



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES**

**PESADOS EN LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL RÍO AYAVIRI**

**PARA FINES DE RIEGO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. TANYA LUZ VILLANUEVA ALVARADO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PUNO - PERÚ**

**2018**



## DEDICATORIA

*A Dios por darme el Don hermoso de la vida y de aprendizaje constante. Por su amor infinito y su guía misericordiosa. Por siempre mantenerme en pie, inspirarme y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.*

*A mis maravillosos padres Yola y Mariano. Por su amor, apoyo incondicional y su gran ejemplo de perseverancia. Por sus múltiples sacrificios, sabios consejos, ejemplares valores y motivación constante; que me ha permitido ser una persona tenaz y capaz de lograr todo lo que se propone.*

*Con sincero afecto a mis hermanas Miranda, Sandra, Gloria, Sara y Francisca, cuñados y pequeños sobrinos. Por su constante sostén, recomendaciones y aliento, para cumplir con mis metas personales y profesionales.*

*A mi amado Pablo Campos. Por sus ánimos constantes, su fe en mí y amor leal. Por sus generosas muestras de apoyo y ánimo. Por estar ahí recordándome mi potencial y mi capacidad.*

*A todas las personas que me han apoyado y han hecho que esta labor se realice con éxito. En especial a aquellos que me abrieron las puertas a nuevas oportunidades y compartieron sus conocimientos conmigo.*

**TANYA LUZ VILLANUEVA ALVARADO**



## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Por haberme ofrecido una profesión y formación de calidad.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, docentes y personal administrativo. Por impartirnos sus valiosos conocimientos y contribuir siempre a la formación profesional.

Al jurado dictaminador: M.Sc. Lorenzo Gabriel Cieza Coronel, M.Sc. Alcides Héctor Calderón Montalico y M. Sc. Ricardo Luis Bardales Vassi. Por las indicaciones y acotaciones que contribuyen en la culminación de este trabajo de investigación.

Al director de tesis D. Sc. Germán Belizario Quispe, por brindarme nuevos conocimientos y exhortaciones que fueron las mejores enseñanzas.

Por último, quiero agradecer a mi familia, por apoyarme con el cumplimiento de esta meta profesional. En especial, quiero hacer mención a mis padres, que siempre estuvieron ahí sosteniéndome con su amor puro y un abrazo para renovar mis energías.

**TANYA LUZ VILLANUEVA ALVARADO**



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 11**

**ABSTRACT..... 12**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 13**

**1.2. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN ..... 14**

1.2.1 Hipótesis general ..... 14

1.2.2 Hipótesis específicas..... 14

**1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... 15**

**1.4. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... 17**

1.4.1 En América Latina..... 17

1.4.2 En el Perú ..... 18

1.4.3 En la Región ..... 19



**1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN ..... 21**

1.5.1 Objetivo general ..... 21

1.5.2 Objetivos específicos ..... 21

**CAPÍTULO II**

**REVISIÓN DE LA LITERATURA**

**2.1 MARCO TEÓRICO ..... 23**

2.1.1 El agua ..... 23

2.1.2 Calidad del agua ..... 23

2.1.3 Parámetros físicos ..... 25

2.1.4 Metales pesados ..... 30

2.1.5 Cadmio (Cd) ..... 32

2.1.6 Plomo (Pb) ..... 34

2.1.7 Mercurio (Hg) ..... 35

2.1.8 Descripción de los metales pesados en agua y sus efectos ..... 37

2.1.9 Importancia del análisis de los metales pesados en aguas ..... 38

2.1.10 Marco legal ..... 39

2.1.11 Impactos al ecosistema ..... 46

**CAPÍTULO III**

**MATERIALES Y MÉTODOS**

**3.1. ÁREA DE ESTUDIO ..... 48**

3.1.1. Ubicación política del área de estudio ..... 48

3.1.2. Características geográficas del área de estudio ..... 48

3.1.3. Ubicación de los puntos de muestreo ..... 50



3.1.4.	Parámetros físicos y químicos importantes .....	50
3.1.5.	Delimitación social .....	51
3.1.6.	Tipo de investigación .....	52
3.1.7.	Épocas de muestreo .....	52
<b>3.2.</b>	<b>MATERIALES .....</b>	<b>53</b>
3.2.1.	Materiales para el muestreo .....	53
3.2.2.	Equipos (materiales y otros) .....	53
3.2.3.	Maquinarias y transporte .....	54
<b>3.3.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>54</b>
3.3.1.	Presencia y concentración de los metales pesados .....	54
3.3.2.	Evaluación del grado de contaminación de las concentraciones de los metales pesados .....	58
3.3.3.	Determinación del punto más crítico y vulnerable a la contaminación.....	58
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		
<b>4.1.</b>	<b>PRESENCIA Y LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS.....</b>	<b>60</b>
<b>4.2.</b>	<b>EVALUACIÓN DE GRADO DE CONTAMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN AGUAS SUPERFICIALES .....</b>	<b>62</b>
<b>4.3.</b>	<b>PUNTO MÁS CRÍTICO Y VULNERABLE A LA CONTAMINACIÓN.....</b>	<b>64</b>
4.3.1.	pH .....	65
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>67</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>68</b>



<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO 1. Resultados de laboratorio .....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO 2. Panel fotográfico .....</b>	<b>81</b>

**Área:** Ingeniería y Tecnología

**Línea:** Recursos Hídricos

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 18 de diciembre del 2018



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Criterios de calidad de agua.....	24
<b>Tabla 2.</b> Estándares secundarios o no obligatorios de agua potable .....	29
<b>Tabla 3.</b> Estándares de calidad ambiental para aguas del ministerio de Ambiente Categoría 1. ....	41
<b>Tabla 4.</b> Estándares de calidad ambiental para aguas del Ministerio de Ambiente Categoría 3. ....	44
<b>Tabla 5.</b> Estaciones de monitoreo de calidad del agua del río Chacapalca.....	56
<b>Tabla 6.</b> Resultados de Monitoreo para determinar la concentración de metales pesados en RChac1 y RChac2 (2017-2018). ....	61





## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Escala del potencial de hidrógeno. ....	27
<b>Figura 2.</b> Rango del potencial de hidrógeno. ....	28
<b>Figura 3.</b> Ubicación de los puntos de muestreo en la cuenca baja del río Ayaviri. ....	50
<b>Figura 4.</b> Medición en situ de parámetros físico y químico. ....	51
<b>Figura 5.</b> Muestreo de agua superficial. ....	56
<b>Figura 6.</b> Muestras en el laboratorio de espectrometría de emisión atómica. ....	58



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>°C</b>	: Grados Celsius
<b>μS/cm</b>	: Micro Siems por centímetro
<b>AAS</b>	: Espectrofotometría de Absorción Atómica
<b>ANA</b>	: Autoridad Nacional del Agua
<b>ATSDR</b>	: La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades
<b>Cd</b>	: Cadmio
<b>CND</b>	: Conductividad eléctrica
<b>D.S.</b>	: Decreto Supremo
<b>ECA</b>	: Estándares de Calidad Ambiental
<b>EPA</b>	: Environmental Protection Agency
<b>FAO</b>	: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
<b>Hg</b>	: Mercurio
<b>IARC</b>	: Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer
<b>LMP</b>	: Límites Máximos Permisibles
<b>mg/L</b>	: Miligramo por Litro
<b>mg</b>	: Miligramo
<b>MINAM</b>	: Ministerio del Ambiente
<b>OMS</b>	: Organización Mundial de la Salud
<b>Pb</b>	: Plomo
<b>pH</b>	: Potencial de Hidrógeno
<b>STD</b>	: Solidos Totales Disueltos
<b>UTM</b>	: Universal Terminator Marcator



## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la concentración de los metales pesados en las aguas de la parte baja del río Ayaviri – río Chacapalca de la subcuenca Ayaviri de la cuenca Ramis de la unidad hidrográfica del lago Titicaca. Los metales pesados depositados sobre el lecho del río y distribuidos a lo largo del cauce del río hasta el vertimiento de sus aguas al cuerpo receptor son una fuente de contaminación, para el poblador que consume y vive en las riberas del río en la parte baja de la cuenca. La metodología consistió en determinar las concentraciones de los metales pesados de las muestras tomadas de las aguas superficiales, así mismo se tomó en cuenta las especificaciones de toma de muestras según el protocolo de muestreo, en dos puntos estratégicos a lo largo del río Ayaviri (RChac1 y RChac2), a fin de obtener la concentración de los metales pesados en las aguas, que son transportados por las corrientes de agua de la cabeceras de la subcuenca y posteriormente al río Ayaviri, los que fueron de mucha utilidad para su evaluación. El monitoreo se realizó en dos épocas del año 2017 a 2018, para evaluar la variación estacional de los parámetros más resaltantes de mayor concentración determinadas analíticamente in situ. Según los resultados obtenidos in situ se apreció que no existente altas concentraciones de cadmio, plomo y mercurio analizados en los dos puntos de estudio. Así mismo, se determinó el punto más crítico, que según los resultados se encontró en el primer punto RChac1.

**Palabras Clave:** Aguas superficiales, contaminación, evaluación, metales pesados, río Ayaviri.



## ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the concentration of heavy metals in the waters of the lower part Ayaviri river - Chacapalca river of Ayaviri sub-basin of Ramis watershed of Titicaca lake hydrographic unit. Heavy metals deposited on the riverbed and distributed along the riverbed until the discharge of its waters to receiving body are a source of pollution for the population who consumes and lives on the riverbanks in the lower part of watershed. The methodology consisted determining the concentrations of the heavy metals of samples were taken from the surface waters, as well as the sampling specifications according to sampling protocol, at two strategic points along Ayaviri river (RChac1 and RChac2), in order to obtain the concentration of heavy metals in the waters, which are transported by the water currents of the sub-basin headwaters and subsequently to Ayaviri River, which were very useful for their evaluation. Monitoring was carried out in two periods from 2017 to 2018, to evaluate the seasonal variation of the most prominent parameters of higher concentration determined analytically on-site. According to the results obtained on-site, it was observed that there are not high concentrations of cadmium, lead and mercury analyzed in the two study points. Likewise, the most critical point was determined, according to results it was found in the first point RChac1.

**Keywords:** Surface waters, pollution, evaluation, heavy metals, Ayaviri river.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En un ecosistema acuático, la contaminación de metal pesado puede ser resultado de la deposición atmosférica, meteorización geológica o a través de la descarga de desechos. Metales como el Cu, Fe, Mn, Ni y Zn son esenciales como micronutrientes para los procesos vitales en plantas y microorganismos, mientras que muchos otros metales como Cd, Cr y Pb no tienen actividad fisiológica conocida, pero han demostrado ser perjudicial más allá de ciertos límites (Marschner, 1995).

Los metales pesados pueden clasificarse en dos grupos; primero elementos como Cu, Zn y Cr, segundo constituido por metales que no tienen un rol biológico conocido, pero sí una clara toxicidad (As, Cd, Hg y Pb), que tienen origen natural, doméstico, antropogénico, industrial, agropecuario, minero o de acuerdo a determinantes geológico-mineros. Los efectos toxicológicos constituyen un serio riesgo para la salud humana y ecología (Cornejo y Pacheco, 2014).

Los metales pesados más comunes y ampliamente distribuidos como contaminantes ambientales incluyendo plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y arsénico (As). El plomo, por ejemplo, es un contaminante ambiental altamente tóxico, su presencia en el ambiente se debe principalmente a las actividades antropogénicas como la industria, la minería y las fundiciones (O'Reilly y Gordon, 1995).

En el trabajo elaborado por (Melo Sanchez et al., 2001), se utilizó la Espectroscopia de Absorción Atómica, la cual es una técnica muy empleada en el estudio cuantitativo de casi todos los elementos de la tabla periódica. Para este caso,



específicamente en la determinación de metales pesados en aguas residuales (cromo y plomo) del río San Javier. Se determinó que el metal en mayor concentración es el cromo; se conoce que la toxicidad del cromo produce efectos específicos a nivel celular, ya que pueden existir interacciones entre el metal y los sistemas enzimáticos, membranas celulares, orgánulos y sobre el metabolismo celular en general (Quispe et al., 2019). Con estos datos obtenidos se puede decir que las descargas de agua residual provenientes de los afluentes que se descargan en el río San Javier no cumplen con los límites permisibles de características químicas propuestos por la Comisión Nacional del Agua y por lo tanto representan un riesgo para el medio ambiente.

La salud de la población se afectaría en gran consideración ya que los metales pesados pueden afectar a la actividad del hombre y así mismo ingresar a su organismo por distintas vías, es mi objetivo evaluar la presencia y el grado de contaminación de las concentraciones de metales pesados en la parte baja las aguas del río Ayaviri.

## **1.2. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1 Hipótesis general**

Existe la presencia de la concentración de metales pesados en las aguas de la parte baja del río Ayaviri y se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental (ECA).

### **1.2.2 Hipótesis específicas**

- Existe la presencia y concentración de los metales pesados (Cadmio, Plomo y Mercurio) en las aguas en la parte baja del río Ayaviri.
- El grado de contaminación de las concentraciones de los metales pesados (Cadmio, Plomo y Mercurio) en las aguas del río Ayaviri, se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental para el agua, en los distintos puntos de estudio.



- El punto a la desembocadura al río Ayaviri como cuerpo receptor es el punto más crítico y vulnerable por la contaminación entre los puntos de estudio.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El crecimiento poblacional genera el incremento de parque automotor, producción de residuos sólidos y líquidos domésticos e industriales que contribuyen a la contaminación del cauce de río, por lo que es necesario evaluar la calidad de las aguas y los componentes de las concentraciones de metales pesados básicamente en las aguas superficiales de las partes bajas del río Ayaviri, debido a que en este río se encuentran vertimientos de residuos sólidos y líquidos y así mismo estas aguas son usadas para las actividades de la población de las riberas del río en las partes bajas del río Ayaviri.

Teóricamente esta investigación proyecta generar una reflexión y discusión sobre los conocimientos planteados acerca de la contaminación por metales pesados que se encuentren en las aguas superficiales del río Ayaviri. Metodológicamente este estudio y las diferentes pruebas experimentales realizadas por el equipo de espectrómetro de emisión atómica serán para determinar las concentraciones de los metales pesados contenidas en el agua del río Ayaviri y la contaminación producto del transporte con concentración de metales pesados en el agua del lecho del río en los puntos estratégicos donde se ha de tomar las muestras, y las recomendaciones que se pueden aportar para no acrecentar más la situación ya expuesta, tomar decisiones a fin de mitigar la contaminación de dicho cuerpo receptor.

Debido a su toxicidad de los metales pesados en aguas de los ríos representa un serio problema en la salud para los moradores que dan uso de agua de dichos ríos (Belizario, Capacoila, Huaquisto, Cornejo, & Chui, 2019), lo cual implica elevar los



gastos en tratamientos médicos, disminución de la capacidad intelectual de los moradores y desde luego repercusiones económicas a nivel local y nacional.

La contaminación por los metales pesados afecta al sistema nervioso central, lo cual se traduce en retraso mental. Esto tiene particular importancia sobre todo en la población infantil y adolescente pues está asociado al desarrollo de la capacidad intelectual de la población afectada y a la larga tendría un serio impacto en el intelecto de la población que vive en la parte baja de la cuenca y por consiguiente en las posibilidades de desarrollo a todos los niveles de la región de Puno.

El conocimiento de los niveles de contaminación por metales pesados permitiría la toma de decisiones adecuadas en el campo de la salud, el medio ambiente y en general en el plano social repercutiendo positivamente en la realidad local y regional. El río Ayaviri, es uno de los ríos más importantes de la cuenca Ramis y de la cuenca hidrográfica de lago Titicaca y recibe efluentes domésticos e industriales de los barrios y zonas industriales ubicados en la parte media de la cuenca tales como la ciudad de Ayaviri. Este río desemboca en el río Ramis y éste al lago Titicaca, por lo que contribuye a la contaminación de la parte baja de la cuenca de río Ayaviri.

La contaminación de la cuenca del río Ayaviri se da por: 1.- Vertimiento de aguas residuales domésticas de los distritos que son parte de la subcuenca Ayaviri. 2.- Vertimiento de aguas residuales resultado las actividades agropecuarias, industriales y hospitalarias de la ciudad de Ayaviri básicamente. 3.-Vertimiento de aguas producto de la laguna de oxidación de Ayaviri. 4.-Vertimiento de aguas producto del lavado informal de carros. 5.- Vertimiento de aguas residual industrial tratadas ARUNTANI S.A.C proveniente de la planta de destrucción de cianuro. Todos los vertimientos al río aportantes al río Ayaviri pasan directamente al mismo, de no conocer sus consecuencias





de estas fuentes de contaminación en la población no se podrá tomar decisiones. El Cd es un elemento altamente tóxico especialmente en su forma  $Cd^{2+}$ . Sin embargo, son consideradas las actividades antropogénicas como la principal fuente de ingreso a los sistemas acuáticos. En aguas oceánicas las concentraciones de Cd están en el orden de  $1,78 \times 10^{-4} - 1,04 \times 10^{-4} \mu\text{mol/L}$  y en las naturales varían por debajo de  $8,74 \times 10^{-4} \mu\text{mol/L}$ .

#### **1.4. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **1.4.1 En América Latina**

Se realizó el estudio de los altos niveles de concentración de metales pesados en los estados de Puebla y Veracruz, México; en noviembre de 2009 a marzo de 2010. 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. Los metales pesados se determinaron mediante el uso de un ICP (“Inductively Coupled Plasma”) Pekin Elmer Optima 5300, utilizándose la metodología recomendada por la EPA (Environmental Protection Agency) y APHA (American Public Health Association). Se comparó la calidad del agua superficial con los criterios de la NOM-001-ECOL-1996, de EPA (1986), de SEDUE (1989) y la modificación a la NOM-127-SSA1-1994 (Huaranga-Moreno, Méndez, Quilcat, & Huaranga-Arévalo, 2012).

Los resultados mostraron valores bajos en la concentración de metales pesados en agua para riego agrícola y uso urbano, no así, para el criterio de consumo humano, pues 50% de las muestras tomadas presentaron concentraciones por encima de los límites permisibles para Cd, 20% para Hg y 2% para Pb (SSA, 2000). Se concluyó que el agua superficial no representa riesgos para riego agrícola. La mayor concentración y dispersión la presentó el As con valores de 0.00 a  $0.78 \text{ mg L}^{-1}$ , mientras que la menor con 0.00 a  $0.03 \text{ mg L}^{-1}$ , fue para el Hg. Las descargas de agua residual hacia los ríos, contaminan



gravemente y llevan a sobrepasar los límites permisibles para Cd, Hg y Pb en agua para uso y consumo humano (Huaranga y Méndez, 2012).

En Venezuela, la contaminación por metales pesados está relacionada con el desarrollo de la industria siderúrgica y petrolera, así como a la explotación indiscriminada de otros metales como el oro. Está bastante documentada la contaminación del lago de Maracaibo dado al desarrollo en sus cercanías de actividades urbanas, industriales, mineras y agropecuarias; del lago de Valencia, del río Tuy, Orinoco y Manzanares, entre otros. En este trabajo se revisa el estado de conocimiento, en los últimos 10 años, de la concentración de plomo, cadmio y mercurio en especies acuáticas de diferentes áreas del país (Márquez, Senior y Martínez, 2000).

Elevados niveles de contaminación por metales pesados fueron encontrados en sedimentos del río Haina. Se investigaron los niveles de concentración de metales pesados en las aguas y sedimentos del citado río, en las proximidades de la ciudad de Santo Domingo. Se tomaron muestras tanto de las aguas como de sedimentos en nueve puntos, la investigación empezó en octubre del 2002 y finalizó en septiembre del 2003. Los metales investigados fueron cobre, níquel, plomo, hierro, arsénico, cadmio, cromo y zinc. En las aguas solo se encontraron los metales hierro y cobre y sus niveles de concentración estaban ubicados dentro de los estándares nacionales para aguas de ríos (Contreras, Mendoza y Gómez, 2004).

#### **1.4.2 En el Perú**

Se realizaron el estudio del contenido de metales pesados en agua y sedimento en el Bajo Nanay en la Amazonía del Perú. Los análisis de metales pesados se realizaron utilizando la técnica de la absorción atómica. En los resultados del análisis de agua, el plomo y mercurio se encuentran presentes en concentraciones mayores que lo indicado



por las normas nacionales. El plomo es en promedio de 0,111 ppm. Del mismo modo la presencia de mercurio es alta en los sedimentos que acompañan a este río con 1,636 ppm en creciente (Sotero y Alva, 2013).

Según Paredes (2013), quien ha investigado la concentración de plomo y cadmio en la cuenca media del río Moche La Libertad, concluyo que se encontraron como valores máximos de plomo dentro del rango de 0.515mg/L - 0.35 mg/L en Samne y Shirán superando los límites permisibles en la categoría IV de los estándares de calidad. Y también se encontró que el valor máximo para cadmio Cd fue de 0.009 mg/L en Samne y Shirán considerado ligeramente fuera del límite permisible por la categoría IV de los Estándares de Calidad Ambiental para Aguas (ECAs).

### **1.4.3 En la Región**

Según Apaza (2015), en su proyecto de tesis concluye que la concentración inicial de los metales Pb (0.2889 mg/L) y Zn (2.38mg/L) presentes en las aguas del río Torococha, superan los valores de la categoría 3, donde para Pb es (0.05) y Zn (2.00 mg/L).

Según Salas (2014), en su artículo de investigación concluye que los resultados mostraron que las concentraciones de arsénico, cobre, plomo y zinc; están por encima de los límites máximos permisibles y para metales como cadmio y mercurio resultaron valores por debajo de los límites permisibles. Las descargas de agua de la actividad minera aurífera hacia los ríos llegan a sobrepasar los límites permisibles siendo una fuerte amenaza para la calidad del agua y para la biodiversidad asociada.

Según Apaza y Justo (2011), "La contaminación de aguas por mercurio originado por la minería artesanal en la mina Rinconada y Lunar de Oro, Puno- Perú"; da como resultado en la muestra de agua los siguientes valores; en Lunar de Oro pH (4.24) y



valores en mg/L para los elementos de: As (0.14), Cd (0.02), Pb (0.006), Hg (0.0002) y Zn (4.80) y en la Rinconada pH (5.10) y en mg/L para los elementos de: As (0.001), Cd (0.02), Pb (0.006), Hg (0.0002) y Zn (0.04). Los valores del análisis muestran un pH extremadamente ácido que sobrepasa los LMP y los ECAs para consumo humano y riego las concentraciones de Cd y Zinc superan los ECAs para consumo humano, animal y riego.

Los resultados reportaron altas concentraciones con respecto al ECA (máx. 0.08mg/L), que corresponde a las zonas comprendidas entre unión del río Carabaya y el río proveniente del valle de la mina Cecilia, lugar donde existen pasivos mineros de plomo, zinc y cobre. En la sub cuenca Ayaviri, las concentraciones se encuentran dentro de los límites de ECA y el reporte es similar para la sub cuenca Ramis hasta desembocar en el lago Titicaca (Cornejo y Pacheco, 2014).

Los resultados reportados del análisis de Hg en aguas, muestran niveles por debajo del ECA para el agua (0.001 mg/L), por lo que por el momento no representa una amenaza para el ecosistema y población humana (Cornejo y Pacheco, 2014)

Según Yenny R. (2015), la concentración de mercurio en aguas superficiales de la Rinconada, en la quebrada del centro poblado Lunar de Oro (A) 0.00014 mg/L, en la quebrada del centro poblado la Rinconada (B) de 0.00018, en Pampas de Molino (C) fue 0.00013 mg/L y en el ingreso de la laguna Rinconada (D) con 0.00015 mg/L, los valores fueron menores a los límites permisibles y estadísticamente similares entre las zonas ( $P > 0.05$ ). En el mes de diciembre el contenido de mercurio fue 0.00005 mg/L al igual que en enero y en marzo fue 0.00034mg/L superior al resto de los meses ( $P < 0.05$ ). El pH en aguas superficiales de la Rinconada, fueron ácidos entre 3.4 a 3.47 unidades, la temperatura de agua de 5.9 a 6.4 °C debido a la altitud, los sólidos disueltos totales fueron



de 693.3 a 713.3 mg/L con mayores valores en la zona alta del efluente, la turbidez fue 24.3 a 104.3 UNT, el oxígeno disuelto vario de 2.27 a 3.28 mg/L, la conductividad eléctrica de 1366.67 a 1403.3 ms/cm.

Según Cornejo y Pacheco (2014), concluye en su artículo científico, en las partes altas de la cuenca Ramis el reporte del pH y CND están dentro de los límites del ECA del agua, en las partes bajas se reportó un aumento del pH y CND, los resultados del análisis de aguas muestran contaminación por As y Pb respecto al ECA del agua, producto de la actividad minera, pasivos mineros y erosión litogénica en las cabeceras de la cuenca del río Ramis, asimismo trabajado por Quispe (2017) y Capacoila (2018) en el río Coata en la parte baja de la cuenca del mismo nombre.

## **1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1 Objetivo general**

Evaluar la presencia y el grado de contaminación de las concentraciones de metales pesados (cadmio, plomo y mercurio) en las aguas de la parte baja del río Ayaviri, para fines de riego, según los estándares de calidad ambiental.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Determinar la presencia y concentración de metales pesados (cadmio, plomo y mercurio) en las aguas de la parte baja del río Ayaviri, para fines de riego.
- Determinar el grado de contaminación causado por las concentraciones de metales pesados (cadmio, plomo y mercurio) en las aguas del río Ayaviri, para fines de riego, con los estándares de calidad ambiental para el agua.
- Identificar el punto más crítico y vulnerable a la contaminación del agua, según los datos obtenidos de los puntos en estudio, como base para promover la implementación



estrategias orientadas a la recuperación y protección de la calidad de los recursos hídricos.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LA LITERATURA

#### 2.1 MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1 El agua

El agua es un elemento que existe en abundancia sobre la Tierra. Se presenta en tres estados: líquido (ríos, arroyos, mares), sólido (hielo) y gaseoso (nubes, niebla). Desde el punto de vista químico, el agua en estado puro es un compuesto binario de oxígeno e hidrógeno. El agua, ya sea en cualquiera de los estados, es esencial para (consumo humano, animales, generación eléctrica, riego, turismo, recreación, industria, etc.), por eso es primordial para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas de la tierra (Aguilar e Iza, 2009).

##### 2.1.2 Calidad del agua

La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, lo que está relacionado con la calidad del agua, con las necesidades del usuario y su función ecobiológica en los ecosistemas en los ecosistemas. También la calidad del agua puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución (Mendoza, 1996).

El problema de la calidad de agua es tan importante como aquellos relativos a la escasez de la misma, sin embargo, se le han brindado menos atención. El término calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: doméstico, riego, recreación e industria (Clara, 2005).

La evaluación de la calidad del agua es un proceso de enfoque múltiple que estudia la naturaleza física, química y biológica del agua con relación a la calidad natural, efectos

humanos y acuáticos relacionados con la salud. Para evaluar la calidad del agua los estados comparan sus resultados obtenidos con estándares establecidos por las autoridades competentes en cada estado. Dichos estándares son criterios para proteger los usos designados de los cuerpos de agua y tienen una política de anti degradación con el propósito de que las aguas que cumplan con los estándares no sean degradadas de su condición actual. A nivel nacional, los estándares de calidad del agua están establecidos por el MINAM, mientras que a nivel internacional estos estándares son establecidos por organismos tales como la FAO, EPA, LMP, etc. (FAO, 2013).

En la Tabla 1 se presentan los criterios de calidad del agua para riego según diferentes organismos.

**Tabla 1.** Criterios de calidad de agua

Parámetros	Unidad	Valor ECA de aguas Categoría III	Límites máximos permisibles (LMP)	Valores EPA contenido máximo permisible	Recomendaciones de concentraciones máximas para agua de riego (FAO)
Conductividad eléctrica	μS/cm	<2000	1500	-	-
Ph	Unidades de pH	6,5 - 8,4	6,5 – 8.5	6,5 - 8,5	-
Cadmio	mg/L	0,05	0,003	0,005	0,01
Plomo	mg/L	0,05	0,1	0,015	5
Mercurio	mg/L	0,01	0,001	-	-

FUENTE: Clara (2005).





### 2.1.3 Parámetros físicos

#### - Conductividad

La conductividad del agua es una expresión de su habilidad para transportar una corriente eléctrica. La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por lo que cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad (Unda, 1969).

Cuanto mayor sea la conductividad, mayor es la cantidad de sólidos disueltos y después de cierto valor límite que fija la norma de calidad del agua, ya no es conveniente su consumo directo sin un tratamiento previo. En las normas de calidad de agua potable de la EPA, de la CNA o de la Unión Europea, la conductividad o grado de salinidad del agua, no es un estándar primario obligatorio, sino que es un estándar secundario recomendado (APHA, 1992).

Expresa salinidad, presencia considerable de sales en las aguas y que afecta la vida acuática; muchas de estas sales disueltas son compuestas que producen partículas eléctricamente cargadas (iones). Este indicador resultó aceptable en todas las muestras analizadas, por lo que no existen evidencias de niveles de salinización de las aguas (Clara, 2005).

La conductividad eléctrica (CE) es una medida de la capacidad del agua para pasar una corriente eléctrica. La CE en un cuerpo de agua se ve afectada por la presencia de sólidos inorgánicos disueltos, tales como aniones cloruro, nitrato, sulfato y fosfato o cationes de sodio, magnesio, calcio, hierro, y aluminio, mientras que los compuestos orgánicos tienen una baja CE. La conductividad también se ve afectada por la



temperatura, cuanto mayor es la temperatura del agua mayor es la CE; por esta razón, la conductividad se reporta como conductividad a 25 °C (EPA, 2015).

### - **Temperatura**

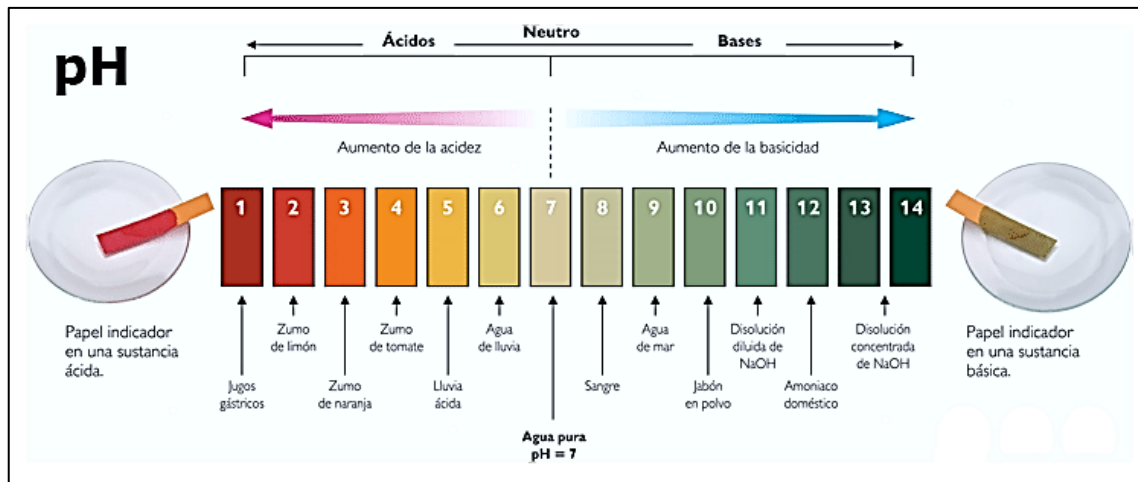
Las propiedades lumínicas y calóricas de un cuerpo de agua están influidas por el clima y la topografía tanto como por las características del propio cuerpo de agua: su composición química, suspensión de sedimentos y su productividad de algas. La temperatura del agua regula en forma directa la concentración de oxígeno, la tasa metabólica de los organismos acuáticos y los procesos vitales asociados como el crecimiento, maduración y la reproducción. El ciclo de temperatura influye marcadamente en las plantas y animales. Por extensión determina el lugar, donde se distribuyen las especies y como varia la comunidad biótica del cuerpo de agua de estación en estación (Jill, 2003).

### - **pH**

El pH se mide entre 0 a 14 en solución acuosa, siendo ácidas las soluciones con pH menores de 7 y alcalinas las mayores de 7. El pH igual a 7 indica la neutralidad de una sustancia. Las aguas naturales pueden tener pH ácido debido al  $\text{SO}_2$  y  $\text{CO}_2$  disueltos en la atmósfera,  $\text{CO}_3$  de los suelos calizos porque provienen de los seres vivos o por el ácido sulfúrico procedente de algunos minerales. Las aguas contaminadas con zonas de descargas industriales pueden tener un pH muy ácido (APHA, 1992).

El pH es un factor muy importante en los sistemas químicos y biológicos de las aguas naturales. El valor del pH compatible con la vida piscícola está comprendido entre 5 y 9. Sin embargo, para la mayoría de las especies acuáticas, la zona de pH favorable se

sitúa entre 6.0 y 7.2. Fuera de este rango no es posible la vida como consecuencia de la desnaturalización de las proteínas. (APHA, 1992).



**Figura 1.** Escala del potencial de hidrógeno.

FUENTE: ECOHORTUM



**Figura 2.** Rango del potencial de hidrógeno.

FUENTE: OpenStax College, 2015.

La alcalinidad es la suma total de los componentes en el agua que tienden a elevar el pH del agua por encima de un cierto valor y lógicamente la acidez corresponde a la suma de componentes que implican un descenso de pH (dióxido de carbono, ácidos minerales, ácidos poco disociados, sales de ácidos fuertes y bases débiles). Ambos, alcalinidad y acidez, controlan la capacidad de taponamiento del agua, es decir, su capacidad para neutralizar variaciones de pH provocadas por la adición de ácidos o bases (APHA, 1992).

El valor del pH en el agua es utilizado también cuando nos interesa conocer la tendencia corrosiva o incrustante, y en las plantas de tratamiento de agua. El pH del agua puede interferir en los resultados al momento de implementar métodos de desinfección y es un indicativo importante al momento de decidir que método utilizar (Clara, 2005).

**Tabla 2.** Estándares secundarios o no obligatorios de agua potable

Componente	Concentración máxima permitida	Consecuencias
Aluminio	0.2 mg/L	Forma coágulos en el agua.
Cloruros	250 mg/L	Afecta el sabor del agua, causa problemas de corrosión.
Color	16 unidades de color	Afecta las propiedades estéticas del agua.
Flúor	2.0 mg/L	Florosis dental, a altos niveles daños al sistema óseo. En realidad ya se considera un estándar primario, obligatorio.
Agentes Espumantes	0.5 mg/L	Afecta las propiedades estéticas del agua.
Fierro	0.1 mg/L	Daña los accesorios en contacto con el agua mancha la ropa.
Magnesio	0.05 mg/L	Daña los accesorios en contacto con el agua, mancha la ropa. Afecta el sabor del agua.
Olor	Menos de 3 unidades	Afecta las propiedades estéticas del agua.



pH	6.5 a 8.5 unidades de pH	Puede afectar el sabor del agua. Corrosión en equipos en contacto con el agua.
Plata	0.1 mg/L	Decoloración en la piel. Irritación al usuario sensible a este agente.
Sulfatos	250 mg/L	Afecta el sabor del agua. Tiene propiedades laxantes.
STD (Sólidos Totales Disueltos)	500 mg/L	Afecta el sabor del agua. Causa inconvenientes en su uso doméstico e industrial.
Zinc	5 mg/L	Afecta el sabor del agua.

FUENTE: Clara (2005).

#### 2.1.4 Metales pesados

Los metales pesados son elementos químicos con una gravedad específica de al menos 5 veces mayor que la de agua. La gravedad específica del agua es de 1 a 4 g/cm<sup>3</sup>. La gravedad específica es una medida de la densidad de una cantidad dada de una sustancia sólida cuando se compara con una cantidad igual de agua. Algunos metales tóxicos conocidos con una gravedad específica 5 o más veces mayor que la de agua son del cadmio (8,65), hierro (7,9), plomo (11,34), y el mercurio (13,546) (Lide, 1992).

Excesivas concentraciones de metales en los cuerpos de agua son una de las principales preocupaciones en el tema ambiental. Esto es principalmente debido a su uso generalizado, los posibles efectos tóxicos en la biota acuática y su largo tiempo de permanencia en el medio ambiente, ya que no pueden ser degradados como subproductos inocuos. Ciertos metales son esenciales para los organismos en pequeñas cantidades,



como el cobre, zinc, cobalto y molibdeno, pero la exposición a altas concentraciones puede tener efectos tóxicos a la salud. Otros metales como el plomo, mercurio, cadmio, níquel y arsénico que no tienen ninguna función metabólica también pueden tener efectos tóxicos en los organismos cuando están bajo exposición a altas concentraciones (Awang, 2015).

La definición rigurosa de metal pesado todavía no es establecida por los científicos y es tema de discusión y polémica. Una de sus definiciones se basa en la gravedad específica. “Metal pesado es aquel metal con gravedad específica  $>5\text{g/cm}^3$ ”, sin embargo, esta definición no es útil respecto al estudio de los efectos toxicológicos que algunos metales tienen sobre el ambiente y los seres vivos, así que otra definición de metal pesado que se ha adoptado es “grupo de metales o metaloides asociados con contaminación y toxicidad potencial”. Los metales presentes en el agua son diversos y generalmente contaminan los cuerpos de agua por la actividad humana, causando graves estragos al medio ambiente y a la población en general, disminuyendo la ya reducida cantidad de agua para consumo humano ya existente. (Cornelis y Nordberg, 2007).

Las aguas procedentes de las industrias como la minería la de recubrimientos metálicos, las fundidoras y otras más, contaminan el agua con los diversos metales. Por ejemplo, las sales de metales como el zinc, el mercurio, la plata y el cadmio son muy tóxicas para la flora y fauna terrestres y acuáticas (Derly, 2015).

Las sales solubles en agua de los metales pesados son muy tóxicos y acumulables por los organismos que las absorben, los cuales a su vez son fuentes de contaminación de las cadenas alimenticias al ser ingeridos por uno de sus eslabones dentro de los cuales podría estar el hombre (procesos de bioacumulación y biomagnificación) (Kurniawan et al., 2006).



Los metales pesados pueden provenir de fuentes naturales o antropogénicas, y se destacan por sus efectos tóxicos sobre los organismos acuáticos. Los compuestos que contienen metales pesados se pueden alterar; pero, los elementos metálicos permanecen en el ambiente pudiendo ser acumulados como iones o como integrantes de compuestos orgánicos en los organismos por largos periodos de tiempo. El término metal pesado se refiere a todo elemento químico metálico que tenga una densidad relativamente alta y que sea tóxico o venenoso en concentraciones pequeñas peso atómico entre 63.546 y 200.590. Algunos metales pesados son esenciales para la vida y otros son beneficiosos, pero muchos son altamente tóxicos (Chiang, 1989).

### **2.1.5 Cadmio (Cd)**

Elemento descubierto por Stromeyer en 1817 y descritos sus primeros efectos de intoxicación y envenenamiento por Sovet en 1858. Es un metal ampliamente representado en los ambientes terrestres y acuáticos, pero en concentraciones relativamente muy bajas. El cadmio, metal blanco plateado flexible y maleable. Puede cortarse fácilmente con el cuchillo. No se encuentra natural. Es insoluble en bases, se disuelve en ácido nítrico diluido y es poco soluble en los ácidos sulfúricos y clorhídricos (Gonzalo, 2010).

Sus efectos nocivos se producen bajo dos formas de intoxicación, las agudas, con irritación de tracto digestivo, cefaleas escalofríos, parálisis y depresión cardiovascular, una vez pasado al torrente sanguíneo; y las crónicas, que producen lesiones óseas características. En el medio acuático se encuentra como ion libre  $Cd^{2+}$  en aguas dulces, como compuestos clorados  $CdCl^+$  y  $CdClO$  en las salobres y marinas, en concentración normales en torno a  $0.1 \mu g/L$  (Gonzalo, 2010).

Se encuentra en partes específicas del mundo, el cadmio se produce como un subproducto de la extracción del zinc, su uso principalmente se da en la fabricación de





soldaduras, aleaciones, revestimientos metálicos, minerales plásticos. La presencia del cadmio en el agua dependerá de la fuente donde proviene y la acidez del agua, es probable que en algunas aguas superficiales que contengan un poco más de microgramos de cadmio por litro, se hallan contaminado por descargas de desechos industriales o por lixiviación de áreas de relleno, también se da por suelos a los cuales se le han agregado lodos cloacales (Gonzalo, 2010).

#### - **Riesgos**

El Cadmio puede ser absorbido por las plantas y acumulado en cantidades que pueden entrañar serios riesgos para la salud humana. Su similitud con el Zinc, le permite reemplazarlo, ser absorbido por la planta en su lugar y desempeñar sus funciones. Por su alta toxicidad ocasiona serios trastornos en la actividad enzimático de la planta. Se le atribuye un marcado efecto en la reducción del crecimiento, la extensibilidad de la pared celular, el contenido de clorofila. Todos los efectos negativos varían de una especie a otra. Con relación al efecto del As se presume que la alta afinidad de este elemento con los grupos tilo (-SH) determina serios trastornos en los procesos enzimáticos y en algunos de los procesos metabólicos de las plantas (Paredes, 2013)

#### - **Concentración establecida por otros países de la región o guías internacionales**

La guía canadiense de la calidad del agua (2001), establece para aguas de riego una concentración para el cadmio de 0.01 mg/l.

La FAO (2013), establece una concentración máxima de 0.01 mg/l para el cadmio, en aguas destinadas al riego.



El D.S N°004-2017-MINAM, establece como valor límite de concentración de 0.01 mg/l, para el cadmio en aguas destinadas de riego de vegetales de consumo crudo y 0.05 mg/l para bebida de animales, correspondiente a la clase III.

### **2.1.6 Plomo (Pb)**

El plomo en medio acuático a pH 7-9, se encuentra como ion libre divalente y como carbonato disuelto. En condiciones normales el plomo no reacciona con el agua, pero si se pone en contacto con el aire húmedo, la reactividad con el agua aumenta, formándose una capa de óxido de plomo (PbO), en presencia de oxígeno y agua, el plomo metálico se convierte en hidróxido de plomo (FÖRSTNER, 1993).

Sus fuentes naturales son la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos de los minerales de plomo y las emanaciones volcánicas. La galena es la principal fuente de producción de plomo y se encuentra generalmente asociada con diversos minerales zinc y en pequeñas cantidades con el cobre, cadmio, fierro, etc. Sin embargo, el plomo también se encuentra presente en los desagües domésticos, que al descargar en los cursos naturales de agua o en las aguas marinas, modifica substancialmente la reproducción de invertebrados marinos y cambios neurológicos y de la sangre en los peces. Todos estos factores llevan al impacto en el equilibrio del ecosistema en el largo plazo por la presencia contaminante del plomo (FÖRSTNER, 1993).

#### **- Riesgos**

Cuando el plomo se libera al ambiente tiene un largo tiempo de residencia en comparación con la mayoría de los contaminantes. Como resultado tiende a acumularse en tierra y sedimentos. Ahí debido a su baja solubilidad, puede permanecer accesible a la cadena alimentaria y al metabolismo humano por mucho tiempo. En estudios recientes sobre el uso de las aguas residuales han indicado que el 85% de los oligoelementos



(cadmio, cromo, plomo, zinc, etc.). Aplicados se acumulan en el suelo y que la mayoría de ellos se acumulan en los primeros centímetros. Además, la absorción de estos elementos por las plantas es tan pequeña, que no se puede esperar que reduzca apreciablemente su acumulación en los suelos, en un tiempo razonable (Capacoila, 2018).

- **Concentración establecida por otros países de la región o guías internacionales**

La FAO (2013), establece una concentración de 5 mg/l de Plomo para aguas destinadas al riego.

El D.S N°004-2017-MINAM, establece para el plomo un valor de concentración de 0.05 mg/l para aguas destinadas al riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales, correspondiente a la clase III.

### **2.1.7 Mercurio (Hg)**

En el medio ambiente acuático, el mercurio elemental probablemente quedará unido al sedimento y luego será transportado por las corrientes fluviales. Una parte del mercurio permanece disuelto en la columna de agua y afecta las cadenas tróficas. Los microorganismos presentes allí de manera natural pueden transformar el Hg en metilmercurio un compuesto órgano metálico que es más tóxico a dosis bajas que el mercurio en estado puro (Weinberg, 2010).

En el sistema TDPS, se registraron concentraciones superiores a las normales, para consumo humano de Hg y As. En individuos de pejerrey capturados en la bahía de Puno se encontraron concentraciones de 0.4 ppm de Hg (Geo Titicaca, 2011).

El mercurio es uno de los mejores ejemplos de la multiplicación de efectos tóxicos de los metales dependiendo de la forma química en que se encuentre. Las principales



formas en las que se presenta una importante toxicidad son en estado elemental y como compuestos órgano mercuriales, de los que cabe destacar el metil mercurio. Los niños son más susceptibles al mercurio que los adultos, en ellos puede producir daños en el sistema nervioso y digestivo y lesiones en el riñón. En mujeres embarazadas puede pasar de la madre al feto, donde puede acumularse y producir daño cerebral, retardo mental, ceguera, incapacidad para hablar, etc. También puede transmitirse al niño a través de la leche materna (Capacoila, 2018).

- **Riesgos**

Los compuestos de mercurio que se fabrican para fines agrícolas pasan al ambiente cuando se aplican en forma de fungicidas sobre semillas, raíces, bulbos e incluso sobre la planta misma. El mercurio en los ecosistemas acuáticos y en presencia de oxígeno el mercurio se ioniza y se reduce para dar mercurio metálico. Desde el punto de vista toxicológico, las formas de mercurio de mayor interés son el mercurio elemental y los compuestos alqui-mercuriales de cadena corta, estos son más tóxicos que otros derivados del mercurio, se absorben fácilmente, traspasan el tracto gastrointestinal y la placenta, dañan irreversiblemente el sistema nervioso central y una vez que han entrado al organismo, se detoxifican muy lentamente (Weinberg, 2010).

- **Concentración establecida por otros países de la región o guías internacionales**

La Guía Canadiense de la Calidad del Agua (2001), establece una concentración de 0.003 mg/l de mercurio para aguas destinadas a la bebida de animales.

La FAO (2003), establece una concentración de 0.01 mg/l de mercurio para aguas destinadas a la bebida del ganado.



El Manual de Evaluación y Manejo de Sustancias Tóxicas en Aguas Superficiales, elaborado por el CEPIS (2001), establece una concentración de 0.003 de mercurio para aguas destinadas a la bebida del ganado.

La norma para el control de la calidad de los cuerpos de agua de Venezuela (2009), establece una concentración de 0.001 mg/L de mercurio total como límite o rango máximo en aguas destinada al abrevadero de animales.

El Anteproyecto de Norma de Calidad para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales de Chile (2016), establece una concentración de 0.001 mg/l de mercurio en aguas destinadas para bebida de animales.

La Norma Técnica Nacional para agua de uso agrícola y pecuario de Honduras (2005), establece una concentración de 0.001 mg/l mercurio en aguas destinadas para uso pecuario.

El D.S N°004-2017-MINAM, establece en su clase III una concentración de mercurio de 0.001 mg/l para riego y 0.01 mg/l para aguas destinadas a la bebida de animales.

### **2.1.8 Descripción de los metales pesados en agua y sus efectos**

Los metales se definen en base a sus propiedades físicas en el estado sólido como son: alta reflectividad, alta conductividad eléctrica, alta conductividad térmica, propiedades mecánicas como fuerza y ductilidad. Otra definición más práctica, desde el punto de vista de la toxicidad, se basa en sus propiedades cuando están en solución: “metal es un elemento que bajo condiciones biológicas puede reaccionar perdiendo uno o más electrones para formar un catión” (Cornelis y Nordberg, 2007).



Los metales pesados, son elementos químicos metálicos que tienen una relativa alta densidad y sea toxico o venenoso en concentraciones incluso muy bajas. Algunos de ellos son mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), talio (Tl), y plomo (Pb), entre otros (Prieto, Gonzales y Román, 2009).

Las partículas suspendidas en las aguas ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas que contienen las aguas y que al ser usadas para el riego ocasionan problemas de toxicidad ya que estos compuestos tóxicos son absorbidos por la zona radicular de la planta y por las hojas acumulándose en tejidos, en concentraciones lo suficientemente altas como para provocar daños y reducir sus rendimientos. La magnitud del daño depende de la cantidad de iones absorbidos y de la sensibilidad de la planta (Cornelis y Nordberg, 2007).

### **2.1.9 Importancia del análisis de los metales pesados en aguas**

En los últimos años la contaminación de las aguas naturales por metales es un fuerte problema debido al incremento de industrialización y urbanización. Entre los metales de mayor importancia toxicológica y eco-toxicológica en ambientes acuáticos figuran el mercurio (Hg), arsénico (As), cromo (Cr), plomo (Pb), cadmio (Cd), níquel (Ni) y zinc (Zn), pues para la mayoría de los organismos la exposición por encima de una concentración umbral puede ser extremadamente toxica. De acuerdo a la lista de contaminantes prioritarios de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), los metales tóxicos son: arsénico, cromo, cobalto, níquel, cobre, zinc, cadmio, mercurio, titanio, selenio y plomo. La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) considera entre sus sustancias más peligrosas al plomo, mercurio, arsénico y cadmio (Castañe y Cordero, 2003).



### **2.1.10 Marco legal**

#### **a. D.S. 004-2017-MINAM aprueban Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establece Disposiciones Complementarias.**

Este decreto define al estándar de calidad ambiental como los valores que indican el nivel de concentración de parámetros químicos físicos y biológicos presentes en el aire, agua y suelo; estos valores no representan riesgo significativo para la salud de las personas y el medio ambiente. También propone que el proceso de evaluación de estos parámetros se aplica el principio de gradualidad, en otras palabras que se hará ajustes de estos valores durante el curso de la evaluación (MINAM, 2017).

Además, establece al ministerio del ambiente como una de sus funciones específicas la de aprobar los lineamientos, metodologías, procesos y planes para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el agua (MINAM, 2017).

Que el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú (1993), establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

Que el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental (MINAM, 2017).



## **b. Los Estándares de Calidad Ambiental para agua como referente obligatorio.**

Según el MINAM (2017), los parámetros de los ECA para agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos, químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico.

d) El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente, y que influyan en el estado actual de la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad.

e) Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir.

La aplicación de los ECAs para agua como referente obligatorio está referida a los parámetros que se identificaron considerando las variables del numeral anterior, según corresponda, sin incluir necesariamente todos los parámetros establecidos para la categoría o subcategoría correspondiente (MINAM, 2017).



## Categoría 1: Poblacional y Recreacional

### Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

**Tabla 3.** Estándares de calidad ambiental para aguas del ministerio de Ambiente categoría 1.

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO )	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO <sub>3</sub> -) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> -) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	$\geq 6$	$\geq 5$	$\geq 4$
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	$\Delta 3$	$\Delta 3$	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**



Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
<b>ORGÁNICOS</b>				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C - C )	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	( e )	1,0	1,0	1,0
Bromoforno	mg/L	0,1	**	**
Cloroforno	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodoclorometano	mg/L	0,06	**	**
<b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hex aclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
<b>BTEX</b>				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
<b>Organofosforados</b>				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
<b>Organoclorados</b>				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difeníl Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
<b>III. CIANOTOXINAS</b>				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
<b>III. BIFENILOS POLICLORADOS</b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x 10 <sub>6</sub>	<5x 10 <sub>6</sub>

FUENTE: MINAM (2017).

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable



Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento es destinados para el abastecimiento de agua para consumo humano.

A1.- Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección de conformidad con la normativa vigente.

A2.- Aguas que pueden se potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, flocuación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

A3.- Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como percolación, microfiltración, ultrafiltración, nanofiltracion, carbón activado, osmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente (MINAM, 2017).

### Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

**Tabla 4.** Estándares de calidad ambiental para aguas del Ministerio de Ambiente

Categoría 3.

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5		5
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
<b>ORGÁNICO</b>				
<b>Bifenilos Policlorados</b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	$\mu$ g/L	0,04		0,045



Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>PLAGUICIDAS</b>				
Paratión	µg/L	35		35
<b>Organoclorados</b>				
Aldrín	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difénil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrín	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	µg/L	1		11
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 m	1 000	2 000	1 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 m	1 000	**	**
Huevos de Helminfos	Huevo/L	1	1	**

FUENTE: MINAM (2017).

a. Subcategoría D1: Riego de vegetales

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

- Agua para riego no restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.



- Agua para riego restringido

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: Árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

b. Subcategoría D2: Bebida de animales.

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno, equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

### **2.1.11 Impactos al ecosistema**

algunas citas de investigaciones a nivel regional, nacional e internacional, a fin de ver sus perspectivas y enfoques de sus estudios.

Según Reynolds (2002), los recursos hídricos se encuentran en peligro, los más importantes y estratégicos están sometidos a un alto grado de vulnerabilidad, por negligencia, falta de conciencia y desconocimiento de la población acerca de la obligación de protegerlos y la carencia de autoridades, profesionales y técnicos, a los corresponde cuidarlos y utilizarlos.

Según Granada y Escobar (2012), algunos de los metales pesados potencialmente tóxicos para los seres vivos son Cr, Fe, Se, V, Cu, Ni, Cd, Hg, As, Pb y Zn. Así mismo, bajo ciertas condiciones ambientales, los metales pesados pueden acumularse hasta niveles muy altos tanto en los sedimentos como en la biota, causando graves daños



ecológicos. A altas concentraciones, los metales pesados tienen una gran incidencia en la salud humana y pueden causar diversas enfermedades. A continuación, se exponen algunos daños a la salud que ocasionan el plomo y el mercurio, los cuales son dos metales pesados muy asociados a las actividades mineras.

Los signos más comunes de intoxicación por plomo son los gastrointestinales y sus síntomas comprenden anorexia, náusea, vómito, diarrea, constipación seguida de cólicos. El plomo también puede afectar la síntesis de la hemoglobina y el tiempo de vida media de los glóbulos rojos, así como, al sistema nervioso central y periférico (Granada y Escobar, 2012).

Los efectos carcinogénicos de los metales pesados y metaloides también han sido estudiados ampliamente. La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) clasifica las sustancias de acuerdo a su condición carcinogénica. En el grupo 1 (Carcinógeno Humano) se encuentran los compuestos del cromo (VI), arsénico orgánico e inorgánico, cadmio, fierro (durante exposición ocupacional) y níquel; en el grupo 2A (Probable Carcinógeno Humano) se enlista el plomo inorgánico y sus compuestos (IARC, 2012).



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ÁREA DE ESTUDIO

La evaluación se realizó de la información de los análisis de subcuenca del río Ayaviri, desde la cabecera de la cuenca hasta la desembocadura del río principal.

En la subcuenca Ayaviri de nivel 4, se distingue básicamente seis tipos de fuentes de agua superficial: Ríos, quebradas, lagunas, represas, manantiales, manantiales y bofedales.

##### 3.1.1. Ubicación política del área de estudio

La cuenca baja del río Ayaviri se ubica íntegramente dentro del departamento de Puno, ocupa las superficies de la provincia de Melgar, de la misma manera ocupa la superficie de los distritos de Ayaviri, Antauta, Cupi, Llalli, Macari, Ñuñoa, Orurillo, Santa Rosa, Umachiri. Pero dicha cuenca hidrográfica de Ayaviri, tiene una especificidad de la unidad hidrográfica de río Chacapalca.

##### 3.1.2. Características geográficas del área de estudio

Se ubica entre las coordenadas Norte 8 445 867 m - 8 289 725 m y Este 454 221 m - 272,732.8 m. Su cota más alta es de 3,800 msnm y su cota más baja es 5,334 msnm.

La subcuenca Ayaviri abarca un área de 5 572,58 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 177 km, presentando características diferenciadas en cuanto a su disposición y forma rectangular





con una red hídrica sin ramificación, cuyos desfogues forman ángulos agudos y rectos en el curso de río, se estima que la subcuenca constituye el 4.6% de área total del Ramis.

En esta subcuenca la temperatura presenta valores mínimos y máximos mensuales de 5 °C a 10 °C y una media anual de 9.6 °C. (Estación meteorológica de Ayaviri).

La precipitación pluvial en la subcuenca oscila entre mínimas y máximas de 3 mm a 124 mm durante el invierno y el verano respectivamente. La precipitación total anual alcanza a 646 mm.

La humedad relativa tiene rangos de mínimas y máximas de 49% y 67%, lo que podríamos decir que tiene una variación y distribución anual bastante uniforme (Estación meteorológica de Ayaviri).

La evaporación es uniforme en su variación y distribución anual, las mínimas y máximas se presentan entre los meses de junio y octubre con valores de 96 y 225 mm (Estación meteorológica de Ayaviri).

Ayaviri es la capital de la provincia del mismo nombre, ciudad importante por su comercio y su potente desarrollo.

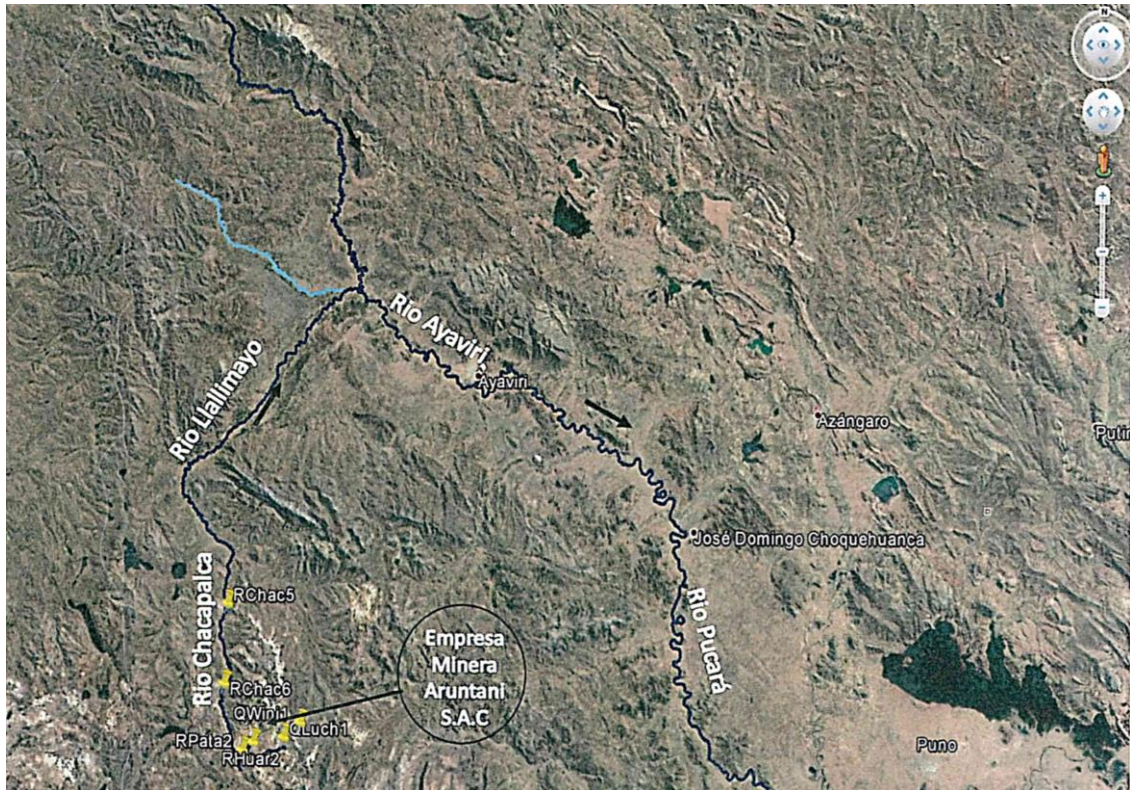
Se caracteriza por la crianza del ganado vacuno, ovino camélido. Así mismo, cuenta con servicios básicos (agua, luz y teléfono), centros educativos (inicial, primaria y secundaria), centros técnicos superiores, posta médica, etc.

Para llegar desde Puno, se toma la vía asfaltada Puno – Juliaca – Ayaviri; el tiempo aproximado para llegar desde Puno es de 2.5 horas.

Esta subcuenca se caracteriza por tener recursos en explotación, como la minería (oro), pesquería (truchicultura) y agropecuario (mayor escala).

### 3.1.3. Ubicación de los puntos de muestreo

Se puede mostrar en la siguiente figura:



**Figura 3.** Ubicación de los puntos de muestreo en la cuenca baja del río Ayaviri.

FUENTE: Elaboración propia

El cauce del río Ayaviri presenta una pendiente media del 0.007%. El cauce en su recorrido presenta formas meandricas y divagantes a consecuencias de la baja pendiente del cauce del río Ayaviri.

### 3.1.4. Parámetros físicos y químicos importantes

#### a. Conductividad eléctrica (CE)

La lectura de la conductividad eléctrica se realizó en el mismo lugar de muestreo, extrayendo en recipiente de plástico un litro de agua y sumergiendo con un multiparámetro en el interior de la muestra tomada en cada punto de muestreo, se esperó hasta que se logre una lectura constante, esta evaluación se realizó en in situ.

### b. Temperatura (°C)

La lectura de la temperatura se realizó en el mismo lugar de muestreo, extrayendo en recipiente de plástico un litro de agua y sumergiendo un termómetro digital en el interior de la muestra tomada, en cada punto de muestreo y esperando hasta que se logre una lectura constante, esta evaluación se realizó in situ y se tomó nota de las temperaturas registradas respectivamente.

### c. pH

La medición del pH, se realizó con el medidor peachímetro digital, el mismo que detecta de forma rápida y precisa el valor de pH, se tomaron las muestras de agua en cada punto y se procedió a tomar las medidas de pH. Se anotó el valor obtenido con cifras significativas de acuerdo a la precisión del medidor del peachímetro utilizado.



**Figura 4.** Medición in situ de parámetros físico y químico.

FUENTE: Elaboración propia

#### 3.1.5. Delimitación social

El presente estudio sirve para que las instituciones encargadas al medio ambiente tomen todo el interés por la conservación de la biodiversidad del lugar; asimismo por la



descontaminación de la cuenca del río Ayaviri. Es útil también como base las para las futuras investigaciones en el tema y en otros en las que requiera estudios medioambientales, y en su mayor parte sirve para que las empresas prestadoras de servicio de recojo de residuos sólidos en el espacio geográfico aledaño tomen conciencia del daño, tal vez irreversible, que ocasionan al ecosistema del lugar y aguas abajo.

### 3.1.6. Tipo de investigación

La investigación es de tipo descriptiva. Primeramente, se caracterizó los parámetros físicos-químico en el río tomando muestras, luego se realizó la caracterización de metales pesado. Los análisis de las muestras de agua superficial fueron procesados por el Laboratorio ALS LS PERÚ S.A.C., sede Lima. Acreditados por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL-DA con Registro N° LE-011, que incluye la acreditación de métodos de análisis, límites de detección e incertidumbre y la calidad del servicio, el cual incluye entrega de materiales para el muestreo, preservantes y reporte de los resultados oportunamente.

Mientras que los criterios de evaluación tomados en cuenta para la evaluación de la calidad del agua han sido los valores de los parámetros físicos, químicos de la categoría 3 de los Estándares de Calidad Ambiental para agua, establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.

### 3.1.7. Épocas de muestreo

El presente trabajo de investigación se ha planteado dos diferentes fechas para el muestreo:

- **Primer muestreo:** Se realizó en el mes de marzo en el año 2017 y 2018, cuando el río tenía el caudal máximo.



- **Segundo muestreo:** Se realizó en el mes de junio en el año 2017 y 2018, cuando el río tenía el caudal mínimo.

### **3.2. MATERIALES**

Los materiales utilizados para el proyecto de investigación.

#### **3.2.1. Materiales para el muestreo**

- Un recipiente de plástico.
- Una jarra de 1 litro.
- Un multiparámetro
- Un peachímetro.
- Guante de jebe.
- Botas de jebe.
- Libreta de apuntes.
- GPS.
- Marcadores.
- Cinta masking.

#### **3.2.2. Equipos (materiales y otros)**

Entre los materiales, instrumentos, equipos y servicios utilizados para la ejecución del siguiente proyecto de tesis.

##### **a. Materiales y equipos de gabinete.**

- Papel Bond 75g formato A-4
- Folder manila
- Lapiceros
- Impresora EPSON
- Tinta para impresora



- CDs
- Computadora portátil (con los programas necesarios)
- Software Microsoft office (Excel, Word, Power Point)
- Software google Earth
- Software Map Source

**b. Servicios.**

- Servicio de fotocopia.
- Servicio de impresión y escaneo.

**3.2.3. Maquinarias y transporte**

- Vehículo motorizado (camioneta), para la movilización a los puntos de muestreo.
- Transporte interdepartamental, con las muestras de aguas superficiales de Ayaviri al aeropuerto de Juliaca.
- Transporte aéreo, llevando las muestras de aguas superficiales desde el aeropuerto de la ciudad de Juliaca a la ciudad de Lima, hasta el laboratorio acreditado de ensayo y control de calidad de Laboratorio ALS LS PERÚ S.A.C.

**3.3. METODOLOGÍA**

**3.3.1. Presencia y concentración de los metales pesados**

a. Determinación de los puntos de muestreo

El estudio consistió en una visita preliminar para identificar las estaciones de muestreo representativas y tomar muestras en dos campañas de muestreo, las cuales se



realizaron de acuerdo con el régimen hidrológico de la cuenca en periodo de lluvia (marzo) y de sequía (junio) en el río Chacapalca.

Se seleccionó dos estaciones de muestreo georreferenciadas por GPS. La selección de dichas estaciones de monitoreo se realizó buscando garantizar la representatividad y la accesibilidad.

b. Periodo de muestreo

Para el presente trabajo se ha muestreado en dos temporadas del año en época de avenida(marzo) y en la época de estiaje(junio). Para poder evaluar la variación en la presencia de los metales pesados en las dos diferentes etapas de estudio, la cual es el propósito del presente trabajo.

La época de avenida (marzo) se ha registrado un caudal mayor que la de febrero y enero, es por ello que se ha fijado esta época de manera estratégica en coordinación con el asesor del presente estudio de investigación.

La época de estiaje (junio) se ha fijado que el caudal del río ha sido mínimo y de manera constante, razón por la cual se ha planteado el segundo muestreo de manera estratégica y en coordinación con el asesor del presente estudio de investigación.

c. Toma de muestras de agua superficial.

Para la recolección de las muestras se preparó los materiales para el respectivo muestreo y para poder extraer muestras superficiales en el cauce del río.

Las muestras fueron tomadas, empezando desde el Rchac1(Río Chacapalca, después de la confluencia de los ríos Azufrini y Pataqueña), pasando al Rchac2 (Río

Chacapalca antes de la unión con el río Ocuvi), como se muestra en la tabla 5 georeferencialmente.

**Tabla 5.** Estaciones de monitoreo de calidad del agua del río Chacapalca

N°	Código del Monitoreo	Descripción	Georreferencias en coordenadas		
			UTM-WGS84 (S-19L)		Altitud (m.s.n.m)
			Este(m)	Norte(m)	
1	Rchac1	Río Chacapalca, después de la confluencia de los ríos Azufrini y Pataqueña.	300434	8311760	4537
2	Rchac2	Río Chacapalca antes de la unión con el río Ocuvi.	298318	8329213	4200

FUENTE: Elaboración propia

Se tomaron muestras de aguas superficiales de medio litro (1/2 l) en recipientes de plásticos estériles.



**Figura 5.** Muestreo de agua superficial.

FUENTE: Elaboración propia

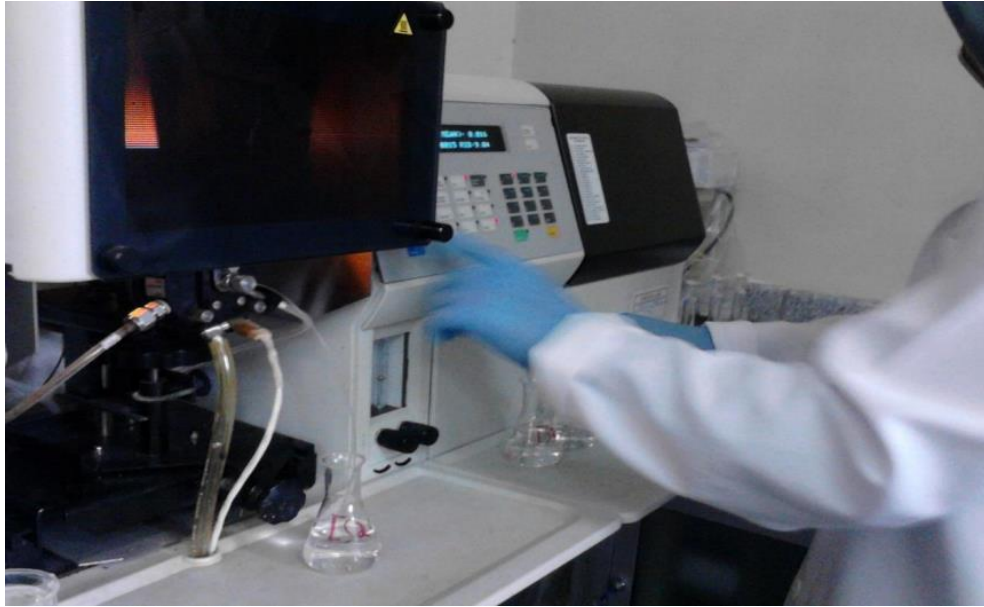




Las muestras se etiquetaron adecuadamente con las representaciones de RChac1 y RChac2, de tal manera que en el laboratorio se analizaron con los mismos códigos.

En horas de la tarde se verificaron la permanencia de los apuntes realizados anteriormente de la siguiente manera, las muestras fueron etiquetadas, con la siguiente información: código de muestra, fecha y hora de la toma de muestra, país, departamento, provincia, distrito, nombre de lugar y referencia del lugar de la zona de estudio, finalmente el nombre del recolector.

La investigación es de tipo descriptiva. Primeramente, se caracterizó los parámetros físicos-químico de las muestras tomadas, luego de los metales pesados. Los análisis de las muestras de agua superficial fueron procesados por el Laboratorio ALS LS PERÚ S.A.C., acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL – DA con Registro N° LE - 029, previa evaluación del cumplimiento de los criterios establecidos en el Reglamento General de Acreditación y en la norma NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración, acreditado mediante Cedula de Notificación N° 04.2015/SNA'INDECOPI, facultado para emitir Informes de Ensayo con Valor Oficial y utilizar el Símbolo de Acreditación durante 2014-08-30 al 2018-12-30.



**Figura 6.** Muestras en el laboratorio de espectrometría de emisión atómica.

FUENTE: Elaborado por el equipo de trabajo

La metodología aplicada en el laboratorio fue la espectrometría por emisión atómica, el método EPA 2007. Determinación de metales y traza de elementos en agua y residuos por acoplamiento inductivo plasma – método de espectrometría de emisión atómica.

Los resultados emitidos por el laboratorio, dieron a conocer que no existía alta concentración de los metales pesados, en el estudio en las dos etapas de muestreo.

### **3.3.2. Evaluación del grado de contaminación de las concentraciones de los metales pesados**

Los resultados emitidos por el laboratorio, indicaron que no existe concentración alta de los metales pesados (cadmio, plomo y mercurio) en estudio.

### **3.3.3. Determinación del punto más crítico y vulnerable a la contaminación**

Para conocer el punto de muestreo más crítico, se utilizó los parámetros de la conductividad eléctrica y luego armar un cuadro con los respectivos estándares de calidad



ambiental tales como mínimo y máximo, debido a que en los resultados emitidos por el laboratorio acreditado no existía gran predominio de los metales pesados (cadmio, plomo y mercurio) en estudio.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tomamos como tema importante este estudio, porque a nivel nacional y aún más a nivel regional la contaminación por metales pesados es de manera incontrolada, se encuentra y permanece en un claro descuido por parte de las entidades responsables y por la falta de fiscalización del gobierno, los mismos siguen exponiendo a la población a niveles altos de contaminación, es por ello que en este estudio nos proyectamos ver la presencia y evaluar el grado de contaminación de las concentraciones de los metales pesados que causan alteraciones del ecosistema en la región.

#### **4.1. PRESENCIA Y LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS**

En la tabla 6 presentamos la concentración y/o presencia de los metales pesados respectivamente a lo largo del río Chacapalca – Ayaviri, en los dos puntos de muestreo (RChac1 y RChac2) y en dos estaciones del año (avenida y estiaje).

Según los resultados emitidos por el laboratorio que fueron sistematizados, se han realizado monitoreos en las épocas de avenida y estiaje, en los resultados obtenidos apreciamos que no existe altas concentraciones de cadmio, plomo y mercurio, analizados en los dos puntos de estudio, con relación a las ECAs Categoría 3.

**Tabla 6.** Resultados de Monitoreo para determinar la concentración de metales pesados en RChac1 y RChac2 (2017-2018).

Parámetros	ECAs Riego	2017				2018			
		Estiaje		Avenida		Estiaje		Avenida	
		RChac1	RChac2	RChac1	RChac2	RChac1	RChac2	RChac1	RChac2
Temperatura (C°)	<b>Δ3</b>	9.4	9.6	11.3	10.1	9.29	3.409	7.325	8.63
Potencial de Hidrógeno (ph)	<b>6.5 - 8.5</b>	5.4	4.8	5.46	5.23	5.89	<0.01	5.385	5.699
C. Eléctrica (μS/cm)	<b>2500</b>	898	880	338	408	777	438	465.5	449.2
Cadmio (mg/L)	<b>0.01</b>	0.0155	0.0146	0.00057	0.0005	0.00947	0.0081	0.00551	0.0039
Plomo (mg/L)	<b>0.05</b>	0.00019	0.0018	0.059	0.0009	<0.001	<0.001	0.0023	0.0018
Cromo (mg/L)	<b>0.1</b>	0.04	0.0044	0.036	0.0009	0.004	<0.001		0.0031
Mercurio (mg/L)	<b>0.001</b>	2.9E-05	3E-05	0.00009	9E-05	<0.0001	<0.0001	2.9E-05	3E-05
Aluminio (mg/L)	<b>5</b>	13.35	15.3	3.991	2.953	14	8.596	13.4	7.863
Bario (mg/L)	<b>0.7</b>	0.0781	0.073	0.021	0.027	0.06	0.065	0.039	0.0423
Boro (mg/L)	<b>1</b>	1.024	0.934	0.138	0.183		1.187	0.281	0.34
Cobre (mg/L)	<b>0.2</b>	0.7631	0.7248	0.081	0.0009	0.389	0.337	0.947	0.6389
Hierro (mg/L)	<b>5</b>	11.93	12.65	4.917	3.174	6.936	3.409	15.77	10.29
Litio (mg/L)	<b>2.5</b>	0.4361	0.3356	0.061	0.084	0.367	0.438	0.129	0.1518
Magnesio (mg/L)	<b>**</b>	12.59	12.81	1.423	3.756	10.05	11.67	7.366	7.542
Manganeso (mg/L)	<b>0.2</b>	0.8411	0.8153	0.25	0.518	0.9512	1.457	0.5536	0.5685
Zinc (mg/L)	<b>2</b>	0.3107	0.304	0.106	0.133	0.32	0.303	0.2062	0.1554

FUENTE: Elaboración propia

Según los resultados emitidos por el laboratorio del primer y segundo muestreo que se ha realizado en las épocas de estiaje y avenida, no se ve la presencia de altas concentraciones de los metales pesados (cadmio, plomo y mercurio) en las aguas, en los



diferentes puntos de estudio, principalmente en el caso de mercurio en todos los puntos y estaciones es menores a 0.0001, como se registró en la tabla 6.

#### **4.2. EVALUACIÓN DE GRADO DE CONTAMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS EN AGUAS SUPERFICIALES**

Los resultados sistematizados producto de la emisión por el laboratorio ALS LS PERÚ S.A.C. están dentro de los ECAs del agua para riego. Tanto cadmio, plomo y mercurio en los cuales apreciamos que los resultados son inferiores a los ECAs.

En el primer punto (RChac1) y segundo punto (RChac2) de monitoreo en el año 2017 en época de estiaje, el cadmio presenta valores que sobrepasan a los ECAs (0.01 mg/L) pero no en gran medida. En el primer punto de monitoreo (RChac1) existe una concentración de 0.0155 mg/L y en el segundo punto de monitoreo (RChac2) de 0.0146 mg/L. Por otro lado, en el primer punto (RChac1) y segundo punto (RChac2) de monitoreo en el año 2017 en época de avenida, el cadmio presenta valores inferiores a los ECAs (0.01 mg/L). En el primer punto de monitoreo (RChac1) existe una concentración de 0.00057 mg/L y en el segundo punto de monitoreo (RChac2) de 0.0005 mg/L.

Además, en el primer punto (RChac1) y segundo punto (RChac2) de monitoreo en el año 2018 en época de estiaje y avenida, el cadmio presenta valores inferiores a los ECAs (0.01 mg/L). En época de estiaje en el primer punto de monitoreo (RChac1) existe una concentración de 0.00947 mg/L y en el segundo punto de monitoreo (RChac2) de 0.0081 mg/L. En época de avenida en el primer punto de monitoreo (RChac1) existe una concentración de 0.00551 mg/L y en el segundo punto de monitoreo (RChac2) de 0.0039 mg/L.



En el primer punto (RChac1) y segundo punto (RChac2) de monitoreo en el año 2017 en época de estiaje, el plomo presenta valores inferiores a los ECAs (0.05 mg/L). En época de estiaje en el primer punto de monitoreo (RChac1) existe una concentración de 0.00019 mg/L y en el segundo punto de monitoreo (RChac2) de 0.0018 mg/L. En época de avenida en el primer punto de monitoreo (RChac1) existe una concentración de 0.059 mg/L, el cual sobrepasa a los ECAs (0.05mg/L) pero no en gran medida y en el segundo punto de monitoreo (RChac2) de 0.0009 mg/L.

Además, en el primer punto (RChac1) y segundo punto (RChac2) de monitoreo en el año 2018 en época de estiaje y avenida, el plomo presenta valores inferiores a los ECAs (0.05 mg/L). En época de estiaje en el primer punto de monitoreo (RChac1) existe una concentración de <0.001 mg/L y en el segundo punto de monitoreo (RChac2) de <0.001 mg/L. En época de avenida en el primer punto de monitoreo (RChac1) existe una concentración de 0.0023 mg/L y en el segundo punto de monitoreo (RChac2) de 0.0018 mg/L.

En el primer punto (RChac1) y segundo punto (RChac2) de monitoreo en el año 2017 en época de estiaje y avenida, el mercurio presenta valores inferiores a los ECAs (0.001 mg/L). En época de estiaje en el primer punto de monitoreo (RChac1) existe una concentración de 0.000029 mg/L y en el segundo punto de monitoreo (RChac2) de 0.00003mg/L. En época de avenida en el primer punto de monitoreo (RChac1) existe una concentración de 0.00009 mg/L y en el segundo punto de monitoreo (RChac2) de 0.00009mg/L.

Además, en el primer punto (RChac1) y segundo punto (RChac2) de monitoreo en el año 2018 en época de estiaje y avenida, el mercurio presenta valores inferiores a los ECAs (0.001 mg/L). En época de estiaje en el primer punto de monitoreo (RChac1) existe



una concentración de  $<0.0001$  mg/L y en el segundo punto de monitoreo (RChac2) de  $<0.0001$  mg/L. En época de avenida en el primer punto de monitoreo (RChac1) existe una concentración de  $0.000029$  mg/L y en el segundo punto de monitoreo (RChac2) de  $0.00003$  mg/L.

De manera general, las concentraciones de los metales pesados en primer punto de muestreo (RChac1) fueron inferiores a los ECAs considerados en los objetivos. No se encontraron alta concentración de metales pesados analizados (cadmio, plomo y mercurio). Por ello los niveles están dentro de los niveles permisibles establecidos por los ECAs para riego de vegetales y bebida de animales (MINAM, 2017).

Otros metales muestran valores superiores a los ECAs establecidos para fines de riego, como el aluminio supera a los ECAs ( $5$  mg/L). Se observan que las más altas concentraciones de aluminio son en época de estiaje en el año 2017, en el segundo punto de monitoreo (RChac2) con una concentración de  $15.3$  mg/L y en época de estiaje en el año 2018, en el primer punto de monitoreo (RChac1) con una concentración de  $14$  mg/L.

Además, el hierro presenta altas concentraciones superior a  $5$  mg/L, los cuales son establecidos en los ECAs para fines de riego. Se observan que las más altas concentraciones de hierro son en época de estiaje en el año 2017, en el segundo punto de monitoreo (RChac2) con una concentración de  $12.65$  mg/L y en época de avenida en el año 2018, en el primer punto de monitoreo (RChac1) con una concentración de  $15.77$  mg/L.

#### **4.3. PUNTO MÁS CRÍTICO Y VULNERABLE A LA CONTAMINACIÓN**

En la tabla 6, se muestra que la mayor concentración de los metales pesados se encuentra en el primer punto de monitoreo (RChac1).





Además, a medida que va transcurriendo el flujo de agua aguas abajo, tiende a disminuir las concentraciones de metales pesados, puesto que el peso específico de dichos metales tiene pesos específicos superiores a las del agua, por lo que a medida que va recorriendo las aguas por sus propias características los metales pesados tienden a sedimentarse, por lo cual, es entonces necesario realizar estudios en los sedimentos superficiales.

Por consiguiente, el primer punto de observación y monitoreo (RChac1), es el más crítico y vulnerable a la contaminación puesto que se tienen mayores concentraciones de metales pesados respecto al segundo punto de muestreo (RChac2) del río Chacapalca.

Por otro lado, la conductividad eléctrica presenta valores inferiores a 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Así mismo, la conductividad nos da a conocer la cantidad de sólidos disueltos existentes en el agua y por ende lo tomamos como indicador, para conocer el punto de estudio más afectado a la contaminación y con mayor vulnerabilidad.

La conductividad de la mayoría de las aguas dulces es de 10 a 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pero puede exceder los 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , especialmente en aguas contaminadas, o aquello que reciben grandes cantidades de afluentes (Chapman, 1996).

#### **4.3.1. pH**

El valor de pH de una fuente de agua es una medida de su acidez o alcalinidad. Es una medición de la actividad del átomo de hidrógeno, porque la actividad de hidrógeno es una buena representación de la acidez o alcalinidad del agua. Para el agua potable, la OMS directrices establecen el pH en el rango de 6.5 a 8.5 (OMS, 2008).



Con respecto al pH, en época de avenida y estiaje son inferiores a los establecidos a ECAs (6.50 – 8.50). Por lo que las aguas son duras, es decir, que la calidad del agua en alguna medida esta alterada y en su conjunto no puede ser usado para riego.

El pH en aguas naturales esta entre 6.0 y 8.5, aunque más bajos pueden ocurrir en aguas diluidas con alto contenido de materia orgánica, y valores más altos en aguas eutróficas, salmueras subterráneas y lagos salados (Chapman, 1996; WHO, 1992).



## V. CONCLUSIONES

La presencia y el grado de contaminación de las concentraciones de metales pesados (Cadmio, Plomo y Mercurio) en las aguas superficiales del río Chacapalca - Ayaviri, para fines de uso del riego, según el Estándar de Calidad Ambiental del agua no tiene altas concentraciones.

- Existen baja presencia y concentración de metales pesados (cadmio, plomo y mercurio) en las aguas superficiales en el río Chacapalca, pero se ha encontrado otros contaminantes tóxicos en el río de estudio, como el aluminio y el hierro.
- La presencia y las concentraciones de metales pesados (cadmio, plomo y mercurio) se encuentran por debajo de los establecidos en las Estándares de Calidad de Ambiental para agua de riego, el pH y la conductividad eléctrica son inferiores. Mientras que el aluminio y hierro superan los límites de las ECAs para fines de riego.
- El punto más crítico y vulnerable a la contaminación según los datos obtenidos entre los puntos en estudio, es el de primer punto de monitoreo RChac1, ya que tienen mayores concentraciones de metales pesados en el río Chacapalca.



## VI. RECOMENDACIONES

Después de haber realizado la sistematización, comparación y análisis de los resultados durante la investigación se recomienda:

- Establecer la red oficial de estaciones de monitoreo de la calidad de agua en el ámbito de la subcuenca Ayaviri a partir de los resultados del río Chacapalca, la cual debe ser representativa, a fin de validar la red de monitoreo y establecer la vigilancia de la calidad de agua para fines de riego y otros usos de las poblaciones.
- Establecer un Plan de Acción de recuperación de la calidad de agua del río Chacapalca de la subcuenca Ayaviri, que establezca la creación de un grupo de trabajo que realice o ejecute dicho Plan, a partir de las acciones de sensibilización de los quienes vienen interactuando en dicho ámbito.
- Convocar a las instancias involucradas en los recursos hídricos de la subcuenca Ayaviri del río Ramis para implementar medidas de remediación y mitigación cuyo objetivo consistiría en habilitar las aguas del río Ramis a los estándares de calidad ambiental para agua de la categoría 3.
- Realizar estudios de sedimentos para conjuntamente determinar el grado de concentración de contaminantes de los metales (cadmio, plomo y mercurio).



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, G; Iza, A. (2009). *Gobernanza de Aguas Compartidas: Aspectos Jurídicos e Institucionales*. Gland, CH, Union Internacional para la Conservacion de la Naturaleza y los Recursos NATurales (UICN). . *Serie de Politica y Derecho Ambiental*, 240.
- Apaza P.y Justo M. (2011). *Contaminacion de aguas por mercurio originado por la mineria artesanal en la mina Rinconada y Lunar de oro"*. *Tesis para optar el titulo profesional de ingeniero Geologo. Facultad de ingenieria metalurgia y geologia. Universidad Nacional del Altiplano Puno - Peru*, 100.
- Apaza, A. D. (2015). *Remocion de Metales Plomo (Pb) y Zinc (Zn) de las aguas del rio Torococha por precipitacion alcalina en la ciudad de Juliaca* . *Puno - Peru: Tesis de grado de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno*.
- APHA, A. C. (1992). *Metodos normalizados para el analisis de aguas potables y residuales*. Dias de Santos: Madrid.
- ATSDR. (3 de Agosto de 2011). *Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 4770 Buford Hwy. GA 30341*. Obtenido de <http://www.atsdr.cdc.gov/SPL/index.html>
- Awang H, D. Z. (2015). *Hydrology Properties and Water Quality*. *Procedia - Soc Behav Sci P-73*.
- Baldrian P. (2002). *Interactions of heavy metals with white-rot fungi*. *Enzyme and Microbial Technology*, 78.
- Belizario, G., Capacoila, J., Huaquisto, E., Cornejo, D. A., & Chui, H. N. (2019). *Determinación del contenido de fosforo y arsenico, y de otros metales*



contaminantes de las aguas superficiales del río Coata, afluentes del Lago Titicaca, Perú. *Rev. Boliv. Quim.*, 36(5), 223–228. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.5.4>

Capacoila Coila, J. (2018). Evaluacion de la concentracion de metales pesados (cromo, cadmio y plomo) en las aguas superficiales en el río Coata, 2017. *Repositorio Institucional UNA -PUNO*.

Castañe, M., L, T.y Cordero, R.y. (2003). Influencia de la especiacion de los metales pesados en el medio acuatico como determinante de su toxicidad. *Rev Toxicol*, 20: 13-8.

Chapman. (1996). Water Quality Assessments. A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring UNESCO/WHO/UNEP. *Printed in Great Britain at the University Press, Cambridge*.

Chiang, A. (1989). Niveles de los metales pesados en organismos, agua y sedimentos marinos recolectados en la V Region de Chile. *Memorias del Simposio Internacional sobre los recursos vivos, Santiago. Scientia Agropecuaria*, 3:235-247.

Clara, M. R. (2005). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. *Programa de educacion para el desarrollo y la conservacion*, 62-65.

Contreras Perez, J. B., Mendoza, C. L.y Gomez, A. (2004). *Determiacion de Metales Pesados en Aguas y sedimentos del río Haina*. Santo Domingo: Ciencia y Sociedad - Volumen XXXIX, Numero 1.



- Cornejo, D. A. y Pacheco, M. E. (2014). Contaminacion de Aguas y Sedimentos por As, Pb y Hg de la Cuenca del rio Ramis, Puno. Puno - Peru. *Instituto de Investigacion de la Escuela de Posgrado-Universidad Nacional del Altiplano Puno-Peru.*
- Cornelis, R. y Nordberg, M. (2007). General Chemistry, Sampling, Analytical Methods, and Speciation. *Handbook on the toxicology of metals*, 29.
- Derly, A. A. (2015). Remocion de metales Plomo (Pb) y Zinc (Zn) de las aguas del rio T´oro Q´ocha por precipitacion alcalina de la ciudad de Juliaca. *Repositorio institucional UNA - PUNO*, 21.
- EPA, U. S. (2015). Water: Monitoringy Assessment, total solids. *EPA. United States Environmental Protection Agency.*
- ESI, S. (2012). Assessment Of Heavy Metal Contamination Of The Densu River, Weija From Leachate. *A Thesis Submitted To The Department Of Theoretical And Applied Biology*, 12.
- FAO. (2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia, Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe.* Chile.
- Förstner, U. (1993). Metales speciation general concept and aplicacion. *In proceeding of the workshop on the sequential extraction of trace metals in soils and sediments.* *Ins. J. Environ Anal. Chen* , 51.
- Gaete, H., Aranguiz, F., Cienfuegos, G. y Tejos, M. (2016). Metales pesados y toxicidad de aguas del río aconcagua en Chile. *Artigo - Scielo Analytics*, Vol. 30 N° 4 P- 891.



- Geo Titicaca. (2011). *Apoyo a la gestion integrada y participativa del agua en el sistema hidrico Titicaca - Desaguadero - Poopó - Salar de Coipasa (TDPS)*. Panamá, Panamá: Editorial Novo Art, S.A.
- Gonzalo, L. S. (2010). Metales pesados: aportaciones al estudio toxicologico de especies y alimentos marinos en las Islas Canarias. *CIENCIAS Y TECNOLOGIAS/27*, 46.
- Granada, N.y Escobar, D. (2012). Analisis y cuantificacion de metales pesados (Pb, Cd, Ni y Hg) en agua, sedimentos y bioacumulacion en la especie *Rhandia wagne* (barbudo) del río Cuaca en el Municipio de la Virginia. *Trabajo de grado para obter al titulo de quimico indrustrial. Pereira, Colombia*.
- IARC. (2012). Agents Classified by the IARC Monographs. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsGroupOrder.pdf>.
- Jill, S. B. (2003). *Sustaining Healthy Freshwater Ecosystems. Issues in Ecology*. Washington DC. US. P.18:1-18: Ecological Society of America.
- Kurniawan, T., Chan, G., Wai, L.y Babel, S. (Abril 2006). Physico chemicall treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. *Journal Chemical Engineering*, 118.
- Lide, D. C. (1992). *Handbook of Chemistry and Physics. 73 Edition. Boca Raton FL: CRC*.
- Liss, P. S. (1976). Conserative and non-conservative behaviour of dissolved constituents dunnng estuarine mixing. En E. B. Liss, *Conserative and non-conservative behaviour of dissolved constituents dunnng estuarine mixing*. Londres: Academic Press.





- Mancilla Villa, O. R., Ortega Escobar, H. M., Ramirex Ayala, C., Uscanga Mortera, E., Ramos Bello, R.y Reyes Ortigoza, A. L. (2012). Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México. *Scielo*.
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. *Academic Pres, Londres*.
- Melo Sanchez, F. M., Marquez Estrada , C., Juarez Juarez, M., Martinez Martinez, F. J., Mirenda Reyes, P., Esquivel Ruiz, M.y Juarez Juarez, M. (2001). Analisis de metales pesados en las aguas residuales del rio san javier y repercusion en la salud e impacto ambiental. *Depto. de quimica, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnologia*.
- Mendoza, M. (1996). Impacto de la tierra, en la calidad de la microcuenca rio sábalos. Cuenca del rio Turrialba. *CR, CATE*, 81.
- MINAM. (2017). Ministerio del Ambiente: Aprueban Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo. *Decreto Supremo N° 004-2017 - MINAM*.
- O'Reilly, C.y Gordon , A. (1995). Survival strategies of poor woman in Urban Africa. *The case of Zambia: NRI Socio economic Series*, 10.
- Paredes, Q. E. (2013). Concentración de Plomo y Cadmio en la Cuenca Media. *Tesis de grado*.
- Prieto, J., Gonzales Cy Román, A.y. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10; 29-44.



- Quispe Yana, R. F. (2017). Evaluacion de la concentracion de metales pesados (cromo, cadmio y plomo) en los sedimentos superficiales en el río Coata, 2017. *Repositorio Institucional UNA -PUNO*.
- Quispe, R. F., Belizario, G., Chui, H. N., Huaquisto, S., Calatayud, A. P., & Yábar, P. S. (2019). Concentración de metales pesados: Cromo, cadmio y plomo en los sedimentos superficiales en el río Coata, Perú. *Rev. Boliv. Quim.*, 36(2), 83–90. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.2.3>
- REDVET. (Noviembre de 2009). Estado de conocimiento de las concentraciones de cadmio, mercurio y plomo en organismos acuáticos de Venezuela. *Revista electrónica de Veterinaria. ISSN: 1695-7504 Vol. 10, N° 11* .
- Reynolds, J. (2002). *Manejo integrado de aguas subterranas. un reto para el futuro*.
- Salas, U. F. (2014). Determinacion de Metales Pesados en las Aguas del Rio Ananea Debido a la actividad Miniera Aurifera, Puno. *Puno - Peru: Instituto de Investigacion de la Escuela de Posgrado-Universidad Nacional del Altiplano Puno - Peru*.
- Sotero, V.y Alva, M. (2013). Contenido de metales pesados en agua y sedimento en bajo Nanay. *Ciencia amazónica, Vol, 3, 24-32*.
- Unda, F. (1969). *Ingenieria sanitaria aplicada a saneamiento y salud publica (1969)*. México: ed. Hispano - Americana 870p.
- WEINBERG, J. (2010). Internattional POPs Elimination Netwok (IPEN). *Cooperacion con Agencia Sueca de Proteccion Ambiental y a la Oficina Federal Suiza para el Medio Ambiente y a otros donantes de IPEN*.



WHO. (1992). International programme of Chemical Safety (IPCS). *Genova: Methylmercury. The International Labour Organization and the World Health Organization.*

Yenny R, C. S. (2015). Contaminación del agua superficial y sedimentos por mercurio en la Rinconada, originado por la minería informal (Ananea - Puno). *Repositorio institucional UNA - PUNO*, 50.



## ANEXOS

### ANEXO 1. Resultados de laboratorio

**INFORME DE ENSAYO: 20665/2018**

**TANYA LUZ VILLANUEVA ALVARADO**

Ciudad de la Humanidad Mz. N Lt. 12 Totorani

**MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL – U. H.  
PUCARA**

Emitido por: Karín Zelada Trígoso - Luis Rodríguez Carranza

Fecha de Emisión: 30/04/2018

Quím. Karín Zelada Trígoso  
CQP: 830  
Sup. Emisión Informes – Lima

Blgo. Luis Rodríguez Carranza  
CBP: 7856  
Sup. Microbiología - Lima

Renovación de Acreditación a ALS LS Perú S.A.C. mediante registro LE-029  
División – Medio Ambiente

Pág. 1 de 5



## INFORME DE ENSAYO: 20665/2018

### RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del item: 1

Nº ALS	187699/2018-1.0	187700/2018-1.0
Fecha de Muestreo	23/04/2018	23/04/2018
Hora de Muestreo	11:40:00	12:30:00
Tipo de Muestra	Aguas Superficiales	Aguas Superficiales
Identificación	RChac1	RChac2

Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD	LQ		
<b>003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS</b>						
Aceites y Grasas	12261	mg/L	1,0	5,0	< 1,0	< 1,0
Bicarbonato	17591	mg HCO3/L	1,2	3,1	1,5	2,0
Cianuro Wad	11597	mg CN <sup>-</sup> /L	0,001	0,004	< 0,001	< 0,001
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	12413	mg/L	2	5	< 2	< 2
Demanda Química de Oxígeno	12336	mg O2/L	2	5	6	6
Detergentes Aniónicos	12354	mg/L	0,01	0,03	< 0,01	< 0,01
<b>005 ENSAYOS POR CROMATOGRAFÍA - Aniones por Cromatografía Iónica</b>						
Cloruros, Cl <sup>-</sup>	8100	mg/L	0,061	0,200	34,76	42,42
Nitratos, NO3 <sup>-</sup>	8100	mg NO3 <sup>-</sup> /L	0,009	0,023	0,280	1,068
Nitratos, (como N)	8100	mg NO3-N/L	0,002	0,005	0,063	0,241
Nitritos, NO2 <sup>-</sup>	8100	mg NO2 <sup>-</sup> /L	0,015	0,038	< 0,015	< 0,015
Nitritos, (como N)	8100	mg NO2-N/L	0,004	0,010	< 0,004	< 0,004
Sulfatos, SO4 <sup>-2</sup>	8100	mg SO4 <sup>-2</sup> /L	0,050	0,200	188,1	153,0
Nitratos, (como N) + Nitritos, (como N)*	7427	mg/L	0,006	0,015	0,063	0,241
<b>007 ENSAYOS DE METALES – Metales Totales por ICP-MS</b>						
Plata (Ag)	11420	mg/L	0,000003	0,000010	< 0,000003	< 0,000003
Aluminio (Al)	11420	mg/L	0,002	0,004	13,40	7,863
Arsénico (As)	11420	mg/L	0,00003	0,00010	0,04412	0,03564
Boro (B)	11420	mg/L	0,002	0,004	0,281	0,340
Bario (Ba)	11420	mg/L	0,0001	0,0002	0,0390	0,0423
Berilio (Be)	11420	mg/L	0,00002	0,00010	0,00116	0,00087
Calcio (Ca)	11420	mg/L	0,10	0,15	28,31	32,40
Cadmio (Cd)	11420	mg/L	0,00001	0,00002	0,00551	0,00389
Cobalto (Co)	11420	mg/L	0,00001	0,00002	0,04617	0,03498
Cromo (Cr)	11420	mg/L	0,0001	0,0004	0,0052	0,0031
Cobre (Cu)	11420	mg/L	0,00003	0,00010	0,9476	0,6369
Hierro (Fe)	11420	mg/L	0,0004	0,0020	15,77	10,26
Mercurio (Hg)	11420	mg/L	0,00003	0,00009	< 0,00003	< 0,00003
Potasio (K)	11420	mg/L	0,04	0,10	4,57	4,85
Litio (Li)	11420	mg/L	0,0001	0,0004	0,1290	0,1518
Magnesio (Mg)	11420	mg/L	0,003	0,010	7,366	7,542
Manganeso (Mn)	11420	mg/L	0,00003	0,00020	0,5536	0,5685
Molibdeno (Mo)	11420	mg/L	0,00002	0,00010	0,00078	< 0,00002
Sodio (Na)	11420	mg/L	0,006	0,040	32,85	35,97
Níquel (Ni)	11420	mg/L	0,0002	0,0004	0,0597	0,0451
Plomo (Pb)	11420	mg/L	0,0002	0,0004	0,0023	0,0018
Antimonio (Sb)	11420	mg/L	0,00004	0,00020	< 0,00004	< 0,00004
Selenio (Se)	11420	mg/L	0,0004	0,0005	< 0,0004	< 0,0004
Estaño (Sn)	11420	mg/L	0,00003	0,00010	< 0,00003	< 0,00003
Estroncio (Sr)	11420	mg/L	0,0002	0,0004	0,6115	0,6824
Titanio (Ti)	11420	mg/L	0,0002	0,0005	< 0,0002	0,0026
Talio (Tl)	11420	mg/L	0,00002	0,00004	0,00171	0,00117
Vanadio (V)	11420	mg/L	0,0001	0,0005	0,0024	0,0017
Zinc (Zn)	11420	mg/L	0,0100	0,0200	0,2062	0,1554
<b>015 ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS</b>						
Coliformes Termotolerantes	12146	NMP/100ml	1,8	---	< 1,8	< 1,8
Escherichia coli	7218	NMP/100ml	1,8	---	< 1,8	< 1,8
Huevos de Helmintos	16876	Huevos/L	1	---	< 1	< 1

#### Observaciones

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA.



## INFORME DE ENSAYO: 20665/2018

LD = Límite de detección.

Los Coliformes Termotolerantes equivalen a decir Coliformes Fecales, de acuerdo al SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22nd Ed. 2012.  
El parámetro de Detergentes Aniónicos es equivalente al parámetro SAAM que corresponde a decir Sustancias Activas al Azul de Metileno.

### CONTROLES DE CALIDAD

#### Control Blancos

Parámetro	LD	LQ	Unidad	Resultado	Fecha de Análisis
Aceites y Grasas	1,0	5,0	mg/L	< 1,0	26/04/2018
Aluminio (Al)	0,002	0,004	mg/L	< 0,002	26/04/2018
Antimonio (Sb)	0,00004	0,00020	mg/L	< 0,00004	26/04/2018
Arsénico (As)	0,00003	0,00010	mg/L	< 0,00003	26/04/2018
Bario (Ba)	0,0001	0,0002	mg/L	< 0,0001	26/04/2018
Berilio (Be)	0,00002	0,00010	mg/L	< 0,00002	26/04/2018
Boro (B)	0,002	0,004	mg/L	< 0,002	26/04/2018
Cadmio (Cd)	0,00001	0,00002	mg/L	< 0,00001	26/04/2018
Calcio (Ca)	0,10	0,15	mg/L	< 0,10	26/04/2018
Cianuro Wad	0,001	0,004	mg/L	< 0,001	27/04/2018
Cloruros, Cl-	0,061	0,200	mg/L	< 0,061	25/04/2018
Cobalto (Co)	0,00001	0,00002	mg/L	< 0,00001	26/04/2018
Cobre (Cu)	0,00003	0,00010	mg/L	< 0,00003	26/04/2018
Coliformes Termotolerantes	1,8	0,0	NMP/100 mL	< 1,8	24/04/2018
Cromo (Cr)	0,0001	0,0004	mg/L	< 0,0001	26/04/2018
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	2	5	mg/L	< 2	24/04/2018
Demanda Química de Oxígeno	2	5	mg O2/L	< 2	27/04/2018
Detergentes Aniónicos	0,01	0,03	mg/L	< 0,01	24/04/2018
Detergentes Aniónicos	0,01	0,03	mg/L	< 0,01	24/04/2018
Escherichia coli	1,8	0,0	NMP/100 mL	< 1,8	24/04/2018
Estaño (Sn)	0,00003	0,00010	mg/L	< 0,00003	26/04/2018
Estroncio (Sr)	0,0002	0,0004	mg/L	< 0,0002	26/04/2018
Hierro (Fe)	0,0004	0,0020	mg/L	< 0,0004	26/04/2018
Huevos de Helmintos	1	1	Huevos/L	< 1	29/04/2018
Litio (Li)	0,0001	0,0004	mg/L	< 0,0001	26/04/2018
Magnesio (Mg)	0,003	0,010	mg/L	< 0,003	26/04/2018
Manganeso (Mn)	0,00003	0,00020	mg/L	< 0,00003	26/04/2018
Mercurio (Hg)	0,00003	0,00009	mg/L	< 0,00003	26/04/2018
Molibdeno (Mo)	0,00002	0,00010	mg/L	< 0,00002	26/04/2018
Níquel (Ni)	0,0002	0,0004	mg/L	< 0,0002	26/04/2018
Nitratos, (como N)	0,002	0,005	mg NO3-N/L	< 0,002	25/04/2018
Nitratos, NO3-	0,009	0,023	mg NO3-/L	< 0,009	25/04/2018
Nitritos, (como N)	0,004	0,010	mg NO2-N/L	< 0,004	25/04/2018
Nitritos, NO2-	0,015	0,038	mg NO2-/L	< 0,015	25/04/2018
Plata (Ag)	0,000003	0,000010	mg/L	< 0,000003	26/04/2018
Plomo (Pb)	0,0002	0,0004	mg/L	< 0,0002	26/04/2018
Potasio (K)	0,04	0,10	mg/L	< 0,04	26/04/2018
Señeno (Se)	0,0004	0,0005	mg/L	< 0,0004	26/04/2018
Sodio (Na)	0,006	0,040	mg/L	< 0,006	26/04/2018
Sulfatos, SO4-2	0,050	0,200	mg/L	< 0,050	25/04/2018
Talio (Tl)	0,00002	0,00004	mg/L	< 0,00002	26/04/2018
Titanio (Ti)	0,0002	0,0005	mg/L	< 0,0002	26/04/2018
Vanadio (V)	0,0001	0,0005	mg/L	< 0,0001	26/04/2018
Zinc (Zn)	0,01	0,02	mg/L	< 0,01	26/04/2018

#### Control Estandar

Parámetro	% Recuperación	Límites de Recuperación (%)	Fecha de Análisis
Aceites y Grasas	81,3	80-120	26/04/2018
Aceites y Grasas	89,8	80-120	26/04/2018
Aluminio (Al)	103,1	80-120	26/04/2018
Antimonio (Sb)	108,5	80-120	26/04/2018
Arsénico (As)	109,1	80-120	26/04/2018



## INFORME DE ENSAYO: 20665/2018

Parámetro	% Recuperación	Límites de Recuperación (%)	Fecha de Análisis
Bario (Ba)	107,2	80-120	26/04/2018
Berilio (Be)	108,2	80-120	26/04/2018
Boro (B)	96,0	80-120	26/04/2018
Cadmio (Cd)	106,8	80-120	26/04/2018
Calcio (Ca)	105,7	80-120	26/04/2018
Cianuro Wad	99,2	80-120	27/04/2018
Cianuro Wad	97,9	80-120	27/04/2018
Cloruros, Cl-	102,6	80-120	25/04/2018
Cobalto (Co)	104,8	80-120	26/04/2018
Cobre (Cu)	107,8	80-120	26/04/2018
Cromo (Cr)	109,2	80-120	26/04/2018
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBOS)	114,1	80-120	24/04/2018
Demanda Química de Oxígeno	92,6	80-120	27/04/2018
Demanda Química de Oxígeno	110,0	80-120	27/04/2018
Detergentes Aniónicos	108,0	80-120	24/04/2018
Detergentes Aniónicos	108,0	80-120	24/04/2018
Estafío (Sn)	107,8	80-120	26/04/2018
Estroncio (Sr)	109,6	80-120	26/04/2018
Hierro (Fe)	106,4	80-120	26/04/2018
Litio (Li)	110,2	80-120	26/04/2018
Magnesio (Mg)	105,2	80-120	26/04/2018
Manganeso (Mn)	111,3	80-120	26/04/2018
Mercurio (Hg)	88,0	80-120	26/04/2018
Molibdeno (Mo)	108,5	80-120	26/04/2018
Niquel (Ni)	109,8	80-120	26/04/2018
Nitratos, (como N)	115,3	80-120	25/04/2018
Nitratos, NO3-	115,3	80-120	25/04/2018
Nitritos, (como N)	101,5	80-120	25/04/2018
Nitritos, NO2-	101,5	80-120	25/04/2018
Plata (Ag)	108,0	80-120	26/04/2018
Plomo (Pb)	111,0	80-120	26/04/2018
Potasio (K)	107,1	80-120	26/04/2018
Selenio (Se)	98,8	80-120	26/04/2018
Sodio (Na)	102,2	80-120	26/04/2018
Sulfatos, SO4-2	108,2	80-120	25/04/2018
Talio (Tl)	105,3	80-120	26/04/2018
Titanio (Ti)	95,6	80-120	26/04/2018
Vanadio (V)	105,6	80-120	26/04/2018
Zinc (Zn)	108,8	80-120	26/04/2018

LD = Límite de detección.

Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos realizados en las instalaciones del laboratorio, se refiere a las fechas indicadas en las tablas de Controles de Calidad. No Aplica para ensayos tercerizados.

### DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
RChac1	Cliente	Aguas Superficiales	24/04/2018	23/04/2018	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
RChac2	Cliente	Aguas Superficiales	24/04/2018	23/04/2018	---	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

### REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA

Ref.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
12261	LME	Aceltes y Grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
17591	LME	Alcalinidad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012	Alkalinity: Titration Method
8100	LME	Aniones por Cromatografía Iónica	EPA METHOD 300.1 Rev. 1, 1997 (Validado)	Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography



## INFORME DE ENSAYO: 20665/2018

Ref.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
7427	LME	Aniones por Cromatografía Iónica*	EPA METHOD 300.1 Rev. 1, 1997 (Validado)	Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography
11597	LME	Cianuro Wad (Skalar)	ASTM D6888-09 (Validado), 2009	Standard Test Method for Available Cyanide with Ligand Displacement and Flow Injection Analysis (FIA) Utilizing Gas Diffusion Separation and Amperometric Detection
12146	LME	Coliformes Termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 22nd Ed. 2012	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
12413	LME	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBOS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test
12336	LME	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method
12354	LME	Detergentes Aniónicos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 22nd Ed. 2012	SURFACTANTS: Anionic Surfactants as MBAS
7218	LME	Escherichia coli 1,8	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 G-2, 22nd Ed. 2012	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures (Proposed). Escherichia coli Test (Indole Production)
16876	LME	Huevos de Helmintos	Manual de técnicas parasitológicas y bacteriológicas de laboratorio (Bailenger modificado) OMS 1997 (Validado) No incluye Muestreo.	Determinación de Huevos de Helmintos: Referenciado en Análisis de Aguas residuales para su uso en agricultura. Manual de Técnicas parasitológicas y bacteriológicas de laboratorio.
11420	LME	Metales Totales por ICP-MS	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry

### CÓDIGOS DE AUTENTICIDAD DEL INFORME DE ENSAYO

ALS LS Perú S.A.C. asegura a sus clientes una completa autenticidad del Informe de Ensayo 20665/2018, para que este informe pueda ser verificado en su totalidad. Para comprobar la autenticidad de los mismos en la base de datos de ALS LS Perú S.A.C., visitar el sitio Web [www.alsglobal.com](http://www.alsglobal.com) e introducir los siguientes códigos de autenticidad que se detallan a continuación:

Estación de Muestreo	N° ALS LS	Código único de Autenticidad
RChac1	187699/2018-1.0	nlputop&1996781
RChac2	187700/2018-1.0	olputop&1007781

ALS LS Perú S.A.C. asegurando la marca y prestigio de su empresa.

### COMENTARIOS

Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos realizados en campo (Análisis en Campo) corresponden a las fechas de muestreo.

LME: Av. Argentina 1859 - Cercado - Lima

"EPA": U.S. Environmental Protection Agency.

"SM": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

"ASTM": American Society for Testing and Materials.

El presente documento es redactado íntegramente en ALS LS Perú S.A.C., su alteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de ALS LS Perú S.A.C.; sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



## ANEXO 2. Panel fotográfico



Punto N° 1 (RChaq1) de muestro.



Toma de muestras en Punto N° 1 (RChaq1) de muestreo.



Punto N° 2 (RChaq2) de muestreo.



Toma de muestras en Punto N° 2 (RChaq2) de muestreo.



Toma de parámetros físico – químicos in situ en cada punto de muestreo.