos y quebradas, se han convertido en receptores de aguas residuales urbanas e industriales y sus riberas y fajas marginales en verdaderos botaderos de residuos sólidos de todo tipo, así como receptores de contaminantes de lixiviados y pasivos ambientales, etc. Afectando la calidad, cantidad y oportunidad del agua, los hábitats acuáticos, la dinámica hidrogeológica y geomorfológica entre otros complementos del ambiente natural.

La mayor contaminación de los recursos hídricos es obra del hombre mismo, quien a través de los diversos sistemas productivos, ha hecho variar sus características naturales al verter desechos urbanos, de fábricas y otros a los cuerpos de agua como ríos y arroyos, esto no es de estos últimos tiempos sino ha sido durante siglos un lugar cómodo para descargar tales desperdicios, donde se ha podido distinguir contaminantes físicos, químicos y biológicos, entre los que se encuentran metales pesados, como el cromo, plomo, mercurio, cadmio, arsénico, cobre y otros, que son de gran importancia porque a través de ellos se puede determinar el grado de contaminación que pueden tener los recursos hídricos en un lugar determinado.

Según **VARGAS Y MIRANDA (2015)**, estos autores mencionan que actualmente los metales pesados representan un riesgo a la salud ambiental y a la salud pública, considerando su potencial tóxico para los sistemas biológicos que habitan en los ecosistemas del área en estudio,

siendo las actividades extractivas su principal fuente de generación y motivo de conflicto socio ambiental.

El distrito y provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, según observación directa realizada, el agua que hace uso la poblacional urbana se encuentra expuesta a ser contaminada por metales pesados por diversos factores, de allí que este trabajo de investigación se orienta a determinar el grado de concentración de dichos metales que pueden estar presentes y cuyos resultados constituirán un referente teórico, para la realización de futuras investigaciones con características similares.

## **1.1. Realidad Problemática.**

### **1.1.1 A Nivel Internacional**

El consumo de agua potable va creciendo rápidamente a medida que pasa el tiempo y aumenta la población. En los últimos 50 años, la extracción de agua de las fuentes naturales se ha incrementado cuatro a cinco veces más, teniendo en cuenta que sólo el 0.01% del agua existente en el planeta es posible usarlo directamente para las diversas actividades humanas, ya que el resto se encuentran en los océanos o en forma de nieve o hielo en los casquetes polares.

Se menciona que no menos de 1 000 millones de personas no tienen acceso a ser uso de agua potable, es decir un aproximado del 20% de la población total de la tierra no disponen de agua para sus diversos usos, o en caso de disponer no es de calidad, si a ello se agregamos que la población aumenta a una velocidad de 200,000 personas al día a nivel mundial, entonces el problema tiende a empeorarse aún más.

Los problemas de salud relacionado con el agua de consumo humano, afecta exclusivamente más a la población pobre y/o pobre extremo, es decir que la mitad de la población en el mundo está expuesta a estos riesgos, pues está comprobado que una de cada dos personas en el mundo es pobre y que

aproximadamente 1 200 millones viven en la miseria o con ingresos inferiores a un dólar al día en promedio, según manifiestan estudiosos internacionales.

Según manifiesta **CASTAÑÉ (2003)**, las aguas naturales que se contaminan por metales pesados actualmente significan un problema grave, que causa mucha preocupación en las poblaciones de aquellos lugares donde pueden ser afectadas.

El agua para consumo humano en sus fuentes puede ser contaminada por diversas acciones o contaminantes, entre lo que se encuentran la contaminación por metales pesados. “Los metales pesados presentan una dominante toxicidad, alta permanencia y rápido acumulo por organismos vivos, afectando toxicológicamente, éstos no se divisan sencillamente pero puede haber una episodio significativo a mediano o largo plazo” (**ROSAS H. 2001**).

“Entre las enfermedades de origen hídrico y de carácter epidémico se puede citar: fiebre tifoidea, paratifoideas, disenterías, poli bacilar y amebiana, hepatitis viral, poliomielititis, causadas por los organismos patógenos provenientes del tracto intestinal contenido por las aguas contaminadas” (**BARRERA, H. et al., 2010**).

Los metales de que tienen mayor importancia tanto toxicológica como ecotoxicológica en los ecosistemas hídricos son: el Mercurio (Hg), Arsénico (As), Cromo (Cr), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Níquel (Ni) y Zinc (Zn), debido a que la exposición por encima de una concentración umbral puede ser considerablemente venenosa para muchos organismos (**CASTAÑÉ, 2003**).

### **1.1.2. A Nivel Nacional**

El Perú está considerado dentro de los países con abundancia en recurso hídrico a nivel mundial (**PNUD, 2009**), tal es así que cuenta con 159 unidades hidrográficas (Pacífico 62 cuencas, Amazonas 84 cuencas y el Titicaca 13 cuencas) y con 53 unidades hidrográficas transfronterizas (**ANA, 2012**). Actualmente en nuestro país, la población se encuentra por arriba de los 33

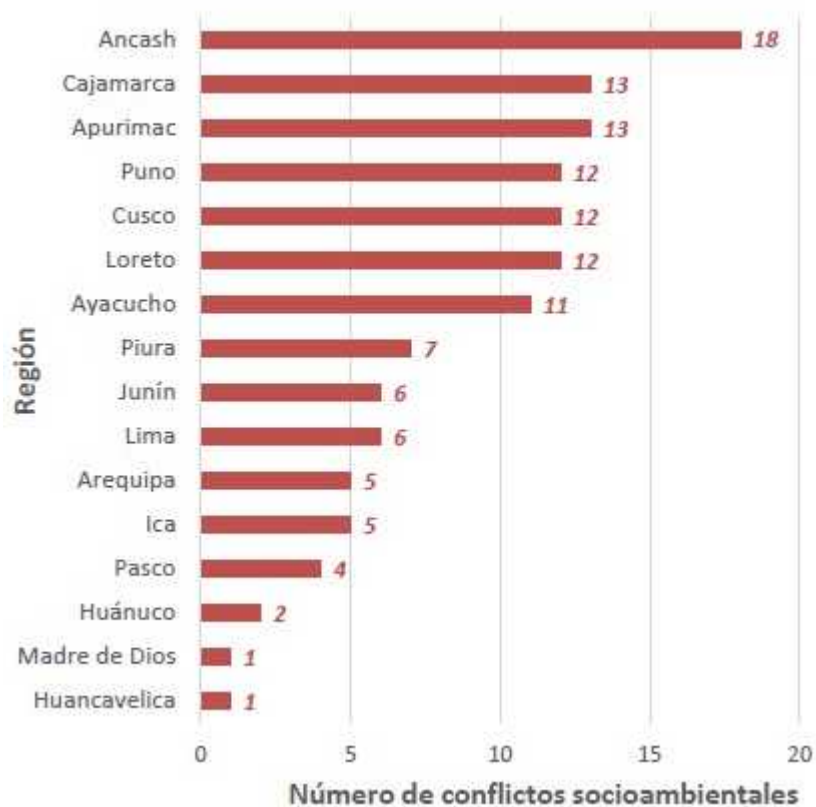
millones de habitantes, donde la disponibilidad per cápita promedio nacional de agua dulce bordea los 71,000 m<sup>3</sup>/habitantes/año, cifra que hace que nuestro país se ubique en el 17° lugar en el mundo con mayor acceso a este recurso. Pero esta situación es engañosa.

En la costa peruana – zona desértica – la disponibilidad per – cápita bordea los 1,200 m<sup>2</sup>/habitante/año, cifra menor que el límite crítico dado por la FAO. Sin embargo, en muchas zonas de la sierra, en época de estiaje (May – Oct), se tiene un consumo per cápita entre 400 a 900 m<sup>3</sup>/habitantes/año, debido a la semiaridez y las irregularidades de la lluvia, a pesar de que en los meses de lluvia (Nov – Abr) se presentan precipitaciones totales entre 400 hasta 1,300 mm/año, pero la mayor parte del agua se pierde rápidamente por el escurrimiento superficial que finalmente termina en el mar. En la selva la situación es diferente, pues como zona tropical, la disponibilidad del agua no constituye un problema salvo cuando el estiaje o falta de lluvia es pronunciada.

Actualmente la disminución en la disponibilidad del recurso hídrico es uno de los graves problemas que sufre nuestro país, el cual constituye un obstáculo para conseguir que se utilice eficientemente, complica el suministro de dicho recurso, así como la afectación a la salud pública de la población. Por otro lado, la contaminación del agua por metales pesados u otro medio, producto de las actividades extractivas, ha originado conflictos socio-ambientales en muchos lugares de nuestro país, donde la población que se encuentra expuesta a dicha contaminación, reclama un ambiente limpio ya que le preocupa que dicha contaminación altere su estado de salud.



**Distribución de regiones según número de conflictos socioambientales. Perú 2016**



En el país la Autoridad Nacional del Agua (ANA) es el ente rector y la máxima autoridad técnica normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, según la Ley 29338, Ley de Recursos Hídricos. Esta autoridad en el año 2014, reporta datos estadísticos muy importantes del país, así se tiene: el 10% representa uso y aprovechamiento del agua para consumo humano, el 80% para actividades agrícolas. Igual manifiesta que el 60% del agua suministrada a la población no es potable, es agua redirigida desde fuentes naturales mediante sistemas y procesos poco técnicos para su consumo y del cual el abastecimiento es intermitente en un 55% de los sistemas existentes; esto se debe a la ubicación, disponibilidad y acceso al recurso agua, como también y es bien conocido, que en la mayoría de comunidades rurales de nuestro país, se consume agua entubada captada a partir de manantiales cuya calidad no ha sido analizada y evaluada, tal como se estipula en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, según el Decreto Supremo N°031-2010-SA-MINSA.

En el Perú, país de diversidad geográfica, geológica y etno cultural existe una variedad de actividades productivas, extractivas y de servicios que actúan de manera formal y cuentan con certificación y compromisos ambientales adquiridos con el Estado. Pero también existen actividades informales cuyos vertimientos de agentes contaminantes y desechos deterioran la calidad de los recursos hídricos, es así que vertimientos formales e informales, pasivos ambientales y otros focos de contaminación vierten al medio, elementos venenosos como: el Pb, Hg, Cd, As, Al, Ba, Cr, Cu o Fe, los que se dispersan en el ambiente y llegan a los cuerpos de agua superficiales y subterráneas directa o indirectamente (Equipo Técnico Regional de Agua y Saneamiento - **ETRAS, 2016**).

Se estima que cerca del 50% de los recursos hídricos no cumplen uno o más estándares de calidad del agua asociados con su uso para el consumo humano, riego o preservación de los ecosistemas acuáticos (**BANCO MUNDIAL, 2014**). En las áreas rurales alrededor de 7,5 millones de personas están expuestas al consumo de agua de bebida sin la calidad apropiada y cerca al 8% de muertes por razones de salud ambiental se originan del inadecuado acceso al agua, sanidad e higiene. Si se incluye además los costos por morbilidad aproximadamente dos tercios de un punto porcentual del PIB del Perú se pierde anualmente por efectos negativos en la salud de la población debido a la contaminación del agua, caso que es muy preocupante.

Por otro lado, el servicio nacional de agua de consumo humano urbano y rural no cuenta con facilidades que le permita garantizar en forma permanente, la disponibilidad del agua de consumo humano segura libre de metales pesados y arsénico. Esto debido a que la ANA (ente rector de los recursos hídricos), la SUNASS (ente rector de los servicios de agua potable y alcantarillado), y MINSA-DIGESA (ente rector de la vigilancia sanitaria de la calidad del agua y el responsable de la vigilancia epidemiológica (MINSA-INS-DE) y el ente responsable de la investigación en agua y salud (CENSOPAS) no disponen a cabalidad de los recursos económicos, instrumentos de trabajo, planes y programas para implementar actividades con un enfoque sistémico, articuladas y complementarias, que conlleven a asegurar la calidad del agua

de consumo con relación a metales pesados y arsénico en las zonas vulnerables (ETRAS, 2016).

### **1.1.3. A Nivel Local**

Hualgayoc es un pueblo que surgió en 1771, cuando la colonia se imponía con sus tiranos y su pillaje. Los pueblos de la provincia surgen entre el frío y la lluvia y aparecieron las familias acaudaladas limeñas, quienes fueron a explotar las minas en los famosos cerros donde existían estos minerales. Desde aquel entonces empezó la tragedia para Hualgayoc, la minería fue el trampolín para cientos de familia quienes amasaron fortuna en los escarpados cerros y que nada dejaron a cambio, después de más de 200 años la provincia de Hualgayoc sigue sumida en la pobreza y miseria, tal es el caso que existen todavía viviendas rurales con techo de ichu y/o paja.

Actualmente la Empresa Minera que prevalece en la zona cercana a la zona urbana del distrito de Hualgayoc, es decir en el Cerro Corona es la Gold Fields La Cima S.A., la misma que dista a 10 kilómetros al noreste del poblado de Hualgayoc, a 30 kilómetros al suroeste de Bambamarca (capital provincial), y a 90 Kilómetros de Cajamarca (capital de la región).

En cuanto al recurso hídrico de uso poblacional – según Licencia de Uso de Agua - la captación que abastece la zona urbana del distrito de Hualgayoc, son cinco (05) manantiales denominados “Peña Blanca I”, “Peña Blanca II”, “La Huaylla I”, “La Huaylla II” y la “Huaylla III”, quienes aportan un volumen anual de hasta 81,993.60 m<sup>3</sup>, equivalente a un caudal total de 2.60 l/s de agua superficial, las mismas que son Captadas en dos (02) sistemas de captación de agua potable (Resolución Directoral N° 086 – 2014 – ANA -AAA-M. 2014).

Figura 2



Fuente: Google Earth (2017).

Huaylla y Peña Blanca Manantiales

Figura 3



Fuente: Google Earth (2017).

Sistema la Huaylla reservorio El Mirador – Hualgayoc

Cabe manifestar que en diversas ocasiones se ha propalado la noticia que ha habido contaminación por la presencia de metales pesados en la población de

Hualgayoc, tal es el caso que, en el año 2012 en un análisis realizado por el Centro de Salud Ocupacional y Protección del Medio Ambiente del Ministerio de Salud, determinó la presencia de plomo en la sangre de los pobladores, especialmente en los niños, a un nivel superior a los límites máximos permisibles, culpando de este hecho a la minería.

Así mismo en el año 2016 el Centro de Salud Ocupacional y Protección del Medio Ambiente para la Salud, reporta que se ha detectado que existen tres niños hualgayoquinos con plomo en la sangre, el cual se sumaría a otros tantos registrados y reportados en años anteriores.

Si bien debido al incremento de la población en la zona urbana de Hualgayoc ha traído como consecuencia la falta de agua, pero nadie determina que la contaminación encontrada y reportada por los medios de comunicación, sea por el agua de los manantiales que abastecen a la ciudad.

## **1.2. Trabajos Previos**

**ARDILA A, ARRIOLA E. (2017)**, en su investigación, “Efecto de la quema de llantas en la calidad del agua de un tramo de la quebrada Piedras Blancas”, donde estudiaron los efectos causados sobre la calidad del agua de un tramo de la quebrada Piedras Blancas debido a la quema de llantas. Para ello, se efectuaron dos muestreos en los que se midieron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para una muestra patrón y una muestra problema. El nivel de contaminación del tramo de la cuenca se evaluó mediante el uso del índice de calidad del agua (ICA), el índice de calidad del agua de la Fundación Nacional de Saneamiento (INSF) y el índice de calidad del agua Dinius. El análisis comparativo de la aplicación de los índices revela un deterioro significativo debido a la quema de llantas llevada a cabo alrededor de su cuenca, presentando calidad entre regular y muy mala, haciendo necesario su tratamiento para la destinación del recurso en consumo humano, e incluso la incorporación de tratamientos específicos para la remoción de

contaminantes peligrosos como metales pesados y compuestos fenólicos. Adicionalmente, los valores obtenidos para la mayoría de parámetros de la muestra problema excedieron los límites aceptables reportados en la normatividad ambiental colombiana para la destinación del recurso hídrico para uso humano y doméstico; preservación de flora y fauna, y para fines pecuario y agrícola. Los resultados de este estudio demuestran que las propiedades fisicoquímicas del agua son fuertemente afectadas por los productos de combustión provenientes de la quema de llantas.

**RAMOS, Y, SALAS, K. (2015).** Desarrollaron el trabajo de investigación “Evaluación de metales pesados en aguas superficiales en el área de influencia al emisario submarino en el corregimiento de Punta Canoas departamento de Bolívar”, en este trabajo se elaboró un estudio que evalúa las aguas que se encuentran cercanas al emisario submarino, tubería que descarga las aguas residuales domesticas de la ciudad de Cartagena de Indias, el cual se encuentra ubicado en Punta Canoas en el departamento de Bolívar, el cual se lleva a cabo mediante el cumplimiento de los objetivos específicos. La presencia de metales pesados en las aguas, como Pb, Cu, Zn, Cd, Al, Fe, Ni, Mn y Hg, es alarmante debido a que no presenta ningún tipo posible de degradación química o biológica, además pueden ser acumulados de diversas formas (orgánicas e inorgánicas) y permanecer en los organismos por largos periodos y ser transferidos mediante la cadena alimenticia, causando peligros en la ecología acuática y otros beneficiarios del agua; el presente trabajo se realizó por medio del método de espectroscopia de absorción atómica para la determinación de Cadmio presente en agua de mar a la cual es receptora de aguas residuales domésticas. Después de analizadas las muestras se tabularon los parámetros físicos específicamente Temperatura (°C) y pH y posteriormente fueron graficados para observar mejor el comportamiento de tales parámetros de acuerdo con cada estación, las cuales fueron elegidas por la influencia de las descargas. Del mismo modo se tabularon las concentraciones en mg/L, encontradas por el equipo de Espectroscopia de absorción atómica en cada una de las cinco estaciones nombradas con las siguientes siglas E1, E2, E3, E4, E5. Finalmente, se compararon las normas de cinco países entre los que

encontramos Colombia, México, Venezuela, Brasil y Holanda los cuales fueron analizados de acuerdo con los límites permisibles de aguas residuales domésticas para el Cadmio en cuerpos de aguas receptores, con relación a los resultados generados por la EAA de Irama, en las estaciones delimitadas en el corregimiento de Punta Canoas del departamento de Bolívar.

**REYES et al., (2016)**, realizaron el trabajo de investigación sobre “Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria” realizado en la ciudad de Sogomoso – Boyaco - Colombia”. En esta investigación se aborda el problema específico de contaminación por mercurio (Hg), Arsénico (As), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en ambiente y alimentos. Se presenta una descripción sobre las fuentes de contaminación y exposición en seres vivos, así como la incorporación y retención en alimentos y productos de consumo humano. Los estudios demuestran que la leche de bovinos que pastorean e ingieren agua, pastos o forrajes contaminados por metales pesados (Hg, As, Cd y Pb) influye sobre las concentraciones de dichos elementos en la leche y carne. De igual manera las condiciones de cultivo influyen en la concentración de metales pesados sobre las diferentes matrices (aire, agua, suelo y plantas). Los límites máximos permisibles de concentración de metales están muy bien establecidos en agua. Se recomienda realizar monitoreo y detección de contaminantes en agua, fauna y flora, para trazar mapas de concentración de estos contaminantes y favorecer los planes de acción conducentes a tareas de mitigación y remediación.

**MANCILLA et al., (2012)**. En su trabajo de investigación científico “Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México”, En la investigación se tomaron 91 muestras de agua duplicadas. Se analizaron el potencial hidrógeno (pH), la conductividad eléctrica (CE), As y metales pesados totales: Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn. Este estudio, con objetivo de determinar metales pesados en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México. Sus resultados revelaron valores bajos en la concentración de metales pesados en agua para riego agrícola y uso urbano, pero no para consumo humano, pues 50% de las muestras tomadas presentaron

concentraciones por encima de los límites permisibles. Se concluyó que el agua superficial no representa riesgos para riego agrícola.

Tanto el agua para consumo humano como el agua de uso para riego agrícola, tiene igual importancia para el ser humano, debido a que, en ambos casos, si no se lleva a cabo un control o seguimiento de su calidad, y estas sobrepasen o excedan los Límites Máximos Permisibles establecidos en las normas nacionales, significa un riesgo a la salud de la población que la consume.

**GARCÍA et al., (2012).** En su trabajo de investigación científica “Evaluación preliminar de riesgos para la salud humana por metales pesados en Las Bahías de Buenavista y San Juan de los Remedios, Villa Clara, Cuba. El cual tuvo como objetivo realizar una evaluación del riesgo a la salud humana que constituye la presencia de metales pesados en los cuerpos de agua poniendo en riesgo la vida de las personas que viven en Caibarién. De acuerdo a los resultados obtenidos, los valores del riesgo de cáncer, para todos los metales pesados con efectos carcinógenos se concluyó que estos sobrepasan los límites tolerables del incremento del riesgo de cáncer, trayendo consigo la preocupación por el control y manejo ambiental, la probabilidad de desarrollo de cáncer a causa de estas sustancias es alta.

En la investigación antes mencionada, la importancia que revisten los metales pesados y su peligrosidad debido a las concentraciones a las que la población pueda estar expuesta, significa un mayor grado de riesgo. Esto es importante y sirve de antecedente para investigaciones en metales pesados y sus formas en las que puede afectar a la salud del ser humano, así como su aporte al brindar la información necesaria a la zona de estudio en el cual se realizó el trabajo.

**LEGUÍA, J., PUMA, S. (2016),** en su trabajo de investigación para optar el Título de Ingeniero Ambiental. “Diseño de filtros de bioarena para remover metales pesados (As, Cd, Cr, Pb y Fe) en aguas de uso doméstico”. Trabajo realizado en la ciudad de Arequipa – Perú. Donde la investigación tuvo como objetivo principal adaptar los filtros de bioarena (usados para remoción de patógenos humanos) para la remoción adicional de metales pesados como



un prototipo de tratamiento integral de agua a escala domiciliaria, de fácil manipulación y de bajo costo. Concluyendo que los filtros de bioarena adaptados podrían formar un gran impacto sanitario, social, ambiental y económico no solo en nuestra región sino también puede ser de utilidad para todas las demás regiones que tienen problemas con metales pesados en sus aguas.

**DÍAZ, F. (2011).** Realizó un estudio sobre, “Análisis de arsénico y plomo en agua para uso y consumo humano de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) y Saltillo”, Coahuila, México, cuyo objetivo fue determinar la calidad de agua en consumo de la población Saltillo, Coahuila y de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Para verificar si la calidad de agua en el área de estudio está dentro de los límites permisibles de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1 para uso y consumo humano en el Sureste de Coahuila como en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se recolectaron 8 muestras de agua y se hicieron cuatro tipos de análisis en cada muestra en la determinación de Arsénico, Plomo, pH y determinación del plomo por absorción Atómica, obteniendo sus respectivos resultados, con los cuales se concluyó que en ninguno de estos cuatro tipos de análisis, las muestras se encontraron dichos contaminantes, por lo tanto la comunidad puede estar tranquila al consumir el agua del área de estudio al igual que la UAAAN.

La calidad del agua para ser utilizado y consumido por el ser humano, debe ser adecuada, tanto en sus características físicas y químicas, es por ello que existen normas bajo las cuales se llevan a cabo los diferentes monitoreos, de este modo se asegurar una buena calidad de la misma, por la población a la que se presta el servicio.

**ROBALINO, R. (2017).** En su trabajo de investigación “Determinación de Cd, Co, Ni, Zn en agua, suelo y sedimento de la Reserva Biológica Limoncocha (RBL) en el período 2015-2017 para establecer la línea base con fines de conservación” y teniendo como objetivo principal la determinación de cadmio, cobalto, níquel y zinc en muestras de agua, suelo y sedimento tomadas en

diferentes puntos de la Reserva Biológica Limoncocha (RBL), a partir del mes de septiembre de 2016 hasta abril de 2017 recolectándose ocho muestras de agua, ocho de sedimentos y seis de suelos en cada muestreo. Las muestras tomadas fueron analizadas mediante espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito y espectrofotometría de absorción atómica con llama, dependiendo del contenido del metal a analizar, se empleó uno de los dos métodos propuestos. Los resultados obtenidos de aguas y suelos de Cd, Co, Ni y Zn se los comparó con la Normativa Legal Ecuatoriana (TULSMA y RAOHE) encontrándose por debajo del límite máximo permisible en su mayoría, sin embargo, muestras de cadmio en aguas, suelos; zinc en aguas si sobrepasan la misma, mientras que los resultados obtenidos de sedimentos al no existir una normativa nacional se las comparó con la normativa internacional y servirán de valores de referencia para estudios posteriores.

**ALCÍVAR Y MOSQUERA (2011)**, En el trabajo de investigación denominado “Concentración de metales pesados (Cr total, Pb, Cd) en agua superficial y sedimentos en el Estero Salado (Guayaquil)”, el cual tuvo como objetivo determinar las concentraciones de metales pesados (Cd, Cr Total y Pb) de agua superficial y sedimentos en el Estero Salado (Guayaquil), para verificar si estas se encuentran en concentraciones adecuadas para la preservación de los organismos acuáticos, fue realizada en la época seca (Agosto, Septiembre, Octubre) del año 2010 en cinco puntos del Estero Salado de Guayaquil en los cuales se determinó la concentración para los metales pesados estudiados. Concluyendo que el valor encontrado en cada una de las matrices, refleja la problemática ambiental existente en este ecosistema debido principalmente a las actividades industriales, crecimiento poblacional acelerado, deforestación y el mal manejo de desecho y descargas de uso doméstico e industrial no tratadas, ocasionando así el deterioro de este ecosistema.

La contaminación por metales pesados en cualquier cuerpo de agua es muy perjudicial tanto para el ser humano como para los ecosistemas naturales acuáticos, esto debido a su toxicidad y bioacumulación de los mismos, una investigación como la antes mencionada es muy importante debido a su gran

aporte hacia la población y entidades responsables, ya que nos da a conocer una situación actual de esta problemática ambiental en la zona de estudio y permite contribuir con parte de la solución.

**CHATA, A. (2015)** realizó un trabajo de investigación denominado “Presencia de metales pesados (Hg, As, Pb y Cd) en agua y leche en la cuenca del río Coata 2015”, que tuvo como objetivo determinar la relación de metales pesados (Hg, As, Pb y Cd) en agua y leche de la cuenca del río Coata 2015. Concluyendo de acuerdo a los resultados obtenidos ninguno de los metales pesados analizados en muestras de agua supera los ECAS para bebida de animales y riego de vegetales de consumo crudo establecidos por el Ministerio del Ambiente Peruano. En cuanto a los resultados del análisis de la leche, As y Pb fueron los dos (02) metales pesados que superaron los Límites Máximo Permisibles.

La investigación antes mencionada nos da a conocer que, en cuanto a sus resultados de metales pesados en agua y leche, son algunos de estos que superan los Límites Máximos Permisibles en leche mas no en agua, esta investigación es importante debido a que la población está expuesta a estos metales pesados mediante la leche que consume, por lo tanto, su aporte ayuda a que la población pueda ser afectada por metales tóxicos.

**RARAZ, E. (2015).** Realizó denominado “Determinación químico toxicológica de plomo y cadmio en agua para consumo humano proveniente de los reservorios de la zona de San Juan Pampa – distrito de Yanacancha – Pasco”, este estudio tuvo como objetivo determinar la presencia de dos metales pesados (Cadmio y Plomo) en agua potable para consumo humano provenientes de los reservorios de la zona de San Juan Pampa – Pasco. Finalmente se concluyó que la presencia de Cd y Pb en el agua potable para consumo humano perteneciente a la zona de San Juan Pampa – Pasco, son niveles altos en cuanto a su concentración, llegando a ser una fuente principal de contaminación para los pobladores y superando los Límites Máximo Permisibles según la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Las diferentes industrias o toda actividad que se puedan desarrollar en una cuenca, deben tener en cuenta que la población ni los ecosistemas deben estar expuestas a los diferentes contaminantes que ellas utilizan, para lo cual existen normas establecidas de acuerdo a cada actividad que deben tomarse en cuenta, así evitar perjudicar la zona y el entorno donde se desarrollan. Trabajos de investigación como previamente se ha mencionado son muy útiles debido a que aportan soluciones de la inseguridad en el lugar de estudio y población que pueda estar siendo afectada.

**GRAZA, FW. (2015)**, realizó un estudio denominado “Determinación de Pb, Cd, As en aguas del río Santa en el Pasivo Minero Ambiental de Recuay, Ticapampa; Recuay – Ancash”, donde se analizó la concentración de los metales antes mencionados, en cada punto por el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica. Donde se obtuvo como resultados que la concentración de Arsénico fue 0,0404 mg/L, Plomo 0,6402 mg/L y Cadmio 0,0396 mg/L. Concluyendo que todos los metales estudiados tienen una concentración superior a los Límites Máximos Permisibles establecidos por los “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua” según Ministerio del Ambiente. También el estudio comprueba que parte de la contaminación del río Santa es provocada esencialmente por descarga de residuos mineros que están ubicados a lo largo de todo su cauce (tramo de Ticapampa – Recuay), debido a que utilizan agua del río Santa como vía de eliminación de sus residuos. Además, se comprueba que la contaminación por Pb, Cd, y Ar son de origen minero, ya que estos son vertidos en las aguas del mencionado río, determinándose que el agua del río Santa, está contaminada y no es adecuada para el uso y consumo poblacional.

Es importante el monitoreo del agua destinada al consumo humano, antes de ponerlo a disposición de la poblacional, debido a las características fisicoquímicas que está presente, esto se hará en la planta de tratamiento antes de su potabilización, de este modo brindar el servicio de calidad sin poner en riesgo a la población.

### 1.3. Teorías relacionadas al tema.

#### **El Agua**

Sustancia cuyas moléculas están formadas por la combinación de un átomo de O<sub>2</sub> y dos de H<sub>2</sub>, líquido inodoro, insípido e incoloro. Es un componente más abundante de la superficie terrestre y más o menos pura, forma las lluvias, lagos, lagunas, ríos y los mares, es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos orgánicos.

Según la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338 el agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible del país, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan.

“La calidad del agua depende de los usos a que está expuesto o destinado, cualquier otra forma de uso que demande un ambiente acuático para desarrollarse, como recreativa, sustentación del ambiente, etc., los cuales, conllevan a un determinado requerimiento de calidad” (PEÑA, A. 2011).

Según el D.S. N°031-2010-MINSA, el agua forma parte de los bienes más importantes y escasos de las personas en el mundo, el Perú no es una excepción, ya que existen muchas zonas donde es forzoso beber de nacimientos de agua con una calidad que deja mucho que desear, produciendo malestares en adultos y niños. La presente norma hace las siguientes definiciones:

**Agua cruda:** Es aquella agua que, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento.

**Agua tratada:** Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano.

**Agua de consumo humano:** Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluido la higiene personal.

## Propiedades del agua

**MARÍN, A. Y OSÉS, M. (2013)** menciona, que el agua presenta propiedades que la alejan de los compuestos que tienen conformación molecular similar; sus características la hacen especial porque es la única sustancia que en estado natural sobre la tierra se presenta en tres estados: sólido, en los casquetes polares y nevados; líquido, en los mares, lagos y ríos; y gaseoso, parte del aire en forma de vapor.

Estos mismos autores (**MARÍN, A. Y OSÉS, M. 2013**), mencionan que el volumen de las sustancias disminuye al enfriarse: el agua cuando llega a 4°C empieza a dilatarse y reduce su densidad y cuando llega a 0°C sufre una dilatación salvaje, así mismo mencionan que su volumen aumenta en una onceava parte al transformarse en hielo, favoreciendo así la vida acuática en épocas de invierno, ya que la capa de hielo, por ser superficial, no impide el desarrollo de los procesos biológicos en los lagos y los ríos y tiene elevada tensión superficial a diferencia de otros líquidos comunes, por esto tiene gran capacidad erosiva.

Otras características del agua es su capacidad de atracción que tiene y es capaz de aglutinar a la mayoría de sustancias sólidas con las que entra en contacto. La tensión superficial y la adherencia al combinarse pueden elevar una columna de agua; lo que se conoce como “capilaridad” relacionándose con la circulación de agua en suelos y a través de las raíces y los tallos de los cultivos.

Así mismo, debido a su propiedad dipolar y una elevada constante dieléctrica es capaz de diluir la mayoría de diferentes sustancias. Sus características pueden ser medidas y clasificadas como: Físicas; Químicas; Biológicas y Microbiológicas, estas son variables y la hacen diferente, según el sitio y proceso de donde venga.

## Agua Natural

**REASCO & SAAVEDRA, (2010) Y MARÍN, A. Y OSÉS, M. (2013)**, mencionan que el agua natural que tenga contacto con diferentes agentes (aire, suelo, vegetación, subsuelo, etc.), incorporan parte de los mismos, los diferentes compuestos químicos, haciendo que el agua dulce presente un elevado número de sustancias en su composición química natural. Los elementos más frecuentes en agua dulce se presentan como componentes mayoritarios, (carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros y nitratos) y como componentes minoritarios, (fosfatos y silicatos, metales como elementos traza y gases disueltos como oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono).

## Agua Potable

El agua potable es aquella sustancia que se puede consumir o beber sin que exista riesgo a la salud, el agua potable no debe poseer restos, compuestos químicos ni microorganismos que provoquen malestares o perjudique la salud pública (**SANTACRUZ & TERÁN, 2015**), se mencionan que el agua potable antes de ser suministrada a las viviendas, debe ser tratada en plantas potabilizadoras, hasta que esté en condiciones apropiadas para el consumo humano, bajo normas de calidad nacional e internacional que garanticen la calidad de este recurso.

“El proceso de potabilización del agua consiste en eliminar todos los microorganismos patógenos que provocan enfermedades” (**RODRÍGUEZ, L. 2015**).

Las diferentes juntas administradoras de agua tienen como objetivo primordial la potabilización del agua, lo que implica entregar a la población un líquido vital y de mucha calidad. El proceso de potabilización del agua consiste en eliminar todos los microorganismos patógenos que provocan enfermedades a seres humanos. El método más usado y conocido para la desinfección del agua es la cloración. Definiéndose agua potabilizada como agua apta para el gasto humano, tratada bajo normas de calidad nacional e internacional que garantizan la calidad de este recurso.

## **Fuentes de abastecimiento de agua**

Dentro de las fuentes de abastecimiento de agua se tiene lo siguientes:

### **Aguas Subterráneas**

Son aquellas que provienen de manantiales, pozos y nacientes. Estas aguas habitualmente están salvaguardadas, libres de microorganismos nocivos, compatible con los requisitos de agua para consumo humano.

Sin embargo, “Antes de utilizar el agua de fuentes subterráneas, es importante conocer las características del agua y cumplir con los estudios físico-químicos y bacteriológicos convenientes. La búsqueda de este recurso penderá de particularidades hidrológicas y la génesis geológica del acuífero” **(CEPIS/OPS/2004)**.

### **Aguas Superficiales**

Son aguas que discurren naturalmente por la superficie terrestre y que están conformadas por riachuelos, esteros, afluentes, etc. Está constituida por los lagos, lagunas, ríos, canales, etc. aquí también se encuentran las aguas pluviales, que son las que se obtiene de la lluvia, provenientes de las precipitaciones. Las aguas pluviales también pueden ser una fuente de buena calidad de agua a considerar, esto en caso de que no exista otra alternativa.

El agua superficial puede estar comprometida en su calidad debido a contaminantes originados por descarga de drenajes caseros, restos de acciones mineras o industriales, basura sólida y otros. Es significativo estar al tanto de las características de la cuenca y fijar la presencia probable de principios de contaminación, agrícola, urbana, industrial **(CEPIS/OPS/2004)**.

## **Sistemas de abastecimiento de agua**

Viene hacer el conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicos que son accionados por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro de agua mediante conexiones domiciliarias.



## **Sistemas de captación de agua**

Son aquellas estructuras que se han fabricado con el fin de recolectar agua para que pase al sistema de conducción, almacenamiento, tratamiento y distribución, generalmente se encuentran a un lado de las vertientes de agua. Las captaciones están construidas fundamentalmente de una cámara, la cual vale para resguardarlos frente a dificultades por contaminantes; normalmente proveen poco caudal, estos deberán recorrer libre, sin obligar ni perturbar entornos hidráulicos originarios” (RODRÍGUEZ, L. 2015).

## **Calidad de agua**

La calidad de agua está relacionado al conjunto de medidas físicas, químicas y biológicas, que son necesaria con el fin de sostener los usos deseados, donde indique que el agua puede ser usada para diferentes propósitos.

La calidad del agua según **RODRÍGUEZ, L. (2015)**, se puede dar básicamente de las siguientes formas:

### **Midiendo variables**

Ya sea físicas (turbidez, sólidos totales) y variables químicas (pH, acidez) o biológicas.

### **Utilización de índices de calidad**

Esto depende del estado del agua para poder analizar su calidad; se diferencia entre agua cruda, potable y residual.

Las Guías de Calidad para Aguas de Consumo Humano de la Organización Mundial de la Salud (OMS) son instrumentos legales de calidad fisicoquímica del recurso hídrico consignada al gasto de las personas y cada país puede fundar o administrar medidas teniendo en cuenta los juicios principales otorgados por dicho organismo. La calidad del recurso hídrico tiene que ser la apropiada para el consumo humano, así como su utilización doméstica.

“Las instituciones gubernamentales deben asegurar que la calidad del agua sea aceptable para ser consumida en periodos prolongados” **(LEGUÍA, JC. y PUMA, PS. 2016).**

El desarrollo de normas nacionales sobre la calidad de los recursos hídricos para uso poblacional tiene que considerar aspectos geográficos, ambiente socio – económico, acciones industriales y aspectos físico – químicos. Porque los componentes menos deseados del agua para consumo humano pueden perjudicar la salud pública.

La mayoría de los consumidores no disponen de medios para juzgar por sí mismos la seguridad del agua que consumen, pero su actitud hacia el agua de consumo y hacia sus proveedores de agua se verá afectada en gran medida por los caracteres de la calidad del recurso hídrico que son capaces de percibir con sus propios sentidos **(OMS, 2006).**

Es natural y no se le puede negar, que los consumidores desconfíen del agua que consumen, y que parezca sucia o tengan color anormal, o que tenga un olor o sabor desagradable, aunque estas características puedan no tener, en sí mismas, ninguna consecuencia directa para la salud. Por ello debe darse una prioridad máxima al suministro de agua de consumo poblacional y que tenga un aspecto adecuado, sabor y olor aceptables; el agua cuyas características organolépticas sean inaceptables minará la confianza de los consumidores, generará quejas y lo que es más importante, puede conducir al consumo de agua de fuentes menos seguras.

No es pertinente regular o controlar directamente sustancias que pueden constituir un peligro si sus efectos sobre la aceptabilidad del agua harían que ésta fuera rechazada cuando tuviera concentraciones bastante menores que las peligrosas para la salud; en cambio, el control de estas sustancias se puede abordar mediante el requisito general de que el agua sea aprobada por el conjunto de interesados.

### **Importancia del agua**

Además de ayudar a conservar el clima de la Tierra, es fuente principal para cualquier forma de vida, por ello es necesario conservar el recurso hídrico, aunque la mayor parte del agua es salada y la otra pequeña parte es agua dulce. La cantidad de agua dulce no es del todo accesible, solo una porción está disponible para el consumo humano y no se encuentra uniformemente distribuida. Otra parte del agua dulce se hace uso en la agricultura, industria, transporte y para las diferentes acciones que realiza el ser humano, controlando las consecuencias del uso, ya que estas prácticas pueden atentar contra su conservación **(UMBRÍA, TREZZA, & HERVÉ, 2009)**.

### **Disponibilidad de agua**

El agua en planeta tierra en su mayoría es salada en un 97.5% a nivel mundial y el 2.5% es dulce, pero solo el 1% de este recurso es aprovechado por la humanidad en diversos usos. En los glaciares se encuentra la mayor cantidad de agua dulce congelada y otra parte se encuentra en los cuerpos de agua en la superficie o permanece en las capas acuíferas subterráneas.

A nivel mundial 1,100 millones de individuos están falto de agua potable y además 2,400 millones no purifican el agua por no tener acceso a ello. Se estima que para el año 2 050, al menos una de cada cuatro personas estará en un país afectado por la insuficiencia de agua dulce. La escasez del recurso hídrico es básicamente por su uso incorrecto e ineficiente, por degradación del recurso hídrico, por contaminantes o por sobreexposición de acuíferos subyacentes.

### **La creciente demanda de agua dulce**

Los problemas por escasas del recurso hídrico en sitios inmensamente pobladas son dificultades significativas y la enfrentan la mayoría de los naciones y zonas a nivel mundial. El cambio global acarrea problemas que acrecientan la importancia de contar con información de buena calidad para avalar la seguridad del suministro del recurso hídrico, el resguardo del medio y la población.

**UMBRÍA, TREZZA, & HERVÉ, (2009)** mencionan que, en los últimos 70 años se ha multiplicado por tres la urbe mundial y la utilización del recurso hídrico

se ha multiplicado por seis, como consecuencia del adelanto manufacturero y uso del riego. A nivel mundial cada año se utiliza un 54% de agua dulce aprovechable. Si el gasto por persona permaneciera sin variar hasta el 2 025, utilizaría el 70% del total, simplemente en relación con el crecimiento de la urbe.

## **Usos del agua**

**JARABO et al., (2000)**, menciona que, el recurso hídrico ha restringido esencialmente el progreso de las civilizaciones, donde diversas urbes se han establecido, a lo largo de la historia, para formar grandes ciudades. Y nuestro país no ha sido ajeno a estos cambios, desde el inicio de las culturas y posteriormente en la época incaica, estos lograron afianzarse cerca de las riveras de los ríos logrando dominar la difícil geografía y lograr su apogeo.

No en todas las actividades se consumen la cantidad necesaria que se requiere, hay ocasiones que después de su utilidad el agua no puede ser reaprovechable, por verse totalmente alteradas en su calidad, lo que impide que ya no pueda ser usada en otros usos; generando un gran problema ambiental al ser vertidos a diversos cuerpos de agua.

## **Uso consuntivo y no consuntivo del agua superficial por vertiente en el Perú**

El agua tiene dos clases de usos: El uso consuntivo y el uso no consuntivo. El uso consuntivo se define como el uso que se consume efectivamente durante una determinada actividad” **(INEI, 2015)**.

El Perú es un país que cuenta con tres vertientes hidrográficas: la vertiente del Atlántico el cual genera un 98,2% del recurso hídrico, la vertiente del Pacífico que genera 1,5% del recurso hídrico y por último la vertiente del Titicaca que genera un 0,3% del recurso. Cabe resaltar que en la actualidad la urbe se sitúa en mayor cantidad en la vertiente del Pacífico, debido al bajo porcentaje de agua, se genera el problema de estrés hídrico ya que como se

puede resaltar, existe mayor demanda de agua que la cantidad disponible, esto también se da cuando el uso del agua se ve restringido por su calidad baja **(INEI, 2015)**.

### **La Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC)**

La gestión para el cambio climático en el país fue aprobada por medio del D.S N°086-2003-PCM, donde establece que se cumpla obligatoriamente y se incorpore a las políticas, planes y programas, con el objetivo de avasallar los impactos desfavorables al Cambio Climático, mediante saberes completados de debilidad y acomodo, donde se reconocerán áreas sensibles en la nación, a la vez se implementarán proyectos de aplicación.

### **El Agua y el Cambio Climático**

“Perú está ubicado dentro de los 10 países más vulnerables a la variación climática, reconociendo impactos importantes en ecosistemas de la Amazonía y los glaciares, a la vez teniendo en cuenta las condiciones de pobreza y desigualdad” **(TYNDALL CENTER, 2004)**.

El Cambio Climático, en la actualidad es una amenaza global seria para el ambiente y la humanidad, sus impactos afectarán a todas las actividades: económicas, infraestructuras, salud, seguridad alimenticia, recurso hídrico y otros recursos naturales en cuanto a su cantidad disponible.

Las poblaciones de las zonas rurales muestran ser mucho más vulnerables al Cambio Climático, para lo cual se exige medidas de ajuste permanentemente. Los riesgos que comprometen estos ecosistemas tienen que ver con la pérdida de la biodiversidad y el empobrecimiento mayor de la población. Sin embargo, se ha implementado, una serie de medidas espontáneas de adaptación como la variación del calendario agrícola y la construcción de canales de riego, entre otros.

Las personas debemos aprender a sobresalir de los problemas, en cuanto se refiere a la utilización del agua y afrontarlos convenientemente y con sabiduría;

saber que la insuficiencia del recurso hídrico aumentará firmemente con el paso del tiempo, por diversas razones como el incremento financiero, necesidades sociales y variaciones climáticas. El nivel de los conflictos por el recurso hídrico establece el tipo de actores implicados y tiene que resaltar que estos conflictos, no solo es responsabilidad de los representantes gubernamentales, sino también de los diferentes órganos ambientales existentes de acuerdo a Ley y que pacientemente esperan que los hechos sucedan.

### **Contaminación del agua**

Se debe a cualquier alteración en la calidad del agua, generalmente provocada por el hombre, el cual la hace indebida para las personas, industria, agricultura, entre otros como las actividades recreativas, animales domésticos y la vida natural. Durante años se han vertido toneladas de sustancias empleadas en agricultura y otras actividades, sin importar el problema que estas conllevan al ambiente, la contaminación acarrea también escasez, que en los últimos años ha incrementado a causa del cambio climático **(RAMÍREZ, A. 2016)**.

La aparición de elementos tóxicos y la variación en las concentraciones de estos contaminantes, tiene su origen en el denominado “ciclo del agua o ciclo hidrológico del agua”, durante este ciclo natural que presenta el agua, interactúan distintas actividades antropogénicas y distintos compartimientos ambientales y en algún punto se produce la contaminación del agua, detectarla y solucionarle es nuestra gran misión.

En un informe la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), menciona que en el Perú se observa una baja calidad del agua utilizadas por las municipalidades y la agricultura y esto es debido a los vertimientos de la industria, la minería ilegal y los pasivos ambientales ubicados en las nacientes de las cuencas.

### **Formas de contaminación de agua**

“Los problemas de calidad del agua, son por contaminantes que tienen un impacto significativo, son de difícil definición y cuantificación, es por eso que

muchas veces los programas de control no las tienen en consideración adecuadamente” (BARRIOS et. ell.; 2009).

Las formas de contaminación del agua se dividen en:

### **Formas puntuales**

Son aquellas descargas que se producen en puntos definidos, como las descargas de los desagües, industrias u otros. Debido a que los desagües domésticos despliegan muchos contaminantes que provocan el deterioro al medio natural, es por eso que se tiene que realizar tratamientos antes de su disposición final.

### **Formas no puntuales**

Esto está asociada a las aguas de lluvia, deshielos o percolación. A medida que la lluvia cae, arrastra los contaminantes naturales o los que son producidos por el hombre y ello afecta al medio ambiente.

Estos contaminantes pueden ser:

Exceso de fertilizantes, herbicidas e insecticidas, provenientes de usos agrícolas; aceites, grasas; sedimentos provenientes de construcciones, zonas agrícolas o erosión; drenaje ácido de minas abandonadas; materia orgánica y microorganismos provenientes de zonas de ganadería. Arrastre de basura, entre otros tipos de contaminantes.

### **Fuentes de Contaminación del Agua**

Para **LEGUÍA, JC. Y PUMA, PS. (2016)**, contaminantes del agua, son los que utilizan como materia el recurso hídrico y muestran caracteres y sustancias con propiedades físico-químicas y bacteriológicas que perturban los ambientes receptores donde son expulsados. Así se tiene lo siguientes: Descarga de aguas servidas a ríos o al mar, descarga de residuos sólidos y desmontes a orillas del mar, acciones informales a las orillas de ríos como las curtiembres, fundiciones de automóviles y los efluentes líquidos provenientes

de las diferentes acciones y trabajos de sectores productores (excavación, PTAR, pérdidas de aceites, abonos agrícolas, plaguicidas, etc.

## **Formas de contaminación de agua.**

### **Por su origen**

#### **Origen urbano**

De acuerdo a la densidad poblacional y descargas, volúmenes de los cursos de agua y recipientes del mismo, así también a las proporciones de descargas que logran llegar a ser limpiadas antes de su vuelco que generalmente son nulos.

#### **Origen industrial**

Componen la vital fuente de contaminación del agua. Muchas industrias usan el agua en diferentes cantidades en diversos métodos de elaboración.

#### **Origen agrícola**

Procede esencialmente de ciertas mercancías usadas en agricultura y de restos de origen animal.

#### **Origen minero**

Se puede producir por operaciones de lixiviación, flotación, etc. que no son bien controladas y monitoreadas.

También existe contaminación por accidentes eventuales, que son fuentes de contaminación de sustancias básicamente de metales pesados cuya toxicidad es elevada, no solo para el consumo humano sino también para la agricultura y los animales.

### **Control de la corrosión en materiales de instalación del Riego por Goteo**

La mayor parte de los materiales que componen los sistemas de riego por goteo son sistemas de tratamiento, sistemas de distribución, depósitos, tuberías, válvulas y bombas, la disolución de estos son la corrosión. Donde se producen fallos en estructuras, filtrados, desgaste en el aforo y disminución



de la disposición química y microbiológica del agua. El consumo interno de estos conductos y agregados consigue trascender solamente en la concentración de ciertos elementos del agua, como el plomo y el cobre **(OMS, 2006)**.

Controlar el desgaste reside en realizar el monitoreo de varias medidas de concentración de elementos como: calcio, bicarbonato, carbonato y oxígeno disuelto y también el pH. Las necesidades determinadas se modifican en relación de la disposición del recurso hídrico y de la materia prima empleada en el régimen de repartición.

## **Tipos de tratamientos de agua para consumo humano**

### **Tratamientos de desinfección con Cloro**

Consiste en la eliminación de elementos patógenos tales como bacterias, virus y protozoarios.

### **Tratamiento con Filtros de Arena**

Consisten en uso de tanques generalmente metálicos o plástico reforzado. Donde la filtración se obtiene cuando el agua atraviesa la arena reteniendo las impurezas.

### **Tratamientos con UV**

Esta luz ultravioleta origina anomalías a nivel molecular en el material genético (ácido nucleico, ADN) de los microorganismos, impidiendo que se reproduzcan y cuando esto sucede, está considerado como muerto.

“No hay mejor medio de purificación más seguro que la luz UV, porque no altera las propiedades del recurso hídrico ni perturba a quienes la usan o consumen” **(RODRÍGUEZ, L. 2015)**.

### **Tratamientos con Ozonificación**

Debido a su poder oxidante la desinfección es mejor ya que elimina todos los microorganismos y virus, es muy efectivo para potabilizar el agua.

### **Tratamientos con Descalcificadores:**

Minimizan la dureza del agua, reduciendo los niveles tanto de Ca y Mg, haciendo que el agua sea apta para el consumo humano.

### **Tipos de plantas de tratamiento de agua potable**

#### **Planta de Tratamiento Convencional**

El tratamiento está constituido por procesos con el fin de obtener agua potable, sus procesos pueden ser: coagulación, mezcla rápida, floculación, precipitación, purga, filtración y purificación.

#### **Planta de Tratamiento Compactas tipo convencional**

El equipo es de fibra de vidrio y poliéster reforzado, por lo que son resistentes a la salinidad, es de bajo costo de operación. El sistema es continuo e incluye homogenización, aireación, floculación, sedimentación y desinfección.

#### **Planta de Tratamiento modular**

En sus fases contiene métodos demandados para la obtención de recurso hídrico potabilizado, entre sus ventajas tenemos que: invaden espacio escaso y se consiguen ensanchar cómodamente agregando patrones de clarificación y de filtración.

### **Calidad del agua requerida para que sea potable**

Según Las Guías de la calidad del agua para consumo humano de la OMS citado por **LIDIA (2004)**, es necesario que las propiedades del agua se evalúen antes de edificar cualquier sistema de suministro; las impurezas que tiene el recurso hídrico varían de acuerdo al tipo de fuente. Si los niveles recomendados de las impurezas exceden, el recurso hídrico tendrá que tratarse antes de su consumo; también no debe contener elementos perjudiciales para la salud ni características que consigan el rechazo a su consumo.

El agua potable es aquella que está separada de microorganismos que originan malestares; sin algún compuesto nocivo para la salud; es tolerable para

consumirla con bajo contenido de coloración, agrado y olor; y esté exenta de compuestos que originen deterioro o sedimentos en la infraestructura sanitaria.

### **Límites de tolerancia del agua para que sea potable**

Los Estándares de Calidad de Agua (ECAs), estos estándares son valores establecidos legalmente que definen la cantidad máxima esperada de los elementos en el agua. Los valores considerados conjuntamente con las condiciones específicas locales para la determinación de los estándares de calidad por parte de la autoridad sanitaria del país.

Los ECAs y Límites Máximos Permisibles (LMPs), son instrumentos de gestión ambiental, parámetros y obligaciones que regulan y protegen tanto la salud pública como la calidad ambiental en que nos desarrollamos, permitiendo a la autoridad ambiental, crear acciones de control, seguimiento y fiscalización de los efectos causados por las actividades humanas. También permite prevenir, corregir, mitigar los efectos de las acciones en curso, a la salud y el medioambiente **(OMS, 2012)**.

Estos parámetros están separados en forma química, física y biológica, la cual ayudan a determinar la calidad de las aguas de acuerdo al tipo de tratamiento o uso:

#### **Físicos**

Tales como el color, olor, turbidez, sólidos en suspensión, temperatura, densidad, sólidos, conductividad, radioactividad.

#### **Químicos**

##### **Sólidos disueltos y suspendidos**

pH, Materia Orgánica DBO, DQO, nutrientes, Nitrógeno -compuestos derivados, Fósforo y compuestos derivados.

## Aceites y grasas

Hidrocarburos, Detergentes, Cloro y cloruros, Fluoruros, Sulfatos y sulfuros, Fenoles, Cianuros, Haloformos, Metales, Pesticidas.

## Gases disueltos

Oxígeno, Nitrógeno, Dióxido de Carbono, Metano, Ácido sulfhídrico.

## Biológicos

Tales como Coliformes totales y fecales, Estreptococos fecales, Salmonellas, Enterovirus y Otros.

**Tabla 1.**

Límites máximo permisibles para Agua Potable según la OMS

Fuente: OMS. Citado por Chávez (2010)	Sustancias Inorgánicas		Parámetro	OMS
		Unidad		
	Mercurio (Hg)	mg/L		0.001
	Cadmio (Cd)	mg/L		0.003
	Cromo (Cr)	mg/L		0.05
	Arsénico (As)	mg/L		0.01
Plomo (Pb)	mg/L		0.01	

**Tabla 2**

ECAS para agua categoría 1A - DS. N° 004 - 2017 - MINAM.

Fuente: MINAM, (2017)	Sustancias Inorgánicas	Unidad	(A1) Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	(A2) Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	(A3) Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
	Mercurio (Hg)	mg/L	0.001	0.002	0.002
	Cadmio (Cd)	mg/L	0.003	0.005	0.01
	Cromo (Cr)	mg/L	0.05	0.05	0.05
	Arsénico (As)	mg/L	0.01	0.01	0.15

Plomo (Pb)	mg/L	0.01	0.05	0.05
------------	------	------	------	------

**Tabla 3**

LMP, según lo establece el D.S. N°031-2010-SA-MINSA.

Fuente: MINSA, (2010)	<b>Sustancias</b>		<b>Limite Maximo</b>
	<b>Inorgánicas</b>	<b>Unidad</b>	<b>Permisible</b>
	Mercurio (Hg)	mg/L	0.001
	Cadmio (Cd)	mg/L	0.003
	Cromo (Cr)	mg/L	0.05
	Arsénico (As)	mg/L	0.01
Plomo (Pb)	mg/L	0.01	

### Metales

Existen diversos actores que lo definen de la siguiente manera:

**ÁLVAREZ, R. Y AMANCIO, FA. (2014)**, “Son elementos químicos caracterizados por una fuerte conductividad térmica y eléctrica, brillo metálico, capacidad de alterar y clara disposición a establecer cationes”

**PEÑA, A. (2011)**, “Son elementos que el ser humano no crea ni destruye, sino que los introduce al ambiente de forma directa, alterada química o biológicamente a consecuencia de las diferentes actividades, en discrepancia a otros contaminantes que perturban el medioambiente”

El ser humano puede alterar cuantiosamente la concentración de los metales y metaloides en el ambiente, facilitando su repartición desde los almacenamientos naturales de estos elementos. Toxicológicamente su consecuencia es inmensa mostrando una evidente combinación de efectos venenosos. Su estado inorgánico y amplificación de sus usos industriales y domésticos los hace resistentes y habituales en el medioambiente (**PEÑA, A. 2011**).

## **Toxicología de los metales**

La Toxicología estudia los efectos de sustancias nocivas (agentes tóxicos) para los sistemas biológicos; además esta disciplina establece la magnitud de daño en función de la exposición a dichas sustancias.

Así mismo, Tóxico Ambiental es aquella sustancia potencialmente nociva al ambiente, que se encuentra diseminada en los ecosistemas tales como los metales, plaguicidas y gases oxidantes que representan importantes problemas de contaminación, tanto de los países desarrollados como de los países subdesarrollados.

## **Metales pesados**

Según **OYARZUN & HIGUERAS, (2007)**, “Su definición es vaga, ya que se habla de metales pesados sin dar a conocer ni indicar qué son específicamente, el cómo y por qué son peligrosos”.

“Se encuentran en cantidades pequeñas o trazas en el ambiente. Son esenciales y no esenciales. Están presencialmente en los tejidos biológicos” **(ÁLVAREZ, R. Y AMANCIO, FA. 2014)**.

Los metales pesados pueden ser muy tóxicos en comparación a otros elementos o compuestos, ya que una sustancia se considera venenosa cuando tiene efectos adversos sobre la salud y en muchas ocasiones causa la muerte. Sus propiedades físicas definen su estado, así como: Alta reflectividad, alta conductividad eléctrica, alta conductividad térmica, o las propiedades mecánicas como fuerza y ductilidad.

## **Bioacumulación**

“Es el proceso de acumular diversas sustancias químicas en cuerpos vivos a fin de conseguir concentraciones más superiores que las concentraciones en el ambiente o en alimentos” **(ÁLVAREZ, R. Y AMANCIO, FA. 2014)**.

## **Biomagnificación**

“Los organismos pasan un proceso de un nivel nutritivo privilegiado a concentraciones elevadas mayores que las encontradas en agua o material particulado” (ÁLVAREZ, R. Y AMANCIO, FA. 2014).

Los metales en este caso los metales pesados, que se encuentren presentes en la naturaleza en cantidades bajas o no detectables por la mayoría de los instrumentos de rutina, además de la inexistencia de las vías naturales para su asimilación, que implica su bioacumulación en los seres vivos, por su acumulación como metal, es más rápida que su metabolización o excreción; lo cual genera un problema ecológico importante ya que estos elementos entran en la cadena trófica.

Así mismo, la problemática de los contaminantes metálicos, se encuentra relacionada con su permanencia en el ambiente y su bioacumulación que, al ser incorporados a los procesos biológicos, provoca en los organismos superiores concentraciones elevadas y causa muchos problemas en la salud.

## **Movilidad de los Metales Pesados**

Para LEGUÍA, JC. y PUMA, PS. (2016), los metales pesados agregados al suelo alcanzan a seguir cuatro diferentes rutas:

Raptados en el suelo, ya sea diluidos o adsorbidos, complejación y precipitación.

Cautivados por la vegetación, incorporándose a las cadenas tróficas.

Pueden pasar a la atmósfera por volatilización.

Se movilizan hacia las aguas superficiales o subterráneas.

## **Factores que afectan la Acumulación y Disponibilidad de los Metales Pesados**

Los factores que afectan la acumulación y disponibilidad de los metales pesados son:

## **pH**

Es un componente fundamental. La mayoría de los metales suelen estar más favorables a pH ácido, el pH tiene un significativo resultado sobre la materia orgánica, según **(LEGUÍA, JC. Y PUMA, PS. 2016)**, el pH es un parámetro importante para definir la movilidad del catión, debido a que en medios de pH moderadamente alto se produce la precipitación como hidróxidos. Si el pH es elevado entonces puede bajar la toxicidad metálica por precipitación como carbonatos e hidróxidos. En medios muy alcalinos, pueden pasar a la solución como hidroxicomplejos.

## **Dureza del Agua**

Se presenta la adsorción de los metales en el carbonato y hay una baja biodisponibilidad de los metales, si el agua tiene una elevada dureza entonces existe baja toxicidad porque existe la formación de carbonatos insolubles.

## **Materia Orgánica.**

Los metales una vez que se forman en quelatos o complejos pueden migrar con mucha facilidad a lo largo del perfil del suelo y reaccionar con otros metales formando complejos de cambio y quelatos.

La materia orgánica adsorbe tan fuerte a varios metales, que queda en estado no aprovechable por vegetaciones. Por eso algunas plantas, de suelos orgánicos, muestran escasez de algunos elementos como el Cobre. Es uno de los procesos que rigen la solubilidad y la bioasimilación de metales pesados, la complejación por materia orgánica del suelo. Lo que facilita su solubilidad, disponibilidad y dispersión es la toxicidad de los metales pesados que se fortalece en gran medida por su fuerte disposición a crear complejos organometálicos **(LEGUÍA, JC. Y PUMA, PS. 2016)**.

Es una causa muy significativa la permanencia de la toxicidad de los metales pesados por su firmeza frente a la degradación por los organismos del suelo. Es decir que la presencia de cuantiosos quelatos puede disminuir la concentración de otros iones tóxicos en la solución del suelo.



### **Condiciones Redox.**

El potencial de oxidación-reducción es responsable de que el metal se encuentre en estado oxidado o reducido. Es decir, es el cambio directo en la valencia de ciertos metales; como el  $\text{Fe}^{3+}$  que en condiciones reductoras se convierte en  $\text{Fe}^{2+}$ , los iones reducidos son altamente solubles **(LEGUÍA, JC. Y PUMA, PS. 2016)**.

Las condiciones redox pueden perturbar de forma indirecta la movilidad de metales, por eso varios metales son adsorbidos a hidróxidos de Fe y Mn, estos no son constantes a pH bajos y se transforman en  $\text{FeS}$  o  $\text{FeCO}_3$  según los medios químicos, cuando esto sucede los metales que quedaban adsorbidos con los hidróxidos de Fe y Mn se movilizan.

En ambientes muy reductores el Fe se puede combinar con el  $\text{S}^{2-}$  hasta convertirse en pirita. Cuando los suelos y sedimentos contienen cantidades significativas de pirita se crean condiciones más oxidantes, el  $\text{S}^{2-}$  se oxida a  $\text{SO}_4^{2-}$  liberando cantidades de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , el suelo se acidifica fuertemente y los metales se hacen muy solubles. Para **(LEGUÍA, JC. Y PUMA, PS. 2016)**, de acuerdo a la forma en la que se encuentra el metal atrapado en el suelo, así será la disponibilidad relativa por la vegetación y por ende la agregación en los organismos.

### **Contaminación de agua por metales pesados**

Los metales pesados, logran afectar a los diferentes ambientes además del acuático, ya que su persistencia en el entorno natural es tras el vertido a los cuerpos naturales de agua. Los contaminantes (metales pesados) pueden llegar a los acuíferos por infiltración de los agregados, dependientemente de factores como pH del medio o del mismo vertido como también pueden llegar a áreas húmedas. El transporte de estas sustancias a través del agua y su carácter recalcitrante, hace que se puedan arrastrar, alcanzando cualquier ecosistema acuático **(VÍLCHEZ, R. 2005)**.

La presencia de estos metales pesados en el agua va a condicionar su uso. Así mismo, puede verse afectada su utilización como la captación de agua de

abastecimiento, limitando los recursos hídricos fundamentales en regiones semiáridas, así mismo puede afectar la explotación pesquera, a los usos recreativos y como no al equilibrio del ecosistema, causando la muerte y desaparición de muchas especies importantes para él hombre.

### **Movimiento de residuos de metales pesados en el Ambiente**

Los organismos vivos tienen necesidad vital de algunos metales pesados, ya que son necesarios para varias funciones fisiológicas importantes, pero estos tienen una acción perjudicial registrada a concentraciones elevadas.

Son fuente de contaminación de las cadenas alimenticias al ser ingeridos por alguno de sus eslabones; ya que las sales solubles en agua de los metales pesados como el plomo, cadmio y mercurio son muy tóxicos y acumulables por los organismos que los absorben.

### **Distribución y niveles de metales pesados en agua**

**ÁLVAREZ, R. Y AMANCIO, FA. (2014)**, Manifiestan que la concentración de metales en agua superficial contribuye a la acumulación de metales en branquias y riñón de peces. Las branquias se exponen a metales a través del agua ya que están constantemente en contacto directo. La sangre fluye desde las branquias a la arteria carótida, que aporta sangre a los riñones ya que estos están expuestos a metales del agua. Generalmente el orden de acumulación de metales pesados en la red trófica es como sigue: capa biológica=sedimentos>invertebrados>peces.

Los datos de un estudio realizado por **FARAG, et. al., (1998)** demuestran que los metales son biodisponibles y aunque no se bio-magnifiquen a través de niveles tróficos, sí se bio-acumulan a concentraciones que causen efectos fisiológicos en peces en el agua.

## **Especiación Química de los Metales Pesados**

**SÁNCHEZ, R. (2014)**, manifiesta que la especiación química de metales pesados es un tema de interés en el análisis de agua pues el comportamiento geoquímico y los efectos biológicos de los metales pesados dependen enormemente de sus formas fisicoquímicas. Este ha sido un tema que ha tomado impulso en los estudios del medio ambiente y del tratamiento de aguas residuales. Las cantidades totales de metales presentes componen un régimen poco representativo de la posible toxicidad de un metal pesado. La especiación y la toxicidad de un elemento es muy distinta dependiendo de su manifestación, que va a normalizar no sólo su disponibilidad (según se encuentre disuelto, adsorbido, ligado o precipitado) sino que también el grado de toxicidad que presenta va a estar pendiente de la forma química de sí misma.

En los estudios de contaminación mucho se utilizan los valores totales para definir los umbrales de contaminación por su facilidad de medida y reproducibilidad. El tipo de sustancia contaminante va a influir decisivamente en el efecto contaminante producido y también la forma bajo la que se presenta: soluble, cambiante, ligada, adsorbida, ocluida, etc.

**LEGUÍA, JC. Y PUMA, PS. (2016)**. Dicen que la especiación química es la correlación de un metal y componentes químicos de las aguas, por ejemplo, un proceso de cuantificación del hierro en cada una de las especies, que se puede encontrar en una muestra se le denomina Especiación Química.

Las aguas naturales contienen la mayoría de los metales pesados disueltos, por ello podemos decir que el agua químicamente pura no existe en la naturaleza. Ahora bien, lo que hace tóxicos a los metales pesados no son sus características esenciales, sino las concentraciones en las que pueden presentarse y el tipo de especie que forman en un determinado medio, es por ello que la mayoría de los metales pesados son tóxicos. Es decir que una medida poco representativa de la posible toxicidad de un metal pesado, constituye las cantidades totales presentes. No obstante, en los estudios de

contaminación se utilizan, muy frecuentemente los valores totales para definir los umbrales de contaminación. Lo que va a influir decisivamente en el efecto contaminante producido, es el tipo de sustancia contaminante y la forma bajo la que se presenta: soluble, cambiante, ligada, adsorbida, ocluida (**LEGUÍA, JC. Y PUMA, PS. 2016**).

### **Inmovilización de Metales Pesados**

“Los resistentes a los metales pesados, se caracterizan por poseer mecanismos de detoxificación codificados genéticamente, inducidos por la presencia del metal. Dentro de la amplia diversidad microbiana, existen microorganismos resistentes y microorganismos tolerantes a metales.” (**LEGUÍA, JC. Y PUMA, PS. 2016**).

Tanto los microorganismos resistentes como tolerantes son de particular interés como captadores de metales en sitios contaminados, debido a que ambas clases pueden extraer los contaminantes. Por otro lado, los microorganismos tolerantes son indiferentes a la presencia o ausencia de metal.

### **Biosorción**

La biosorción, es un fenómeno ampliamente estudiado en la biorremediación de diversos metales pesados como el cadmio, cromo, plomo, níquel, zinc y cobre. Los microorganismos utilizados como biosorventes, retienen los metales pesados a intervalos de tiempo relativamente cortos al entrar en contacto con soluciones de dichos metales. Al no requerir un metabolismo microbiano activo, se minimiza los costos en un proceso de remediación, ya que no requiere el agregado de nutrientes al sistema. Por lo que el proceso global de biorremediación sería rentable, si la biomasa capaz de participar en estos procesos es fácilmente extraíble de sistemas acuosos como cursos de aguas o efluentes de diversos orígenes.

**LEGUÍA, JC. Y PUMA, PS. (2016)**, manifiestan que la utilización de consorcios microbianos, o sistemas mixtos formados por microorganismos y macromoléculas (polímeros) sorbentes, que incrementarían los rendimientos en la captación de mezclas de metales pesados, si la búsqueda de este tipo

de microorganismos se encuentra en crecimiento constante, junto con el estudio de sistemas biosorventes.

La interacción que se produce con grupos funcionales expuestos hacia el exterior celular pertenecientes a partes de moléculas componentes de las paredes celulares, como el carboxilo, amino, hidroxilo, fosfato y sulfhidrilo, sus fenómenos de biosorción se caracterizan por la retención del metal mediante una interacción fisicoquímica del metal con ligandos pertenecientes a la superficie celular (**LEGUÍA, JC. Y PUMA, PS. 2016**).

### **Bioacumulación**

Este mecanismo de bioacumulación celular, involucra un sistema de transporte de membrana que internaliza al metal pesado presente en el entorno celular con gasto de energía, y según **LEGUÍA, JC. Y PUMA, PS. (2016)**, una vez incorporado el metal pesado al citoplasma, éste es secuestrado por la presencia de proteínas ricas en grupos sulfhidrilos llamadas metalotioneínas o también puede ser compartimentalizado dentro de una vacuola, como ocurre en hongos; este consumo energético se genera a través del sistema  $H^+ - ATPasa$ .

La precipitación de sulfuros metálicos en reactores con cultivos mixtos de bacterias reductoras de sulfato o la acumulación de CdS en la pared celular de las bacterias *Klebsiellaplantica* y *Pseudomonasaeruginosa*, es otra forma de precipitar de los metales a través de la formación de sulfuros o fosfatos, como resultado de alguna actividad enzimática celular (**LEGUÍA, JC. Y PUMA, PS. 2016**).

### **Biotransformación**

**LEGUÍA, JC. Y PUMA, PS. (2016)**, manifiestan que el cambio de estado de oxidación o metilación es un ejemplo de este proceso, el cual involucra un cambio químico sobre el metal pesado. Puede dar como resultado compuestos poco solubles en agua o bien compuestos volátiles, la transformación biológica de los metales pesados que resultan tóxicos mediada por enzimas microbianas. El ejemplo más claro es el ciclo del Hg en

la naturaleza, donde las bacterias *Pseudomonas aeruginosa* pueden reducir el catión  $\text{Hg}^{2+}$  a  $\text{Hg}^0$ , y otros organismos pueden luego metilarlo dando como producto el  $\text{CH}_3\text{Hg}^+$  y  $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ , que son volátiles y aún más tóxicos que el propio Hg.

### **Quimiosorción mediada por microorganismos**

Es la reacción donde los microorganismos biomineralizan un metal, formando un depósito primario a esto se pueden describir quimiosorción mediada por microorganismos. Este depósito primario funciona como núcleo de cristalización, con la subsecuente deposición del metal de interés, promoviendo y acelerando así el mecanismo de mineralización **(LEGUÍA, JC. y PUMA, PS. 2016)**.

El agregado de Fe en un efluente a tratar y en presencia de bacterias reductoras del sulfato, producen sulfuros que precipitan en forma de FeS, sobre la superficie celular. Los otros metales contaminantes utilizan el FeS formado como soporte y cristalizan sobre sus cristales. Luego, aprovechando las propiedades magnéticas del Fe, pueden separarse fácilmente de la fase soluble, descontaminando así el material.

La inexistencia de las vías naturales para su asimilación, lo que implica su bioacumulación en los seres vivos; se debe principalmente a que la acumulación del metal es más rápida que su metabolización o excreción; lo cual genera un problema ecológico importante ya que estos elementos entran en la cadena trófica.

**ESPINOZA, T. y ESPINOZA, L. (2005)**, manifiestan que la problemática de los contaminantes metálicos se encuentra relacionada con su persistencia en el ambiente y su bioacumulación, provocando que los organismos superiores presenten en concentraciones más elevadas.

### **Metales pesados y sus efectos**

## **Plomo (Pb)**

Este es un metal pesado con densidad de  $11,4 \text{ g/cm}^3$  a  $16^\circ\text{C}$ , de color azulado, que al empañarse adquiere un color gris mate. También es flexible, inelástico, pero se funde con facilidad y esto se produce a  $327,4^\circ\text{C}$ , hirviendo a  $1725^\circ\text{C}$ . Es limitadamente resistente al ataque de ácido sulfúrico y ácido clorhídrico, aunque se disuelve con lentitud en ácido nítrico o ante la presencia de bases nitrogenadas. Las valencias químicas normales para el Pb son 2 y 4.

El Pb forma sales de plomo, así como sales metálicas del ácido plúmbico, es metal anfótero, a la vez tiene capacidad de formar muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos. Las sales de plomo II y los compuestos orgánicos del plomo, son dañinos desde un punto de vista toxicológico. El plomo y sus compuestos, son generalmente contaminantes tóxicos” **(MARÍN, A. y OSÉS, M. 2013).**

Las concentraciones más altas perjudican el crecimiento de las plantas. El plomo limita la síntesis clorofílica de las plantas. No obstante, las plantas pueden absorber del suelo altos niveles de plomo, hasta 500 ppm. El plomo en el agua residual proviene principalmente de las tuberías y de las calles. El plomo se introduce en la cadena alimenticia por su absorción por las plantas. Así mismo, la aplicación de pesticidas con plomo se acumula en los organismos, en los sedimentos y en el fango.

El Pb es una sustancia química tóxica presente en el ambiente y el más persistente. La concentración media de Plomo (Pb) en la tierra es de 1,6 g por cada 100 Kg de suelo según **ANDRADE Y PONCE (2016)**, y la producción total de Plomo ronda los 43 millones de toneladas/año.

Por condiciones como la lluvia, el plomo puede ser arrastrado hacia aguas superficiales y acumularse en los sedimentos o ser absorbido por las plantas e introducirse en la cadena alimentaria, cuando el Plomo es liberado al aire, también puede ser transportado largas distancias hasta caer y depositarse en el suelo.

**MARÍN, A. y OSÉS, M. (2013)** manifiestan, que el Pb elemental no se disuelve en agua, sus formas orgánicas si lo hacen y cuando el plomo se pone en contacto con aire húmedo, la reactividad con el agua aumenta; en condiciones normales, el plomo no reacciona con el agua, en presencia del oxígeno y agua, el plomo metálico se convierte en hidróxido de plomo ( $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ); en la superficie del metal, se forma una pequeña capa de óxido de plomo ( $\text{Pb O}$ ).

El plomo orgánico causa necrosis de neuronas y pueden ser cancerígenos. El plomo inorgánico crea degeneración axónica. Los síntomas por la exposición al plomo incluyen cólicos, pigmentación de la piel y parálisis. Generalmente los efectos o el envenenamiento por plomo, son neurológicos o teratógenos. Ambas especies de plomo causan edema cerebral y congestión. Los compuestos orgánicos del plomo absorben rápidamente y por lo tanto suponen un mayor riesgo.

Los niños generalmente absorben una mayor proporción del plomo por las vías respiratoria y oral, sobre todo por esta última si existe desnutrición, deficiencia en calcio, hierro, fósforo y zinc, vitamina D y/o infecciones gastrointestinales. El metal pesado Pb, afecta sistemas, órganos y tejidos y su efecto puede ser proporcional a la cantidad presente en el organismo., Los umbrales de sus efectos tóxicos varían en diferentes individuos.

El plomo causa alteraciones menstruales, infertilidad y aumenta el riesgo de aborto en las mujeres ya que generalmente son más susceptibles al envenenamiento que a los hombres.

El plomo es absorbido por inhalación, ingestión y a través de la piel. El plomo es un metal pesado que se ha utilizado durante muchos años debido a su resistencia a la corrosión, ductilidad, maleabilidad y facilidad para formar aleaciones.

Las principales vías de exposición son la inhalación de partículas de plomo generadas por combustión de algunos materiales.



Tiende a distribuirse en diferentes órganos, tejidos, huesos y dientes, donde se va acumulando con el paso del tiempo (**SANÍN et. al, 1998**). La ingestión de polvo, agua o alimentos contaminados. La intoxicación por plomo varía de acuerdo a la edad de la persona y su nivel de exposición.

### **Mercurio (Hg)**

Este mineral es un metal líquido a temperatura ambiente, que además de encontrarse en su estado elemental, se puede hallar como derivados inorgánicos y derivados orgánicos. Se puede encontrar en forma de metal, como sales de mercurio o como mercurio orgánico. El mercurio es un elemento que se puede encontrar en forma natural en el medio ambiente.

**MARÍN, A. y OSÉS, M. (2013)**, manifiestan que la liberación del mercurio por fuentes naturales, ha permanecido en el mismo nivel por muchos años. El mercurio entra al ambiente como resultado de la ruptura de minerales de rocas y suelos y su exposición al viento y agua.

El mercurio, es un mal conductor del calor comparado con otros metales, pero no es mal conductor de la electricidad, tiene un color plateado y a temperatura ambiente es un líquido inodoro, este metal pesado es insoluble en agua y soluble en ácido nítrico, se fusiona fácilmente con muchos otros metales como el oro o la plata produciendo amalgamas.

**ANDRADE y PONCE, (2016)** manifiestan que “el mercurio, produce vapores tóxicos y corrosivos, más pesados que el aire cuando este aumenta su temperatura”.

Las actividades del hombre han generalizado los casos de exposición y las prácticas del pasado han dejado un legado de mercurio en vertederos, los desechos mineros, los emplazamientos, suelos y sedimentos industriales contaminados. Regiones donde se registran emisiones mínimas de mercurio, también son afectadas, como el Ártico, debido al transporte transcontinental y mundial del mercurio a través del aire. Una vez liberado, el mercurio, permanece en el ambiente, donde circula entre el aire, el agua, los sedimentos, el suelo y la

biota en diversas formas. La fuente más importante de contaminación con mercurio son las emisiones al aire.

Todo el mercurio que es liberado al ambiente eventualmente, terminara en los suelos o aguas superficiales. Algunas actividades del hombre que realiza, liberan mercurio directamente al suelo o al agua, por ejemplo, la aplicación de fertilizantes en la agricultura y los vertidos de aguas residuales industriales en la agricultura y los vertidos de aguas residuales industriales. La mayoría del mercurio liberado por las actividades humanas es liberada al aire, a través de la quema de productos fósiles, la minería, las fundiciones y la combustión de residuos sólidos.

La contaminación del agua por mercurio es producida por la extracción de oro y plata, por el método de amalgamación y por las refinерías del petróleo, por industrias químicas que producen cloro, fábricas de fungicidas y de pinturas contra hongos, fábricas de plásticos, minas de cinabrio (sulfuro de mercurio, HgS), etc.

**MARÍN, A. y OSÉS, M. (2013)**, estos actores manifiestan que “cuando los valores de pH están entre cinco y siete, las concentraciones de mercurio en el agua se incrementan, debido a la movilización del mercurio en el suelo. Las aguas superficiales ácidas, pueden contener cantidades altas de mercurio”.

**REYES, YC. et al., (2016)**, dice que la sustancia que puede ser absorbida rápidamente por la mayoría de los organismos, y que daña al sistema nervioso es convertido por los microorganismos de las aguas superficiales y suelos, en metil mercurio.

El metil mercurio es una de las formas con elevada toxicidad y es muy fácilmente incorporado en la cadena alimenticia y bioacumulado en seres vivos. Afecta principalmente al sistema nervioso y puede producir graves daños en el cerebro en estado fetal. Es activamente perjudicial para el sistema cardiovascular y puede ser cancerígeno. Corroen las membranas del

organismo, tanto el vapor de mercurio como sus sales solubles en agua **(MARÍN, A. y OSÉS, M. 2013)**.

El mercurio es un posible cancerígeno y es bioacumulable. Una alta exposición puede dañar el cerebro, los riñones y al feto y muy probablemente provoca retraso mental, afectación en el andar o el habla, falta de coordinación, ceguera y convulsiones. El envenenamiento progresivo, se da por ingerirlo durante largos periodos de tiempo en pequeñas cantidades, en forma de metal o de sales liposolubles, en especial el metil mercurio, llegando a provocar daños irreversibles en el cerebro, el hígado y los riñones. En las mujeres embarazadas puede provocar trastornos teratogénicos graves. Los síntomas más comunes son: dolor de vientre, vómito, diarrea, paro cardio-respiratorio y la muerte. Su toxicidad en seres humanos y otros organismos varía según la forma química o cantidad, también vía de exposición o vulnerabilidad de la persona expuesta. Tanto el Hg como sus compuestos son altamente contaminantes para el sistema nervioso en desarrollo.

**ANDRADE Y PONCE, (2016)**, manifiestan que el mercurio (Hg), por su alta liposolubilidad, esta se difunde a los tejidos atravesando fácilmente la barrera hematoencefálica y la placenta; el Hg en forma líquida o vapor apenas se absorbe por la vía gastrointestinal en cambio el vapor de Hg se absorbe rápidamente en los pulmones. Y la concentración sanguínea de mercurio disminuye prontamente, con una semivida bifásica; cuando el Hg se oxida a ion mercúrico, pierde la capacidad de difundirse. Luego queda retenido en los glóbulos rojos, sistema nervioso central (SNC) y los riñones.

En orina, la semivida es de 40 - 90 días. Este dato es importante pues se considera un marcador biológico de las exposiciones crónicas. La vía de excreción más importante es la digestiva y, en menor porcentaje, la urinaria, respiratoria y sudorípara.

### **Cadmio (Cd)**

El Cadmio (Cd) fue descubierto en Alemania en 1817 por Friedrich Stromeyer, como impureza en el carbonato de cinc. El Cd del latín cadmia y en griego

kadmeia, significa “calamina”, es el nombre que recibía antiguamente el carbonato de cinc. El cadmio no se halla en el medioambiente como un metal puro. El cadmio es suave y de color blanco plateado es limitadamente barato, ya que es un subproducto del procesamiento de metales más valiosos (cinc y cobre).

El cadmio se encuentra principalmente en la corteza terrestre y siempre se encuentra en combinación con el zinc. El cadmio también se obtiene como inevitable subproducto en la producción del zinc, el plomo y el cobre. El cadmio contamina al ambiente principalmente por el suelo, porque se encuentra en estiércoles y pesticidas.

Su presencia en ambientes marinos disminuye la capacidad de sobrevivencia de larvas y estadios juveniles de peces, moluscos y crustáceos. El Cadmio se encuentra en ambientes acuáticos por fuentes principales debido al lavado de los suelos agrícolas y descargas de la minería u otras industrias. Se originan también en desechos municipales y los lodos de las plantas de tratamiento.

**REYES, YC. et al., (2016)** manifiestan que el cadmio forma parte de la composición natural de algunas rocas y suelos y provoca una liberación al medio ambiente cercana a 25 000 toneladas. De otra parte, por vía antrópica las concentraciones en el ambiente pueden ser incrementadas considerablemente.

Ya que es un metal ampliamente utilizado en la industria y productos agrícolas, esto ha producido un progresivo aumento en su producción. El 5% del metal es reciclado y debido a su notable movilidad, provoca una importante contaminación ambiental. El cadmio en las aguas residuales, también puede ingresar al aire por la quema de residuos urbanos y la quema de combustibles fósiles. Gracias a las regulaciones, solo una pequeña cantidad de cadmio está ahora presente en las aguas residuales domésticas e industrias. El cadmio es fuertemente adsorbido por la materia orgánica del suelo.

**MARÍN, A. y OSÉS, M. (2013)**, pero cuando el cadmio según estos autores, está presente en el suelo, este puede ser extremadamente peligroso, pues su ingestión por los alimentos puede incrementarse. Los suelos ácidos aumentan la ingestión del cadmio a través de las plantas.

En los seres humanos, llega a provocar lesiones renales y está relacionado con el cáncer de próstata. El cadmio es tóxico y provoca daños en el aparato digestivo, los riñones y los huesos (descalcificación y lesiones en la médula ósea), e inhibe algunos procesos enzimáticos. Su ingestión produce dolor abdominal, diarrea, dolor de cabeza, náuseas y vómitos. Produce corrosión en tubos galvanizados y erosión de depósitos naturales. Se encuentra en los desechos de fabricación de metales, en los líquidos derramados de baterías usadas en las pinturas. Además, se ha observado que el cadmio tiene relación con la hipertensión arterial, que origina enfermedades cardíacas.

**ANDRADE y PONCE, (2016)**, dicen que la exposición al Cd por parte de la población, se puede dar a través de líquidos cuando se dañan las cañerías que contienen cadmio, en las soldaduras o por el agua que ha sido contaminada por las fábricas que tiran sus desechos a los ríos, además de actividades electrónicas, manufactura, baterías, estabilizadores plásticos, plaguicidas (fungicidas), entre otras.

La población está expuesta al cadmio por diversas vías:

Oral, a través del agua y la ingesta de comida contaminada con este elemento (hojas de vegetales, granos, cereales, frutas, vísceras animales y pescado). En algunos países de Europa y Norte América la ingesta diaria de Cadmio varía entre 10 y 40  $\mu\text{g}/\text{día}$ .

La inhalación de partículas durante actividades industriales en personas laboralmente expuestas, donde la concentración de cadmio puede tener valores superiores a 50  $\mu\text{g}/\text{L}$ .

El cigarrillo, cuyo nivel de cadmio está asociado al suelo donde crece el tabaco. Estudios realizados muestran que las concentraciones de Cadmio en la sangre para no fumadores varían entre 0,4 a 1,0 µg/L, mientras que en fumadores los valores varían entre 1,4 a 4 µg/L.

Finalmente, por vía dérmica, aunque las concentraciones absorbidas son muy reducidas. El Cadmio que ingresa por vía respiratoria o por vía oral, se transporta a la sangre y se concentra en el hígado y el riñón.

El Cadmio tiene la capacidad de acumularse en órganos vitales lo que produce daños irreversibles, aunque haya concentraciones reducidas. De otra parte, el tiempo de permanencia en estos órganos puede ser muy elevado. Al Cadmio se le reconoce como uno de los metales pesados con mayor tendencia a acumularse en las plantas. El tiempo de vida media del Cadmio en el riñón puede alcanzar hasta los 30 años.

El Cadmio causa severas inestabilidades en los procesos de nutrición y transporte de agua en las plantas. La favorabilidad de acumulación del Cadmio en plantas ha llevado a considerarlas como potenciales candidatos para tareas de fito-remediación de este metal.

### **Cromo (Cr)**

El Cromo (Cr), ocupa el cuarto lugar entre los 29 elementos biológicamente más importantes de la corteza terrestre, es un elemento metálico de amplia distribución en la naturaleza, en forma de crocoita. El cromo se comporta en dos formas diferentes al ponerse en contacto con el ser humano, siendo dos los más comunes, el cromo (III) y el cromo (VI) (**TÉLLEZ, CARVAJAL y GAITÁN, 2004**), así mismo el Cr (III) es un oligoelemento, indispensable para procesos bioquímicos y fisiológicos necesarios para la vida, específicamente porque tiene acciones en el metabolismo de la glucosa, el colesterol y los ácidos grasos, además de desempeñar un papel muy importante en diferentes reacciones enzimáticas y en exposición ocupacional produce cáncer en el sistema respiratorio, ya que el Cr (VI) es un elemento altamente tóxico para el ser

humano y está clasificado por la IARC en el grupo I (cancerígeno comprobado en humanos).

El  $\text{Cr}^{6+}$  en sistemas acuáticos se encuentra esencialmente en forma soluble, que puede ser lo suficientemente estable como para ser transportado por el agua, pero éste finalmente se convierte en  $\text{Cr}^{3+}$  por reducción de especies tales como las sustancias orgánicas, el ácido sulfhídrico, el azufre, el sulfuro de hierro, el amonio y el nitrito (**CHÁVEZ, A. 2010**).

**CHÁVEZ, A. (2010)**, manifiesta que cuando el Cromo se libera al ambiente, no existe garantía alguna de que permanezca en estado químico, así se tiene por ejemplo que al depositar residuos en rellenos sanitarios con contenido de  $\text{Cr}^{3+}$  provenientes de curtiembres, junto con otros desechos industriales ácidos o con desechos cloacales, que crean condiciones ácidas al descomponerse, puede transformar el  $\text{Cr}^{3+}$  en  $\text{Cr}^{6+}$ . El  $\text{Cr}^{3+}$  en los suelos es relativamente inmóvil ya que tiene gran capacidad de adsorción en los suelos, pero el  $\text{Cr}^{6+}$  es muy inestable. El  $\text{Cr}^{3+}$  sus efectos tóxicos son menores a los del  $\text{Cr}^{6+}$ , (cancerígeno) ya que en las personas que hayan estado en contacto directo puede ocasionar manifestaciones agudas y crónicas.

Se han descrito casos de muerte, por colapso cardiocirculatorio, pero la ingesta de cromo produce un cuadro gastrointestinal en forma de vómitos, dolores abdominales, diarreas, hemorragias intestinales. El contacto cutáneo con compuestos hexavalentes que producen úlceras de 5 a 10 mm, no dolorosas, que suelen afectar el dorso de las manos y de los dedos; El Cr en muchos casos presenta intoxicación crónica y su exposición se relaciona con cuadros de bronquitis, asma, ulceraciones y perforaciones nasales, además de ocasionar dermatitis de contacto irritativas y alérgicas.

### **Arsénico (As)**

El Arsénico, es un elemento ampliamente distribuido en la atmósfera, en la hidrosfera y en la biosfera, el cual está presente en cuatro estados de oxidación As (V), As (III), As (0) y As (-III). Como resultado, el arsénico puede estar presente en algunas fuentes de agua. Conforme el agua pasa a través y sobre

las formaciones geológicas, esta puede disolver al arsénico. El arsénico es un elemento que se encuentra de forma natural, en las piedras y en la tierra.

Se usa para librar al vidrio de los tonos verdosos y se agrega plomo para volverlo más duro, se encuentra en dos formas comunes: una gris y de aspecto metálico y otra no metálica y amarillenta (**ÁLVAREZ, 2009**) se empleaba como medicamento en dosis sumamente pequeñas para tratar padecimientos como la sífilis, actualmente se emplea arsénico en la elaboración de diversos insecticidas, antes del advenimiento de los antibióticos y su movilidad en el ambiente se debe a procesos naturales y actividades humanas. El arsénico es un elemento normal en la atmósfera, suelos, rocas, aguas naturales y organismos vivos.

Las especies formadas según el estado de oxidación son variadas y pueden ser de origen inorgánico u orgánico (**REYES, YC. et al., 2016**), este metal predomina en zonas cercanas a industrias con efluentes ricos en As (III), aguas geotermales y ambientes reductores, el As (III) puede proceder de la reducción biológica del As (V).

En general, el Arsénico (V) predomina en aguas superficiales sobre el Arsénico (III) especie de elevada toxicidad (**REYES, YC. et al., 2016**), ya que las concentraciones de As (III) y As (V) dependen de la entrada del Arsénico al sistema, en aguas subterráneas pueden encontrarse ambos estados de oxidación de las condiciones redox y de la actividad biológica.

El arsénico puede ser incorporado en suelos, aguas subterráneas y litologías hospedantes, puede circular en los ecosistemas naturales por un largo periodo de tiempo y produce erosión de los depósitos naturales de agua, suelen estar presente en agua de escurrimiento de los huertos. Los efectos toxicológicos del As no son bien conocidos y se especula sobre el proceso de transferencia a los seres humanos (**REYES, YC. et al., 2016**).

La arsenicosis o hidro arsenicismo crónico es una enfermedad que se presenta por elevadas concentraciones de As inorgánico y presenta diferentes



afectaciones en la salud humana tales como problemas respiratorios, enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales y efectos cancerígenos (pulmón, vejiga y piel) entre otras. La intoxicación crónica por arsénico, puede manifestarse por la aparición de llagas y aspecto “leproso”. El As es un metaloide muy tóxico, está ligado a diversos tipos de cáncer, como el de piel, también puede causar daños al sistema neurológico y cardiovascular.

**ÁLVAREZ, (2009)**, manifiesta que, inhalar Arsénico, aumenta el desarrollo del cáncer pulmonar, una dosis superior a los 65 mg suele provocar una muerte violenta. La intoxicación crónica puede causar la muerte, entre los síntomas más comunes por intoxicación por As son fatiga, dolores musculares, pérdida del cabello, zumbido de los oídos, cicatrización difícil, depresión, laxitud, alucinaciones visuales y la disminución de la producción de glóbulos rojos y blancos.

La severidad del efecto depende de la cantidad de arsénico en el agua y la salud general de la persona; la exposición al arsénico puede causar efectos adversos para la salud. El envenenamiento agudo puede ocurrir cuando una alta concentración (sobre 0,05 mg/L) de arsénico, se ingiere durante un periodo corto de tiempo. El envenenamiento con arsénico puede ser agudo o crónico **(MARÍN, A. y OSÉS, M. 2013)**.

La ingestión de arsénico durante largo tiempo, acrecienta el riesgo de cáncer de la piel, la vejiga, los pulmones, el riñón, el hígado y la próstata. Los efectos no cancerosos por ingerir arsénico, pueden incluir problemas cardiovasculares, pulmonares, inmunológicos, neurológicos y problemas endocrinales, tales como diabetes. El arsénico y sus compuestos son extremadamente tóxicos, especialmente al arsénico inorgánico. Su ingestión produce diarrea, náuseas, vómitos, dolor de garganta y pérdida del conocimiento. También produce lesiones en la piel, trastornos circulatorios y un alto riesgo de cáncer pulmonar y piel. En dosis altas, produce infertilidad, abortos y daño cerebral.

### **La incidencia de metales y metales pesados en el agua**

Según el Ministerio de Salud (2005), en el Perú los principales agentes contaminantes son: Pb, Hg, Al, As, Mg, Mn, Fe, Cu,  $\text{CN}^-$ . Incluyendo a estos metales dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), y el ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

Por otro lado, el MINSA, manifiesta que el mayor conocimiento sobre el impacto ambiental y los riesgos a la salud ocasionados por los diferentes metales pesados y otras sustancias químicas, generó la preocupación de este Ministerio por las formas de proteger la salud de las poblaciones en riesgo y enfrentar los problemas de salud existentes.

### **Importancia del estudio de metales pesados en el agua y sedimentos**

Debido al incremento de la población en sus riberas, el creciente grado de industrialización y los aportes del sector primario que se presentan, los estudios de la calidad de las cuencas hidrográficas han adquirido gran interés en las últimas décadas.

### **Toxicidad de los metales pesados**

Por lo general los compuestos orgánicos de los metales pesados son más tóxicos que los inorgánicos, y esto depende en gran medida de la forma química en la cual son introducidos en el organismo. Lo que hace tóxicos a los metales pesados son la concentración en la que puedan estar y lo hace más importante aún, el tipo de especie que forman en un determinado medio. Cabe recordar que de hecho los seres vivos "necesitan" (en pequeñas concentraciones) a muchos de estos elementos para funcionar adecuadamente (elementos esenciales).

**OYARZUN & HIGUERAS, (2007)**, en el cromo; por ejemplo, manifiestan estos autores que el  $\text{Cr}^{3+}$  es un mecanismo fundamental, y el  $\text{Cr}^{6+}$  es altamente cancerígeno. El cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, vanadio, estroncio, y zinc, son metales que requiere el organismo, en el caso del hierro es más notable entre los demás, ya que es vital para la formación de hemoglobina. Todos los elementos pesados se encuentran presentes en los medios acuáticos, aunque sus concentraciones son muy bajas. Los

metales pesados se encuentran en estas aguas como coloides, partículas minerales, o fases disueltas.

### **Factores físico-químicos ambientales**

Son los siguientes:

La salinidad, potencial redox (Eh), y el pH: Su efecto compuesto sobre la incorporación de los metales pesados por la biota acuática tiene gran influencia sobre el grado de toxicidad. Lo que se traduce en la expulsión de los metales pesados, y su devolución a la columna de agua, por los sitios de ligazón, el incremento de salinidad que conlleva a una competencia, entre metales pesados y metales (I y II).

Cuando los sulfatos se reducen a sulfuros la tendencia es producir la precipitación de los metales (FeS<sub>2</sub>, HgS, CdS, CuS, MnS y ZnS). El potencial redox puede influir en los procesos de adsorción, incluso al propio contaminante. Los sedimentos están sometidos a unas condiciones redox determinadas, que pueden afectar al estado de algunos elementos tales como C, Ni, O, S, Fe, Ag, As, Cr, Hg y Pb.

**ROSAS, H. (2001)**, manifiesta que los cambios en el pH pueden influir fuertemente en la adsorción o liberación de cationes (desorción) por las sustancias orgánicas, el pH afecta a la especiación química y a la movilidad de muchos metales pesados. Los aminoácidos, pueden adsorber o liberar cationes metálicos, debido a su carácter anfótero, los que aparecen en elevadas concentraciones tanto en solución como precipitados en sedimentos de aguas eutróficas o contaminadas.

### **Vías de entrada**

Para **ROSAS, H. (2001)**, quien menciona que los metales tienen tres vías vitales de ingreso al medio hídrico, que se muestran los siguientes:

### **La vía atmosférica**

Es la que se origina a causa de la precipitación de partículas emitidas a la atmósfera por procesos naturales o actividades desarrolladas por el hombre.

### **La vía terrestre**

Se da por filtraciones de vertidos, escorrentía superficial de terrenos contaminados entre otras causas naturales.

### **La vía directa**

Se da como resultado de los vertidos inmediatos de aguas residuales industriales y urbanas a los arroyos de los riachuelos.

## **1.4. Marco legal.**

Para esta investigación se utilizará el siguiente marco legal que sustenta la importancia de la misma.

### **1. Constitución política del Perú.**

En el numeral 22 del Art° 2° en concordancia con el Art° 7°, se establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para desarrollo de su vida, y que tiene derecho a la protección de su salud.

### **2. Ley N°26842, Ley General de Salud.**

En el Art° 107°, donde se establece que el abastecimiento del recurso hídrico destinado al consumo humano queda sujeto a las disposiciones que dicte la autoridad de salud competente (DIGESA), la que vigilará su cumplimiento.

### **3. Ley N°26338, Ley General de Servicios de Saneamiento.**

En la décima primera (11) disposición complementaria, transitoria y final, establece que el Ministerio de Salud, tiene como función formular las políticas y dictar normas de calidad sanitaria del agua y de protección del ambiente.

**4. D.S. N°004-2017-MINAM (Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua).**

En su Art° 1° señala la Modificación de los parámetros y valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, dejando atrás al D.S. N° 015-2015-MINAM.

**5. D.S. N° 031-2010-PCM (Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano).**

En este reglamento establece límites máximos permisibles, así como también asigna nuevas y mayores responsabilidades a los Gobiernos Regionales, con respecto a la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano; también de fortalecer a DIGESA, en el posicionamiento como autoridad sanitaria frente a estos temas.

También señala que la vigilancia sanitaria del agua para consumo humano es una atribución de la Autoridad de Salud, a través de DIGESA, las DISA, las DIRESA o las GERESA en todo el país, que se encargaran de administrar el programa de vigilancia sanitaria del abastecimiento del agua potable para las poblaciones.

**6. Pacto Internacional del Comité de Derechos Económicos Sociales y Culturales de las Naciones Unidas – 2000.**

En sus Art° 11° y 12° establece el derecho de todos de disponer del agua suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico.

**7. Ley N°27972, Ley Orgánica de Municipalidades.**

En el Art° 80°. 2.1 - 4.1, señala que es la encargada de administrar y reglamentar directamente o por concesión, los servicios de agua potable, alcantarillado y desagüe.

**1.5. Formulación del problema.**

¿Cuál es la concentración de metales pesados específicos en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017?

## **1.6. Justificación del estudio.**

### **Justificación social**

El proyecto se justifica en este aspecto, porque genera una preocupación por parte de la población y la necesidad de profundizar en temas relacionados con la presencia de metales pesados en los cuerpos de agua, ya que los efectos negativos que ellos puede conllevar son críticos, debido a la toxicidad y a la acumulación en la biota acuática y la población humana, en este caso la población afectada por la presencia de metales pesados, sería la provincia de Hualgayoc, estos más aún cuando se encuentran en concentraciones superiores a los niveles reglamentados.

Por otro lado, ya es bien conocido que la contaminación ambiental por metales pesados ha originado conflictos socio-ambientales. La población expuesta reclama un ambiente libre de contaminación y que no altere su estado de salud.

### **Justificación Económica**

Así como se utilizan los recursos naturales, las modalidades de ocupación de las tierras y la pobreza en una cuenca hidrográfica, sin duda alguna, también determinan los niveles de vulnerabilidad que pueden ser alcanzados tanto en el contexto ambiental como se menciona, como en el aspecto socioeconómico.

### **Justificación Ambiental**

La contaminación por metales pesados es un problema ambiental significativo que aflige al mundo y radica en un desequilibrio que realiza el hombre, así como de las actividades diarias, causando efectos adversos tanto en el ambiente como en las poblaciones animales y vegetales, problemática a la que el Perú no es ajeno, esto lo manifiesta el Ministerio de Salud.

Así mismo, en el Perú se han identificado algunos agentes contaminantes como el Pb, Hg, Al, As, Mg, Mn, Fe, Cu, cianuro, además estos elementos se elevan cada vez más debido a actividades productoras como la minería.

### **Justificación teórica**

La realización de este proyecto, permite aclarar cuál es la concentración de metales pesados específicos en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc, en los puntos de muestreo que se realizarán, para luego determinar si los resultados obtenidos, se consideran perjudiciales para la población establecida en dicha área.

Con esta investigación, se pretende evaluar la calidad actual del agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc, cuyos resultados constituirán un referente teórico, para la realización de futuras investigaciones con características similares.

### **1.7. Hipótesis.**

**(H<sub>i</sub>)** La concentración de metales pesados específicos en el agua para consumo humano, del área urbana del distrito de Hualgayoc supera a los ECAs para agua categoría 1 del D.S. N°004-2017-MINAM y los LMP del D.S. N°031-2010-SA-MINSA.

**(H<sub>o</sub>)** La concentración de metales pesados específicos en el agua para consumo humano, del área urbana del distrito de Hualgayoc no supera a los ECAs para agua categoría 1A del D.S. N°004-2017-MINAM y los LMP del D.S. N°031-2010-SA-MINSA.

### **1.8. Objetivos.**

#### **Objetivo General.**

Determinar la concentración de metales pesados específicos en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc.

### **Objetivos Específicos.**

1. Identificar los factores de contaminación de metales pesados específicos en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc
2. Determinar las concentraciones de metales pesados específicos en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc y establecer la comparación con los ECA propuestos en DS N°004-2017–MINAM – categoría 1A.
3. Determinar las concentraciones de metales pesados específicos obtenidos en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc y establecer la comparación con los LMP propuestos en el D.S. N°031–2010–SA-MINSA.



## II. MÉTODO

### 2.1. Tipo y diseño de investigación.

#### 2.1.1. Tipos de investigación.

El tipo de investigación realizada en la presente tesis es de enfoque exploratorio y descriptivo.

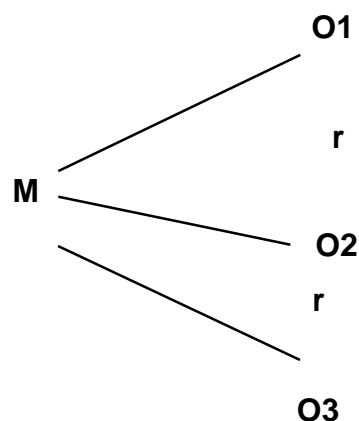
**Investigación Documental:** porque utiliza documentos oficiales y personales como fuente de información.

**Investigación descriptiva:** Porque describe la realidad del problema estudiado, es decir plantea lo más relevante de un hecho o situación concreta.

#### 2.1.2. Diseño de investigación.

La investigación se ha desarrollado bajo un enfoque cuantitativo no experimental, transversal correlacional.

En consecuencia, el diseño a seguir viene hacer:



Donde:

M: Muestras de estudio

O1, O2 y O3 observación de las variables de la muestra.

. r: Posible relación entre las variables de estudio.

### 2.2. Variables, operacionalización.

### 2.2.1. Variable Independiente

Concentración de metales pesados en el agua.

### 2.2.2. Variable Dependiente

Agua para consumo humano.

**Tabla 4**

*Operacionalización de variables.*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTOS
VI. METALES PESADOS	Son aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Es cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas.	CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	Pb (207,2)	mg/L	Nominal	
			Hg (200,59)			
			Cr (52,01)			
			Cd (112,4)			
			As (74,91)			
VD: AGUA DE CONSUMO HUMANO	Agua apta para consumo humano, tratada bajo normas de calidad nacional e internacional que garantiza la calidad de este recurso (Rodríguez, L. 2015)	CONCENTRACION DE PLOMO EL AGUA	Pb	mg/L	Intervalo	Espectrofotómetro Cromógrafo
		CONCENTRACION DE MERCURIO EL AGUA	Hg	mg/L	Intervalo	Espectrofotómetro Cromógrafo
		CONCENTRACION DE CROMO EN EL AGUA	Cr	mg/L	Intervalo	Espectrofotómetro Cromógrafo
		CONCENTRACION DE CADMIO EN EL AGUA	Cd	mg/L	Intervalo	Espectrofotómetro Cromógrafo
		CONCENTRACION DE ARSENICO EN EL AGUA	As	mg/L	Intervalo	Espectrofotómetro Cromógrafo

Fuente y Elaboración: Propia

### 2.3. Población y Muestra

“La población es el conjunto de casos que concuerda una serie de especificaciones, de acuerdo con los diferentes autores, una definición de población debe realizarse a partir de los siguientes términos: elementos, unidad de análisis, alcance y tiempo” **(VILCA, 2012)**.

Se consideró como población al agua de la fuente Peña Blanca 1.5 l/s y la Huaylla 2 l/s que abastece a la zona urbana de Hualgayoc. Considerado lo que existe de recurso hídrico en el momento del afora. Fecha 06/07/2017.

### **Muestra**

Se consideró las muestras de evaluaciones de calidad de agua tomadas durante el proceso de estudio, las concentraciones de cada uno de los metales pesados específicos (Pb, Hg, Cr,) estudiados (5 muestras – 1L por cada punto de muestreo) se analizó en el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca.

#### **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

“Tenemos que las técnicas son un conjunto de mecanismos que ayuda para dirigir, recolectar, conservar, reelaborar y transmitir datos” **(VILCA, 2012** citado por **RODRÍGUEZ, 2015)**.

“Las técnicas de recolección, constituyen un soporte físico para poder recoger datos en forma objetiva para el estudio que se realiza, optimizando esfuerzos y permitiendo la excelente dirección de los recursos y la sociabilidad de los resultados” **(VILCA, 2012** citado por **RODRÍGUEZ, 2015)**.

Las técnicas que se utilizaron en la investigación son:

#### **La recolección de muestras**

Para la recolección de las muestras, se hizo en frascos que el mismo laboratorio suministró con las indicaciones según el protocolo de toma de muestras. Para la conservación y almacenaje se efectuó inmediatamente recolectada la muestra, esta se colocó en un cooler con refrigerante congelado a fin de mantener al interior una temperatura de menos de 4°C de esta manera se aseguró su traslado

al laboratorio, las mismas que fueron remitidas antes de las 6 horas de iniciado el proceso.

### **Técnica de Observación**

Consiste en saber seleccionar aquello que queremos analizar, en este caso es el agua de la zona urbana de Hualgayoc, la cual está destinada al consumo humano. Para la observación primero se planteó anticipadamente qué es lo que interesa observar.

En definitiva, haber seleccionado un objetivo claro de observación, en este caso, se planteó analizar la concentración de metales pesados específicos en agua de consumo humano en la zona antes mencionada.

### **Técnica Experimental**

En la técnica experimental se averiguó el comportamiento de cada uno de los metales pesados en el agua, obteniendo datos adecuados y fiables a partir de los resultados del análisis de aguas en el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca, luego se describió y explicó la situación del análisis, en cuanto a su concentración, de esta manera se identificó si existe riesgo por consumo del agua en la zona Urbana del distrito de Hualgayoc y esto se plasmó en un contexto teórico.

### **Validez**

Para esta investigación se realizó el monitoreo ambiental considerando los métodos de muestreo según el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial (ANA) y para los análisis el EPA “Environmental Protection Agency” de los Estados Unidos, APHA “American Public Health Association” y AWWA “American Water Works Association”.

En esta etapa de extracción de las muestras de los puntos de monitoreo fue experimental, porque fue de manera personal y luego estas muestras se envió

al laboratorio de análisis de agua del Gobierno Regional de Cajamarca y el cual dio a conocer la concentración de cada uno de los metales pesados en estudio.

### **Confiabilidad**

La confiabilidad de datos será la obtención de las Fichas de ensayo de reporte de Laboratorio, las muestras se tomaron en la zona urbana de los reservorios de almacenamiento de las captaciones La Huaylla y Peña Blanca, siguiendo el protocolo de muestreo y los análisis se realizaron en el Laboratorio Regional del Agua - Cajamarca.

Se utilizó una codificación sencilla para cada muestra indicando código del punto de muestreo, fecha y hora de la toma de muestra y el tipo de preservante usado, todas las mediciones y observaciones se registraron en cuaderno de apuntes.

### **Instrumentos**

#### **Formatos**

Cadena de custodia.

Fichas de laboratorio.

Libreta de campo.

#### **Preparación de materiales, equipos e indumentaria de protección**

Para la ejecución del monitoreo de manera efectiva, se preparó con anticipación los materiales de trabajo (equipos de muestreo operativos y debidamente calibrados).

#### **Equipos**

GPS.

Cronómetro.

#### **Materiales**

Frascos esterilizados.

Gotosos.

Guantes de látex

### **Indumentaria de protección**

Botas de jebe.

Gorra.

### **Instrumentos de laboratorio**

Cada Laboratorio utiliza métodos e instrumentos diferentes para realizar el análisis de metales pesados en aguas, en este caso se realizó en el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca

### **2.5. Método de análisis de datos**

Una vez recogidos los datos útiles para la investigación, estos se registraron en forma manual, luego se codificaron y almacenaron en las hojas de cálculo del programa de Microsoft Excel, el proceso de datos culminó con el resumen e indicadores más la presentación en tablas simples y gráficos lineales de estadística, los mismo que permitieron analizar la fluctuación y comparación para cada metal en estudio (Hg, Cd, Cr, As y Pb).

Se identificaron los puntos de muestreo.

Se recolectaron muestras y cadena de custodia hacia el Laboratorio Regional del Agua, Cajamarca.

Se sistematizó los datos obtenidos por el Laboratorio Regional del Agua, Cajamarca.

Se diferenciaron los resultados obtenidos del análisis de laboratorio con los ECA – categoría 1A establecido en el D.S. N°004 – 2017 - MINAM.

Se diferenciaron los resultados obtenidos del análisis por el Laboratorio Regional del Agua, Cajamarca con LMP – D.S. N°031-2010-SA-MINSA.

## **Análisis**

El análisis descriptivo estuvo basado en la observación de los indicadores y gráficas para determinar los objetivos propuestos. Luego se realizó el análisis de correlación para verificar la hipótesis formulada.

Como método de análisis de datos, se utilizó el método IBM SPSS Versión 22, que es una herramienta estadística muy importante, útil para acceder y gestionar fácilmente grandes cantidades de datos, analizarlos y graficarlos.

Al final del presente trabajo de investigación, se realizó la discusión interna y externa de los datos, comparando los resultados obtenidos con las referencias de autores que han realizado trabajos similares sobre este tema. Donde los resultados obtenidos, después de ser interpretados y analizadas respondieron a los objetivos planteados.

### **2.6. Aspectos éticos**

El principio ético y moral que una investigación debe tener es su veracidad y precisión en la información, empleando las normas APA y el estilo ISO y 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 consume a diario, por lo tanto, se trata de realizar una investigación que sea lo más objetiva posible.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Materiales y métodos

##### 3.1.1. Materiales.

Los materiales están constituidos por el recurso agua, como objeto de análisis correspondiente, el mismo que se detalla a continuación.

El Derecho de Uso del Agua o Licencia otorgado por la Autoridad Nacional del Agua, a la Municipalidad Distrital de Hualgayoc, fue a través de la Resolución Directoral N° 086 – 2014 – ANA -AAA-M. 2014, en dicho acto administrativo se hace referencia a cinco manantiales, el cual aportan un total de 2.60 l/s, de recurso hídrico. A continuación, se presenta la ubicación en coordenadas UTM de dichos manantiales.

**Tabla 5**

Características de los manantiales: Ubicación, Altitud y Caudal

Manantiales	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 17 s		Altitud (msnm)	Caudal (l/s)
	NORTE	ESTE		
Peña Blanca I	9249868	763120	2694	0.58
Peña Blanca II	9249934	763187	3698	0.85
Huaylla I	9250916	763938	3605	0.6
Huaylla II	9250939	763940	3603	0.5
Huaylla III	9251212	764100	3591	0.07
<b>TOTAL</b>				<b>2.6</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Estos Manantiales son captados y conducidos por tubería a dos reservorios: Reservorio I denominado “Peña Blanca” y Reservorio II denominado “El Mirador”, en estos reservorios se tomaron las muestras, que fueron en tres fechas diferentes:



Las dos primeras muestras fueron tomadas el 20 de setiembre, luego las dos segundas muestras fueron tomadas el 25 de octubre y las dos terceras muestras fueron tomadas el 17 de noviembre del año 2017. Estas muestras fueron conducidas al Laboratorio Regional del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca, para los análisis correspondientes.

Otros materiales utilizados fueron: GPS, Cronómetro, Frascos Esterilizados, Goteros, Guantes de látex, botas de jebe, gorra y los diferentes instrumentos y equipo utilizados en el laboratorio.

### **3.1.2. Método de recolección de muestras.**

La metodología empleada para la recolección de muestras fue mediante el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, aprobado por la Resolución Jefatural N° 010 – 2016 – ANA, emitido por la Autoridad Nacional del Agua.

Este Protocolo consistió en lo siguiente:

3.1.2.1.1.1. Nombre del cuerpo del agua.

3.1.2.1.1.2. Clasificación del cuerpo del agua.

3.1.2.1.1.3. Código y nombre de la Cuenca.

3.1.2.1.1.4. Código del Punto de Monitoreo.

3.1.2.1.1.5. Descripción de donde se toma la muestra.

3.1.2.1.1.6. Accesibilidad.

3.1.2.1.1.7. Representatividad.

3.1.2.1.1.8. Finalidad del Monitoreo.

3.1.2.1.1.9. Reconocimiento del entorno.

3.1.2.1.1.10. Ubicación política y geográfica en coordenadas UTM de donde se toman las muestras.

3.1.2.1.1.11. Traslado.

### 3.2. Resultado propiamente dicho.

De acuerdo a los objetivos planteados en esta investigación sobre concentración de metales pesados (Hg, Cd, Cr, As, y Pb) en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc, a continuación, se da a conocer los resultados obtenidos.

Para la medición de cada uno de los parámetros se tuvo en cuenta el LCM (Límite de cuantificación del método) <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del laboratorio establecido.

**Tabla 6**

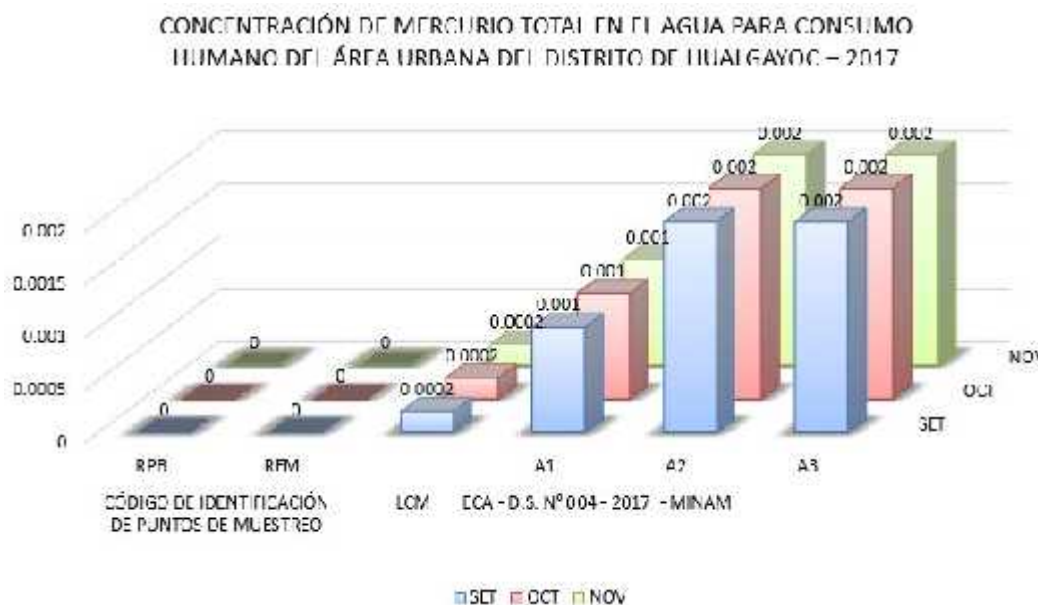
Concentración de Mercurio total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc.

Fuente: Laboratorio Regional del Agua		UNIDAD	CODIGO DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO		LCM	ECA-DS. N° 004-2017-MINAM			LMP DS N° 031 - 2010-SA-MINSA
			RPB	REM		A1	A2	A3	
SET	Mercurio (Hg)	mg/L	<0.0002	<0.0002	0.0002	0.001	0.002	0.002	0.001
OCT	Mercurio (Hg)	mg/L	<0.0002	<0.0002	0.0002	0.0001	0.002	0.002	0.001
NOV	Mercurio (Hg)	mg/L	<0.0002	<0.0002	0.0002	0.0001	0.002	0.002	0.001

Para facilitar la interpretación de los valores de concentración de Mercurio total encontrados, presentados en la tabla 6, también se muestran en la figura 4 y 5.

**Figura 4**

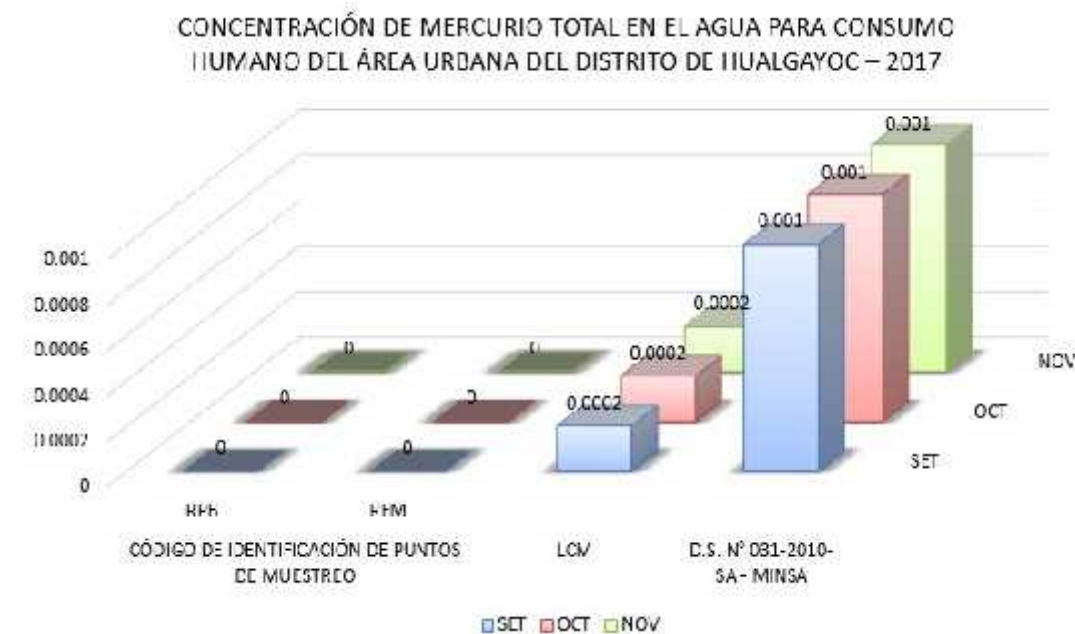
Fuente: Laboratorio Regional del Agua  
Cajamarca (2017)



Concentración de Mercurio total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc. (D.S. N° 004 – 2017 - MINAM).

**Figura 5**

Fuente: Laboratorio Regional del Agua  
Cajamarca (2017)



Concentración de Mercurio total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017. (D. S. N° 031-2010-SA-MINSA).

Las concentraciones totales de Mercurio en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc 2017, se detallan en la tabla 6 y figura 4 y 5; en los periodos de monitoreo mes de setiembre, octubre y noviembre fue menor al Límite de cuantificación del método (LCM), cuyo valor es de 0,0002mg/L tanto en el reservorio Peña Blanca (RPB) y el reservorio El Mirador (REM).

Las concentraciones totales de mercurio ( $<0,0002\text{mg/L}$ ) en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc, cuyo valor no excede el Estándar de Calidad Ambiental para Aguas (D.S. N° 004 – 2017 - MINAM), Categoría 1A: A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección) de 0,001mg/L; A2 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional) de 0,002mg/L y A3 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado) de 0,002mg/L. Tampoco excede el valor de concentración para mercurio (0,001mg/L) del D.S. N° 031-2010-SA- MINSAs.

El resultado obtenido del análisis de Mercurio fue de 0.0002 mg/L, cuyo valor está por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua establecido por el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM que señala valores como: A1 (0.001 mg/l); A2 (0.002 mg/l) y A3 (0.002 mg/l). De igual manera está por debajo de los Límites Máximo Permisibles establecido por Decreto Supremo N° 031 – 2010 – SA – MINSAs, cuyo valor es 0.001 mg/l como máximo de Mercurio, en ese sentido la población de la zona urbana de Hualgayoc, no corre ningún riesgo de contraer alguna enfermedad o ser intoxicada por Mercurio al ingerir el agua que actualmente está consumiendo.

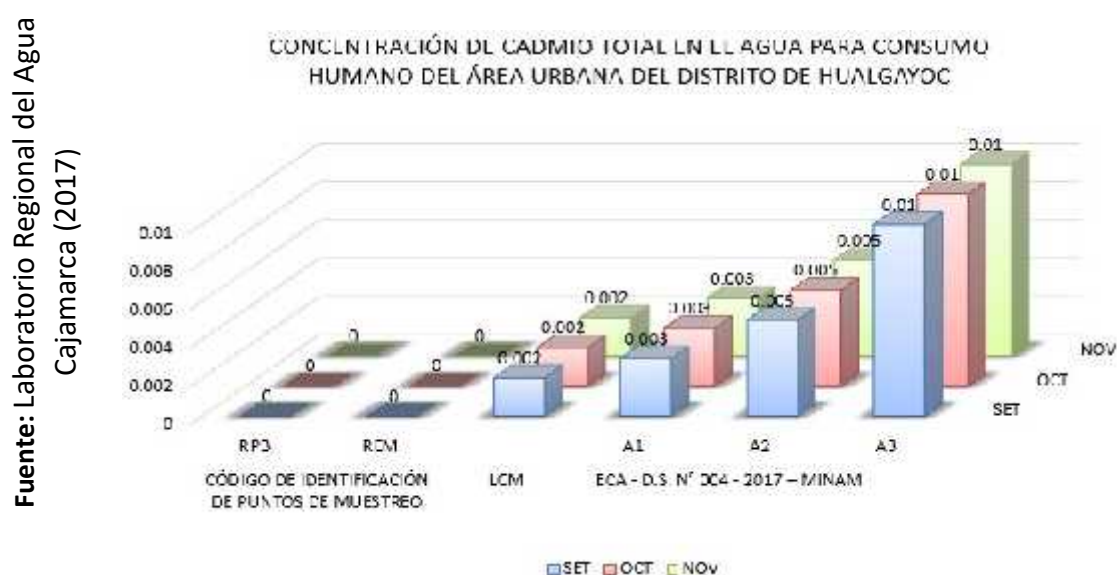
**Tabla 7**

Concentración de Cadmio total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc.

Fuente: Laboratorio Regional del Agua Cajamarca (2017)	UNIDAD	CODIGO DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO	LCM	ECA-DS. N° 004-2017-MINAM			LMP DS N° 031 - 2010-SA-MINSA		
				RPB	REM	A1		A2	A3
				SET	Cadmio (Cd)	mg/L		<0.002	<0.002
OCT	Cadmio (Cd)	mg/L	<0.002	<0.002	0.002	0.003	0.005	0.01	0.003
NOV	Cadmio (Cd)	mg/L	<0.002	<0.002	0.002	0.003	0.005	0.01	0.003

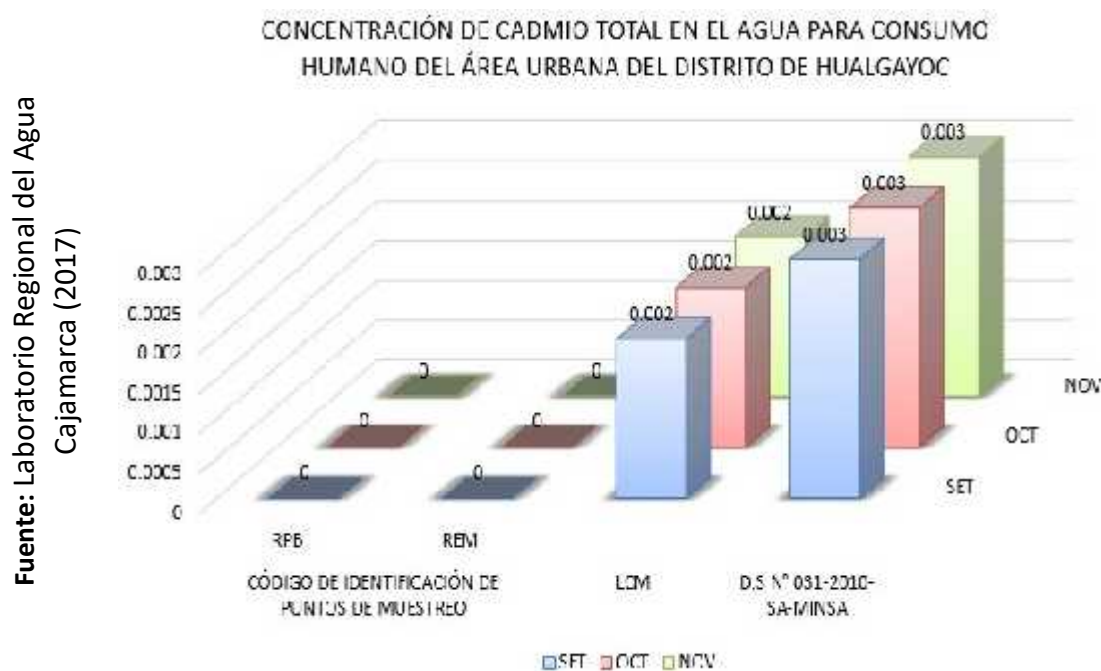
Para facilitar la interpretación de los valores de concentración de Cadmio total encontrados, presentados en la tabla 7, también se muestran en la figura 6 y 7.

**Figura 6**



Concentración de Cadmio total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017. (D.S. N° 004 – 2017 - MINAM).

**Figura 7**



Concentración de cadmio total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017. (D.S. N° 031-2010-SA-MINSA).

Las concentraciones totales de Cadmio en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc 2017, se detallan en la tabla 7 y figura 6 y 7; en los periodos de monitoreo mes de setiembre, octubre y noviembre fue menor al Límite de Cuantificación del Método (LCM), cuyo valor es de 0,002mg/L tanto en el reservorio Peña Blanca (RPB) y el reservorio El Mirador (REM).

Las concentraciones totales de Cadmio (<0,002mg/L) en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc 2017, cuyo valor no excede el Estándar de Calidad Ambiental para Aguas (D.S. N° 004 – 2017 - MINAM), Categoría 1A: A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección) de 0,003mg/L; A2 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional) de 0,005mg/L y; A3 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado) de 0,01mg/L. Tampoco excede el valor de concentración para cadmio (0,003mg/L) del D.S. N° 031-2010-SA-MINSA.

El resultado obtenido del análisis de Cadmio fue de 0.002 mg/L, cuyo valor está por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua establecido por el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM que señala valores como: A1 (0.003

mg/l); A2 (0.005 mg/l) y A3 (0.01 mg/l). De igual manera está por debajo de los Límites Máximo Permisibles establecido por Decreto Supremo N° 031 – 2010 – SA – MINSA, cuyo valor es 0.003 mg/l como máximo de Cadmio, en ese sentido la población de la Zona Urbana de Hualgayoc, no corre ningún riesgo de contraer alguna enfermedad o ser intoxicada por Cadmio al ingerir el agua que actualmente está consumiendo.

**Tabla 8**

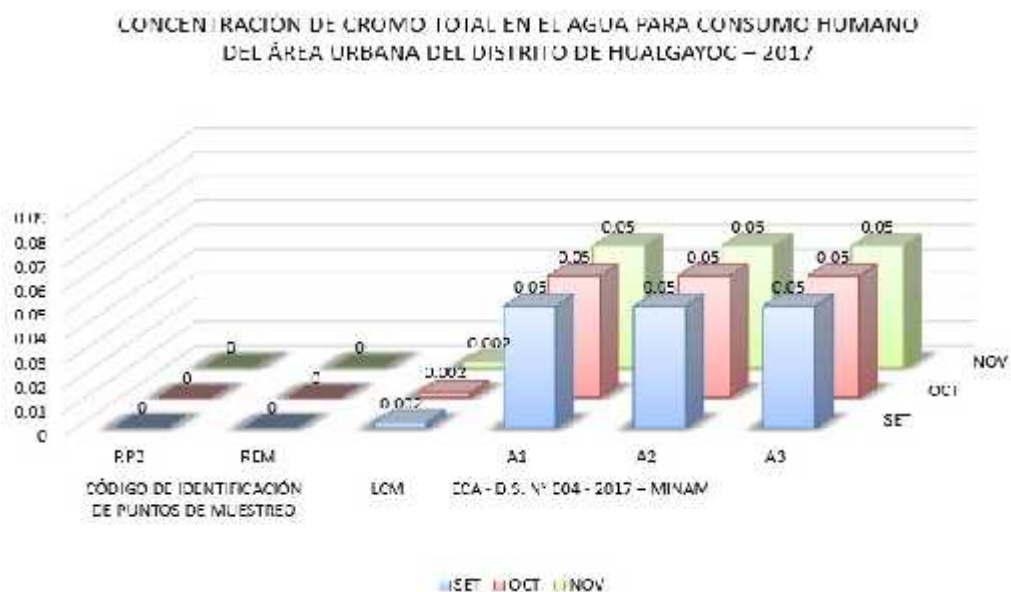
Concentración de Cromo total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc.

Fuente: Laboratorio Regional del Agua		UNIDAD	CODIGO DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO		LCM	ECA-DS. N° 004-2017-MINAM			LMP DS N° 031 - 2010-SA-MINSA
			RPB	REM		A1	A2	A3	
SET	Cromo (Cr)	mg/L	<0.002	<0.002	0.002	0.05	0.05	0.05	0.05
OCT	Cromo (Cr)	mg/L	<0.002	<0.002	0.002	0.05	0.05	0.05	0.05
NOV	Cromo (Cr)	mg/L	<0.002	<0.002	0.002	0.05	0.05	0.05	0.05

Para facilitar la interpretación de los valores de concentración de Cromo total encontrados, presentados en la tabla 8, también se muestran en la figura 8 y 9.

**Figura 8**

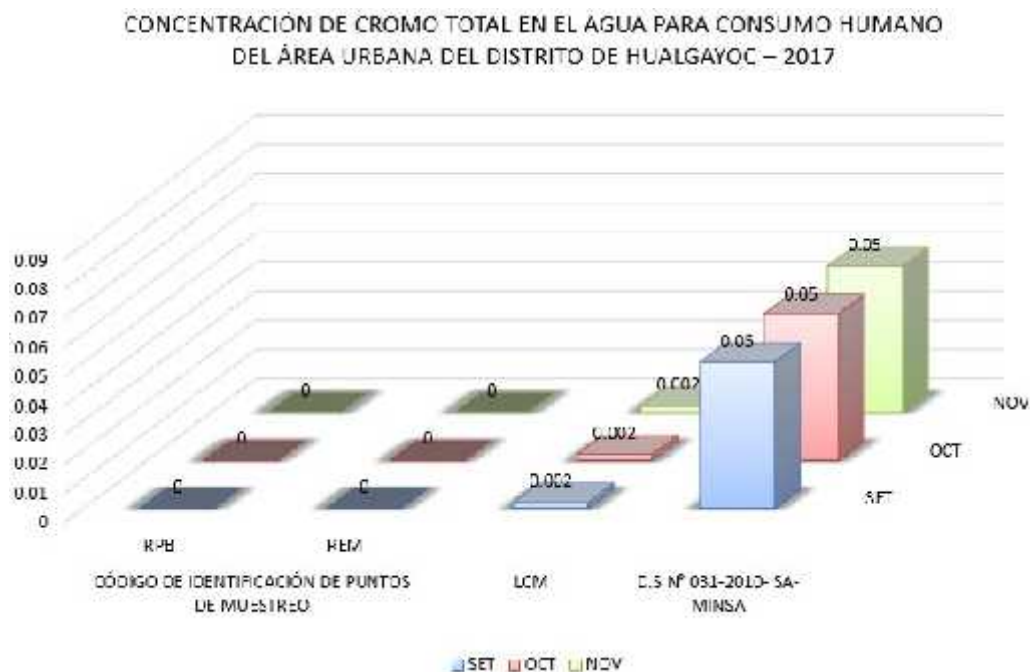
Fuente: Laboratorio Regional del Agua  
Cajamarca (2017)



Concentración de Cromo total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc. (D.S. N° 004 – 2017 - MINAM).

**Figura 9**

Fuente: Laboratorio Regional del Agua  
Cajamarca (2017)



Concentración de Cromo total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc. (D.S. N° 031-2010-SA-MINSA).



Las concentraciones totales de Cromo en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc 2017, se detallan en la tabla 8 y figura 8 y 9; en los periodos de monitoreo mes de setiembre, octubre y noviembre fue menor al Límite de Cuantificación del Método (LCM), cuyo valor es de 0,002mg/L tanto en el reservorio Peña Blanca (RPB) y el reservorio El Mirador (REM).

Las concentraciones totales de Cromo (<0,002mg/L) en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc 2017, cuyo valor no excede el Estándar de Calidad Ambiental para Aguas (D.S. N° 004 – 2017 - MINAM), Categoría 1A: A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección) de 0,05mg/L; A2 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional) de 0,05mg/L y A3 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado) de 0,05mg/L. Tampoco excede el valor de concentración para cromo (0,05mg/L) del D.S. N° 031-2010-SA-MINSA.

El resultado obtenido del análisis de Cromo fue de 0.002 mg/L, cuyo valor está por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua establecido por el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM que señala valores como: A1 (0.05 mg/l); A2 (0.05 mg/l) y A3 (0.05 mg/l). De igual manera está por debajo de los Límites Máximo Permisibles establecido por Decreto Supremo N° 031 – 2010 – SA – MINSA, cuyo valor es 0.050 mg/l como máximo de Cromo, en ese sentido la población de la Zona Urbana de Hualgayoc, no corre ningún riesgo de contraer alguna enfermedad o ser intoxicada por Cromo al ingerir el agua que actualmente está consumiendo.

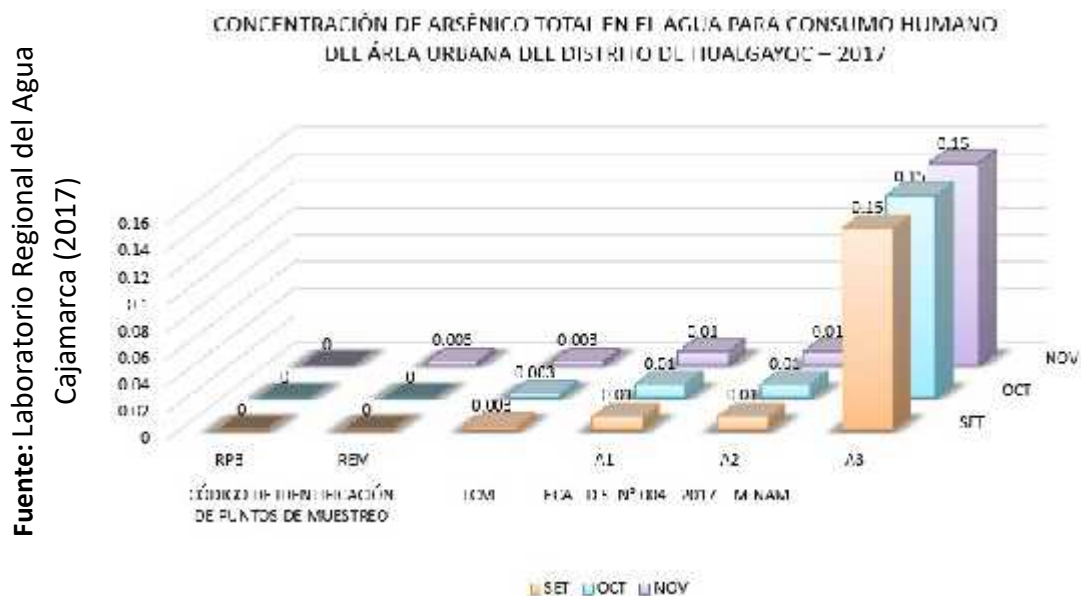
**Tabla 9**

Concentración de Arsénico total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc.

Fuente: Laboratorio Regional del Agua Cajamarca (2017)	UNIDAD	CODIGO DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO	LCM	ECA-DS. N° 004-2017-MINAM			LMP DS N° 031 - 2010-SA-MINSA		
				A1	A2	A3			
				RPB	REM				
SET	Arsénico (As)	mg/L	<0.003	<0.003	0.003	0.01	0.01	0.15	0.01
OCT	Arsénico (As)	mg/L	<0.003	<0.003	0.003	0.01	0.01	0.15	0.01
NOV	Arsénico (As)	mg/L	<0.003	0.003	0.003	0.01	0.01	0.15	0.01

Para facilitar la interpretación de los valores de concentración de Arsénico total encontrados, presentados en la tabla 9, también se muestran en la figura 10 y 11.

**Figura 10**



Concentración de Arsénico total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017. (D.S. N° 004 – 2017 - MINAM).

**Figura 11**



Concentración de Arsénico total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017. (D.S. N° 031-2010-SA-MINSA).

Las concentraciones totales de Arsénico en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc 2017, se detallan en la tabla 9 y figura 10 y 11; en los periodos de monitoreo mes de setiembre y octubre fue menor al Límite de Cuantificación del Método (LCM), cuyo valor es de 0,003mg/L tanto en el reservorio Peña Blanca (RPB) y el reservorio El Mirador (REM); sin embargo el mes de noviembre el reservorio El mirador la concentración de arsénico total fue el mismo que la concentración del límite de cuantificación del método (0,003mg/L).

Las concentraciones totales de Arsénico (<0,003mg/L) en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc 2017, cuyo valor no excede el Estándar de Calidad Ambiental para Aguas (D.S. N° 004 – 2017 - MINAM), Categoría 1A: A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección) de 0,01mg/L; A2 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional) de 0,01mg/L y A3 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado) de 0,15mg/L. Tampoco excede el valor de concentración para arsénico (0,01mg/L) del D.S. N° 031-2010-SA-MINSA.

El resultado obtenido del análisis de Arsénico fue de 0.003 mg/L, cuyo valor está por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua establecido por el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM que señala valores como: A1 (0.01 mg/l); A2 (0.01 mg/l) y A3 (0.15 mg/l). De igual manera está por debajo de los Límites Máximo Permisibles establecido por Decreto Supremo N° 031 – 2010 – SA – MINSA, cuyo valor es 0.010 mg/l como máximo de Arsénico, en ese sentido la población de la Zona Urbana de Hualgayoc, no corre ningún riesgo de contraer alguna enfermedad o ser intoxicada por Arsénico al ingerir el agua que actualmente está consumiendo.

**Tabla 10**

Concentración de Plomo total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc.

Fuente: Laboratorio Regional del Agua		UNIDAD	CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO		LCM	ECA-DS. N° 004-2017-MINAM			LMP DS N° 031 - 2010-SA-MINSA
			RPB	REM		A1	A2	A3	
SET	Plomo (Pb)	mg/L	<0.003	0.003	0.003	0.01	0.05	0.05	0.01
OCT	Plomo (Pb)	mg/L	<0.003	<0.003	0.003	0.01	0.05	0.05	0.01
NOV	Plomo (Pb)	mg/L	<0.003	<0.003	0.003	0.01	0.05	0.05	0.01

Para facilitar la interpretación de los valores de concentración de Plomo total encontrados, presentados en la tabla 10, también se muestran en la figura 12 y 13.

Fuente: Laboratorio Regional del Agua  
Cajamarca (2017)

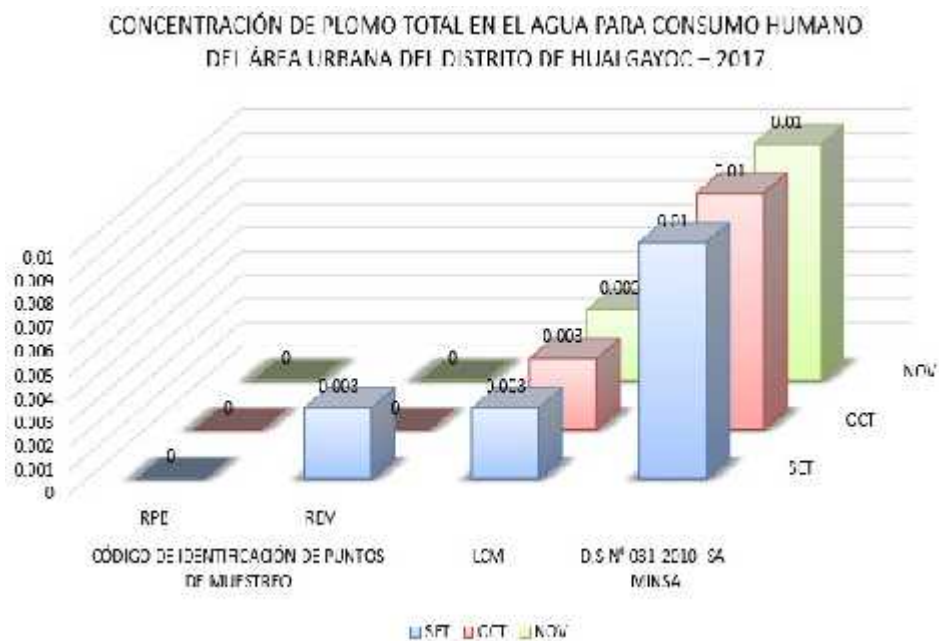
Figura 12



Concentración de Plomo total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017. (D.S. N° 004 – 2017 - MINAM).

Fuente: Laboratorio Regional del Agua  
Cajamarca (2017)

Figura 13



Concentración de Plomo total en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017. (D.S. N° 031-2010-SA-MINSA).

Las concentraciones totales de Plomo en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc 2017, se detallan en la tabla 10 y figura 12,13; en los periodos de monitoreo mes de octubre y noviembre fue menor al

Límite de Cuantificación del Método (LCM), cuyo valor es de 0,003mg/L tanto en el reservorio Peña Blanca (RPB) y el reservorio El Mirador (REM); sin embargo el mes de setiembre el reservorio El mirador la concentración de plomo total fue el mismo que la concentración del límite de cuantificación del método (0,003mg/L).

Las concentraciones totales de Plomo en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc 2017, cuyo valor no excede el Estándar de Calidad Ambiental para Aguas (D.S. N° 004 – 2017 - MINAM), Categoría 1A: A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección) de 0,01mg/L; A2 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional) de 0,05mg/L y A3 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado) de 0,05mg/L. Tampoco excede el valor de concentración para Plomo (0,01mg/L) del D.S. N° 031-2010-SA-MINSA.

El resultado obtenido del análisis de Plomo fue de 0.003 mg/L, cuyo valor está por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua establecido por el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM que señala valores como: A1 (0.01 mg/l); A2 (0.05 mg/l) y A3 (0.05 mg/l). De igual manera está por debajo de los Límites Máximo Permisibles establecido por Decreto Supremo N° 031 – 2010 – SA – MINSA, cuyo valor es 0.010 mg/l como máximo de Plomo, en ese sentido la población de la Zona Urbana de Hualgayoc, no corre ningún riesgo de contraer alguna enfermedad o ser intoxicada por Plomo al ingerir el agua que actualmente está consumiendo.

**Prueba T para muestra única (media comparada con ECA – D.S N° 004 – 2017 - MINAM).**

**Tabla 11**

Estadísticas de muestra única para concentración de Hg, Cd, Cr, As y Pb.

Fuente: Elaboración propia		<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Media de error estándar</b>
	CONCENT	10	0,00132000	0,000550353	0,000174037
CONCENT	10	0,00217500	0,000858374	0,000217442	

**Tabla 12**

Prueba de muestra única para concentración de Hg, Cd, Cr, As y Pb

Fuente: Elaboración propia	<b>Valor de prueba = 0,2</b>					
					<b>95% de intervalo de confianza de la diferencia</b>	
	<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>Sig. (bilateral)</b>	<b>Diferencia de medias</b>	<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
CONCENT	-279,711	9 ,000			0,04907370	0,04828630
CONCENT	-176,189	9 ,000			0,04843904	0,04721096

**Interpretación:** Para la Prueba T para muestra única (media comparada con ECA – D.S N° 004 – 2017 - MINAM): Con una probabilidad de error del 0,000% ( $p < 0,05$ ) las concentraciones de Hg, Cd, Cr, As y Pb en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc 2017, son significativamente a los valores de las concentraciones de Hg, Cd, Cr, As y Pb de los Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Aguas (ECA – D.S N° 004 – 2017 - MINAM), Categoría 1A.

Los valores de las concentraciones de Hg, Cd, Cr, As y Pb de los Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Aguas (ECA – D.S N° 004 – 2017 - MINAM), Categoría 1A, son equivalentes a los valores de las concentraciones para Hg, Cd, Cr, As y Pb de los LMP – D.S. N°031–2010–SA-MINSA.



#### **IV. DISCUSIÓN.**

Los resultados de los metales pesados analizados en la presente investigación, como Mercurio, Cadmio, Cromo, Arsénico y Plomo, no varían con el tiempo pues son los mismos resultados para las tres fechas que se tomaron las muestras (setiembre, octubre y noviembre), el cual coincide con el trabajo realizado por Robalino, (2017) donde tomo 8 muestras a partir del mes de setiembre hasta abril en forma mensual, encontrando que en el análisis de los metales Cd, Co, Ni, y Zn todos estuvieron por debajo de los Límites Máximos Permisibles, es decir que no hubo contaminación, en ninguna muestra tomada y analizada que se realizó en forma mensual.

Las concentraciones totales de Mercurio (0.0002 mg/l), Cadmio (0.002 mg/l), Cromo (0.002 mg/l), Arsénico (0.003 mg/l) y Plomo (0.003 mg/l), encontrados en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc, están todas totalmente por debajo de los estándares de calidad planteados por las normas ambientales nacionales, esto es contradictorio pues en un estudio realizado por Garza (2015), a fin de determinar la contaminación de Pb, Cd y As en aguas del río Santa, Recuay – Ancash, obtuvo como resultado concentraciones elevadas de Arsénico 0.0404 mg/l, Plomo 0.6402 mg/l y Cadmio 0.0396 mg/l, concluyendo que estas concentraciones son superiores a los LMP de la normatividad. Hay que considerar que las aguas subterráneas como la de los manantiales que abastecen de agua a la zona urbana de Hualgayoc, habitualmente están salvaguardadas y libre de microorganismos y otros elementos nocivos a la salud humana, lo que no sucede con las aguas superficiales, las mismas que están expuestas a todo tipo de contaminación durante su recorrido.

Debido a los resultados obtenidos en el presente estudio que están por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua según Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM y los Límites Máximos Permisibles según Decreto Supremo N° 031 – 2010 – SA – MINSA, la población de la Zona Urbana del distrito de Hualgayoc, está libre del peligro de contraer enfermedades a través del recurso hídrico que consume, según afirma Cargas y Miranda (2015), que los metales

pesados representan un riesgo para la salud ambiental y pública, por su potencial tóxico para los sistemas biológicos y los ecosistemas naturales y que la exposición de estos metales puede causar daño al cerebro, los riñones y a otros órganos, así muy probablemente provoca retraso mental, afectación al andar, al habla, entre otras y a múltiples enfermedades, causados por las concentraciones de metales pesados en los recursos hídricos.

## V. CONCLUSIONES

1. Los valores obtenidos según los análisis realizados a los metales pesados en el Laboratorio Regional del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca, fueron: Mercurio 0.0002 mg/L, Cadmio 0.002 mg/L, Cromo 0.002 mg/L, Arsénico 0.003 mg/L y Plomo 0.003/L., información que nos permite hacer las comparaciones con las normas legales que establecen los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP).
2. Los valores obtenidos de la concentración de metales pesados específicos (Hg, Cd, Cr, As y Pb) en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc, tanto en el reservorio Peña Blanca (RPB) y el reservorio El Mirador (REM), se encuentran por debajo de los ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) para Agua establecidos por el D.S. N°004-2017-MINAM para agua Categoría 1A.
3. Los valores obtenidos de la concentración de metales pesados específicos (Hg, Cd, Cr, As y Pb) en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc, tanto en el reservorio Peña Blanca (RPB) y el reservorio El Mirador (REM), se encuentran por debajo de los LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES establecidos en el D.S. N°031-2010-SA-MINSA, agua destinada al consumo humano.
4. Los factores posibles de contaminación por metales pesado en la zona urbana de Hualgayoc, pueda deberse al desgaste de tuberías antiguas de metal que están constituidas por plomo y que son utilizadas actualmente, así mismo a pinturas de los utensilios que se usa a diario en los domicilios, el uso de combustible por ejemplo la gasolina ya que esté combustible es usado intensamente en las ciudades, también se tiene la descarga de aguas residuales a los ríos, descarga de residuos sólidos a orilla del rio o cerca los manantiales o alguna otra actividad desarrollada por la población.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Continuar con esta investigación, haciendo muestreos en otras épocas del año, especialmente en temporadas de lluvia para verificar si hay arrastre de metales por efectos del aumento de las aguas de los manantiales que abastecen a los Sistemas de Agua Potable de la Zona Urbana de Hualgayoc.
2. Se recomienda realizar futuros estudios con diversos metales pesados en zonas aledañas a las fuentes de agua, a fin de tener conocimiento sobre la dinámica de dichos metales ya que en un futuro se puede producir algunas descargas de dichos metales a las corrientes subterráneas y esto podría afectar a las aguas de las fuentes que abastecen de agua a la población urbana del distrito de Hualgayoc.
3. A la población se recomienda cuidar el medio ambiente, de tal manera que se perpetúe la existencia de las especies animales, plantas y el hombre.

## VII. REFERENCIAS

ÁLVAREZ, R. Y AMANCIO, FA. (2014). *Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del río Santa y de la laguna Chinancocha-Llanganuco período 2012 – 2013*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz - Ancash- Perú. Marzo - 2014

AGENCIA de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). Recuperado de [www.epa.gov](http://www.epa.gov)

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (2011). Dirección De Conservación Y Planeamiento de los Recursos Hídricos. *Diagnóstico y Plan de Gestión de los Recursos Hídricos en la Cuenca de Madre de Dios – Fase I*. Puerto Maldonado, enero 2011. Recuperado de:  
[http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/caratula\\_tomo\\_i\\_0\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/caratula_tomo_i_0_0.pdf)

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (2012). *Política y estrategia nacional de recursos hídricos. Perú*. Recuperado de:  
<http://www.ana.gob.pe/media/527865/política%20y%20estrategia%20nacional.pdf>

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA (2016). *Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos*.

ÁLVARES, Rigoberto. Contaminación por metales pesados de la presa Francisco Zarco en el Estado de Durango. Torreón. Coahuila: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2009

ANDRADE, EM. Y PONCE GARCÍA, WD. (2016). *Determinación de los niveles de metales pesados en la microcuenca del río Carrizal del Cantón Bolívar, provincia de Manabí*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. 2016. Recuperado de:

<http://repositorio.esпам.edu.ec/handle/42000/283>

ARDILA, AN. Y ARRIOLA, E. (2017). *Efecto de la quema de llantas en la calidad del agua de un tramo de la quebrada Piedras Blancas*. (Septiembre – Octubre, 2017). *Tecnología y Ciencias del Agua*, 8(5), 39-55. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

ARIAS, F. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica*. 6ª Edición, Caracas, julio de 2012.

BANCO MUNDIAL (2014). *Economic Assessment of Environmental Degradation in Peru: An Update 2012*. Larsen y Skjelvic.

BARRERA, et. all.; (2010). *Análisis de las propiedades Físico-químicas del agua de consumo En el sector II de la urbanización 23 de enero (La Charneca), municipio Simón Rodríguez, El Tigre – estado Anzoátegui*. Universidad Nacional Abierta Coordinación De Servicio Comunitario Centro Local Anzoátegui Unidad De Apoyo El Tigre. Recuperado de:  
[https://docs.google.com/document/d/1hERLuhHiGMQN7cDHxHR5FgRKdsR\\_EJgC4NA4gR2erJM/edit?hl=en\\_US](https://docs.google.com/document/d/1hERLuhHiGMQN7cDHxHR5FgRKdsR_EJgC4NA4gR2erJM/edit?hl=en_US).

BARRIOS, C. AGÜERO, R. LAMPOGLIA, T. (2009). Orientaciones sobre agua y saneamiento para zonas rurales. Documento preparado para la Guía de orientación en Saneamiento Básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades.

BAUTISTA, J. (2013). *El derecho humano al agua y al saneamiento frente a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)*. Santiago, 2013 Naciones Unidas.

BLANCO, et. all.; (2014). *Remoción de plomo (II) en vidrio volcánico y propuesta de adsorbedor por etapas*. Recuperado de:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018849992014000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018849992014000200004&script=sci_arttext)

CASTRO, ML. (2016). *Minimización de riesgos para la salud por metales pesados en el agua de consumo humano*. Expo agua Perú.

CAPÓ, ML. (2002). *Principios de ecotoxicología. Diagnóstico, tratamiento y gestión del medio ambiente*. Ed. McGrawHill/Interamericana de España, SAU,

CEPIS/OPS. (2004). *Guía para el diseño y construcción de captación en manantiales CEPIS / OPS / COSUDE, Capítulo II. Fuentes de abastecimiento, tipos de sistemas y periodos de diseño*. Quim. Berrenechea Martel. A. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida Lima, Perú. 278 p.

CHAPARRO, E. (2009). *Procesos mineros y su vinculación con el uso del agua. Curso: Políticas para el uso sostenible del agua y prestación eficiente de servicios públicos vinculados a ella*. CEPAL. Santiago de Chile, 2009. Recuperado de: [http://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/1/35691/Eduardo\\_Chaparro\\_agua\\_y\\_mineria.pdf](http://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/1/35691/Eduardo_Chaparro_agua_y_mineria.pdf)

CHÁVEZ, A. (2010). *Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo*. Universidad de Medellín, 2010

COUSILLAS, A. [s.f.]. *Informe Toxicológico: Contaminación del agua*. Recuperado de: [http://cedoc.infod.edu.ar/upload/Informe\\_Toxicologico\\_agua\\_adriana\\_cousillas.pdf](http://cedoc.infod.edu.ar/upload/Informe_Toxicologico_agua_adriana_cousillas.pdf)

COYLA, U. [s.f.]. *Mercurio contaminante ambiental*. Diapositiva.

CUENCAS Y AGUA (2008). *Gestión del agua para enfrentar el cambio climático. Propuesta de gestión del agua como medida importante de adaptación al cambio climático en Ancash*. Soluciones Prácticas - ITDG, 2008. Recuperado de: [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/caratula\\_tomo\\_i\\_0\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/caratula_tomo_i_0_0.pdf)

CUTIMBO, C. (2012). *Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de la Yarada y los palos del distrito de Tacna*. Tesis en biología-microbiología. Tacna, Perú, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2012. 95 p.

DÍAZ, F. (2011). *Análisis de arsénico y plomo en agua para uso y consumo humano de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) y Saltillo, Coahuila, México*. 2011

Espinoza, T. y Espinoza, L. (2005). *Impacto de la minería en la calidad del agua en la microcuenca del Río Artiguas*. Énfasis en metales pesados. Universidad Centroamericana – UCA. Managua - Nicaragua.

ETRAS (Equipo Técnico Regional de Agua y Saneamiento). (2016). *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*.

GARCÍA et. all.; (2012). *Evaluación preliminar de riesgos para la salud humana por metales pesados en Las Bahías de Buenavista y San Juan de los Remedios, Villa Clara, Cuba*. Revista Cubana De Química, XXIV. 126-135. Recuperado el 25 de mayo de 2017 en el siguiente enlace: <http://www.redalyc.org/html/4435/443543726004/>

FRACICA N. (1988). *Método de simulación en muestreo*. Bogotá: Universidad de la Sabana. 1988

GREENFACTS (Facts on Health and the Environment) (2001). *Compuestos inorgánicos de arsénico, 2001*. Recuperado de:



<https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/compuestos-inorganicos-arsenico.htm>

HERNÁNDEZ, R. FERNÁNDEZ, C. Y BAPTISTA, M. (2006). *Metodología de la Investigación*. 4ª ed. Mexico: Mc Graw-Hill Interamerican. 2006.

HERNÁNDEZ, R. FERNÁNDEZ, C. Y BAPTISTA, M. (2010). *Metodología de la investigación*. México DF: McGraw-Hill/Interamericana editores, 5ª ed.

HIRATA, R. (2002). *Carga contaminante y peligros a las aguas subterráneas*. *Revista Latino-Americana de Hidrogeología*. São Pablo, Brasil. 2002. (81-90) pp. Citado por García Gutiérrez, C. y Rodríguez Meza, GD. (2012). *Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa*. Universidad Autónoma Indígena de México.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). (2015). *Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales, Lima, Perú*. Recuperado de: <http://www.regionlalibertad.gob.pe/ineiestadisticas/libros/libro37/libro.pdf>

CASTAÑÉ, PM. TOPALIÁN, ML. CORDERO, RR. SALIBIÁN, A. (2003). *Influencia de la especiación de los metales pesados en el medio acuático como determinante de su toxicidad*. *Rev. Toxicol*, 20:13-8.

JARABO, F. ELORTIGUI, N. Y JARABO, J. (2000). *Fundamentos de Tecnología Ambiental*. 1ª Ed. Impreso en España. España, 2000. 69 pp.

LIRA, J. [s.f.]. *Sostenibilidad aplicada: ¿El agua es para todos? Lima, Perú*. Recuperado de <http://blogs.gestion.pe/sostenibilidadaplicada/2016/06/el-Agua-es-para-todos.html>

LONDOÑO, A. (2008). *Línea de Profundización Ambiental. Manizales, Colombia*. Universidad de Colombia.

LÓPEZ, BD. (1997). *El medio ambiente*. 2ª ed. Ed. Cátedra, SA, Madrid,

Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México por Mancilla, Óscar [et al.], 2012. Revista internacional de contaminación ambiental, 28(1), 39-48. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?Script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992012000100004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000100004&lng=es&tlng=es).

MARÍN, A. Y OSÉS, M. (2013). *Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con el Proceso de Lodos Activados*. Manual de Procedimientos. Comisión Estatal del Agua de Jalisco CEA, México.

MINSA, (2005). *Contaminación con metales pesados*. Recuperado de: [http://www.minsa.gob.pe/porta1web/06prevencion/prevencion\\_2.asp?s ub5=3](http://www.minsa.gob.pe/porta1web/06prevencion/prevencion_2.asp?s ub5=3)

MOLINA, NP. AGUILAR, P. Y CORDOVEZ, C. (2010). *Plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana*. 2010 Vol. 8. Recuperado de: <file:///C:/Users/NetGeo/Downloads/Dialnet-PlomoCromoIIICromoVIYSusEfectosSobreLaSaludHumana-5599145.pdf>

OMS, (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. [Recurso electrónico]: incluye el primer apéndice. Vol. 1: Recomendaciones. Tercera edición.

ONU (2014). *Decenio Internacional para la Acción "El Agua Fuente de Vida"*, 2014. REVISTA CENIC. 2013. Recuperado de: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>

OYARZUN, R. & HIGUERAS, P. (2007). *Minerales, metales, compuestos químicos, y seres vivos: una difícil pero inevitable convivencia, 2007*. Recuperado de: <http://www.uclm.es/users/higueras/mam/MAM7.htm#Arriba>

PEÑA, A. (2011). *"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"*. Universidad de Alcalá, 2011.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). (2009). *Informe sobre desarrollo Humano-Parte II: una visión desde las cuencas, Cap. 3. Disponibilidad y usos del agua*. Perú. 290 p. Recuperado de: <http://hdr.undp.org/sites/default/files/idh2009-peru-vol1-2.pdf>

RAMÍREZ, A. (2016). *Estudio de la contaminación por pesticidas de las aguas superficiales de la provincia de Jaén*. Universidad de Jaén, 2016. Recuperado de: <http://tauja.ujaen.es/handle/10953.1/2862>

REASCOS, B. Y SAAVEDRA, B. (2010). *Evaluación de la calidad del agua para el consumo humano de las comunidades del Cantón Cotacachi y propuesta de medidas correctivas*. Tesis Ing. Agropecuaria. Canton, Ecuador. Escuela de ingeniería en ciencias agropecuarias y ambientales, 2010. 90pp.

REYES et. all.; (2016). *“Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria”*. Sogamoso – Boyaco – Colombi

RIVERA, N.; ENCINA, F.; PALMA, R. Y MEJIAS, P. (2009). *La Calidad de las Aguas en el Curso Superior y Medio del Río Traiguén*. Información tecnológica: IX Región – Chile, 2009. (75-84) pp.

ROBALINO, R. (2017). *Determinación de Cd, Co, Ni, Zn en agua, suelo y sedimento de la Reserva Biológica Limoncocha (RBL) en el período 2015-2017 para establecer la línea base con fines de conservación*. Universidad Internacional SEK. Quito.

RODRÍGUEZ, L. (2015). *Parámetros fisicoquímicos del agua para consumo humano en el manantial Peña Blanca - Pauca, Paccha - Chota*.

ROSAS, H. (2001). *Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat*. Universitat Politècnica de Catalunya. 2001. Recuperado de:

<http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6978/02INTRODUCCION.pdf?sequence=2>Vargas y Miranda, 2015.

SÁNCHEZ, R. (2014). *Determinación de la contaminación por metales pesados (plomo, cromo, cadmio y mercurio) en aguas del río Cauca, en la zona urbana de la ciudad de Cali Y evaluación de la mutagenicidad utilizando el test de Ames*. Universidad del Valle. Santiago de Cali. 2014.

SÁNCHEZ, N. Y RIVERO, C. (2013). *Modelización de los procesos químicos relacionados con la dinámica del Cadmio en dos suelos agrícolas de Venezuela*. Universidad de Carabobo. Bárbula. Venezuela.

SANTACRUZ, SW. Y TERÁN, JC. (2015). *Concentración microbiológica en el agua para consumo humano de la comunidad campesina Yaminchad del distrito y provincia de San Pablo, 2015*.

SARMIENTO, M.I. et al., (1999). *Evaluación del Impacto de la Contaminación del Embalse del Muña Sobre la Salud Humana*. Revista De Salud Pública, 1(2) (February), pp.159–171.

SEVILLA, JC. [s.f.] *Plan nacional de recursos hídricos - Memoria final*. Recuperado de:  
[http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/archivos/paginas/b\\_memoria\\_final\\_parte\\_3\\_0\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/archivos/paginas/b_memoria_final_parte_3_0_0.pdf)

TABRA, S. (2013). *La preocupante y desigual situación del agua en el Perú*. SERVINDI, 2013. Recuperado de: <https://www.servindi.org/actualidad/84511>

TÉLLEZ, J. CARVAJAL, R. M. & GAITÁN, A. M. (2004). *Aspectos toxicológicos relacionados con la utilización del Cromo en el proceso productivo de Curtiembres*. Revista De La Facultad De Medicina De La Universidad Nacional De Colombia. 52(1): 50-61. Obtenido en:  
[https://www.researchgate.net/publication/307860796\\_PRODUCION\\_LIMPIA\\_Y\\_BIORREMEDIACION\\_PARA\\_DISMINUCION\\_DE\\_LA\\_CONTAMINACION\\_P](https://www.researchgate.net/publication/307860796_PRODUCION_LIMPIA_Y_BIORREMEDIACION_PARA_DISMINUCION_DE_LA_CONTAMINACION_P)

OR\_CROMO\_EN\_LA\_INDUSTRIA\_DE\_CURTIEMBRES\_Cleaner\_production\_  
and\_bioremediation\_for\_reduction\_of\_pollution\_in\_the\_industry\_of\_ch

UMBRÍA, I. TREZZA, R. Y HERVÉ. (2009). *Uso, manejo y conservación del agua un problema de todos. Academia – Trujillo – Venezuela, 2009*  
[www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/29775/1/articulo2.pdf](http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/29775/1/articulo2.pdf)

UNIPLOM, (2004). *El Plomo Hechos y realidades: Fuentes, niveles y desplazamientos del plomo en el medio ambiente, 2004.* Disponible en:  
<http://www.uniplom.es/fuentes.htm>

VEGA, S. (1988). *Evaluación Epidemiológica de Riesgos Causados por Agentes Químicos Y Ambientales.* Ed. OPS. Tomo 3. Buenos Aires, Argentina, 1988. 25 pp.

VÍLCHEZ, R. (2005). *Eliminación De Metales Pesados De Aguas Subterráneas mediante Sistemas De Lechos Sumergidos, 2005.* Recuperado de:  
<http://hera.ugr.es/tesisugr/1542649x.pdf>

VILCA, T. (2012). *El Proyecto de Investigación Científica.* Trujillo: Edunt. de la Universidad Nacional de Trujillo, 2012

# **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**PANEL FOTOGRAFICO**









## ANEXO 1

### RESULTADOS DEL ANALISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN EL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL AREA URBANA DEL DISTRITO DE HUALGAYOC - CAJAMARCA



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084



---

### INFORME DE ENSAYO N° 0917624

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razon Social/Usuario	ROSARIO CIEZA RUIZ		
N° RUC/DNI	44924373		
Dirección	Av. Celso Carbajal N°270 -Chota		
Región/Provincia/Distrito	Cajamarca/Chota		
Persona de contacto	Correo electrónico	rucel@regioncajamarca.gob.pe	

---

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha y Hora del Muestreo	20.09.17	Hora	10:10 a 10:26
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de Muestra	02 Muestras	N° Frascos x muestra	01
Ensayos solicitados	Químicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.		
Responsable de la toma de muestra	Las muestras fueron tomadas por el personal inscrito.		
Procedencia de la Muestra	Hualgayoc		

---

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato	SC - 727	Cadena de Custodia	CC - 624 - 17
N° Orden de Trabajo	0917624		
Fecha y Hora de Recepción	20.09.17	14:40	Inicio de Ensayo 20.09.17 16:50
Fecha Término de Ensayo	27.09.17	12:30	Reporte Resultado 28.09.17 09:30



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

**Bigo, Juan V. Diaz Saenz**  
RESPONSABLE

# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 02 de Octubre de 2017.

Cód. RTI 5.20.01 Fecha: 06/06/2017 Rev: N°05

Página: 1 de 3

---

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"  
DR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N, VERDE EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERU  
e-mail: laboratorio@regioncajamarca.gob.pe / laboratorio@lra@regioncajamarca.gob.pe FONDO 099989 anexo 1140



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084



## INFORME DE ENSAYO N° IE 0917624

ENSAYOS			QUÍMICOS			
Código Cliente	Reservorio Paña Blanca	Reservorio El Muñitor	-	-	-	-
Código Laboratorio	0917624-01	0917624-02	-	-	-	-
Matriz de Agua	NATURAL	NATURAL	-	-	-	-
Descripción	Subterránea	Subterránea	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Huagayoc	Huagayoc	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
Plata (Ag)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.022	<LCM	<LCM	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-
Boro (B)	mg/L	0.021	0.025	<LCM	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.002	0.013	0.009	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.070	34.38	66.710	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.014	<LCM	<LCM	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.019	<LCM	<LCM	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.049	0.239	0.815	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.017	2.294	2.053	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.002	0.003	0.003	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.018	0.950	0.068	-	-
Níquel (Ni)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.020	0.041	0.032	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.003	<LCM	0.003	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.085	0.690	15.830	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.085	7.125	8.271	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.189	0.096	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.016	<LCM	0.062	-	-
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0002	<LCM	<LCM	-	-

Cód: RT1-S-10-01 Fecha: 06/08/2017 Rev: N°05

Página: 2 de 3

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASUME LA RESPONSABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"  
 DR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S. S.R.L. EL BOHOC, CAJAMARCA - PERÚ  
 e-mail: laboratorio@regcajamarca.gob.pe / laboratorio@regcajamarca.gob.pe FONO: 328000 ext: 1140





# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084



## INFORME DE ENSAYO N° IE 0917624


Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metas pes por ICP-CES (Agua) ALE Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mn, Mg, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Se, Si, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn	mg/L	EPA 200.7, Rev 4.4 1994. (Validado) 2014. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry
Mercurio por ASS-CV	mg/L	EPA 245.1, Rev 2.0 1994. (Validado) 2014. Determination of mercury in water by cold vapor atomic absorption spectrometry

### OBSERVACIONES

BFL: Blanco fortificado de Laboratorio, MFL: Matrix fortificada de Laboratorio, RSD: Desviación estándar relativa  
 LDM: Límite de detección del Método, LCM: Límite de cuantificación del métodos, ECA: Estándar de calidad ambiental, VE: valor estimado  
 Los Resultados Químicos «LCM», significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.  
 (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NR: No aplica. ND: No determinado  
 (†) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo establecido por el método

### NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida solo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o emendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2005.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realizan los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

  
 Ing. Mariano de la Cruz Samaniego  
 Analista Responsable de Química  
 CID: 119543

Cajamarca, 02 de Octubre de 2017.

# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



## INFORME DE ENSAYO N° IE 1017737

### DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario	ROSARIO CIEZA RUIZ		
N° RUC/DNI	44924373		
Dirección	Av. Celso Carvajal N° 270 - Chota		
Region/Provincia/Distrito	Cajamarca/Chota		
Persona de contacto	-	Correo electrónico	rocier_80@hotmail.com

### DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo	25.10.17	Hora	10:25 a 10:47
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de Muestra	02 Muestras	N° Frascos x muestra	01
Ensayos solicitados	Químicos		
Breve descripción del estado de la muestra:	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.		
Responsable de la toma de muestra:	Las muestras fueron tomadas por el personal usuario		
Procedencia de la Muestra:	Hualgayoc, correspondiente a la Tesis "Concentración de metales pesados específicos en el agua para consumo humano del área urbana del Distrito de Hualgayoc - 2017"		

### DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	SC - 849	Cadena de Custodia	CC - 737 - 17	
N° Orden de Trabajo	1017737			
Fecha y Hora de Recepción	25.10.17	14:40	Inicio de Ensayo	25.10.17 16:00
Fecha Término de Ensayo	02.11.17	08:00	Reporte Resultado	02.11.17 09:30

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

*Juan V. Diaz Saenz*  
Bigo. Juan V. Diaz Saenz  
RESPONSABLE

Cajamarca, 06 de Noviembre de 2017.

Página 1 de 3





# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084



## INFORME DE ENSAYO N° IE 1017737

ENSAYOS			QUÍMICOS				
Código Cliente	Reservorio Peña Blanca	Reservorio El Mirador	-	-	-	-	
Código Laboratorio	1017737-01	1017737-02	-	-	-	-	
Matriz de Agua	NATURAL	NATURAL	-	-	-	-	
Descripción	Subterránea	Subterránea	-	-	-	-	
Localización de la Muestra	E: 794008 N: 9200765	E: 794340 N: 9251670	-	-	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales				
Plata (Ag)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	-	-	
Aluminio (Al)	mg/L	0.022	0.044	<LCM	-	-	
Arsénico (As)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-	
Boro (B)	mg/L	0.021	<LCM	<LCM	-	-	
Bario (Ba)	mg/L	0.002	0.012	0.011	-	-	
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	-	-	
Calcio (Ca)	mg/L	0.070	36.61	63.82	-	-	
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	
Cromo (Cr)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	
Cobre (Cu)	mg/L	0.014	<LCM	<LCM	-	-	
Hierro (Fe)	mg/L	0.019	0.021	<LCM	-	-	
Potasio (K)	mg/L	0.049	0.250	0.702	-	-	
Litio (Li)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-	
Magnesio (Mg)	mg/L	0.017	2.205	2.002	-	-	
Manganeso (Mn)	mg/L	0.002	0.002	<LCM	-	-	
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	
Sodio (Na)	mg/L	0.016	0.492	0.178	-	-	
Niquel (Ni)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-	
Fósforo (P)	mg/L	0.020	0.045	0.041	-	-	
Plomo (Pb)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-	
Azufre (S)	mg/L	0.095	1.208	17.740	-	-	
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	-	-	
Selenio (Se)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	-	-	
Silicio (Si)	mg/L	0.095	3.713	6.923	-	-	
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.184	0.093	-	-	
Titanio (Ti)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-	
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-	
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-	
Vanadio (V)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-	
Zinc (Zn)	mg/L	0.016	<LCM	0.056	-	-	
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0002	<LCM	<LCM	-	-	

Cajamarca, 06 de Noviembre de 2017.

Página: 2 de 3



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084



## INFORME DE ENSAYO N° IE 1017737

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mn, Mg, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sr, Ti, U, V, Zn)	mg/L	EPA 200.7 Rev 4.4, 1994. (Validado) 2014. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry
Mercurio por ASS-CV	mg/L	EPA 245.1 Rev 3.0, 1994. (Validado) 2014. Determination of mercury in water by cold vapor atomic absorption spectrometry


### OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación del método, ECA: Estándar de calidad ambiental, VE: valor estimado  
 Los Resultados Químicos <LCM> significa que la concentración del análisis es menor al LCM del Laboratorio establecido.  
 Los Resultados Microbiológicos <1.0, 1.0> significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.  
 (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica. ND: No determinado.  
 (†) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT1-S-10-01 Rev. N°05 Fecha: 06/06/2017

### NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe condensa única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o omisiones.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP-ISO/IEC 17025:2005.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realizan los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

  
 Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento  
 Analista Responsable de Química  
 CIP: 119544

Cajamarca, 06 de Noviembre de 2017.

# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA





# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084



## INFORME DE ENSAYO N° IE 1117811

### DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario **ROSARIO CIEZA RUIZ**  
 N° RUC/DNI **44924373**  
 Dirección **Av. Celso Carvajal N° 270 - Chota**  
 Region/Provincia/Distrito **Cajamarca/Chota**  
 Persona de contacto **-** Correo electrónico **rozier\_80@hotmail.com**

### DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo **17.11.17** Hora **11:03 a 11:28**  
 Tipo de Muestreo **Puntual**  
 Número de Muestra **02 Muestras** N° Frascos x muestra **01**  
 Ensayos solicitados **Químicos**  
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**  
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**  
 Procedencia de la Muestra **Hualgayoc, correspondiente a la Tesis "Concentración de metales pesados específicos en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc - 2017"**

### DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC - 903** Cadena de Custodia **CC - 811 - 17**  
 N° Orden de Trabajo **1117811**  
 Fecha y Hora de Recepción **17.11.17 16:55** Inicio de Ensayo **18.11.17 10:00**  
 Fecha Término de Ensayo **24.11.17 10:00** Reporte Resultado **24.11.17 10:45**

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
 GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
 LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA  
 El Sr. Juan V. Diaz Saenz  
 Responsable

Cajamarca, 24 de Noviembre de 2017.

Página: 1 de 3





**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084

**INFORME DE ENSAYO N° IE 1117811**

ENSAYOS			QUÍMICOS			
Código Cliente	Peña Blanca	El Mirador	-	-	-	-
Código Laboratorio	1117811-01	1117811-02	-	-	-	-
Matriz de Agua	NATURAL	NATURAL	-	-	-	-
Descripción	Subterránea	Subterránea	-	-	-	-
Localización de la Muestra	E:764006 N:9250762	E:764341 N:9251886	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
Plata (Ag)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.022	<LCM	<LCM	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.003	<LCM	0.003	-	-
Boro (B)	mg/L	0.021	0.072	0.056	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.002	0.010	0.011	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.016	<LCM	<LCM	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.070	38.61	74.92	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.014	<LCM	<LCM	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.019	<LCM	<LCM	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.049	0.256	0.739	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.017	1.818	2.061	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-
Moibdano (Mo)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.078	0.709	0.149	-	-
Níquel (Ni)	mg/L	0.002	<LCM	<LCM	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.020	0.031	0.031	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.085	1.41	16.850	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.005	<LCM	<LCM	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.017	<LCM	<LCM	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.085	5.395	7.245	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.002	0.167	0.109	-	-
Titano (Ti)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.004	<LCM	<LCM	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.003	<LCM	<LCM	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.016	<LCM	0.050	-	-
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0002	<LCM	<LCM	-	-



Cajamarca, 24 de Noviembre de 2017.

Página: 2 de 3



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084**

**INFORME DE ENSAYO N° IE 1117811**

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Metasles Disueltos y Totales por ICP-OES (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cd, Co, Cr, Fe, K, Li, Ni, Na, Mg, Mn, Mo, N, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Tl, U, V, Zn)	mg/L	EPA Method 200.7 Rev. 4.4. 1994. (Validado) 2014. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Mercurio por ASS-CV	mg/L	EPA 245.1, Rev. 3.0. 1994. (Validado) 2014. Determination of mercury in water by cold vapor atomic absorption spectrometry


**OBSERVACIONES**

LCM Límite de cuantificación del método, ECA Estándar de calidad ambiental, VE valor estimado  
 Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.  
 Los Resultados Microbiológicos <1.5, 1.0; significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecia crecimiento bacteriano en la muestra.  
 (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica. ND: No determinado.  
 (†) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

Código del Formato: RT-5-10-01 Rev N°05 Fecha: 05/06/2017

**NOTAS FINALES**

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2005.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los originales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

  
 Ing. Mariago de la Cruz Sarmiento  
 Analista Responsable de Química  
 CP: 119544

Cajamarca, 24 de Noviembre de 2017.

**LABORATORIO REGIONAL  
DEL AGUA**

## ANEXO 2

### RESOLUCIÓN JEFATURAL N.º 010-2016-ANA

Resumen: Aprobar el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales"., que forma parte integrante de la presente resolución. El cual se utilizará para realizar los respectivos análisis

ANEXO IV  
FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

  
Autoridad Nacional del Agua

Nombre del cuerpo de agua:

Clasificación del cuerpo de agua:   
(Categorizado de acuerdo con la R.J. N°202-2015-ANA y modificaciones posteriores)

Código y nombre de la cuenca o del cuerpo marino-costero:   
(Código: País/letra)

**IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO**

Código del punto de monitoreo:   
(Según lo indicado en Item 8.2.4 del Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos Superficiales)

Descripción:   
(Origen/Ubicación)

Accesibilidad:   
(Describe detalladamente la vía de acceso, para que otras personas puedan encontrar fácilmente el punto de monitoreo)

Representatividad:   
(Describe el tipo de río o quebrada o la zona de laguna o mar, que el punto de monitoreo represente)

Finalidad del monitoreo:   
(Describe la finalidad del punto de monitoreo: Vigilancia de un uso, evaluación del impacto de una fuente contaminante, ...)

Reconocimiento del Entorno:   
(Incluir referencias topográficas que permitan el fácil reconocimiento del punto en campo)

**UBICACIÓN**

Distrito:  Provincia:  Departamento:

Localidad:

Coordenadas (WGS84):  Sistema de coordenadas:  Proyección UTM  Geográficas

Norte/Latitud:  Zona:  (7, 18 o 19, para UTM solamente)

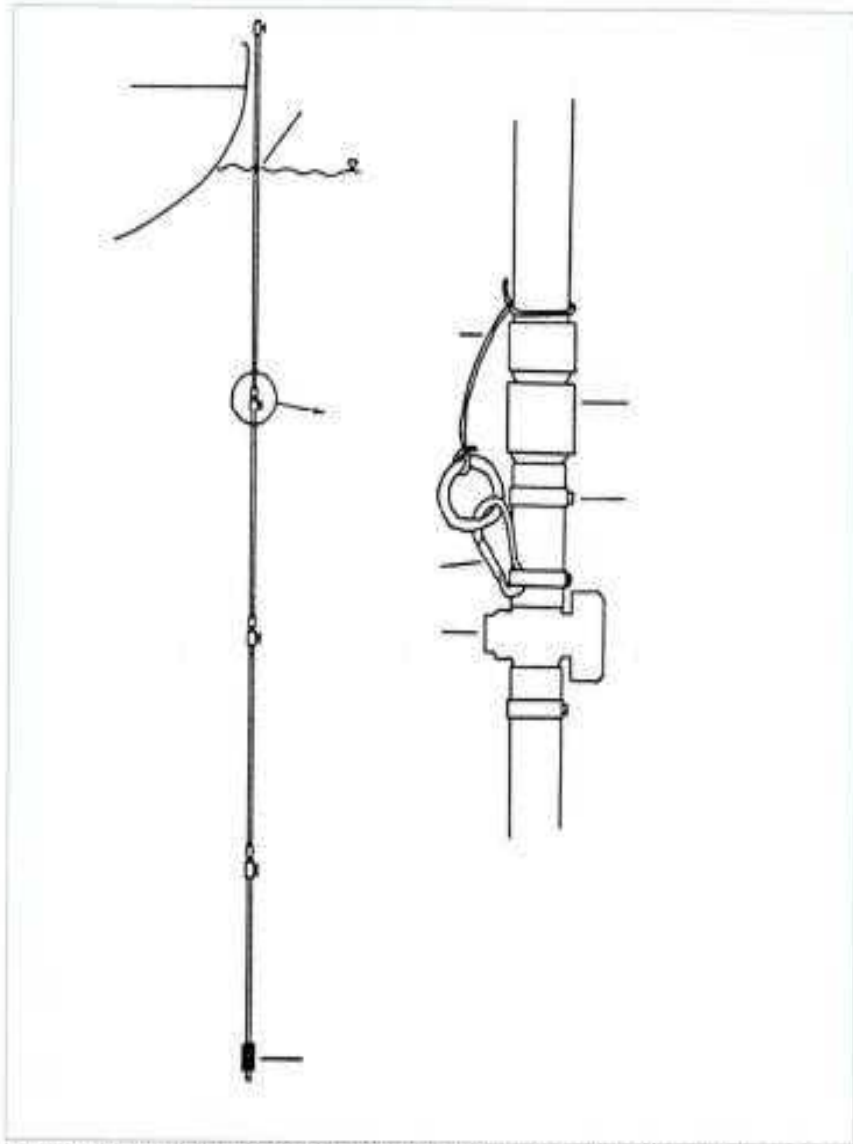
Este/Longitud:  Altitud:  (metros sobre el nivel del mar)

Croquis de ubicación del punto de monitoreo (obligatorio)

Fotografía:   
(Tomada a un mínimo de 25 metros de distancia del punto de monitoreo)



Elaborado por: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_



Fuente: Reguera et al. (2002). Manguera de PVC compuesta por tres tramos acoplados (desmontables), de 5 m cada uno, con llaves de paso que permiten obtener una muestra integrada (0-15 m), o tres muestras integradas (0-5m, 5-10m, 10-15 m).





## ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo, Ing. Celso Nazario Purihuaman Leonardo revisor de la tesis de los egresados, Rosario Cieza Ruiz, titulada: "CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS ESPECÍFICOS EN EL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE HUALGAYOC - 2017", constato que la misma tiene un índice de similitud de 23% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.


Chiclayo, 05 de noviembre de 2018



Ing. Celso Nazario Purihuaman Leonardo  
Docente de la facultad de ingeniería de UCV

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	--------------------------------

# AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV

	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02
		Versión : 07
		Fecha : 31-03-2017
		Página : 1 de 1

Yo ROSARIO CIEZA RUIZ..... identificado con DNI N° 44924373..... egresada de la Escuela de INGENIERIA AMBIENTAL..... de la Universidad César Vallejo, autorizo () No autorizo (  ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado: "CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS ESPECÍFICOS EN EL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DEL ÁREA URBANA DEL DISTRITO DE HUALGAYOC - 2017".....; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

  
FIRMA

DNI: 44924373

FECHA: 21 de NOVIEMBRE, del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------