

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO  
SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS  
EN EL CANAL DE RIEGO LAS SIETE COMPUERTAS DE LA  
PROVINCIA DE HUARAL, 2021**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**DIANA LISBETH JULCA QUISPE**

**ASESOR LUIS ROLANDO GONZALES TORRES**

**HUACHO – PERÚ**

**2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO  
SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS  
EN EL CANAL DE RIEGO LAS SIETE COMPUERTAS DE LA  
PROVINCIA DE HUARAL, 2021**

**Sustentado y aprobado ante el Jurado evaluador**



**BERARDO BEDER RUIZ SANCHEZ**

**Presidente**



**LINO ROLANDO RODRIGUEZ ALEGRE**

**Secretario**



**JHON HERBERT OBISPO GAVINO**

**Vocal**



**LUIS ROLANDO GONZALES TORRES**

**Asesor**

**HUACHO – PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA**

Dedicado primeramente a Dios por mí guía y permitirme tener una buena salud a pesar de esta coyuntura de la enfermedad del COVID-19 y poder seguir con este proceso educativo. A mi madre Rosa Quispe Espinoza y a mi padre Adrian Julca Blas por apoyarme y darme muchos consejos para no rendirme a pesar de los tropiezos y que siga luchando por mis metas.

*Diana Lisbeth Julca Quispe*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a mi Madre Rosa Quispe y a mí Padre Adrián Julca, por sus consejos, su apoyo incondicional, ayudándome a tomar buenas decisiones, mi familia es el motivo por el cual me levanto cada mañana buscando ser siempre una buena persona, de principios, de valores, gracias por educarme y ayudarme a ser la mujer que soy.

De igual forma estoy muy agradecida con mi alma Mater, mi segundo hogar, mi Universidad Nacional José Faustino Carrión por acompañarme, formarme, educarme, en el transcurso de mi carrera universitaria. No fue para nada fácil y nada que valga la pena lo es.

De igual forma agradezco a la plana docente que durante cinco años me formó, me cuidó, me guió, me hizo explotar al máximo mis capacidades como persona, en especial a los profesores Jesús Gustavo Barreto Meza y a la profesora Rocío Alcántara Medrano por transmitirme sus enseñanzas, sabiduría y consejos que hasta el día de hoy siempre los tengo presentes en el ámbito profesional.

*Diana Lisbeth Julca Quispe*

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPITULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Formulación del problema	3
1.2.1 Problema general	3
1.2.2 Problemas específicos	3
1.3 Objetivos de la investigación	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Justificación de la investigación	4
1.5 Delimitaciones del estudio	5
1.5.1 Delimitación espacial	5
1.5.2 Delimitación temporal	6
1.5.3 Delimitación teórica	6
CAPITULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes de la investigación	7

2.1.1	Investigaciones internacionales	7
2.1.2	Investigaciones nacionales	9
2.2	Bases teóricas	11
2.2.1	Metales pesados	11
2.2.1.1	Principales metales pesados tóxicos	12
2.2.2	Monitoreo de calidad de agua de río	17
2.2.2.1	Recursos	17
2.2.2.2	Tipo de muestra de agua	18
2.2.2.3	Planificación del monitoreo	18
2.2.2.4	Codificación del punto de muestreo	18
2.2.2.5	Frecuencia de monitoreo	19
2.2.3	Norma legal	19
2.2.3.1	Constitución política del Perú	19
2.2.3.2	Ley N° 28611 – Ley general del ambiente	19
2.2.3.3	Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM	20
2.2.3.4	Norma legal a nivel internacional	21
2.3	Bases filosóficas	22
2.4	Definición de términos básicos	23
2.5	Hipótesis de investigación	24
2.5.1	Hipótesis general	24
2.5.2	Hipótesis específicas	24
2.6	Operacionalización de las variables	25
CAPITULO III		27
METODOLOGÍA		27
3.1	Diseño metodológico	27
3.1.1	Tipo de investigación	27
3.1.2	Nivel de investigación	28

3.1.3	Diseño	28
3.1.4	Enfoque	29
3.2	Población y muestra	29
3.2.1	Población	29
3.2.2	Muestra	30
3.3	Técnicas de recolección de datos	30
3.3.1	Técnicas a emplear	30
3.3.2	Descripción de los instrumentos	31
3.3.3	Procedimiento	31
3.3.3.1	Toma de muestra	31
3.3.3.2	Conservación y preservación de muestras	32
3.3.3.3	Cadena de custodia	33
3.4	Técnicas para el procesamiento de la información	33
CAPITULO IV		34
RESULTADOS		34
4.1	Análisis de resultados	34
4.1.1	Análisis de parámetros en campo	34
4.1.2	Concentración de metales pesados	37
4.1.3	Evaluación de metales pesados respecto al ECA del MINAM	39
4.1.4	Evaluación de metales pesados respecto a la OMS	41
4.2	Contrastación de hipótesis	45
4.2.1	Hipótesis de investigación general	45
4.2.2	Hipótesis presencia metales pesados	45
4.2.3	Hipótesis cumplimiento ECA del MINAM	46
4.2.4	Hipótesis cumplimiento valor de referencia de la OMS	46
CAPITULO V		47
DISCUSIÓN		47

5.1	Discusión de resultados	47
	<b>CAPITULO VI</b>	<b>51</b>
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>51</b>
6.1	Conclusiones	51
6.2	Recomendaciones	51
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>53</b>
	Fuentes documentales	53
	Fuentes bibliográficas	55
	Fuentes hemerográficas	55
	Fuentes electrónicas	56
	<b>ANEXOS</b>	<b>57</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Estándares para compuestos inorgánicos Categoría 3</i> .....	20
Tabla 2 <i>Lista de prioridades de sustancias de la ATSDR 2019</i> .....	21
Tabla 3 <i>Valores de referencia OMS para metales pesados</i> .....	22
Tabla 4 <i>Operacionalización de variables</i> .....	26
Tabla 5 <i>Conservación y preservación de muestras</i> .....	32
Tabla 6 <i>Coordenadas de puntos de monitoreo canal Las Siete Compuertas de Huaral</i> .....	34
Tabla 7 <i>Análisis del agua en campo del canal Las Siete Compuertas de Huaral</i> .....	34
Tabla 8 <i>Reporte de metales pesados en el canal Las Siete Compuertas de Huaral</i> .....	37
Tabla 9 <i>Evaluación de metales pesados respecto al ECA del MINAM</i> .....	39
Tabla 10 <i>Evaluación de metales pesados respecto al valor de referencia de la OMS</i> .....	41
Tabla 11 <i>Resumen comparativo del ratio del análisis de metales pesados respecto a la norma</i> ...	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Ubicación del canal de riego las Siete Compuertas de Huaral. ....	6
<i>Figura 2.</i> Variaciones de caudal durante el año del río Chancay - Huaral. ....	29
<i>Figura 3.</i> Ubicación punto de muestreo del canal de riego las Siete Compuertas de Huaral. ....	35
<i>Figura 4.</i> Variaciones de los parámetros en campo evaluados. ....	36
<i>Figura 5.</i> Concentración de metales pesados que no sobrepasaron el Límite de Detección del Método. ....	38
<i>Figura 6.</i> Metales pesados que sobrepasaron el Límite de Detección del Método. ....	38
<i>Figura 7.</i> Veces menor de la concentración de metales pesados respecto al ECA y valor de referencia .....	44
<i>Figura 8.</i> Muestreo de agua para análisis en campo:Asup-1 .....	59
<i>Figura 9.</i> Preparación de muestra para análisis de agua en campo: Asup-1.....	59
<i>Figura 10.</i> Estabilización de parámetros del agua en campo: Asup-1 .....	60
<i>Figura 11.</i> Lectura de parámetros del agua en campo: Asup-1 .....	60
<i>Figura 12.</i> Muestreo de agua y conservación para análisis de metales pesados: Asup-1....	61
<i>Figura 13.</i> Ubicación y muestra rotulada de agua: Asup-1 .....	61
<i>Figura 14.</i> Muestreo de agua para análisis en campo: Asup-2 .....	62
<i>Figura 15.</i> Preparación de muestra para análisis de agua: Asup-2.....	63
<i>Figura 16.</i> Lectura de parámetros del agua en campo: Asup-2 .....	63
<i>Figura 17.</i> Muestreo de agua y conservación para análisis de metales pesados: Asup-2....	64
<i>Figura 18.</i> Ubicación y muestra rotulada de agua: Asup-2 .....	64
<i>Figura 19.</i> Muestreo de agua para análisis en campo: Asup-3 .....	65
<i>Figura 20</i> Preparación de muestra para análisis de agua en campo: Asup-3.....	65
<i>Figura 21.</i> Lectura de parámetros del agua en campo: Asup-3 .....	66
<i>Figura 22.</i> Muestreo de agua y conservación para análisis de metales pesados: Asup-3....	67
<i>Figura 23.</i> Ubicación y muestra rotulada de agua: Asup-3 .....	67
<i>Figura 24.</i> Equipo multiparamétrico para análisis de agua en campo.....	68
<i>Figura 25.</i> Cadena de custodia 1 de muestras .....	69
<i>Figura 26.</i> Cadena de custodia 2 de muestras .....	70

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	58
Anexo 2. Muestreo, análisis en campo y conservación de muestras - punto de monitoreo 1 .....	59
Anexo 3. Muestreo, análisis en campo y conservación de muestras - punto de monitoreo 2.....	62
Anexo 4. Muestreo, análisis en campo y conservación de muestras - punto de monitoreo 3.....	65
Anexo 5. Equipo utilizado para análisis de agua en campo .....	68
Anexo 6. Cadena de custodia para ensayos de laboratorio .....	69
Anexo 7. Informe de ensayo.....	71

## RESUMEN

**Objetivo:** Realizar la evaluación de la concentración de metales pesados en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, respecto al ECA del DS N° 004-2017-MINAM y el valor de referencia de la OMS. **Métodos:** Diseño no experimental descriptivo transversal, donde se consideró tres puntos de monitoreo para el análisis de metales pesados con protocolo, muestreo y análisis con asesoría de un laboratorio acreditado por INACAL, con la utilización para análisis de Mercurio (CVAA-FIMS) y para los otros metales pesados (ICP-AES). **Resultados:** En mg/L para Arsénico < 0,001, Mercurio < 0,0001, Cadmio < 0,00005, Plomo < 0,0004, Cromo < 0,0023, Níquel < 0,0015, Zinc < 0,0009, Cobre < 0,0005, Selenio < 0,001, Boro  $0,2222 \pm 0,0023$ , Bario  $0,0470 \pm 0,0017$ , Aluminio  $0,0178 \pm 0,0035$  y Manganeso  $0,0015 \pm 0,0010$  mg/L. **Conclusiones:** Sólo se detectó Al, Ba, B y Mn y los otros son inferiores al Límite de Detección del Método, todos cumplen con el ECA del DS N° 004-2017-MINAM (categoría 3 para riego de vegetales y bebida de animales) y el valor de referencia de la OMS (calidad de agua para consumo humano) en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de Huaral, en julio 2021.

**Palabras clave:** Metales pesados, estiaje, canal de riego, siete compuertas, río chancay.

## ABSTRACT

**Objective:** To carry out the evaluation of the concentration of heavy metals in the water of the Siete Compuertas irrigation canal in the province of Huaral, with respect to the ECA of DS N° 004-2017-MINAM and the reference value of the WHO. **Methods:** Cross-sectional descriptive non-experimental design, where three monitoring points were considered for the analysis of heavy metals with protocol, sampling and analysis with the advice of a laboratory accredited by INACAL, with the use for analysis of Mercury (CVAA-FIMS) and for the other heavy metals (ICP-AES). **Results:** In mg/L for Arsenic <0.001, Mercury <0.0001, Cadmium <0.00005, Lead <0.0004, Chromium <0.0023, Nickel <0.0015, Zinc <0.0009, Copper <0 0.0005, Selenium <0.001, Boron  $0.2222 \pm 0.0023$ , Barium  $0.0470 \pm 0.0017$ , Aluminum  $0.0178 \pm 0.0035$  and Manganese  $0.0015 \pm 0.0010$  mg/L. **Conclusions:** Only Al, Ba, B and Mn were detected and the others are lower than the Detection Limit of the Method, all comply with the ECA of DS N° 004-2017-MINAM (category 3 for vegetable irrigation and animal drinking) and the WHO reference value (quality of water for human consumption) in the water of the Siete Compuertas de Huaral irrigation canal, in July 2021.

**Keywords:** Heavy metals, low water, irrigation canal, seven gates, Chancay river.

## INTRODUCCIÓN

El estudio se realizó en un punto de abastecimiento de agua para riego para una zona agrícola de Huaral, conocida como Las Siete Compuertas, ubicada en la provincia de Huaral, estudio que se realizó en tres puntos de monitoreo en el mes de julio del 2021, en tiempos que aun persistía el grave problema sanitaria COVID-19, se realizó a consecuencia de conocer los riesgos de los metales pesados que perjudican a la salud, flora y fauna. Elementos que tienen diferentes orígenes desde la propia naturaleza por la mineralización de la zona, actividad humana que disponen sus residuos contaminantes y actividades mineras e industriales aguas arriba de la alimentación al canal de riego.

En los últimos años, se ha venido incrementando investigaciones sobre la calidad de las fuentes de agua dulce, por citar tenemos el estudio realizado en el río Ocoa en Colombia (Patiño & Camilo, 2020), embalse Cerrillos de Ponce en Puerto Rico (Colón, 2019), río Ocoa en Colombia (Babativa & Caicedo, 2018), río Guastatoya en Guatemala (Morales, 2018), cuenca Ayuquila-Tuxcacuesco-Armería en México (Mancilla-Villa, y otros, 2017). Y también en nuestro país, como los realizados en el río Ichu en Huancavelica (Sánchez-Araujo, Palomino-Pastrana, Chávez-Araujo, & Alvarez-Ticllasuca, 2021), río Crucero en Puno (Salas-Mercado, Hermoza-Gutiérrez, & Salas-Ávila, 2020), río Osmore en Moquegua (Sanchez, 2019), río Ayaviri en Puno (Villanueva, 2018) y río Jequetepeque de la cuenca baja en Cajamarca (Izquierdo & Verástegui, 2017). Investigaciones en nuestro país evidenciaron concentraciones por encima del ECA del DS N° 004-2017-MINAM para Arsénico y Plomo en el río Ichu de Huancavelica, Arsénico, Cadmio y Zinc en el río crucero de Puno y Aluminio en el río Osmore de Moquegua.

Se analizó la concentración de metales pesados como: Arsénico (As), Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Cromo (Cr), Níquel (Ni), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Selenio (Se), Aluminio (Al), Bario (Ba), Boro (B) y Manganeseo (Mn) que son los más habituales encontrados en los antecedentes de la investigación, posterior a ello se evaluó su contenido en base al ECA de la categoría 3 para riego de vegetales y bebida de animales, considerando que estas aguas son utilizadas tanto para el cultivo en la zona y en ocasiones la bebida de animales por su actividad agropecuaria y también se evaluó respecto al valor de referencia

que recomienda la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la calidad de agua para consumo humano, una manera de evaluar su calidad para zonas de poblaciones o transeúntes que tuvieran la necesidad de ingerir estas aguas y la preparación de sus alimentos.

En tal sentido, a efectos de maximizar los esfuerzos de evaluación, se ha creído conveniente realizarlo en época de estiaje, donde el caudal es bajo, pudiendo el problema de contaminación a causa de los metales pesados ser más significativos a consecuencia de la baja dilución. Por ello se plantea el objetivo de evaluación de la concentración de estos metales en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral respecto al ECA del DS N° 004-2017-MINAM y el valor de referencia de la OMS.

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

Se presenta un grave problema en el mundo a consecuencia de que se van acumulando los contaminantes de origen inorgánico por el mal manejo de residuos que se generan y disponen por las actividades industriales y urbanas, siendo en ese aspecto los metales pesados de mucho interés dado que su acumulación en cuerpos de agua dulce pueden aumentar su potencial peligrosidad, tóxicos a todos los organismos vivos de la cadena trófica (Salas-Mercado, Hermoza-Gutiérrez, & Salas-Ávila, 2020).

Mancilla-Villa et al. (2017), sobre las aguas de riego para uso en agricultura y para el consumo humano, manifiesta la evidencia de que las elevadas concentraciones de metales pesados representan un grave problema para la sociedad humana y para la biodiversidad; considerándose a la calidad del agua en regadío un factor de importancia para el rendimiento agrícola.

El desarrollo de la sociedad va de la mano con la industrialización, utilización de agroquímicos fertilizantes e insecticidas en los campos de cultivo, las que propician la contaminación a causa de metales pesados como el Arsénico, Cadmio, Plomo, Cobre y Cromo de manera directa en el suelo, agua, plantas y animales perjudicando el medio ambiente; situación que se ve bastante influenciada por el cambio climático y la deforestación, que ocasiona el incremento del riesgo potencial para el hombre, animales y cadena trófica (Londoño-Franco, Londoño-Muñoz, & Muñoz-García, 2016).

En nuestro país, las cuencas contaminadas por la composición mineralógica de la naturaleza predominantemente montañas y las actividades minero metalúrgicas extractivas, ocasionan la proliferación en el medio ambiente de metales pesados, tal es así que en el norte de nuestro país predomina como contaminante el Cadmio, en el centro el Plomo y en el sur el Arsénico; la que alteran también al agua potable, que se van haciendo cada vez más evidentes y cada vez menos manejables en la actualidad (Villena, 2018).



El cambio climático afecta en gran medida a nuestro país, impactando en la calidad y disponibilidad de agua, que debe estar considerado en la política gubernamental por su importancia para seres vivos y ecosistemas, situación que merece la total atención; se hace necesario decisiones acertadas y soluciones efectivas ante una amenaza trascendental hacia la salud pública y el aseguramiento de abastecimiento para el futuro de alimentos inocuos para la humanidad (Aquino, 2017).

La contaminación por bioacumulación y biomagnificación de metales pesados se produce hacia el hombre por diferentes mecanismos de la cadena alimenticia (desde niveles inferiores a superiores); por el agua desde el plancton, pasando a los peces plancton y carnívoro hasta llegar al hombre; y por la tierra desde las plantas que asimilan los metales pesados, pasando a los animales cuando la ingieren, y que en ambos casos con el consumo de plantas y animales llegan al hombre (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016a).

Las actividades mineras utilizan buena cantidad de agua en sus procesos y con frecuencia descargan sus efluentes con contaminantes químicos en los cuerpos hídricos, ocasionando tras su disposición final acumulación de sustancias nocivas y tóxicas en él, modificando su calidad y originando exposición con riesgos de enfermedades y hasta podría provocar la muerte en el hombre, con contaminación gradual del ambiente (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016b).

Para Rivera et al. (2010), el río Chancay, nace en el nevado de Raura, lagunas de Verdococha, Acoscocha, Lichicocha, vertiente occidental Cordillera de los Andes, desemboca a 60 km al norte de Lima, conocido inicialmente como río Ragrampi, luego río Acos, y desde esta localidad como río Chancay, con 120 km de longitud con 3 200 km<sup>2</sup> de cuenca.

Las fuentes naturales de metales pesados y su contaminación por la actividad del hombre, ocasionan que las fuentes de agua se contaminen eventualmente; para la gran mayoría de contaminantes de metales pesados no se dispone de un valor de referencia como límite de su toxicidad, el efecto de algunos elementos químicos no han sido estudiados y abordados en el hombre, dando valores referenciales aproximados por experimentación en la toxicidad en animales (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2011).

Como se ha evidenciado, los metales pesados pueden presentarse en el agua del río Chancay, de manera natural o por la descarga de residuos contaminados con metales pesados

aguas arribá por efluentes minero metalúrgicos, efluentes domésticos, efluentes de empresas industriales, actividades del uso de agroquímicos, entre otros; de ellos consideramos por los antecedentes de estudios similares y su impacto a 13 metales pesados para la evaluación: Arsénico, Mercurio, Cadmio, Plomo, Cromo, Níquel, Zinc, Cobre, Selenio, Aluminio, Bario, Boro y Manganeseo.

Asimismo, en el Valle de Huaral prima la agricultura, donde el canal de riego Siete Compuertas de Huaral está directamente afectada por la disponibilidad y calidad de agua de riego y que en muchos casos los agricultores desconocen de su calidad con que riegan sus cultivos, y más aún los riesgos que implica en sus cultivos como el de tallos cortos que están expuestas al agua de regadío, potencializando su contaminación. Fue por tanto necesario, evaluar en época de estiaje a bajo caudal del río Chancay, la evaluación de Arsénico, Mercurio, Cadmio, Plomo, Cromo, Níquel, Zinc, Cobre, Selenio, Aluminio, Bario, Boro y Manganeseo en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, en base a ECA del MINAM e internacional como los valores de referencia de la OMS; con el uso adecuado de los Equipos de Protección Personal (EPP) de todo personal involucrado por la pandemia COVID-19 y el monitoreo de según lo dispuesto por el Autoridad Nacional del Agua.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

- ¿En qué medida la concentración de metales pesados en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, cumplen el ECA del DS N° 004-2017-MINAM y el valor de referencia de la OMS?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Qué nivel de concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn se presenta en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral?
- ¿En qué medida se cumple con el ECA del DS N° 004-2017-MINAM para el As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral?

- ¿En qué medida se cumple con el valor de referencia de la OMS para el As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral?

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

- Realizar la evaluación de la concentración de metales pesados en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, respecto al ECA del DS N° 004-2017-MINAM y el valor de referencia de la OMS.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar la concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral.
- Evaluar la concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, en base al ECA del DS N° 004-2017-MINAM.
- Evaluar la concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral. en base al valor de referencia de la OMS.

### **1.4 Justificación de la investigación**

Tras un análisis reflexivo de los beneficios e impactos que se obtuvo tras la realización del estudio, se puede argumentar lo siguiente:

El estudio fue relevante e importante en el sentido que en la actualidad la contaminación de nuestro ambiente se viene acelerando por la disposición inapropiada de residuos de las diferentes actividades que realiza el hombre, y que se va evidenciando en el incremento de casos de enfermedades por consecuencia de la contaminación ambiental. Condición medioambiental que no es ajena al río Chancay y que se hizo necesario evaluar su calidad, ya que ésta afectaría a diferentes sectores de la sociedad, al ser usada como fuente de agua potable, bebida de animales, agua de riego, hábitat de la flora y fauna del río. En ese sentido, considerándose al valle de Huaral como una zona alta de producción agrícola, se hizo necesario evaluar con qué condiciones de calidad se riegan dichos cultivos a efectos

de tomar más conciencia de la calidad del agua y sus potenciales consecuencias a la salud de los consumidores por los cultivos del valle.

Además, el estudio fue pertinente dado que permitirá dar tener conocimiento del nivel de contaminación por metales pesados en las aguas del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral. Concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn, que pudieran llegar al hombre por productos agrícolas y animales por bioacumulación y biomagnificación de metales pesados, lo que permitirá a los agricultores y consumidores saber en qué condiciones de calidad se riegan sus cultivos y lo potencial de sus contaminantes en la salud en base a los ECA del DS N° 004-2017-MINAM nacional y también de acuerdo al valor de referenciada considerada por la OMS sobre la toxicidad en el agua de los metales pesados para el ser humano.

Asimismo, el impacto de la investigación es hacia la sociedad de Huaral para que tomen conciencia de la condición de calidad de agua con que se está disponiendo en sus cultivos, entre ellos a la Asociación de Regantes, agricultores que usan el agua del canal para regadío de sus cultivos, consumidores locales de compra de productos alimenticios del valle, entre otros; también los hallazgos del estudio darán las bases para la realización de otros estudios complementarios de calidad química del agua, como también de los efectos que produce en la calidad de los diferentes cultivos, lo que permitirá ampliar el conocimiento con otras investigaciones a realizarse en la zona.

## **1.5 Delimitaciones del estudio**

### **1.5.1 Delimitación espacial**

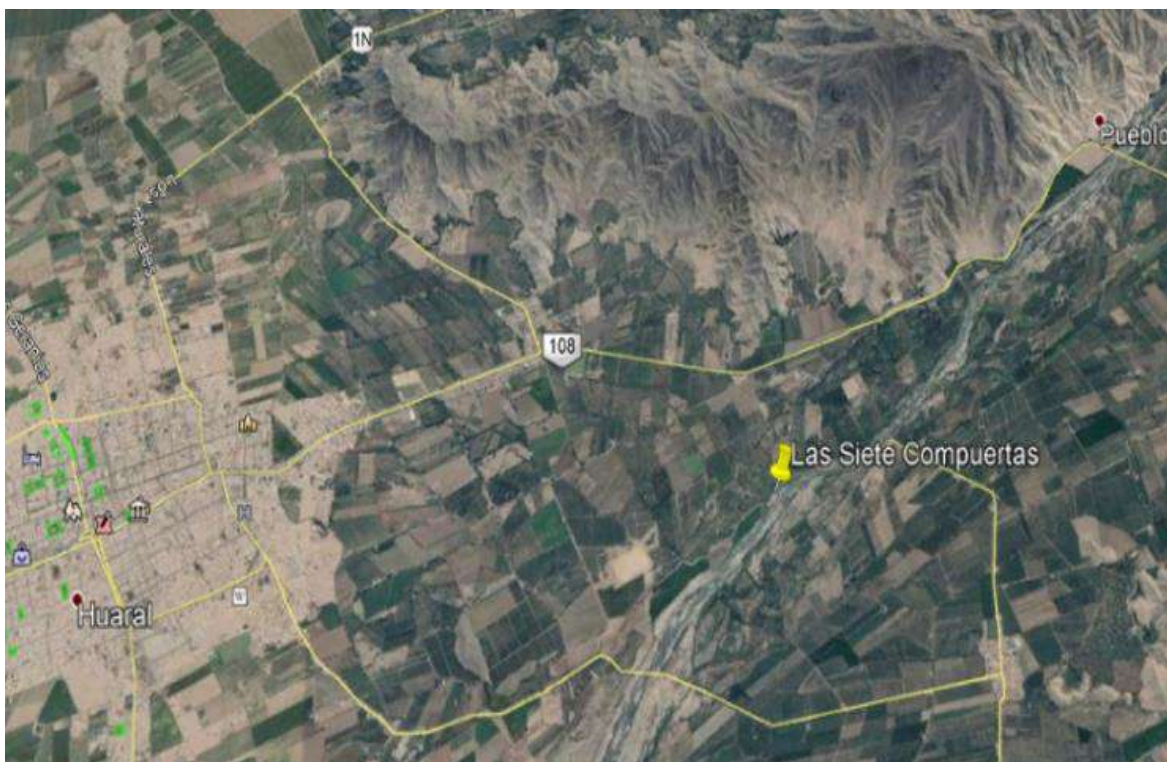
#### **Ubicación política**

- El canal Las Siete Compuertas está ubicada en el distrito de Huaral, de la provincia de Huaral. departamento de Lima. Ubicado al lado este de la ciudad de Huaral, ubicada al lado derecho del río ubicada desde esta ciudad, como se aprecia en Figura 1.

#### **Ubicación geográfica**

- Latitud -11,5040602

– Longitud -77,1754277



*Figura 1.* Ubicación del canal de riego las Siete Compuertas de Huaral.

Nota. Google Maps (2021).

### **1.5.2 Delimitación temporal**

– Fecha de análisis : 31 de julio 2021.

### **1.5.3 Delimitación teórica**

La organización del estudio abarcará temas relacionados a:

- Metales pesados.
- Toxicidad de principales metales pesados As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn.
- Época de estiaje del río Chancay.
- Protocolo de monitoreo de aguas superficiales del ANA.
- ECA del DS MINAM categoría 3.
- Disposición internacional de los valores de referencia de calidad de agua de consumo según la OMS.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 Investigaciones internacionales

Patiño y Camilo (2020), Universidad Santo Tomás, Colombia, tuvieron como objetivo conocer la concentración y variaciones de Pb, Cr y Zn en el río Ocoa en Colombia y su cumplimiento de la norma colombiana; determinación realizada por espectrofotometría UV-VIS; reportando seis resultados de muestras en temporada de avenida para Pb (0,52; 0,54; 0,51; 0,39; 0,41; 1,17 mg/L) y Cr (0,62; 0,74; 0,88; 0,41; 0,63; 1,64 mg/l), temporada de estiaje Pb (0,28; 0,18; 0,46; 0,29; 0,22; 0,15 mg/L), Zn (0,07; 0,07; 0,13; 0,09; 0,06 y 0,12 mg/L) y Cr (0,07; 0,07; 0,13; 0,09; 0,06; 0,12 mg/L). Concluye que de los tres elementos evaluados, sólo el Pb y Zn se diferencian significativamente por temporada de avenida y estiaje, a consecuencia de la disposición de vertimientos industriales, domésticos y automotrices; Pero, tanto el Pb, Cr y Zn incumplen la norma colombiana de calidad máxima admisible de 0,01 mg/L (Pb, Cr y Zn) y la salud humana 0,05 mg/L (Cr) y 0,01 mg/L (Pb) de la OMS; para Zn de los seis puntos no superan el valor máximo para consumo humano.

Colón (2019), en su artículo de investigación, realizó el análisis de metales pesados de un Embalse en Puerto Rico, determinación realizada con inductor de plasma acoplado por emisión de espectroscopia óptica. Evaluó tres zonas A, B y C, dentro de ellos al As, Cd, Cr y Pb. Reporta en mg/L para el año 2015 As (0,46; 9,3 y 8,3), Cr (0,41; 0,5 y 0,44) y Pb (0,33); para el año 2016 As (12,8; 11,7; 11,4; 14,4; 1,03; 7,71; 2,85; 5,01; 9,63; 4,35; 9,2; 16,2; 12,4; 10,5; 14,2; 8,35; 7,06; 16 y 13), Cd (0,122; 0,1 y 0,1), Cr (0,305; 0,372; 0,362; 0,403; 0,345; 0,368; 0,358; 0,377; 0,375; 0,362; 0,37; 0,37; 0,373; 0,49; 0,655; 0,623 y 0,68) y Pb (0,414 y 0,29) y para el año 2017 As (15,7; 17,3 y 8,02). Concluye que el As, Cr y Pb excede en un mes (2015); As, Cr, Cd, y Pb exceden siete meses (2016) y As un mes (2017). Concluye que no se evidencian diferencias significativas en el contenido de metales pesados por zona de muestreo; a la vez que el As, Cr, Pb y Cd exceden los límites de la OMS y una institución de EUA.

Babativa y Caicedo (2018), Universidad Santo Tomás, Colombia, desarrollaron una investigación para evaluar la concentración de Cr, Ni y Pb en el río Ocoa en Colombia referente a su normativa. Determinación realizada por espectrofotometría de absorción atómica por llama. Evalúa siete estaciones con dos repeticiones en épocas de avenida y estiaje; para temporada de avenida de 0,0055 a 0,0630 mg/L para Cr y de 0,0055 a 0,0490 mg/L para Pb; en temporada de estiaje 0,0055 mg/L para Cr, 0,0055 para Ni y de 0,0055 a 0,0230 mg/L para Pb. Concluye que, de acuerdo a la norma colombiana, en época de avenida el Cr en una muestra y el Pb en ocho muestras la incumplen, y en época de estiaje el Pb en diez muestras también la incumplen; respecto al EPA en época de avenida el Pb en cinco muestras la incumplen y en época de estiaje el Pb en diez muestras también la incumplen.

Morales (2018), Universidad De San Carlos De Guatemala, determinó en 22 puntos de monitoreo el río Guastatoya en Guatemala la presencia de As, Cd, Cr, Pb y Se y evaluó respecto a su normativa. Determinación realizada por espectroscopia de emisión óptica con plasma de acoplamiento inductivo asistido con nebulización ultrasónica. Obtiene para los puntos de monitoreo variaciones para temporada de estiaje (noviembre 2016) para As de 0,001 a 0,005, para Cd de <0,0003 a 0,003, para Cr de < 0,0005 a 0,003 , para Pb de < 0,0007 a 0,012 mg/L y para Se de 0,001 a 0,015 mg/L; para temporada de avenida (junio 2017) para As <0,0004 a 0,003, para Cd < 0,0003 a 0,002, para Cr < 0,0005 a 0,002 y para Pb < 0,0007 a 0,004 mg/L. Concluye según su normativa, para As (0,01), Cd (0,003), Cr (0,05) y Pb (0,01) que en la temporada de estiaje la concentraciones de metales pesados es más alta que en la temporada de avenida a consecuencia del menor caudal en el río, en esta época por el contenido de Cadmio y plomo no es apta para el consumo humano de alto riesgo para la población; en época de avenida estas concentraciones disminuyen a tal punto que están por debajo del límite de la norma.

Mancilla-Villa et al (2017), en su artículo de investigación, entre sus objetivos se planteó determinar y evaluar la calidad de agua en agricultura de la cuenca Ayuquila-Tuxcacuesco-Armería en México. Utilizó para la determinación de metales pesados la técnica de espectrometría de emisión atómica, mediante plasma de acoplamiento inductivo con el ICP. Estudio realizado a 40 puntos de monitoreo bajo norma SEMARNAT-NOM-001-ECOL-1996 (As 0,2; Cd 0,2; Hg 0,01 y Pb 0,5 mg/L). Reporta la más alta concentración de Hg con valores desde 0,0039 a 0,0203 mg/L, y menores valores para el Pb desde 0,0007 a 0,0086 mg/L. Concluye que análisis muestran bajas concentraciones de metales pesados; de

los cuales según la norma, 14 muestras para el Mercurio superan el límite para uso agrícola; el Arsénico y Cadmio presentan concentraciones inferiores al límite, pudiendo ser utilizado con fines agrícolas, pero su uso está condicionada a que los límites de Plomo y Mercurio no sean superados.

### **2.1.2 Investigaciones nacionales**

Sánchez-Araujo, Palomino-Pastrana, Chávez-Araujo y Alvarez-Ticllasuca (2021), determinaron la presencia de arsénico, plomo, cromo, mercurio y cadmio en muestra de seis estaciones de monitoreo del río Ichu de Huancavelica. Determinación realizada por método espectroscopia de absorción atómica, evaluación realizada respecto al ECA categoría 1 (poblacional y recreacional). Reporta resultados para Arsénico (0,0049; 0,0051; 0,0077; 0,0089 y 0,0459 mg/L); Plomo todos 0,02 mg/L; Cromo todos < 0,02 mg/L; Mercurio todos < 0,0002 mg/L y Cadmio todos < 0,0002 mg/L. Concluye, que los metales evaluados As y Pb se encuentran en altas concentraciones superando lo establecido en el ECA; el Cr, Hg y Cd presentan concentraciones inferiores al ECA de la norma categoría 1 poblacional y recreacional.

Salas-Mercado et al. (2020), en su artículo determinaron la presencia de Cadmio, Zinc y Arsénico en el río Crucero de Puno. Determinación realizada por espectroscopia de emisión atómica de plasma acoplado por inducción, estudio en cinco estaciones monitoreadas. Obtiene para el agua superficial en Arsénico (no reporta); Cadmio (0,00429; 0,0004; 0,00011; 0,00011; 0,00122; 0,00429 y 0,00011 mg/L), en sedimentos Arsénico (36,72; 21,09; 20,29; 16,65; 20,24; 36,72 y 16,65 mg/L), Cadmio (10,271; 7,1396; 6,1006; 5,9508; 5,9776; 10,271 y 5,9508 mg/L) y Zinc (1,059; 0,0335; 0,0177; 0,0459; 0,29288, 1,059 y 0,0177). Concluye que ha evidenciado altas concentraciones de As, Cd y Zn en sedimentos del río próximos a una mina que superan los límites del el ECA nacional e internacional; en las aguas superficiales no detecto Hg y la concentración de Cd y Zn fue inferior al límite establecido por la regulación ambiental.

Sanchez (2019), Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, realizó una evaluación de metales pesados de Pb, Al y Sr en el río Osmore de Moquegua bajo el ECA del D. S. N° 004-2017- MINAM (Pb 0,05 y Al 5 mg/L) y la norma del EPA (Sr 4 mg/L). Determinación realizada por Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente ICPMS. Estudio realizado en épocas de avenida y estiaje; en tiempos de estiaje reporta



fluctuaciones para Pb de  $< 0,00025$  a  $0,00172$  mg/L, para el Al de  $0,0565$  a  $3,73$  mg/L y para el Sr de  $0,215$  a  $1,06$  mg/L; para épocas de avenida el Pb fluctúa de  $0,00180$  a  $0,0248$  mg/L, el Al de  $1,67$  a  $28,2$  mg/L y el Sr de  $0,131$  a  $0,522$  mg/L. El contenido de Plomo en épocas de estiaje y avenida son bajas y no superan el ECA categoría 3; la concentración de Aluminio es baja en épocas de estiaje, pero en épocas de avenida supera el ECA categoría 3 presentando un riesgo riego de vegetales y bebida de animales; para el Estroncio en épocas de avenida y estiaje no superan los límites dados por el EPA. Concluyendo que el riesgo del agua es leve para ser usado en agricultura y ganadería, aunque causa preocupación el alto contenido de Aluminio en épocas de avenida.

Villanueva (2018), Universidad Nacional del Altiplano, realizó un estudio donde evaluó el contenido de metales pesados en el río Ayaviri en Puno que es utilizado en regadío. Evaluación realizada al Cd, Pb, Cr, Al, Ba, B, Cu, Li, Mg, Mn, Zn en consideración a los ECA dispuesta en el D.S. N° 004-2017- MINAM. Para la determinación utilizó acoplamiento inductivo plasma – método de espectrometría de emisión atómica. Estudio realizado en dos puntos del río en avenida y estiaje (mayo y junio respectivamente) en el año 2017 y 2018. Entre sus resultados reporta en época de estiaje para el Cadmio P1 ( $0,0155$ ;  $0,0146$ ) y P2 ( $0,00947$ ;  $0,0081$ ), Plomo P1 ( $0,00019$ ;  $0,0018$ ) y P2 ( $<0,001$ ;  $<0,001$ ), Cromo P1 ( $0,04$ ;  $0,0044$ ) y P2 ( $0,004$ ;  $<0,001$ ), Mercurio P1 ( $2,9E-05$ ;  $3E-05$ ) y P2 ( $<0,0001$ ;  $<0,0001$ ) y Bario P1 ( $0,0781$ ;  $0,073$ ) y P2 ( $0,06$ ;  $0,065$ ), Zinc P1 ( $0,3107$  y  $0,304$ ) P2 ( $0,32$  y  $0,303$ ), Boro P1 ( $1,024$ ;  $0,934$ ) y P2 ( $1,187$ ), Manganeso P1 ( $0,8411$ ;  $0,8153$ ) y P2 ( $0,9512$ ;  $1,457$ ); en épocas de avenida Cadmio P1 ( $0,00057$ ;  $0,0005$ ) y P2 ( $0,00551$ ;  $0,0039$ ), Plomo P1 ( $0,059$ ;  $0,0009$ ) y P2 ( $0,0023$ ;  $0,0018$ ), Cromo P1 ( $0,036$ ;  $0,0009$ ) y P2 ( $--$ ;  $0,0031$ ), y Mercurio P1 ( $0,00009$ ;  $9E-05$ ) y P2 ( $2,9E-05$ ;  $3E-05$ ). Concluye en base al ECA que el Cadmio, Plomo y Mercurio son inferiores.

Izquierdo y Verástegui (2017), Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, desarrollaron una investigación donde midieron y evaluaron el contenido de As, Cd, Cr, Hg y Pb en el río Jequetepeque de la cuenca baja en Cajamarca. Determinación realizada por absorción atómica y evaluado con el ECA del MINAM categoría 3. Reporta el análisis de seis puntos de monitoreo, en época de avenida (mayo) el contenido de As varía de  $0,001$  a  $0,003$  mg/L, el Cd varía de  $< 0,001$  a  $0,001$  mg/L, Cr en todas las mediciones  $< 0,001$  mg/L, el Hg en todas las mediciones  $< 0,0002$  mg/L y Pb varía de  $< 0,003$  a  $0,007$  mg/L; en época de estiaje (noviembre) el As varía de  $< 0,003$  a  $0,006$  mg/L, el Cd varía de  $< 0,002$  a  $0,002$

mg/L, Cr en todas las mediciones <0,002 mg/L, Hg en todas las mediciones <0,0002 y Pb varía de <0,003 a 0,004 mg/L. Concluye que el contenido de As, Cd, Cr, Hg y Pb en la parte baja del río son inferiores al ECA categoría 3 del D. S. N° 004-2017.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Metales pesados**

MINAM (2016a), los metales pesados, se caracterizan por su alta densidad y toxicidad para el ser humano, capacidad además de producir cambios evolutivos en plantas. Se incorporan al cuerpo humano a través de alimentos, agua, aire y otros; no pueden degradarse y por tanto se asocian con la bioacumulación y la biomagnificación de metales pesados en el hombre; preocupa la exposición de metales pesados por su toxicidad, pudiendo producirse dos situaciones de intoxicaciones: agudas por altos niveles de exposición y crónicas por bajos niveles de exposición con periodos prolongados; en general la exposición a metales pesados se da en orden de importancia con la ingesta de comidas, bebidas, inhalación y por la penetración percutánea.

No hay una definición única de metales pesados, puede considerarse a aquellos que tienen alta densidad, localización en la tabla periódica, toxicidad, respuesta zoología o botánica; se tiene metales como plomo, cadmio, mercurio, cromo, cobalto, níquel, vanadio, molibdeno, hierro, manganeso, bario, plata, cobre, zinc, titanio y niobio (Romero, 2004).

Las condiciones climáticas como la lluvia ocasionan oxidación de estructuras metálicas ocasionando el desprendimiento de zinc y hierro, las actividades del hombre en uso de vehículos también ocasiona desprendimiento de metales por abrasión de sus neumáticos, los que contribuyen a la contaminación generalizada que se produce a consecuencia de la actividad industrial y talleres que en muchos casos es crítica ante la ausencia de regulaciones en el tratamiento de efluentes industriales para su disposición a las redes del alcantarillado municipal (Geissler & Arrollo, 2011).

### **2.2.1.1 Principales metales pesados tóxicos**

#### **a) Arsénico**

OMS (2018), en la corteza terrestre está muy distribuida, con  $-3$ ,  $0$ ,  $+3$  y  $+5$  de estado de oxidación, formando a menudo sulfuro de arsénico, arseniuros metálicos o arseniatos. Comúnmente en el agua está a  $(+5)$ , para condiciones anaeróbica se presenta como arsenito  $(+3)$ , aunque generalmente su concentración en aguas naturales inferiores es inferior a  $1$  a  $2$   $\mu\text{g/l}$ , y además para aguas subterráneas la presencia de minerales de sulfuro y depósitos sedimentarios podrían elevar significativamente su concentración, tal es así que en zonas con presencia de arsénico pueden llegar a  $12$   $\text{mg/l}$ , en la práctica la cuantificación del arsénico es posible del rango  $1$  a  $10$   $\mu\text{g/l}$ ; por debajo de  $10$   $\mu\text{g/l}$  se dificulta la eliminación de arsénico del agua de consumo humano y por tanto la capacidad de alcanzar su cuantificación límite, considerándose por ello un valor de referencia de  $0,01$   $\text{mg/L}$  provisional por el tipo de tratamiento y capacidad de su análisis.

OMS (2018), el arsénico no es esencial para el ser humano, donde la tasa de eliminación del cuerpo influye en la toxicidad aguda por compuestos de arsénico, siendo los más tóxicos como la arsina, seguido de arsenitos, arseniatos y compuestos orgánicos de arsénico, la ingesta de poblaciones con agua contaminada con arsénico presenta signos de arsenicismo crónico, con lesiones dérmicas (hiperpigmentación e hipo pigmentación), neuropatía periférica, cáncer de pulmón y vejiga y enfermedad cardiovascular; habiéndose presentado contaminaciones agudas por arsénico asociadas a la ingesta de aguade pozo con hasta  $21,0$   $\text{mg/L}$  y lesiones dérmicas por exposición mayores a cinco años, efectos cardiovasculares en niños que consumieron agua con  $0,6$   $\text{mg/L}$  de arsénico durante siete años, aunque es incierto los riesgos reales a bajas concentraciones de arsénico; según el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) los compuestos inorgánicos de arsénico se clasifica como cancerígeno para el hombre (Grupo 1).

#### **b) Mercurio**

OMS (2018), el mercurio es ampliamente utilizado en la industria del cloro, en la fabricación de electrodomésticos, amalgamas dentales y muchos otros compuestos. En las aguas subterráneas y superficiales se encuentra presente el mercurio inorgánico, que generalmente no sobrepasan los  $0,0005$   $\text{mg/l}$ , pudiendo elevarse por las menas de mercurio

en aguas subterráneas, estudios evidencian que en el agua dulce y de mar el mercurio se metila y que la totalidad de mercurio se presenta como  $Hg^{+2}$  en el agua no contaminada, no siendo probable el riesgo por la ingesta de compuestos orgánicos de mercurio como los alquilmecuriales, aunque podría darse la transformación de metilmercurio en mercurio inorgánico; los alimentos constituyen la principal fuente de ingesta en poblaciones de varios países que van desde un consumo por persona de 2 a 20  $\mu g$ / día; se considera un valor de referencia en el agua potable para el mercurio inorgánico de 0,006 mg/L

OMS (2018), los compuestos inorgánicos del mercurio tienen efectos tóxicos en las personas y animales principalmente a los riñones, ocasionando aumento de su peso, necrosis tubular, proteinuria e hipoalbuminemia, la ingesta oral en las personas produce gastritis hemorrágica y colitis ocasionando principalmente daño a los riñones.

#### **c) Cadmio**

OMS (2018), el cadmio es utilizado en industria del plásticos y acero, muy utilizados en las pilas eléctricas, su liberación al ambiente se da por las aguas residuales, fertilizantes, soldaduras a base de cinc, tuberías galvanizadas, contaminación aérea, accesorios de gasfitería metálicos podrían contaminar el agua para consumo humano; los alimentos constituyen la fuente principal de cadmio entre 10 a 35  $\mu g$ , adicionalmente el tabaco expone de manera significativa al cadmio; habitualmente las concentraciones de cadmio en el agua de consumo humano son menores de 0,001 mg/l, se considera un valor de referencia en el agua potable para el cadmio de 0,003 mg/L.

OMS (2018), los compuestos de cadmio se absorben en función de su solubilidad, en el ser humano la toxicidad del cadmio afecta principalmente a los riñones, donde se acumula con un largo tiempo de vida media que oscila de 10 hasta 35 años; según la CIIC considera sus compuestos y al cadmio probablemente cancerígeno para el hombre (Grupo 2A).

#### **d) Plomo**

OMS (2018), el plomo se usa principalmente en baterías, soldaduras y aleaciones, sus compuestos orgánicos tetraetilo y tetrametilo es usado como anticongelantes y lubricantes en gasolina, que están dejando de ser utilizadas en diversos países y sumado a la reducción de aditivos de plomo en soldaduras, ocasiona su disminuya en el aire y alimentos, ocasionando la disminución de plomo en sangre en muchos países, a excepciones

de aquellos donde predominan actividades con pintado y reciclaje de materiales que contienen plomo.

OMS (2018), al estar expuesto a plomo, se produce varios efectos adversos en el desarrollo neuronal, función renal, hipertensión, fertilidad, embarazo y mortalidad relacionada a enfermedades cardiovasculares; generalmente el contenido de plomo en el agua potable es inferior a 0,005 mg/l, pudiéndose encontrar concentraciones por encima de 0,1 mg/L en servicios o accesorios con plomo; se considera un valor de referencia provisional en el agua potable para el plomo de 0,01 mg/L por la eficacia de su tratamiento y capacidad de su análisis y por tanto al referirse a la salud debe mantenerse lo más bajo posible.

#### **e) Cromo total**

OMS (2018), el cromo se encuentra extensamente distribuido en la corteza terrestre, presenta estados de oxidación de +2 hasta +6; la ingesta principal se produce por los alimentos, donde el Cromo +3 es nutriente esencial; el cromo +6 inhalado está asociada al cáncer de pulmón, su ingesta a dosis altas por vía oral produce carcinogenicidad, a dosis bajas por vía oral el cromo +6 se reduce a +3 en el estómago y tracto intestinal no siendo lineal la relación dosis respuesta y el cromo +3 suministrada por vía oral a animales no ocasionó incremento de incidencia de tumores; El CIIC clasifica al cromo +6 cancerígeno para el hombre (grupo 1) y el cromo +3 como no clasificable respecto a su carcinogenicidad en humanos (grupo 3); suelen presentarse concentraciones de cromo total en el agua de consumo humano menores a 0,002 mg/L y en casos extremos hasta 0,120 mg/L. se considera un valor de referencia provisional en el agua potable para el cromo total de 0,05 mg/L en base a lo incierto de los datos toxicológicos.

#### **f) Níquel**

OMS (2018), el níquel es utilizado ampliamente en los aceros inoxidables y sus aleaciones; la exposición al níquel se produce principalmente por los alimentos y también en personas fumadoras y que por sus actividades laborales están expuestas al níquel; además en el agua de consumo la concentración de níquel es habitualmente inferior a 0,02 mg/L siendo su ingesta diaria de poca importancia; aunque podría ser significativa por la contaminación por níquel en aguas subterráneas por movilización de manera natural, por la

calidad de los recipientes de cocina, composición de materiales de pozos, grifos recubiertos con níquel; los grifos y accesorios podrían incrementar hasta 1 mg/L su concentración; se considera un valor de referencia en el agua potable para el níquel de 0,07 mg/l; sin riesgos de carcinogenicidad por vía oral y dermatitis alérgica por contacto muy frecuente; el CIIC los compuestos de níquel inhalados son cancerígenos para el hombre (grupo 1) y posiblemente cancerígeno para níquel metálico (Grupo 2B).

#### **g) Zinc**

OMS (2018), el zinc, está presente en el agua y todos los alimentos, como sales y complejos orgánicos; le da al agua un sabor astringente e indeseable, concentraciones superiores de 3 a 5 mg/L pueden presentar coloración opalina y al hervor forma película oleosa; el aumento de zinc en el agua de consumo pueden deberse a la disolución de zinc de las tuberías y de los accesorios galvanizados utilizados antiguamente; El zinc no supera en aguas superficiales 0,01 mg/L y subterráneas 0,05 mg/L, habitualmente el agua para consumo humano contiene menos de 0,1 mg/L; no se establece un valor de referencia en el agua potable al tener niveles que no representan un problema de salud.

#### **h) Cobre**

OMS (2018), el cobre es utilizado en tuberías, válvulas, accesorios, aleaciones, revestimientos y para el control de algas con sulfato pentahidratado; es nutriente esencial y a la vez un contaminante, su contenido en el agua de consumo humano es variado y tiene como fuente principal con frecuencia la corrosión de tuberías de cobre; en agua corriente o que fluya prolongadamente las concentraciones de cobre son bajas, por otro lado en aguas retenidas o bajo flujo la concentración es variada y son más altas llegando ser mayores a 1 mg/L; estudios dan una probabilidad de que la ingesta al día de 2 o 3 mg corresponde al límite máximo por sus efectos sobre el aparato digestivo; el contenido de cobre en el agua de consumo humano son frecuentemente inferiores a 0,005 mg/L y en casos que haya corrosión de tuberías de cobre superan los 30 mg/L; se establece un valor de referencia en el agua potable para el cobre de 2 mg/L.

#### **i) Selenio**

OMS (2018), el selenio se encuentra presente en la corteza terrestre, bastante asociada a minerales de azufre, es un oligoelemento traza esencial cuya ingesta se da por

cereales, carne y pescado principalmente y que varían de la zona geográfica producida; a pesar de tener regiones con altas concentraciones de selenio, su contribución en el agua de consumo humano es probablemente pequeña respecto a los alimentos; elemento esencial para el ser humano, estudios de su contenido en sangre asocian de forma inversa a la prevalencia de diferentes tipos de cáncer; se recomienda por día para lactantes y niños 6-21  $\mu\text{g}$ , mujeres y hombres adolescentes 26 y 30  $\mu\text{g}$  respectivamente, mujeres y hombres adultos 26 y 35  $\mu\text{g}$  respectivamente; Los efectos adversos a la ingesta excesiva de selenio permite establecer el límite máximo tolerable de 0,4 mg/día; el contenido de selenio en el agua para consumo humano en la mayoría de los casos es inferior a 0,01 mg/L, a excepciones de zonas seleníferas; se establece el valor de referencia provisional para el agua potable de 0,04 mg/L por la incertidumbre científica.

#### **j) Aluminio**

OMS (2018), se encuentra en 8 % de la corteza terrestre, el aluminio de origen natural y las utilizadas en las plantas de tratamiento como coagulantes, son las fuentes en el agua de consumo y uso; la ingesta de alimentos es la vía de exposición principal más en alimentos con aditivos, siendo el consumo de agua sólo el 5 % de la ingesta total. No se considera un valor de referencia en el agua potable para aluminio ante la ausencia de pruebas, como hipótesis de aparición temprana como factor de riesgo del Alzheimer, por tanto se podría basar a 0,9 mg/L de ingesta semanal tolerable provisional.

#### **k) Bario**

OMS (2018), el Bario se encuentra como compuesto en depósitos de mineral, rocas ígneas y sedimentarias; las fuentes naturales son las principales, seguido por las emisiones fabriles que tienen diversas aplicaciones y disposición antropogénicos. La ingesta por alimentos constituye la principal fuente de bario y si es alta en el agua potable contribuye significativamente con su ingesta; el Bario está relacionado con la hipertensión aguda, pudiendo ser secundarios a la hipocaliemia; en animales de laboratorio causa nefropatía, por lo que es considerado como punto de referencia toxicológica de interés; habitualmente el contenido de bario en el agua potable es inferior a 0,1 mg/L pudiéndose obtener superiores a 1 mg/L en aguas de origen subterránea; estableciéndose un valor de referencia en el agua potable para el Bario de 1,3 mg/L.

## **l) Boro**

OMS (2018), se encuentra de manera natural en las aguas subterráneas por el lixiviado de suelos y rocas que contienen boratos y borosilicatos por la geología de la zona; las aguas residuales que se vierten pueden incrementar el contenido de boro en aguas superficiales, aunque la tendencia de disminución de su uso están reduciendo las descargas de boro al agua superficial; en experimentos de laboratorio con algunos animales el boro como ácido bórico y bórax en la ingesta de alimentos y agua de consumo humano, demuestra la toxicidad del boro al aparato reproductor masculino, lesiones testiculares, embriotoxicidad, pero no son genotóxicos y a largo plazo no aumentaron la incidencia de tumores; el agua de consumo humano en la mayoría de los casos presenta una concentración de boro inferior a 0,5 mg/L; se establece un valor de referencia en el agua potable para el boro de 2,4 mg/L.

## **m) Manganeseo**

OMS (2018), a concentraciones mayores a 0,1 mg/L en el agua produce en las bebidas un sabor indeseable y mancha los aparatos sanitarios y ropas, por debajo de esta concentración incluso hasta 0,2 mg/L se consideran aceptables para su consumo, este elemento es esencial para el ser humano y animales, estudios en animales no han confirmado el riesgo hacia el hombre, considerando que el efecto del manganeseo es diferente para cada especie, su solubilidad alta hace que perdure en los sistemas de agua potable y se considera un valor de referencia de 0,4 mg/L.

### **2.2.2 Monitoreo de calidad de agua de río**

Se considera como referente para el estudio lo normado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016) en su protocolo para el monitoreo de aguas superficiales, de obligatoriedad para el desarrollo de esta actividad.

#### **2.2.2.1 Recursos**

ANA (2016), consideran recursos como: a) Humanos, el cual estará conformado por un equipo mínimo de dos personas con conocimientos en toma de muestra, preservación, transporte y conocimiento del protocolo y b) Económicos, necesarios para el traslado del



equipo, combustible, peajes, alquiler de movilidad, viáticos, envío de muestras, análisis de muestras, equipo de monitoreo, materiales de escritorio, adquisición de hielo y otros.

#### **2.2.2.2 Tipo de muestra de agua**

ANA (2016), se indican tres tipos de muestreo: a) Muestra simple o puntual, cuando se toma de una porción en un lugar determinado, representando las condiciones del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancia. Es representativa cuando la composición de la fuente se mantiene constante relativamente en el tiempo, b) Muestra compuesto, donde varias muestras simples se mezclan en volúmenes iguales o proporciones concretas. Aplicado para conocer las condiciones en promedio por un periodo determinado y c) Muestra integrada, aquella que comprenden varias muestras puntuales o compuestas que se toman a lo largo de la columna de agua de una determinada área acuática (ancho del río dividido en cuatro secciones).

#### **2.2.2.3 Planificación del monitoreo**

ANA (2016), realizado en gabinete donde se diseña e trabajo a realizar. Se considera tres etapas: a) Premonitoreo: Donde se considera la planificación, ubicación, codificación y frecuencia del punto de monitoreo, los parámetros a evaluar, materiales y equipos a utilizar, los EPP necesarios para los trabajos de seguridad en el campo, b) Monitoreo: Donde se da el reconocimiento, rotulado y etiquetado del frasco de muestreo, georreferenciación del punto de muestreo, medición parámetros de campo, toma de muestra en envase, preservación de la muestra, cadena de custodia de la muestra, transporte de muestras al laboratorio, seguridad de la calidad de resultados y c) Posmonitoreo: Análisis de parámetro en laboratorio acreditado por INACAL, procesamiento y revisión de resultados, informe de monitoreo.

#### **2.2.2.4 Codificación del punto de muestreo**

ANA (2016), se determina por Sistema de Posicionamiento Global (GPS), en coordenadas UTM, registrando la proximidad a kilometraje vial, puentes, localidad u otra referencia. Para su codificación se debe considerar para el cuerpo de agua [sigla del tipo] [sigla del nombre][N° identificador].

### **2.2.2.5 Frecuencia de monitoreo**

ANA (2016), en el caso de cuencas, los cambios que se dan en determinados periodos, se monitorea en épocas de avenida, transición y estiaje, donde se aprecian variaciones sustanciales de los caudales.

### **2.2.3 Norma legal**

MINAM (2016b), la disposición de fluidos en un sistema hídrico como ríos, generan su contaminación por acumulación de sustancias tóxicas; su exceso puede ocasionar daños al ambiente y la salud, siendo potestad de la autoridad competente exigir su cumplimiento.

Se detallan a continuación las normas nacionales e internacionales de referencia.

#### **2.2.3.1 Constitución política del Perú**

El Congreso Constituyente Democrático del Perú (1993) en su artículo 2 numeral 22 indica que se tiene el derecho para el desarrollo de su vida, de disfrutar de un ambiente equilibrado y apropiado.

#### **2.2.3.2 Ley N° 28611 – Ley general del ambiente**

Además, el Congreso de la República del Perú (2005), se aprueba la ley general del ambiente donde también indica en derechos y principios, que todo individuo tiene el derecho de vivir en un ambiente equilibrado, saludable y propicio de desarrollo para su vida, teniendo el deber de proteger y contribuir con una efectiva gestión ambiental, que posibilite la salud individual y colectiva, conservación de la biodiversidad, su sostenibilidad de los recursos naturales en nuestro país.

La Tabla 1, fue elaborada en base a la Presidencia de la República del Perú (2017) donde en el artículo 2 aprueba ECA para la categoría 3.

### 2.2.3.3 Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

Tabla 1

*Estándares para compuestos inorgánicos Categoría 3*

N°	Parámetros	Riego vegetales	Bebida animales
1	Arsénico	0,1	0,2
2	Mercurio	0,001	0,01
3	Cadmio	0,01	0,05
4	Plomo	0,05	0,05
5	Cromo	0,1	1
6	Níquel	0,2	1
7	Zinc	2	24
8	Cobre	0,2	0,5
9	Selenio	0,02	0,05
10	Aluminio	5	5
11	Bario	0,7	NA
12	Boro	1	5
13	Manganeso	0,2	0,2

Nota. (Presidencia de la República del Perú, 2017).

Se entiende por *riego de vegetales* a aquellas que dependen del tipo de riego utilizado, por su consumo crudo o cocido y su eventual transformación en procesos industriales. Además, el *agua para riego no restringido* es para aquellos productos que se consumen crudo que están en contacto (hortalizas, frutales de tallos bajos, frutales con aspersión, áreas verdes, campos deportivos, parques y otros) y *agua para riego restringido* para cultivos que se consumen cocidos (habas, cultivos de tallo alto, cultivos procesados, cultivos no comestibles y forestales). Por otro lado, para *bebida de animales* mayores y menores (Presidencia de la República del Perú, 2017).

Además en el Artículo 5.se establece para el agua los ECA como referente obligatorio en la gestión ambiental, en el caso del agua referida a parámetros que correspondan, no siendo necesario incluir todos los parámetros indicados en las categorías y subcategorías (Presidencia de la República del Perú, 2017).

#### 2.2.3.4 Norma legal a nivel internacional

Se indican en la Tabla 2, según la Agencia para el Registro de Enfermedades y Sustancias Tóxicas, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) de los Estados Unidos, elaborado cada dos años una lista de prioridades de acuerdo a su frecuencia, toxicidad y potencial de exposición humana, para el caso de los metales pesados.

Tabla 2

*Lista de prioridades de sustancias de la ATSDR 2019*

Clasificación	Sustancia	Total puntos
1	Arsénico	1676
3	Mercurio	1458
7	Cadmio	1318
17	Cromo hexavalente	1149
52	Cobalto	1011
58	Níquel	993
75	Zinc	913
78	Cromo	893
120	Cobre	805
122	Plomo.	805
136	Bario	800
140	Manganeso	797
147	Selenio	775
183	Aluminio	685

Nota. (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2020).

Por otro lado, la OMS (2018), hace un estudio de los elementos químicos que se encuentran habitualmente en la naturaleza, indicando también las fuentes de generación y/o contaminación por actividad del hombre, si bien es cierto en algunos casos ante la ausencia de estudios que evidencian la toxicidad de algunos elementos, recomienda en ellos valor de referencia que pueden considerarse aproximados y que pueden afectar la salud de las personas. En la Tabla 3, se indican algunos elementos químicos de interés y su valor de referencia.

Tabla 3

*Valores de referencia OMS para metales pesados*

Nº	Parámetros	OMS (mg/L)
1	Arsénico	0,01
2	Mercurio	0,006
3	Cadmio	0,003
4	Plomo	0,01
5	Cromo	0,05
6	Níquel	0,07
7	Zinc	NA
8	Cobre	2
9	Selenio	0,04
10	Aluminio	NA
11	Bario	1,3
12	Boro	2,4
13	Manganeso	0,4

Nota. (OMS, 2018).

### **2.3 Bases filosóficas**

Valera (2019) indica que se precisa de nuevos desafíos con la ecología en desarrollo, donde el hombre está ahora muy relacionado a la naturaleza, siendo la esencia en el cosmos, siendo necesario por tanto replantear la relación del hombre con el mundo, con un sentido reflexivo de actividades en la construcción de sus hogares, siendo por ello necesario replantear la crisis ambiental de predominio antropológico, con el desarrollo ambiental primero en el mismo ser del hombre antes que de sanar y curar lo que adolecen los ecosistemas.

En estos tiempos se hace necesario considerar el término de ecosofía, García (2018) al respecto sostiene que es un concepto del saber profundo para el cuidado de la naturaleza, en donde se cuida la vida y los recursos naturales, lo que posibilita vivir con calidad permitiendo la existencia de los seres vivos entre ellos al hombre con su entorno, con objeto de vivir en armonía sabiamente.

## **2.4 Definición de términos básicos**

### **Agua para riego no restringido**

“Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de cultivos alimenticios que se consumen crudos” (Presidencia de la República del Perú, 2017, p. 11).

### **Agua para riego restringido**

“Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de cultivos alimenticios que se consumen cocidos” (Presidencia de la República del Perú, 2017, p. 11).

### **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” (Presidencia de la República del Perú, 2017, p. 11).

### **Biomagnificación**

MINAM (2016a) “Capacidad de los metales pesados de presentarse en bajas concentraciones en organismos al principio de la cadena trófica y en mayor proporción a medida que se asciende” (p. 12).

### **Bioacumulación**

MINAM (2016a) “Proceso de incremento en la concentración de los metales pesados en un organismo vivo a través del tiempo” (p. 12).

### **Cadena de custodia**

ANA (2016) “Documento fundamental en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos que garantiza la autenticidad de las muestras tomadas en campo hasta su llegada al laboratorio” (p. 82).

### **Contaminación del agua**

MINAM (2016b) “La contaminación del agua es la acumulación de sustancias tóxicas y derrame de fluidos en un sistema hídrico (río, mar, cuenca, etc.) alterando la calidad del agua” (p. 16).

## **Cuenca hidrográfica**

MINAM (2016b), define:

Es un área o espacio geográfico delineados por la cima de los cerros y la divisoria de aguas por el cual escurre el agua proveniente principalmente de las precipitaciones a un río, lago o mar; constituyéndose en un sistema en el que interactúan factores naturales, socioeconómicos y culturales. (p. 10)

## **Época de avenida**

ANA (2016) “Mes del año en el cual el caudal mensual medio llega a su máximo” (p. 83).

## **Época de estiaje**

ANA (2016) “Mes del año en el cual el caudal mensual medio llega a su mínimo” (p. 83).

## **Punto de monitoreo**

ANA (2016) “Ubicación geográfica en una zona específica de un cuerpo de agua donde se realiza la toma de muestras de parámetros para la determinación de la calidad del agua” (p. 86).

## **Ríos**

“Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección” (Presidencia de la República del Perú, 2017, p. 11).

## **2.5 Hipótesis de investigación**

### **2.5.1 Hipótesis general**

- La concentración de metales pesados en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, no cumplen con el ECA del DS N° 004-2017-MINAM y el valor de referencia de la OMS.

### **2.5.2 Hipótesis específicas**

- Existe presencia de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral.
- La concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, incumple con el ECA del DS N° 004-2017-MINAM.

- La concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, incumplen con el valor de referencia de la OMS.

## **2.6 Operacionalización de las variables**

Al corresponder a un estudio de nivel descriptivo, y al ser univariado, en la Tabla 4 se considera convenientemente una variable de caracterización para la medición de la concentración de metales pesados considerados y con ello el desarrollo de la variable de interés del estudio de evaluación de la concentración analizada respecto a la norma nacional e internacional.



Tabla 4

*Operacionalización de variables*

Evaluación de la concentración de metales pesados en el canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, 2021

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Valor final
<u>V1</u> 1. Concentración de metales pesados	Los metales pesados se encuentran en la naturaleza y que las acciones del hombre como la minería, galvanizado, pintura y demás actividades, ocasionan que se vayan incrementando en el ambiente (Rodríguez, 2017).	Muestreo de agua en base al protocolo del ANA la medición de la concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn con un equipo calibrado y validado de un Laboratorio acreditado por INACAL.	1.1 Metales pesados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn</li> </ul>	• mg/L
<u>V2</u> 2. Evaluación de concentración de metales pesados	ANA (2016), la evaluación de la calidad química del agua en comparación con los parámetros de los ECA de la norma posibilita su diagnóstico para la toma de decisiones acertadas.	Representación de los análisis con estadística descriptiva, la evaluación del grado de contaminación por As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn respecto al ECA del MINAM y el valor de referencia de la OMS.	2.1 Evaluación del ECA del DS N° 004-2017-MINAM  2.2 Evaluación respecto al valor de referencia de la OMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de la concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn</li> <li>• Evaluación de la concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumple/incumplen</li> <li>• Cumple/incumplen</li> </ul>

Nota. Elaboración propia.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Diseño metodológico**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

Estudio de tipo aplicado, que consiguió dar respuesta del contenido de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua que fluye por el canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, utilizando conocimiento previos en la ubicación del punto de monitoreo, protocolo de muestreo, conservación de muestra, cadena de custodia y procedimientos de análisis por un laboratorio acreditado por INACAL; posterior a ello su evaluación con el ECA para ver el cumplimiento de la norma nacional del DS N° 004-2017-MINAM e internacional del valor de referencia de la OMS.

Estudio de tipo prospectivo, en el sentido que el investigador planificó y ejecutó el estudio, el cual se realizó en el mes de julio del año 2021, un mes conveniente por la temporada de estiaje del río Chancay, considerando que los resultados podrían ser más influenciados por las descargas de efluentes y residuos hacia el río Chancay con menor caudal, dando mayores concentraciones y ser más significativos en el canal de riego Las Siete Compuertas de la provincia de Huaral. Por la pandemia COVID-19, tanto el investigador con el personal de apoyo y análisis in situ contaron con los EPP necesarios para trasladarse al punto de muestreo hasta el reporte de laboratorio de metales pesados.

Estudio de tipo transversal, a consecuencia que se realizó la medición del contenido de metales pesados en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral en un solo momento. Para una mejor representatividad, de acuerdo a los tipos de muestreo, se recabó dos muestras simples, una de ellas para el análisis en campo y la otra se conservó, elaboró la cadena de custodia y traslado a análisis de laboratorio.

Estudio de tipo observacional, en sentido que el muestreo de agua del canal de riego Las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, fue realizado tal como está aconteciendo, donde el investigador no modificó ningún parámetro del flujo del canal y condiciones del

medio, se programó un día al azar en coordinación con la asociación de regantes a la pertenece el canal y la empresa que realizó los análisis; más aún, se aseguró una adecuada conservación de muestras de acuerdo s los procedimientos recomendados, de importancia para un reporte de resultados fiable.

Estudio de tipo descriptivo, por el hecho que la investigación presenta una sola variable de evaluación de concentración de metales pesados en el canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, en referencia al ECA nacional del DS N° 004-2017-MINAM e internacional de la OMS, que convenientemente se han elegido al As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn para su evaluación por la toxicidad que presentan. Para este tipo de estudio se utilizará la estadística descriptiva.

### **3.1.2 Nivel de investigación**

Habiendo tipificado el estudio, la investigación corresponde a un nivel descriptivo, donde se utiliza procedimientos estandarizados y normados, con el uso adecuado de los EPP, recolección de muestras, análisis in situ (temperatura, pH, conductividad y temperatura), conservación de muestras, cadena de custodia, análisis en laboratorio para conocer el contenido de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn; posterior a ello para evaluación de los resultados respecto a los ECA del DS N° 004-2017-MINAM y la OMS.

### **3.1.3 Diseño**

Estudio de diseño no experimental descriptivo transversal. No experimental en sentido que el estudio es de tipo observacional y por tanto no hay manipulación deliberada de la variable, descriptivo al limitarse en la medición y evaluación de parámetros químicos del agua como la concentración de metales pesados y transversal porque la medición se realizó en un punto específico de tiempo en el período de un día para los análisis.

El diseño se representa como:

M ———— Oi

Donde: M: muestra.

Oi: observación (13).

### 3.1.4 Enfoque

Enfoque cuantitativo, por el valor final de tipo numérico de los análisis de metales pesados del agua en el canal de regadío, con aplicación de la estadística descriptiva en la caracterización de las muestras recabadas y evaluación estadística de datos numéricos para el contraste de hipótesis, como los reportados en los ECA del DS N° 004-2017-MINAM, y el valor referencial de la OMS.

## 3.2 Población y muestra

### 3.2.1 Población

En la Figura 2 se aprecia una simulación para el río Chancay-Huaral, donde se aprecia los meses de avenida de diciembre hasta abril y los meses de estiaje de mayo hasta noviembre, apreciándose menores caudales desde junio a agosto (Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú, 2015).

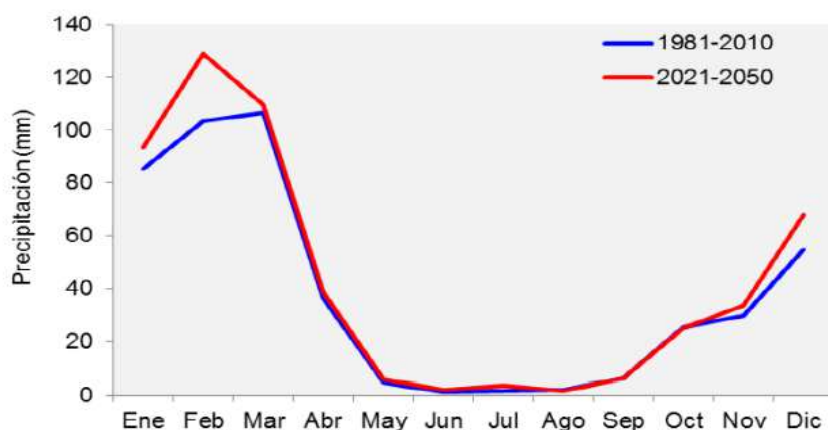


Figura 2. Variaciones de caudal durante el año del río Chancay - Huaral.

Nota. (Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú, 2015, p. 39).

De la Figura 2, se observa de junio a agosto se acentúa la época de estiaje en el río Chancay por menores caudales. En tal sentido, la investigación se realizó en el mes de julio el año 2021, considerándose que a menores caudales es más significativo la concentración de los metales pesados.

Por tanto, la población comprendió el agua en el canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral en épocas de estiaje en el mes de julio del año 2021.

### **3.2.2 Muestra**

Muestreo por conveniencia por la accesibilidad al canal de riego el cual se coordinó con la asociación de regantes del canal las siete compuertas de Huaral y muestreo sistemático para recolectar las muestras de agua del canal. Por ello, para dar la representatividad de la muestra se recabó cada cierto tiempo muestras simples de agua de riego del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral para el análisis in situ y una muestra compuesta para su envío a análisis por laboratorio acreditado por INACAL. Por tanto, se consideró: 04 muestras de agua canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral en épocas de estiaje, mes de julio del año 2021.

#### **Criterio de inclusión**

Se recolectó la muestra cuando el canal esté operando con un día de anticipación a efectos de garantizar las condiciones de régimen permanente.

#### **Criterios de exclusión**

Se excluyó muestras de agua en las siguientes condiciones:

- Presencia de solidos extraños en el recojo de muestras de agua.
- Presencia de sedimentos desprendidos den la muestra de agua.
- Condiciones en el canal a bajo flujo y/o nivel.
- Muestras cuando el canal esta inoperativo.

### **3.3 Técnicas de recolección de datos**

#### **3.3.1 Técnicas a emplear**

##### **a) Documentación**

Teniendo presente a BIOESTADISTICO (2012, 0:18 - 1:07) quien considera que la técnica documental corresponde a estudios retrospectivos, donde se limita a recabar la información registrada. Para el estudio, corresponde recabar la información nacional e internacional de los indicados por el DS N° 004-2017-MINAM y la OMS y el análisis de los reportes de ensayo facilitados por el laboratorio especializado.

## **b) Observación**

Además, BIOESTADISTICO (2012, 1:08 - 1:59) menciona que la técnica de observación no participante se da cuando no hay perturbación del medio sujeta a investigación. La técnica de observación será utilizada para documentar el punto de monitoreo, análisis de campo y recolección de muestras del agua del canal las Siete Compuertas de la provincia de Huaral para su análisis.

### **3.3.2 Descripción de los instrumentos**

Se describe los instrumentos utilizados desde la recolección hasta el análisis de metales pesados.

#### **a) Registro de identificación del punto de monitoreo**

Adaptado de acuerdo a lo indicado por el ANA (2016) en su protocolo para monitoreo de agua superficiales.

#### **b) Cadena de custodia**

Adaptado en consideración de los elementos químicos que se mandaran a analizar acuerdo al protocolo anterior. Se indica en el Anexo 6 facilitado al laboratorio de análisis.

#### **c) Equipos utilizados para análisis**

Según el informe de ensayo del laboratorio, que se indica en el Anexo 7, se utilizó para el Mercurio (CVAA-FIMS) y para los metales totales (ICP-AES).

### **3.3.3 Procedimiento**

De acuerdo ANA (2016) de su protocolo para monitoreo de agua superficiales, se adapta las actividades a realizar:

#### **3.3.3.1 Toma de muestra**

1. Utilización de los EPP de todo personal que participe en la toma de muestras.
2. Recolectar la muestra en la parte central en agua que fluya en el canal.
3. Enjuagar dos veces como mínimo los frascos de recolección de muestras.

4. Evitar remover sedimentos en la toma de muestras.
5. Cuando se muestree no tocas la parte interna del envase de recolección de muestras.
6. Recoger la muestra en sentido opuesto al flujo de agua.
7. Tomar dos muestras simples cada cuatro horas, dejando 1 % de espacio para el preservante, evitando la suciedad, película superficial y sedimentos.
8. Analizar los parámetros en campo de la primera muestra y conservar la otra para la muestra compuesta.
9. Habiendo recogido la última muestra, preparar la mezcla compuesta para su envío a laboratorio acreditado

### 3.3.3.2 Conservación y preservación de muestras

1. Agregar inmediatamente recolectada la muestra.
2. Añadir preservantes de acuerdo a la Tabla 5.
3. Considerar la hoja de seguridad del reactivo conservante.

Tabla 5

*Conservación y preservación de muestras*

Parámetro	Almacenamiento máximo (mes)	Condiciones
Arsénico	6	
Mercurio	6	
Cadmio	6	
Plomo	6	
Cromo	6	
Níquel	6	Acidificar a
Zinc	6	pH 1-2 con
Cobre	6	HNO <sub>3</sub>
Selenio	1	
Aluminio	6	
Bario	6	
Boro	6	
Manganeso	6	

Nota. (ANA, 2016).

### **3.3.3.3 Cadena de custodia**

1. Llenar la cadena de custodia y acompañar a la muestra para análisis de metales pesados.
2. La cadena de custodia debe protegerse en material plástico.
3. Utilizar un cooler para envío de la muestra.

### **3.4 Técnicas para el procesamiento de la información**

Con el reporte de análisis de metales pesados de Arsénico, Mercurio, Cadmio, Plomo, Cromo, Níquel, Zinc, Cobre, Selenio, Aluminio, Bario, Boro y Manganese., se procesó con software de hoja de cálculo para su representación, su análisis e interpretación, utilizando la estadística descriptiva con promedios y desviación estándar. Para el contraste de hipótesis, por la cantidad de muestras y las concentraciones de los metales pesados evaluados, se evidenciaron de manera directa el contraste de hipótesis, en base al ECA del DS N° 004-2017-MINAM y el valor de referencia de la OMS.



## CAPITULO IV RESULTADOS

### 4.1 Análisis de resultados

#### 4.1.1 Análisis de parámetros en campo

Para el análisis de la concentración de metales pesados, se tomó por conveniencia realizarlo en tres puntos: anterior, en y posterior al canal de distribución. La Tabla 6 indica las coordenadas de los puntos de monitoreo y la codificación de las muestras.

Tabla 6

*Coordenadas de puntos de monitoreo canal Las Siete Compuertas de Huaral*

Ubicación	Punto de monitoreo		
	Asup-1	Asup-2	Asup-3
UTM	8727391	8728342	8727312
	0262795	0263639	0262156

Nota. Environmental Testing Laboratory S.A.C. (Envirotest, 2021) Informe de ensayo N° 215124.

Tabla 7

*Análisis del agua en campo del canal Las Siete Compuertas de Huaral*

N°	Parámetros	Unidad	Asup-1	Asup-2	Asup-3
1	Conductividad	uS/cm	443,00	447,00	453,00
2	Oxígeno disuelto	mg/L	9,62	9,74	9,58
3	pH	Unidad de pH	8,79	7,99	8,69
4	Temperatura	°C	18,4	18,2	18,2

Nota. Envirotest (2021) Informe de ensayo N° 215124.

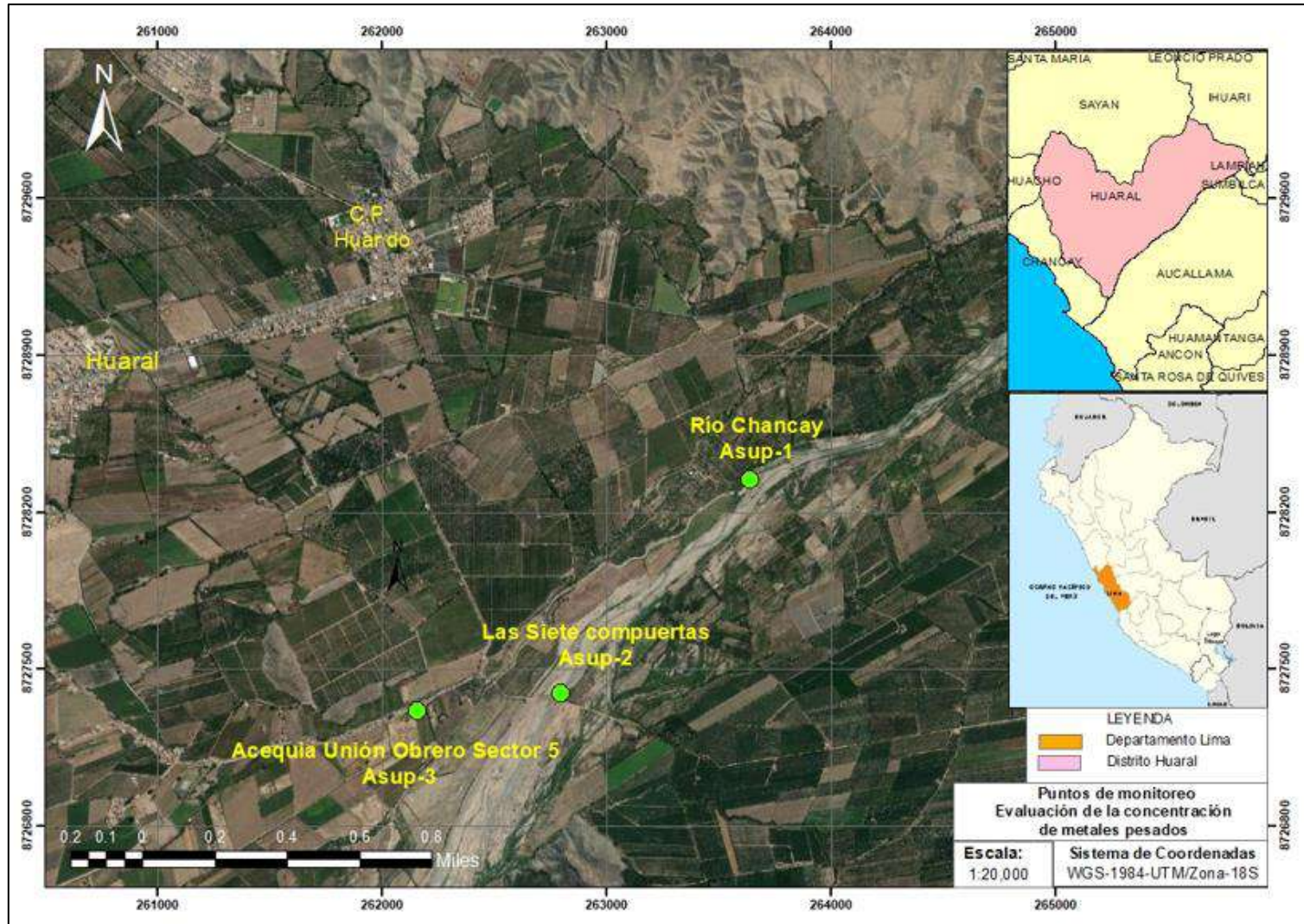


Figura 3. Ubicación punto de muestreo del canal de riego las Siete Compuertas de Huaral.

Nota. GEO GPS PERÚ (2018).

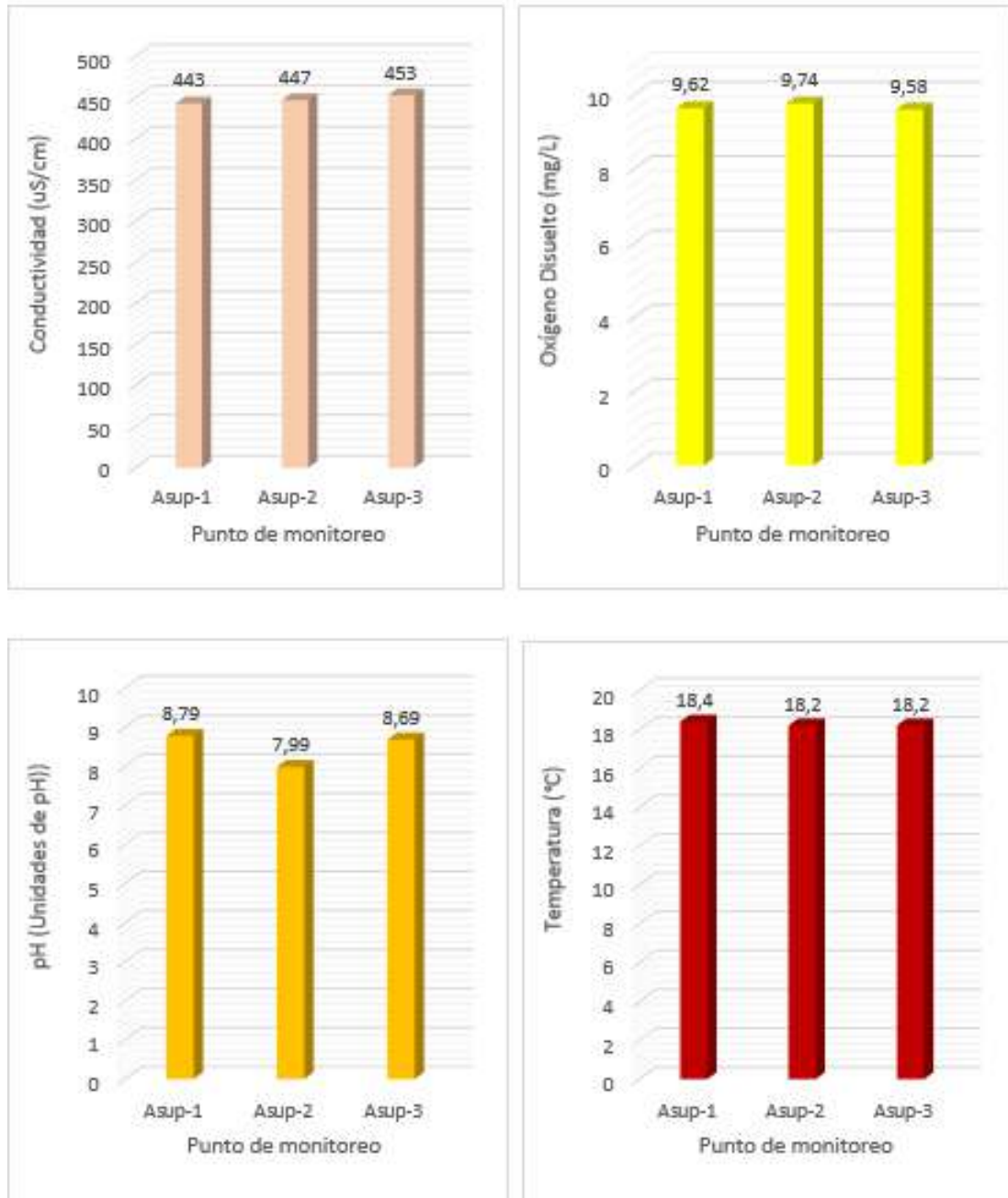


Figura 4. Variaciones de los parámetros en campo evaluados.

Nota. Elaboración propia.

En las tres muestras, se presentan variaciones de temperatura de 18,2 a 18,4 °C con promedio  $18,3 \pm 0,1$  °C, pH que varía de 7,99 a 8,79 unidades de pH con media de  $8,49 \pm 0,44$  unidades de pH, Oxígeno disuelto que varía de 9,58 a 9,74 mg/L promediando  $9,65 \pm 0,08$  mg/L y fluctuaciones de conductividad de 443 a 453 uS/cm con una media de  $447,7 \pm 5,0$  uS/cm.

#### 4.1.2 Concentración de metales pesados

De acuerdo al Límite de Detección del Método (LDM) para cada elemento analizado, se presenta la Tabla 8 el reporte de análisis de los principales metales pesados evaluados.

Tabla 8

*Reporte de metales pesados en el canal Las Siete Compuertas de Huaral*

N°	Parámetros	Punto de monitoreo (mg/L)		
		Asup-1	Asup-2	Asup-3
1	Arsénico	< 0,001	< 0,001	< 0,001
2	Mercurio	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
3	Cadmio	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005
4	Plomo	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004
5	Cromo	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023
6	Níquel	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015
7	Zinc	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009
8	Cobre	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
9	Selenio	< 0,001	< 0,001	< 0,001
10	Aluminio	0,0192	0,0138	0,0204
11	Bario	0,0457	0,0464	0,0490
12	Boro	0,2218	0,2246	0,2201
13	Manganeso	0,0021	<0,0004	0,0020

Nota. Envirotest (2021) Informe de ensayo N° 215124.

En la Figura 5, se aprecia la variación relativa de los Límites de Detección del Método (LDM) para los metales pesados Arsénico, Mercurio, Cadmio, Plomo, Cromo, Níquel, Zinc, Cobre, Selenio, que reportaron la corridas de las muestras, el cual es inferior a la sensibilidad del método.

Asimismo, en la Figura 6 se evidencia que la concentración Boro, Bario, Aluminio y Manganeso, si son detectados y supera el LDM, apreciándose que de todos los metales considerados para evaluación, la mayor concentración la posee el Boro, seguido de Bario, Aluminio y Manganeso (Boro  $0,2222 \pm 0,0023$  mg/L, Bario  $0,0470 \pm 0,0017$  mg/L, Aluminio  $0,0178 \pm 0,0035$  mg/L y Manganeso  $0,0015 \pm 0,0010$  mg/L).

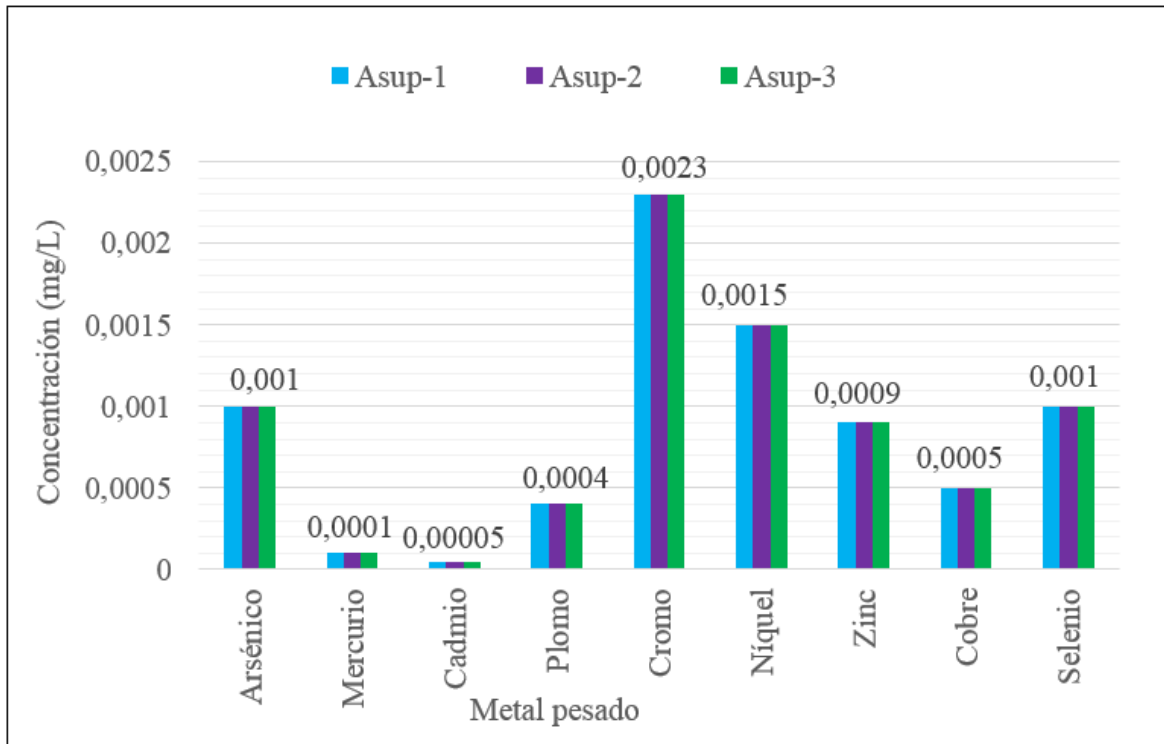


Figura 5. Concentración de metales pesados que no sobrepasaron el Límite de Detección del Método.

Nota. Elaboración propia.

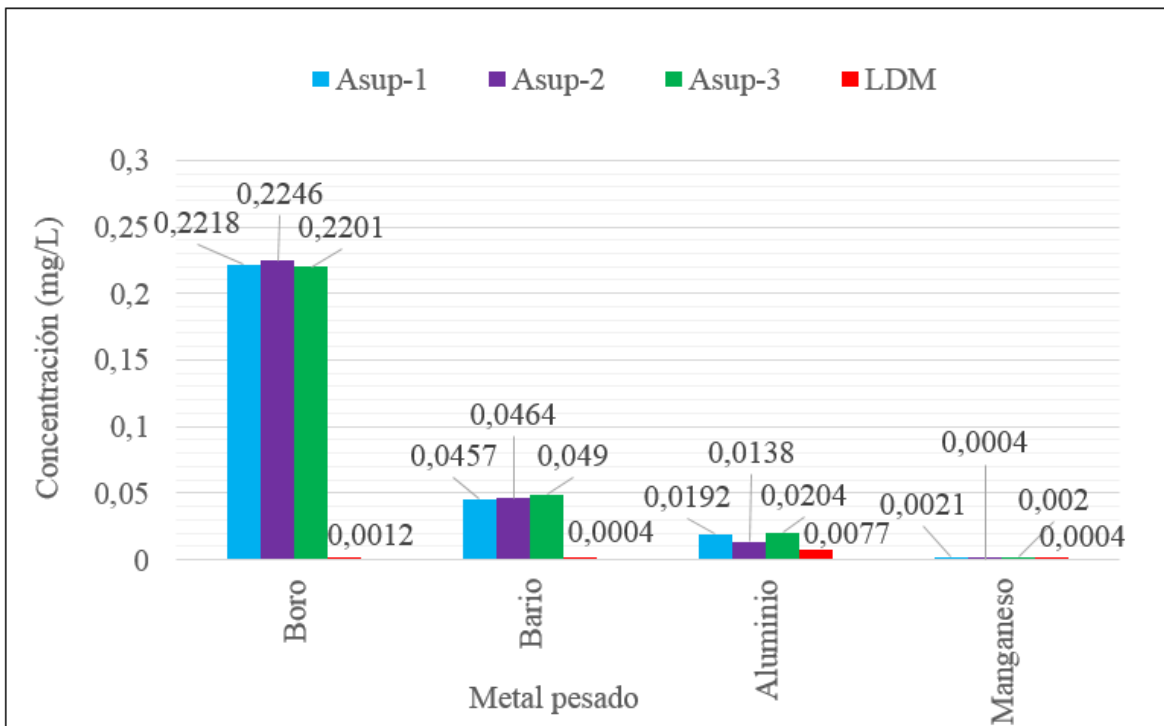


Figura 6. Metales pesados que sobrepasaron el Límite de Detección del Método.

Nota. Elaboración propia.

### 4.1.3 Evaluación de metales pesados respecto al ECA del MINAM

Tabla 9

*Evaluación de metales pesados respecto al ECA del MINAM*

N°	Parámetros	Punto de monitoreo			ECA (mg/L)	
		Asup-1 mg/L	Asup-2 mg/L	Asup-3 mg/L	Riego vegetales	Bebida animales
1	Arsénico	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,1	0,2
2	Mercurio	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,001	0,01
3	Cadmio	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	0,01	0,05
4	Plomo	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	0,05	0,05
5	Cromo	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	0,1	1
6	Níquel	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	0,2	1
7	Zinc	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	2	24
8	Cobre	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,2	0,5
9	Selenio	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,02	0,05
10	Aluminio	0,0192	0,0138	0,0204	5	5
11	Bario	0,0457	0,0464	0,0490	0,7	NA
12	Boro	0,2218	0,2246	0,2201	1	5
13	Manganeso	0,0021	<0,0004	0,0020	0,2	0,2

Nota. Envirotest (2021) Informe de ensayo N° 215124.

Para Arsénico, las concentraciones encontradas son inferiores a 0,001 mg/L (LDM), no teniéndose la certeza de la presencia de este metal en las aguas de riego del canal, pero se puede asegurar que su concentración está muy por debajo del ECA en 100 veces menor para riego de vegetales 0,1 mg/L y 200 veces menor al de bebida de animales 0,2 mg/L.

Para Mercurio, reportan valores inferiores a 0,0001 mg/L (LDM), no teniéndose la certeza de la presencia de este metal en las aguas de riego del canal, pero se puede asegurar que su concentración está por debajo del ECA en 10 veces menor para riego de vegetales 0,001 mg/L y 100 veces menor al de bebida de animales 0,01 mg/L.

Para Cadmio, los contenidos reportados son inferiores a 0,00005 mg/L (LDM), no teniéndose la certeza de la presencia de este metal en las aguas de riego del canal, pero se

puede asegurar que su concentración está por debajo del ECA en 200 veces menor para riego de vegetales 0,01 mg/L y 1 000 veces menor al de bebida de animales 0,05 mg/L.

Para Plomo, los reportes de análisis arrojan valores inferiores a 0,0004 mg/L (LDM), no pudiéndose asegurar de la presencia de este metal en las aguas de riego del canal, pero se puede asegurar que su concentración está por debajo del ECA en 125 veces menor para riego de vegetales y también para bebida de animales de 0,05 mg/L.

Para Cromo, las concentraciones son inferiores a 0,0023 mg/L (LDM), no pudiéndose afirmar de la presencia de este metal en las aguas de riego del canal, pero se puede afirmar que su concentración está por debajo del ECA en 43,5 veces menor para riego de vegetales 0,1 mg/L y también 434,8 veces menor al de bebida de animales 1 mg/L.

Para Níquel, las concentraciones reportadas son inferiores a 0,0015 mg/L (LDM), no teniéndose la seguridad de la presencia de este metal en las aguas de riego del canal, pero se puede afirmar que su concentración está por debajo del ECA en 133,3 veces menor para riego de vegetales 0,2 mg/L y 666,7 veces menor al de bebida de animales 1 mg/L.

Para Zinc, todos los contenidos reportados son inferiores a 0,0009 mg/L (LDM), no teniéndose la certeza de la presencia de este metal en las aguas de riego del canal, pero se puede asegurar que su concentración está por debajo del ECA en 2 222 veces menor para riego de vegetales 2 mg/L y 26 667 veces menor al de bebida de animales 24 mg/L.

Para Cobre, las concentraciones reportadas son inferiores a 0,0005 mg/L (LDM), no asegurándose de la presencia de este metal en las aguas de riego del canal, pero se puede asegurar que su concentración está por debajo del ECA en 400 veces menor para riego de vegetales 0,2 mg/L y 1 000 veces menor al de bebida de animales 0,5 mg/L.

Para Selenio, el reporte de sus contenidos son inferiores a 0,001 mg/L (LDM), no teniéndose la certeza de la presencia de este metal en las aguas de riego del canal, pero se asegura que su concentración está por debajo del ECA en 20 veces menor para riego de vegetales 0,02 mg/L y 50 veces menor al de bebida de animales 0,05 mg/L.

Para Aluminio, el reporte de concentraciones varía de 0,0138 a 0,0204 mg/L, asegurándose que la máxima concentración reportada está por debajo del ECA en 245 veces menor para riego de vegetales y al de bebida de animales de 5 mg/L.

Para Bario, su contenido fluctúa de 0,0457 a 0,0490 mg/L, asegurándose que la máxima concentración encontrada está por debajo del ECA en 14,3 veces menor para riego de vegetales 0,7 mg/L

Para Boro, las concentraciones varían de 0,2201 a 0,2246 mg/L, asegurándose que la máxima concentración encontrada está por debajo del ECA en 4,5 veces menor para riego de vegetales 1 mg/L y en 22,3 veces al de bebida de animales 5 mg/L.

Para Manganeso, presenta una concentración máxima de 0,0021 mg/L, asegurándose que ésta se encuentra por debajo del ECA en 95,2 veces menor para riego de vegetales y bebida de animales de 0,2 mg/L.

#### 4.1.4 Evaluación de metales pesados respecto a la OMS

Tabla 10

*Evaluación de metales pesados respecto al valor de referencia de la OMS*

N°	Parámetros	Punto de monitoreo			Valor de referencia OMS (mg/L)
		Asup-1 mg/L	Asup-2 mg/L	Asup-3 mg/L	
1	Arsénico	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01
2	Mercurio	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,006
3	Cadmio	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	0,003
4	Plomo	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	0,01
5	Cromo	< 0,0023	< 0,0023	< 0,0023	0,05
6	Níquel	< 0,0015	< 0,0015	< 0,0015	0,07
7	Zinc	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	NA
8	Cobre	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	2
9	Selenio	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,04
10	Aluminio	0,0192	0,0138	0,0204	NA
11	Bario	0,0457	0,0464	0,0490	1,3
12	Boro	0,2218	0,2246	0,2201	2,4
13	Manganeso	0,0021	<0,0004	0,0020	0,4

Nota. Envirotest (2021) Informe de ensayo N° 215124.



Para Arsénico, sus concentraciones son inferiores a 0,001 mg/L (LDM), asegurándose que está muy por debajo del valor de referencia de la OMS en 10 veces menor a 0,01mg/L.

Para Mercurio, sus contenidos no superan a 0,0001 mg/L (LDM), afirmándose que está muy por debajo del valor de referencia de la OMS en 60 veces menor a 0,006 mg/L.

Para Cadmio, sus concentraciones son inferiores a 0,00005 mg/L (LDM), asegurándose que están muy por debajo del valor de referencia de la OMS en 60 veces menor a 0,003 mg/L.

Para Plomo, sus contenidos no superan a 0,0004 mg/L (LDM), asegurándose que están muy por debajo del valor de referencia de la OMS en 25 veces menor a 0,01 mg/L.

Para Cromo, sus concentraciones son inferiores a 0,0023 mg/L (LDM), afirmándose que están muy por debajo del valor de referencia de la OMS en 21,7 veces menor a 0,05 mg/L.

Para Níquel, sus contenidos no superan a 0,0015 mg/L (LDM), afirmándose que están muy por debajo del valor de referencia de la OMS en 46,7 veces menor a 0,07mg/L.

Para Cobre, sus concentraciones son inferiores a 0,0005 mg/L (LDM), evidenciando que están muy por debajo del valor de referencia de la OMS en 4 000 veces menor a 2 mg/L.

Para Selenio, sus concentraciones no superan a 0,001 mg/L (LDM), el cual está muy por debajo del valor de referencia de la OMS en 40 veces menor a 0,04 mg/L.

Para Bario, sus concentraciones fluctúan de 0,0457 a 0,0490 mg/L, donde su máxima concentración reportada está por debajo del valor de referencia de la OMS en 26,5 veces menor a 1,3 mg/L.

Para Boro, el reporte de análisis varía de 0,2201 a 0,2246 mg/L, el cual está muy por debajo del valor de referencia de la OMS en 10,7 veces menor a 2,4 mg/L.

Para Manganeso, su concentración máxima de 0,0021 mg/L, permite asegurar que se encuentra por debajo del valor de referencia de la OMS en 190,5 veces menor a 0,4 mg/L

En la Tabla 11, se consolida las comparaciones relativas de los análisis reportados, donde se puede apreciar que los contenidos de los metales pesados evaluados son muy inferiores al ECA o valor de referencia de la normativa considerada.

Tabla 11

*Resumen comparativo del ratio del análisis de metales pesados respecto a la norma*

N°	Parámetros	ECA		Valor de referencia OMS	Análisis respecto a la normativa
		Riego vegetales	Bebida animales		
1	Arsénico	100	200	10	Cumple
2	Mercurio	10	100	60	Cumple
3	Cadmio	200	1 000	60	Cumple
4	Plomo	125	125	25	Cumple
5	Cromo	43,5	434,8	21,7	Cumple
6	Níquel	133,3	666,7	46,7	Cumple
7	Zinc	2 222	26 667	NA	Cumple
8	Cobre	400	1 000	4 000	Cumple
9	Selenio	20	50	40	Cumple
10	Aluminio	245	245	NA	Cumple
11	Bario	14,3	NA	26,5	Cumple
12	Boro	4,5	22,3	10,7	Cumple
13	Manganeso	95,2	95,2	190,5	Cumple

Nota. Elaboración propia

La Figura 7, representa la razón de los valores de contrastación respecto a las ECA y valores de referencia de la OMS.

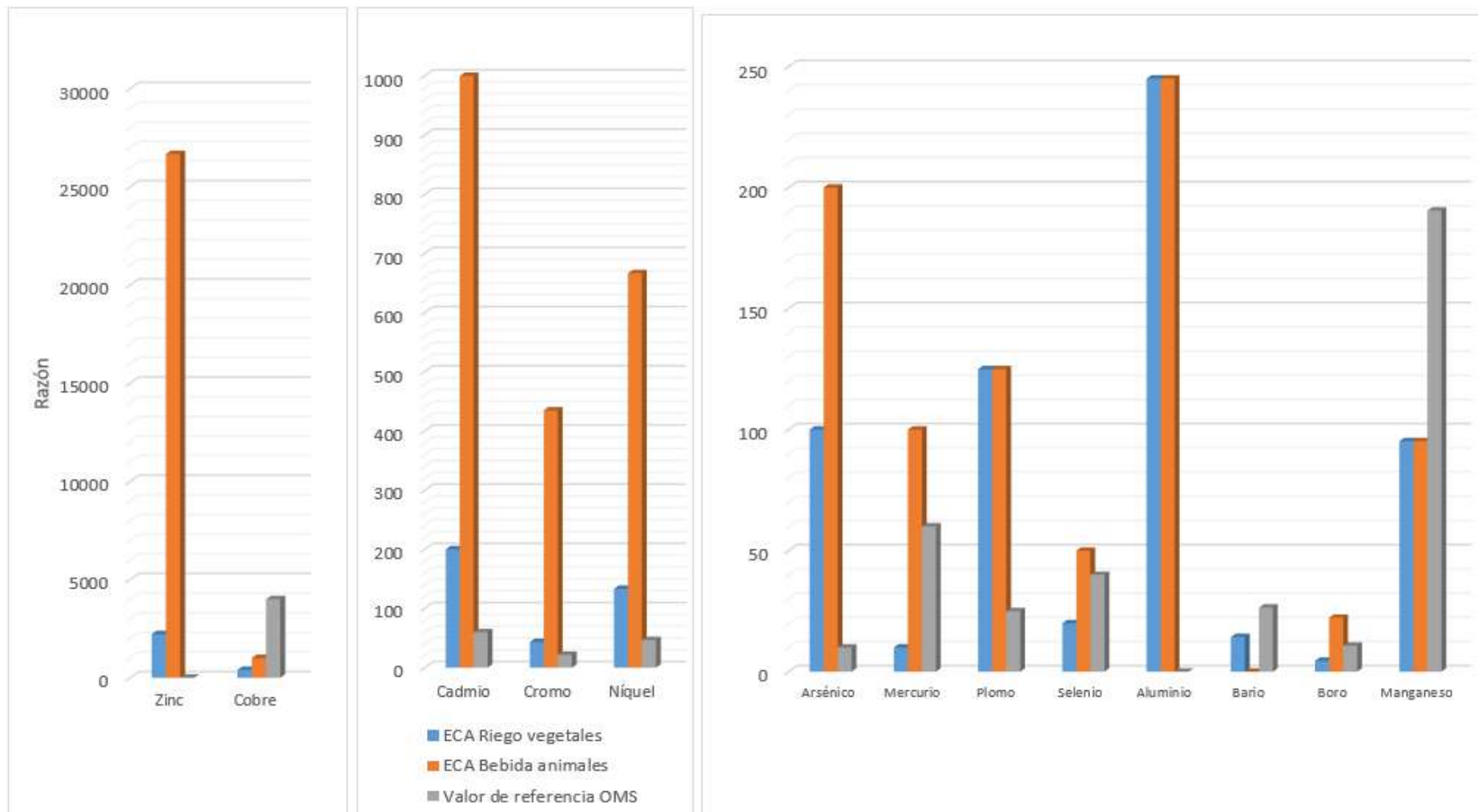


Figura 7. Veces menor de la concentración de metales pesados respecto al ECA y valor de referencia

Nota. Elaboración propia.

## **4.2 Contrastación de hipótesis**

### **4.2.1 Hipótesis de investigación general**

#### **Hipótesis general**

La concentración de metales pesados en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, no cumplen con el ECA del DS N° 004-2017-MINAM y el valor de referencia de la OMS.

#### **Análisis e interpretación**

La concentración de metales pesados evaluados: Arsénico, Mercurio, Cadmio, Plomo, Cromo, Níquel, Zinc, Cobre, Selenio, Aluminio, Bario, Boro y Manganeso, del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral está muy por debajo del ECA del DS N° 004-2017-MINAM y del valor de referencia de la OMS, rechazándose la hipótesis general y afirmándose que el contenido de metales pesados evaluados (As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn) cumplen con lo que dispone el ECA del DS N° 004-2017-MINAM y el valor de referencia de la OMS en julio del año 2021.

### **4.2.2 Hipótesis presencia metales pesados**

#### **Hipótesis específica 1**

Existe presencia de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral.

#### **Análisis e interpretación**

De acuerdo a los reportes de análisis de laboratorio, se acepta la hipótesis parcialmente, no se tiene la certeza de la presencia de Arsénico, Mercurio, Cadmio, Plomo, Cromo, Níquel, Zinc, Cobre y Selenio al no ser detectados en la medición, siendo inferiores al Límite de Detección del Método (LDM) para estos metales. Por otro lado, sí se detectan presencias de Aluminio, Bario, Boro y Manganeso en las muestras de agua del canal siete Compuertas del distrito de Huaral en julio del año 2021.

#### **4.2.3 Hipótesis cumplimiento ECA del MINAM**

##### **Hipótesis específica 2**

La concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, incumple con el ECA del DS N° 004-2017-MINAM.

##### **Análisis e interpretación**

De acuerdo a los reportes de análisis de laboratorio y comparaciones respecto al ECA del DS N° 004-2017-MINAM, se rechaza la hipótesis específica 2 y se puede afirmar que las concentraciones de Arsénico, Mercurio, Cadmio, Plomo, Cromo, Níquel, Zinc, Cobre, Selenio, Aluminio, Bario, Boro y Manganeso en el canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral cumplen con el ECA del DS N° 004-2017-MINAM en julio del año 2021.

#### **4.2.4 Hipótesis cumplimiento valor de referencia de la OMS**

##### **Hipótesis específica 3**

La concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, incumplen con el valor de referencia de la OMS.

##### **Análisis e interpretación**

De igual manera, de los reportes de análisis de laboratorio y comparaciones respecto al valor de referencia de la OMS, se rechaza la hipótesis específica 3 y se puede afirmar que las concentraciones de Arsénico, Mercurio, Cadmio, Plomo, Cromo, Níquel, Zinc, Cobre, Selenio, Aluminio, Bario, Boro y Manganeso en el canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral cumplen con el valor de referencia de la OMS en julio del año 2021.

## **CAPITULO V**

### **DISCUSIÓN**

#### **5.1 Discusión de resultados**

La concentraciones en mg/L para Arsénico < 0,001, Mercurio < 0,0001, Cadmio < 0,00005, Plomo < 0,0004, Cromo < 0,0023, Níquel < 0,0015, Zinc < 0,0009, Cobre < 0,0005, Selenio < 0,001, Aluminio < 0,0204, Bario < 0,0490, Boro < 0,2246 y Manganeso < 0,0021 en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de Huaral en julio de 2021 cumplen con lo que dispone el ECA del DS N° 004-2017-MINAM categoría la 3 de Riego de vegetales y bebida de animales y el valor de referencia de la OMS. En comparación con estudios similares, considerándose los mismos estándares, son concordantes con lo que reportaron para a) Arsénico: Morales (2018), Mancilla-Villa et al. (2017), Sánchez-Araujo et al (2021), Izquierdo y Verástegui (2017); b) Mercurio: Sánchez-Araujo et al (2021), Villanueva (2018) e Izquierdo y Verástegui (2017), c) Cadmio: Morales (2018), Mancilla-Villa et al. (2017), Sánchez-Araujo et al (2021), Salas-Mercado et al (2020) e Izquierdo y Verástegui (2017), d) Plomo Babativa y Caicedo (2018), Mancilla-Villa et al. (2017), Sanchez (2019), Villanueva (2018) e Izquierdo y Verástegui (2017), e) Cromo: Babativa y Caicedo (2018), Morales (2018), Sánchez-Araujo et al (2021), Villanueva (2018) e Izquierdo y Verástegui (2017), f) Níquel: Babativa y Caicedo (2018), Zinc Patiño y Camilo (2020), Salas-Mercado et al (2020) y Villanueva (2018), g) Selenio: Morales (2018), Aluminio Sanchez (2019), h) Bario: Villanueva (2018). Se discrepa en que no cumple lo reportado para a) Arsénico: Colón (2019), b) Mercurio: Mancilla-Villa et al. (2017), c) Cadmio: Colón (2019) y Villanueva (2018), d) Plomo: Patiño y Camilo (2020), Colón (2019), Morales (2018), Sánchez-Araujo et al (2021) y e) Cromo: Patiño y Camilo (2020), Colón (2019), Manganeso: Villanueva (2018). El análisis de estos estudios, permiten evidenciar que existen ríos en nuestro y en otros países que sobrepasan en las normas del ECA del MINAM categoría la 3 y el valor de referencia de la OMS.

Las concentraciones de Arsénico, Mercurio, Cadmio, Plomo, Cromo, Níquel, Zinc, Cobre y Selenio son inferiores al Límite de Detección del Método (LDM) por lo que no se puede tener la certeza de la presencia de éstos, más sí para el Aluminio, Bario, Boro y Manganeso que se detectó la presencia en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de Huaral en julio de 2021. Estudios similares detectaron la presencia de metales pesados, como Patiño y Camilo (2020) Pb, Cr y Zn, Colón (2019) As, Cd, Cr y Pb, Babativa y Caicedo (2018) Cr, Ni y Pb, Mancilla-Villa et al. (2017) As, Cd, Hg y Pb, Sánchez-Araujo et al (2021) As, Pb, Cr, Hg y Cd, Salas-Mercado et al (2020) As, Cd y Zn, Sanchez (2019) Pb, Al y Sr, Villanueva (2018) Cd, Hg Al, Ba, B, Cu, Li, Mg, Mn, Zn, Morales (2018) As y Se, Izquierdo y Verástegui (2017) As. Otros estudios detectaron ocasionalmente metales pesados, como Morales (2018) Cd, Cr, Pb, Villanueva (2018) Pb, Cr, Izquierdo y Verástegui (2017) Cd, Pb. También hay estudios similares, que no detectaron metales pesados como Morales (2018) Cd, Cr, Pb e Izquierdo y Verástegui (2017) Cr, Hg. De todo ello, se debe tener en cuenta realizar estudios complementarios con la utilización de equipos que presenten mayor sensibilidad a tal punto que pueda detectar trazas de metales pesados.

La evaluación de metales pesados respecto al ECA del DS N° 004-2017-MINAM de la categoría 3 para Riego de vegetales y bebida de animales del, evidencian que los ECA superan respectivamente para Arsénico 100 y 200 veces, Mercurio 10 y 100 veces, Cadmio 200 y 1 000 veces, Plomo ambos 125 veces, Cromo 43,5 y 434,8 veces, Níquel 133,3 y 666,7, Zinc 2 222 y 26 667, Cobre 400 y 1 000, Selenio 20 y 50 veces, Aluminio ambos 245 veces, Bario 14,3 veces y NA, Boro 4,5 y 22,3 veces, Manganeso 95,2 y 95,2 veces. Cumpliendo con el ECA del DS N° 004-2017-MINAM categoría la 3 para Riego de vegetales y bebida de animales, la concentración de metales pesados evaluados en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de Huaral en julio de 2021. Estudios similares que al compararse con el menor valor del ECA del DS N° 004-2017-MINAM, cumplen para a) Arsénico (ECA 0,1 y 0,2): Morales (2018), Mancilla-Villa et al. (2017), Sánchez-Araujo et al (2021) e Izquierdo y Verástegui (2017), b) Mercurio (ECA 0,001 y 0,01): Sánchez-Araujo et al (2021), Villanueva (2018) e Izquierdo y Verástegui (2017), c) Cadmio (ECA 0,01 y 0,05): Morales (2018), Mancilla-Villa et al. (2017), Sánchez-Araujo et al (2021), Salas-Mercado et al (2020) e Izquierdo y Verástegui (2017), d) Plomo (ECA 0,05 y 0,05): Babativa y Caicedo (2018), Morales (2018), Mancilla-Villa et al. (2017), Sánchez-Araujo et al (2021), Sanchez (2019), Villanueva (2018) e Izquierdo y Verástegui (2017), e) Cromo (ECA 0,1 y 1): Babativa y Caicedo (2018), Morales (2018), Sánchez-Araujo et al (2021), Villanueva

(2018) e Izquierdo y Verástegui (2017), f) Níquel (ECA 0,2 y 1): Babativa y Caicedo (2018), g) Zinc (ECA 2 y 24); Patiño y Camilo (2020), Salas-Mercado et al (2020) y Villanueva (2018), h) Selenio (ECA 0,02 y 0,05): Morales (2018), i) Aluminio (ECA 5 y 5): Sanchez (2019) y j) Bario (ECA 0,7 y NA): Villanueva (2018). Otros estudios que al compararse con el menor valor del ECA del DS N° 004-2017-MINAM no cumplen para a) Arsénico: Colón (2019), b) Mercurio: Mancilla-Villa et al. (2017), c) Cadmio: Colón (2019) y Villanueva (2018), d) Plomo: Patiño y Camilo (2020) y Colón (2019), e) Cromo: Patiño y Camilo (2020) y Colón (2019), f) Cobre: Villanueva (2018), g) Boro: Villanueva (2018) y h) Manganeso: Villanueva (2018). Estos estudios, evidencian que algunos metales pesados como As, Hg, Cd, Pb, Cr, Cu, B y Mg no cumplen el ECA del DS N° 004-2017-MINAM y que debe evaluarse necesariamente en otras fuentes de agua.

La evaluación de metales pesados respecto al valor de referencia de la OMS, superan para Arsénico 10 veces, Mercurio 60 veces, Cadmio 60 veces, Plomo 25 veces, Cromo 21,7 veces, Níquel 46,7 veces, Zinc NA, Cobre 4 000 veces, Selenio 40 veces, Aluminio NA, Bario 26,5 veces, Boro 10,7 veces, Manganeso 190,5 veces. Cumpliendo con los valores de referencia de la OMS la concentración de metales pesados evaluados en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de Huaral en julio de 2021. Comparando con el valor de referencia de la OMS. Estudios similares que al compararse con el valor de referencia (VR en mg/L) de la OMS cumplen para a) Arsénico (VR 0,01): Morales (2018), Mancilla-Villa et al. (2017), Sánchez-Araujo et al (2021) e Izquierdo y Verástegui (2017)), b) Mercurio (VR 0,006): Sánchez-Araujo et al (2021). Salas-Mercado et al (2020), Villanueva (2018) e Izquierdo y Verástegui (2017), c) Cadmio (VR 0,003): Morales (2018), Mancilla-Villa et al. (2017), Sánchez-Araujo et al (2021), Salas-Mercado et al (2020) e Izquierdo y Verástegui (2017), d) Plomo (VR 0,01): Babativa y Caicedo (2018), Mancilla-Villa et al. (2017), Sanchez (2019), Villanueva (2018) e Izquierdo y Verástegui (2017), e) Cromo (VR 0,05): Babativa y Caicedo (2018) y Morales (2018), Sánchez-Araujo et al (2021), Villanueva (2018) e Izquierdo y Verástegui (2017), f) Níquel (VR 0,07): Babativa y Caicedo (2018), g) Zinc (VR NA), h) Cobre (VR 2): Villanueva (2018), i) Selenio (VR 0,04): Morales (2018), j) Aluminio (VR NA), k) Bario (VR 1,3): Villanueva (2018), l) Boro (VR 2,4): Villanueva (2018). Otros estudios que al compararse con el valor de referencia de la OMS no cumplen para a) Arsénico: Colón (2019), b) Mercurio: Mancilla-Villa et al. (2017), c) Cadmio: Colón (2019) y Villanueva (2018), d) Plomo: Patiño y Camilo (2020), Colón (2019), Morales (2018) y Sánchez-Araujo et al (2021), e) Cromo: Patiño y Camilo (2020) y Colón (2019) y



f) Manganeso: Villanueva (2018). En lo que respecta a lo que menciona la OMS se evidencia por otras investigaciones que existe presencia de As, Hg, Pb y Cr que pudieran presentar un daño potencial a la salud del hombre, la que merece nuestra atención en fuentes de agua dulce.

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

- Se reportaron concentraciones inferiores en As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se respecto al Límite de Detección del Método (LDM), y detectándose concentraciones de Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral en julio del 2021.
- Las concentraciones de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn cumplen con el ECA del DS N° 004-2017-MINAM (categoría 3 para riego de vegetales y bebida de animales) en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral en julio del 2021.
- Las concentraciones de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn cumplen con el valor de referencia de la OMS (calidad de agua para consumo humano) en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral en julio del 2021.

#### **6.2 Recomendaciones**

- Conociendo que algunos metales pesados tienen propiedades de bioacumulación en nuestro organismo, se sugiere evaluar los parámetros de los ECA y también la utilización de equipos de medición instrumental que posean una mayor sensibilidad, como es el caso de equipos que reportan resultados en partes por trillón. Y asimismo, realizar la evaluación en épocas de avenida para el contraste y análisis con mayor caudal del río.
- Realizar evaluaciones de metales pesados en períodos más cortos de tiempo, trimestrales o anuales del agua del río Chancay de ingreso al distrito de Huaral, Chancay y la desembocadura al océano pacífico para el analizar el efecto que

tiene las actividades de las ciudades en la contaminación del río, toda vez que, al llegar al mar, éstos pueden contaminar los organismos vivientes que pueden llegar a ser un foco potencial de contaminación al hombre por su consumo.

- Ampliar la investigación para la evaluación de los principales metales pesados que causan daño al hombre, en el agua potable que disponen los habitantes de la ciudad de Huaral y Chancay en períodos trimestrales, por estación o anual con mayor cantidad de muestras, considerando que actualmente todas las actividades del hombre afectan e inciden en la calidad de la fuente de agua de suministro a las plantas de tratamiento de agua potable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Fuentes documentales

- Babativa, I. A., & Caicedo, J. C. (2018). *Evaluación de la presencia y distribución de los metales pesados cromo, níquel y plomo en el río Ocoa, en la zona comprendida entre la desembocadura del caño Maizaro hasta el puente Murujuy, Municipio de Villavicencio – Meta*. (Tesis de pregrado), Universidad Santo Tomás, Villavicencio, Colombia.  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/12075/2018ivonbarativa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Colón, A. J. (2019). Análisis de metales pesados en el Embalse Cerrillos de Ponce, Puerto Rico. *Revista interamericana de ambiente y turismo*, 15(1), 2-13.  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-235X2019000100002>
- García, M. E. (2018). La ecosofía: un aporte a la memoria de Pueblo Bello. *Revista Lasallista de Investigación*, 15(1), 143 -151. <http://dx.doi.org/10.22507/rli.v15n1a16>
- Izquierdo, J. L., & Verástegui, S. P. (2017). *Concentración de metales pesados (As, Cd, Cr, Hg y Pb) en el agua de la cuenca baja del río Jequetepeque, en relación a los estándares de calidad del agua - Categoría 3, Cajamarca – 2016*. (Tesis de pregrado), Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Cajamarca, Perú.  
<http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/213/TESIS%20100%25%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Londoño-Franco, L. F., Londoño-Muñoz, P. T., & Muñoz-García, F. G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*, 14(2), 145-153.  
[http://dx.doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](http://dx.doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)
- Mancilla-Villa, O. R., Fregoso-Zamorano, B. E., Hueso-Guerrero, E. J., Guevara-Gutiérrez, R. D., Palomera-García, C., Olguín-López, J. L., . . . Flores-Magdaleno, H. (2017). Concentración iónica y metales pesados en el agua de riego de la cuenca del río Ayuquila-Tuxcacuesco-Armería. *Idesia (Arica)*, 35(3), 115-123.  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292017005000303>

- Morales, L. S. (2018). *Estudio exploratorio de los niveles de metales pesados (As, Cd, Cr, Pb, Se) en el río Guastatoya, departamento de El Progreso*. (Tesis de pregrado), Universidad De San Carlos De Guatemala, Guatemala. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/Q237.pdf>
- Patiño, Y. F., & Camilo, A. (2020). *Identificación y comparación de presencia de metales pesados: Pb, Cr Y Zn en el río Ocoa y sus fuentes de origen antrópico, Villavicencio-Meta*. (Tesis de pregrado), Universidad Santo Tomás, Villavicencio, Colombia). <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/28002/2020axelsanchez.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Rivera, H., Chira, J., Chacón, I., Campian, M., Cotrina, J., & Rosales, A. (2010). Geodisponibilidad de metales pesados en sedimentos de los ríos Chancay y Huaura. Departamento de Lima. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 13(26). <https://link.gale.com/apps/doc/A298751029/IFME?u=anon~995a49c9&sid=google Scholar&xid=f6d4d8f8>
- Rodríguez, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *Medisan*, 21(12), 3372-3385. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1029-30192017001200012](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017001200012)
- Salas-Mercado, D., Hermoza-Gutiérrez, M., & Salas-Ávila, D. (2020). Distribución de metales pesados y metaloides en aguas superficiales y sedimentos del río Crucero, Perú. *Revista Boliviana de Química*, 37(4), 185-193. <http://dx.doi.org/10.34098/2078-3949.37.4.1>
- Sanchez, R. R. (2019). *Niveles de metales pesados (Pb, Al y Sr) en época de avenida y estiaje en el río Osmore, región Moquegua*. (Tesis de maestría), Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/8804/UPMsavarr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez-Araujo, V. G., Palomino-Pastrana, P. A., Chávez-Araujo, E. R., & Alvarez-Ticllasuca, A. (2021). Presencia de metales pesados del río Ichu en zonas adyacentes al distrito de Huancavelica, Perú. *Polo de conocimiento*, 6(5), 3-13. doi:10.23857/pc.v6i5.2627
- Valera, L. (2019). Ecología humana. Nuevos desafíos para la ecología y la filosofía. *Arbor*, 195(792), a509. <https://doi.org/10.3989/arbor.2019.792n2010>

- Villanueva, T. L. (2018). *Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas superficiales del río Ayaviri para fines de riego*. (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Del Altiplano De Puno, Puno, Perú.  
[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14602/Villanueva\\_Alvarado\\_Tanya\\_Luz.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14602/Villanueva_Alvarado_Tanya_Luz.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Villena, J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*, 35(2), 304-308.  
<http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>

### **Fuentes bibliográficas**

- Aquino, P. (2017). *Calidad del agua en el Perú. Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales* (1a ed.). Lima, Perú: DAR.
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales* (1a ed.). Lima, Perú: Gráfica Industrial Alarcón S.R.L.
- Environmental Testing Laboratory S.A.C. (2021). Informe de ensayo N° 215124. Lima, Perú.
- Geissler, G., & Arrollo, M. (2011). *El agua como un recurso natural renovable*. México D.F., México: Trillas.
- Ministerio del Ambiente. (2016a). *Aprende a prevenir los efectos del mercurio módulo 1: salud y ambiente*. (1a ed.). Lima, Perú: Servicios Generales Q&F Hermanos S. A. C.
- Ministerio del Ambiente. (2016b). *Aprende a prevenir los efectos del mercurio módulo 3: Agua y alimento* (1a ed.). Lima, Perú: Gráfica39 S. A. C.
- Romero, J. A. (2004). *Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño* (3a ed.). Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

### **Fuentes hemerográficas**

- Congreso Constituyente Democrático del Perú. (1993). *Constitución Política del Perú*. Lima: Congreso Constituyente Democrático del Perú.
- Congreso de la República del Perú. (2005). *Ley N° 28611 del 15 de octubre del 2005 por el cual se da la Ley General del Ambiente*. Lima: Congreso de la República del Perú.
- Presidencia de la República del Perú. (2017). *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM del 07 de junio del 2017 donde se Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para*

*Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Lima: Presidencia de la República del Perú.

### **Fuentes electrónicas**

Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2020). *Lista de prioridades de sustancias*. Obtenido de <https://www.atsdr.cdc.gov/spl/index.html>

BIOESTADISTICO. (2012, 16 de marzo). 19. *Técnicas de recolección de datos / Metodología de la investigación científica* [Video]. YouTube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=6uRAkQdGmDU>

GEO GPS PERÚ. (2018). Limite Distrital - Político - Shapefile - INEI Actualizado. Obtenido de [https://drive.google.com/file/d/19NIT3dNIPO\\_ismoXg55rmZdIVT7K4RxY/view](https://drive.google.com/file/d/19NIT3dNIPO_ismoXg55rmZdIVT7K4RxY/view)

Google Maps. (2021). *Mapa de ubicación Canal de agua para riego las Siete compuestas de Huaral*. Obtenido de <https://www.google.com.pe/maps/@-11.4983343,-77.186755,2661m/data=!3m1!1e3!4m2!6m1!1s1rMGAgJLM-9vWajrs8hmfIWzaOprozMEF?hl=es-419>

Organización Mundial de la Salud. (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano* (Cuarta edición que incorpora la primera adenda). Ginebra, Suiza. Obtenido de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>

Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú. (2015). *Impacto del Cambio Socio Económico y Climático en la gestión de recursos hídricos: cuenca del río Chancay-Huaral*. Obtenido de <http://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/436/Impacto-Cambio-Socio-Econ%C3%B3mico-Clim%C3%A1tico-gesti%C3%B3n-recursos-h%C3%ADricos.pdf?sequence=1>

## **ANEXOS**



## Anexo 1. Matriz de consistencia

### Evaluación de la concentración de metales pesados en el canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, 2021

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicadores	Valor final	Métodos y técnicas
<b>General</b>	<b>General</b>	<b>General</b>					<b>Tipo de investigación</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>¿En qué medida la concentración de metales pesados en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, cumplen el ECA del DS N° 004-2017-MINAM y el valor de referencia de la OMS?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar la evaluación de la concentración de metales pesados en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, respecto al ECA del DS N° 004-2017-MINAM y el valor de referencia de la OMS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La concentración de metales pesados en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, no cumplen con el ECA del DS N° 004-2017-MINAM y el valor de referencia de la OMS.</li> </ul>	V1				Estudio prospectivo, transversal, descriptivo, observacional, aplicada.
			1 Concentración de metales pesados	1.1. Metales pesados 1.2.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>mg/l</li> </ul>	<b>Población y muestra</b> <b>. Población</b> Agua canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral en épocas de estiaje, mes de julio del año 2021. <b>. Muestra.</b> 04 muestras de agua canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral en épocas de estiaje, mes de julio del año 2021.
<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>	<b>Específicas</b>					<b>Diseño</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Qué nivel de concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn se presenta en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral?</li> <li>¿En qué medida se cumple con el ECA del DS N° 004-2017-MINAM para el As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral?</li> <li>¿En qué medida se cumple con el valor de referencia de la OMS para el As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar la concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral.</li> <li>Evaluar la concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, en base al ECA del DS N° 004-2017-MINAM.</li> <li>Evaluar la concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, en base al valor de referencia de la OMS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existe presencia de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral.</li> <li>La concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, incumple con el ECA del DS N° 004-2017-MINAM.</li> <li>La concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn en el agua del canal de riego las Siete Compuertas de la provincia de Huaral, incumplen con el valor de referencia de la OMS.</li> </ul>	V2	2.1 Evaluación al ECA del DS N° 004-2017-MINAM 2.1 Evaluación al ECA del DS N° 004-2017-MINAM 2.2 Evaluación respecto al valor de referencia de la OMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluación de la concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn</li> <li>Evaluación de la concentración de As, Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu, Se, Al, Ba, B y Mn</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cumple/incumplen</li> <li>Cumple/incumplen</li> </ul>	<b>Diseño</b> No experimental descriptivo transversal <b>Técnicas e instrumentos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Observación               <ul style="list-style-type: none"> <li>Registro de punto de monitoreo</li> <li>Cadena de custodia</li> <li>Equipo espectrometría de emisión atómica ICP-OES</li> </ul> </li> </ul>

Nota: Elaboración propia.

Anexo 2. Muestreo, análisis en campo y conservación de muestras - punto de monitoreo 1



Figura 8. Muestreo de agua para análisis en campo: Asup-1

Nota. Elaboración propia.



Figura 9. Preparación de muestra para análisis de agua en campo: Asup-1

Nota. Elaboración propia.





*Figura 10.* Estabilización de parámetros del agua en campo: Asup-1

Nota. Elaboración propia.



*Figura 11.* Lectura de parámetros del agua en campo: Asup-1

Nota. Elaboración propia.



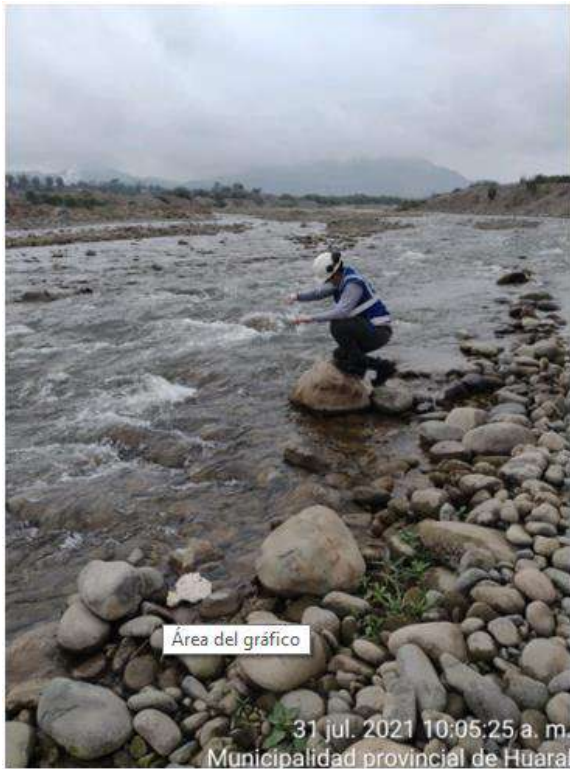


Figura 12. Muestreo de agua y conservación para análisis de metales pesados: Asup-1

Nota. Elaboración propia.

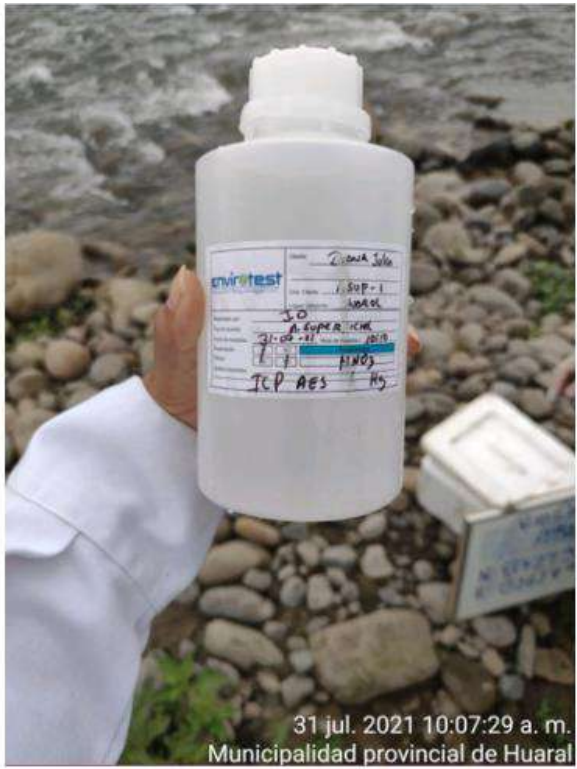


Figura 13. Ubicación y muestra rotulada de agua: Asup-1

Nota. Elaboración propia.

Anexo 3. Muestreo, análisis en campo y conservación de muestras - punto de monitoreo 2



Figura 14. Muestreo de agua para análisis en campo: Asup-2

Nota. Elaboración propia.





*Figura 15. Preparación de muestra para análisis de agua: Asup-2*

Nota. Elaboración propia.



*Figura 16. Lectura de parámetros del agua en campo: Asup-2*

Nota. Elaboración propia.





**Figura 17.** Muestreo de agua y conservación para análisis de metales pesados: Asup-2

Nota. Elaboración propia.



**Figura 18.** Ubicación y muestra rotulada de agua: Asup-2

Nota. Elaboración propia.



Anexo 4. Muestreo, análisis en campo y conservación de muestras - punto de monitoreo 3



Figura 19. Muestreo de agua para análisis en campo: Asup-3

Nota. Elaboración propia.



Figura 20 Preparación de muestra para análisis de agua en campo: Asup-3

Nota. Elaboración propia.





*Figura 21.* Lectura de parámetros del agua en campo: Asup-3

Nota. Elaboración propia.



Figura 22. Muestreo de agua y conservación para análisis de metales pesados: Asup-3

Nota. Elaboración propia.



Figura 23. Ubicación y muestra rotulada de agua: Asup-3

Nota. Elaboración propia.



Anexo 5. Equipo utilizado para análisis de agua en campo



*Figura 24.* Equipo multiparamétrico para análisis de agua en campo.

Nota. Elaboración propia.

Anexo 6. Cadena de custodia para ensayos de laboratorio

**envirotest**  
Environmental Testing Laboratory S.A.C.

**Nº - 039345**

### CADENA DE CUSTODIA

I.E. N°(s): 215124      Pág. 01 de 02

DATOS DEL CLIENTE						Agua	M.S.	C.A.	S.O.	Emi.	Otro
<b>ENVIAR INFORME DE ENSAYO A:</b> RAZÓN SOCIAL: <u>DIANA JULIA QUISPE</u> DIRECCIÓN: <u>AV. LOS ALAMOS 474 - HUARAL.</u> TELEFONO: <u>994 854 403</u> E-MAIL: <u>DIANA QUISPE 18.95@gmail.com</u> CONTACTO: DISEÑO DE SERVICIO: <u>1086-21</u> CODIFICACIÓN N°: <u>2183-21</u> PLAN DE MUESTREO N°: OTRA REFERENCIA:						<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>ENVIAR FACTURA A:</b> RAZÓN SOCIAL: <u>DIANA JULIA QUISPE</u> RUC: <u>10744122704</u> DIRECCIÓN: <u>AV. LOS ALAMOS 474 - HUARAL</u> NOMBRE DEL PROYECTO: <u>ENCUENTRO DE LA CONCENTRACION DE METALES PESADOS DE 185 Y COMPUESTOS - HUARAL</u> PROCEDENCIA: <u>HUARAL - UNION OBRERO SECTOR 5</u>						ANÁLISIS REQUERIDOS					
N° de muestra: <u>ASup-1</u> Código de Cliente: <u>31-01-11</u> Fecha (d-m-a): <u>10:10</u> Hora (24:00): <u>10:40</u> Muestra: <u>A-SUP</u> Matriz o Producto: <u>872391</u> Ubicación UTM: <u>0162195</u> <u>ASup-2</u> <u>31-01-11</u> <u>10:40</u> <u>A-SUP</u> <u>8728243</u> <u>0162154</u> <u>ASup-3</u> <u>31-01-11</u> <u>11:10</u> <u>A-SUP</u> <u>8723312</u> <u>0162156</u>						Indicar con una (X) en los requisitos inferiores, los análisis requeridos por cada muestra.					
						Temperatura	Conductividad	Oxígeno Disuelto	PH	METALES TOTALES	MERCURIO
						X	X	X	X	X	X
						X	X	X	X	X	X
						X	X	X	X	X	X

**ENVIROTEST S.A.C.**  
02 AGO 2021  
**RECIBIDO**  
LA RECEPCIÓN NO IMPLICA CONFORMIDAD

(\*) Información basada por Recepción de Muestras. (B) MATRIZ O PRODUCTO: Salud Ocupacional (S.O.) [Preparados (Prep.), Materiales (Mat.), Polvos (Pov.), PVC, MCE], Calidad de Aire (C.A.) [PM-10, PM-2.5 (P.M.V.), ITS, Sol. Cap.] Otros: Agua (A.) [Agua Natural (A. Superficial, A. Subterránea, A. de Manantial), A. Termal, A. de Lluvia o Ruvies], Agua Residual (A.R.) [A. R. Doméstica, A. R. Industrial, A. R. Municipal], Agua de Urea y Carbonato Hidratado (A. de pozos), A. de botella - A. Plástica, Emulsionada, de mara, A. de laguna artificial, Agua Salina (A. de Mar, A. Salobre, Salivares), Agua de Proceso (A. de circulación e enfriamiento, A. de alimentación para animales, A. de cesterías, A. de limpieza, A. purificada, A. de inyección y remediación), Emulsiones (Em.) [Pesticidas (Pest.), SO.], Muestra Sólida (M.S.) [Suelo (Suel.), Lodo (Lod.), Sedimento (Sed.)]

MUESTREO REALIZADO POR: Empresa: <u>envirotest S.A.C.</u> Responsable: <u>JUAN OSORIO</u> Firma: <u>[Firma]</u>		PLAN/PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: <u>PM-OPE-01, 02</u> <u>PM-OPE-05</u>		OBSERVACIONES: Área del gráfico		SUPERVISOR / REPRESENTANTE DEL CLIENTE: Nombre: <u>Diana Julia</u> Cargo: Firma: <u>[Firma]</u>	
--	--	---	--	------------------------------------	--	--	--

Entregado por: Fecha (d-m-a): <u>02/08/21</u> Hora (24:00): <u>18:35</u>		Recibido por: Fecha (d-m-a): <u>02/08/21</u> Hora (24:00): <u>18:35</u> Nombre: <u>Sandro Arzuaga</u> Firma: <u>[Firma]</u>		Origen de los envases de las muestras: Cliente: <u>Envirotest</u> Condición de la Muestra:	
---	--	--	--	--	--

Envirotest S.A.C., RUC 20523205936, Calle B Mz O lote 40 Urb. Panamericana-Lima 31-Perú, Central Telefónica (511) 522-3758 / 533-1828, RFC 989114649, E-mail: info@envirotest.com.pe / www.envirotest.com.pe

**ADQUIRENTE O USUARIO**

Figura 25. Cadena de custodia 1 de muestras

Nota. Elaboración propia.



CADENA DE CUSTODIA

DATOS DEL CLIENTE		Agua	X	M.S.		C.A.		S.O.		Emi.		Otro		I.E. N°(A):	215124	Pág.	02	de	02
ENVIAR INFORME DE ENSAYO A														ANÁLISIS REQUERIDOS					
RAZÓN SOCIAL		DIANA JULIA GUISPE																	
DIRECCIÓN		AV LOS PLAMOS 474 - HUARAL																	
TELÉFONO		994 854403 (E.MAL)   DIANAGUISPE18.95@igmail.com																	
CONTACTO																			
ORDEN DE SERVICIO / PLAN DE MUESTREO Nº		1086-21   CITACIÓN Nº: 7183-21																	
OTRA REFERENCIA:																			
ENVIAR FACTURA A																			
RAZÓN SOCIAL		DIANA JULIA GUISPE																	
RUC		10744122109																	
DIRECCIÓN		AV LOS PLAMOS 474 - HUARAL																	
NOMBRE DEL PROYECTO		EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACION DE METALES PESADOS DE LOS 3 COMPLEJOS HUARAL																	
PROCEDENCIA		HUARAL - UNION PASEROS SECTOR 5																	
Mº de muestra (m)		Código de Cliente		Muestras		Matriz o Producto (M)		Ubicación UTM		Indicar con una (X) en los recuadros inferiores, los análisis requeridos por cada muestra									
ASUP-3		3-07-21		11:12		ASUP		8727312 0262156		X									
<small>(a) Información tenida por Recepción de Muestras. (b) MATRIZ O PRODUCTO: Salud Ocupacional (S.O.) [Respirables (Resp.), Inhalables (Inh.), Polvos (Pols.), PVC, MDE], Calidad de Aire (C.A.) [PM10, PM2.5 (M/LV), PTB, (s), Cap], Otros Agua (A.) [Agua Natural (A. Superficial, A. Subterránea, A. de Manantial, A. Termal, A. de Llave o Suelo), Agua Residual (A.R.) (A. R. Doméstica, A. R. Industrial, R. Municipal), Agua de Uso y Consumo Humano (A. de bebida A. de cocina - A. Potable/A. Embotellada, de riego, A. de Agente artificial), Agua Salina (A. de Mar, A. Salobras, Salmuera), Agua de Proceso (A. de circulación o enfriamiento, A. de alimentación para calderas, A. de carbón, A. de fabricación, A. purificada A. de inspección y manipulación), Emulsiones (Em.) [Partículas (s), (D)], Muestra Sólida (M.B.) [Suelo (Sue.), Lodo (Lod.), Sedimento (Sed.)]</small>														Metales pesados:		Selenio (Se)		Otro (Otro)	
MUESTREO REALIZADO POR				PLAN/PROCEDIMIENTO DE MUESTREO				INFORMACIÓN DEL MUESTREO				OBSERVACIONES				SUPERVISOR / REPRESENTANTE DEL CLIENTE			
Empresa: ENVIROTEST S.A.C.				PM-09E-01, 02				Código de Equipos Utilizados:								Nombre: Diana Julia			
Responsable: [Firma]				PM-09E-08												Cargo:			
Firma: [Firma]																Firma: [Firma]			
LABORATORIO - RECEPCIÓN DE MUESTRAS						ENTREGA DE MUESTRAS						CONDICIÓN DE LA MUESTRA							
Entregado por: [Firma]						Recibido por: Sandro Amunátegui						Origen de los envases de las muestras: Cliente							
Fecha (d-m-a):						Fecha (d-m-a): 02/08/21						Hora (24.00): 18:33							
Hora (24.00):						Hora (24.00):						Condiciones de la Muestra:							
Firma:						Firma: [Firma]						Envio: Envirotest							

ENVIROTEST S.A.C.  
02 AGO 2021  
RECIBIDO  
LA RECEPCIÓN NO IMPLICA CONFORMIDAD

Figura 26. Cadena de custodia 2 de muestras

Nota. Elaboración propia.

## Anexo 7. Informe de ensayo



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 056



Registro N° LE - 056

### INFORME DE ENSAYO N° 215124 CON VALOR OFICIAL

Razón Social	: DIANA JULCA QUISPE
Domicilio Legal	: Av. Los Alamos Nro. 474 - Huaral
Solicitado por	: DIANA JULCA QUISPE
Referencia	: Plan de Muestreo N°1086-2021/Cotización N°2183-21
Proyecto	: EVALUACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS DE LAS 7 COMPUERTAS - HUARAL
Procedencia	: Huaral - Unión Obrero Sector 5
Muestreo Realizado por	: ENVIROTEST S.A.C
Cantidad de Muestras	: 3
Producto	: Agua
Fecha de Recepción	: 02/08/2021
Fecha de Ensayo	: 02/08/2021 al 10/08/2021
Fecha de Emisión	: 10/08/2021

#### I. Resultados

Tipo de Ensayo	Unidad	L.O.M.	L.C.M.	Resultados		
				215124-01	215124-02	215124-03
Laboratorio Instrumental						
Mercurio (CVAA - FIMS)	mg/L	0,0005	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
<b>Metales Totales (ICP-AES)</b>						
Aluminio	mg/L	0,0077	0,0084	0,0192	0,0138	0,0204
Antimonio	mg/L	0,0015	0,0050	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Arsénico	mg/L	0,001	0,004	<0,001	<0,001	<0,001
Bario	mg/L	0,0004	0,0008	0,0457	0,0484	0,0490
Berilio	mg/L	0,0002	0,0003	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Boro	mg/L	0,0012	0,0022	0,2218	0,2246	0,2201
Cadmio	mg/L	0,00005	0,00020	<0,00005	<0,00005	<0,00005
Calcio	mg/L	0,0035	0,0050	47,5321	50,0780	51,2172
Cerio	mg/L	0,0098	0,0224	<0,0098	<0,0098	<0,0098
Cobalto	mg/L	0,0007	0,0018	<0,0007	<0,0007	<0,0007
Cobre	mg/L	0,0005	0,0012	<0,0005	<0,0005	<0,0005

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método; L.O.M. = Límite de detección del método; "<" = Menor que el L.C.M. o L.O.M. indicado; "0,0" = Resultado cuantificado; "0" = Límite de Detección de Método.

"\*" = No analizado

## INFORME DE ENSAYO N° 215124 CON VALOR OFICIAL

Código de Laboratorio		215124-01	215124-02	215124-03		
Código del Cliente		ASUP-1	ASUP-2	ASUP-3		
Fecha de Muestreo		31/07/2021	31/07/2021	31/07/2021		
Hora de Muestreo (h)		10:10	10:40	11:10		
Ubicación Geográfica (WGS 84)		E:0262795 N:8727391	E:0263839 N:8728342	E:0262196 N:8727312		
Tipo de Producto		Superficial (Río)	Superficial (Río)	Superficial (Río)		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados		
Cromo	mg/L	0,0023	0,0040	-0,0023	-0,0023	-0,0023
Estaño	mg/L	0,0026	0,0075	-0,0026	-0,0026	-0,0026
Estroncio	mg/L	0,0002	0,0004	0,4910	0,5235	0,5296
Fósforo	mg/L	0,0237	0,0420	-0,0237	-0,0237	-0,0237
Hierro	mg/L	0,0052	0,0064	0,1403	0,1333	0,1712
Litio	mg/L	0,0006	0,0010	-0,0006	-0,0006	-0,0006
Magnesio	mg/L	0,0107	0,0141	6,0448	6,8953	7,0853
Manganeso	mg/L	0,0004	0,0005	0,0021	-0,0004	0,0020
Moibdeno	mg/L	0,0018	0,0023	-0,0018	-0,0018	-0,0018
Níquel	mg/L	0,0015	0,0027	-0,0015	-0,0015	-0,0015
Plata	mg/L	0,0014	0,0027	-0,0014	-0,0014	-0,0014
Plomo	mg/L	0,0004	0,0010	-0,0004	-0,0004	-0,0004
Potasio	mg/L	0,0463	0,0977	1,5138	1,5227	1,8043
Selenio	mg/L	0,001	0,004	<0,001	<0,001	<0,001
Silicio	mg/L	0,0051	0,0120	3,2616	3,2596	3,2303
Sodio	mg/L	0,0074	0,0127	8,8889	9,4502	9,7571
Talio	mg/L	0,0002	0,0006	-0,0002	-0,0002	-0,0002
Titanio	mg/L	0,0021	0,0028	-0,0021	-0,0021	-0,0021
Vanadio	mg/L	0,0005	0,0070	-0,0005	-0,0005	-0,0005
Zinc	mg/L	0,0009	0,0012	-0,0009	-0,0009	-0,0009
Mediciones en Campo:						
Conductividad	µS/cm	NA	1,00	443,00	447,00	453,00
Oxígeno Disuelto	mg/L	NA	0,10	9,62	9,74	9,58
pH	Unidad de pH	NA	0,01	8,79	7,99	8,69
Temperatura	°C	NA	0,1	18,4	18,2	18,2

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método; L.D.M. = Límite de detección del método; "-" Menor que el L.C.M. o L.C.M. indicado; "0,0" Resolución cuantificable; "0,0" = Límite de Detección de Método.

"NA" No analizado

## INFORME DE ENSAYO N°215124 CON VALOR OFICIAL

### II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Instrumental		
Mercurio (CVAA - FMS)	EPA Method 245.1, Rev. 3, 1994	EPA 245.1, Determination of Mercury in Water by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometry Revision 3.0, 1994
Metales Totales (ICP-AES)	EPA Method 200.7 Rev. 4.4 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
Mediciones en Campo		
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B 23rd Ed. 2017	Conductivity, Laboratory Method
Oxígeno Disuelto	EPA Method 360.1, 1971	EPA Method 360.1, 1971
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23 rd Ed. 2017	pH Value Electrometric Method
Temperatura	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed. 2017	Temperature, Laboratory and Field Methods

\*EPA\* - U. S. Environmental Protection Agency, Methods for Chemicals Analysis

\*SMEWW\* - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

### III. Procedimiento de Muestreo

- PM-OPE-01 Requisitos generales de muestreo
- PM-OPE-02 Transporte, almacenamiento y mantenimiento de equipos
- PM-OPE-04 Muestreo de Aguas
- PM-OPE-08 Análisis y mediciones de agua en campo
- PM-OPE-11 Aseguramiento y Control de Calidad en el Muestreo
- PM-OPE-26 Medición de temperatura en campo

Ing. Felipe Campos Y.  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 136871

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra evaluada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con ningún estándar. El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio. El tiempo de custodia del informe es de 45 días. El tiempo de preservación de la muestra para su análisis en los métodos normalizados de análisis y tipo desde la toma de muestra. Esta garantía de representación parcial del presente documento, está sujeta a la aprobación de Envirotest S.A.C. Los resultados no estarán relacionados con los temas de ensayo, bajo las condiciones de las muestras como se recibieron. Para verificar la autenticidad del presente informe de ensayo consulte información al correo [info@envirotest.com.pe](mailto:info@envirotest.com.pe)

“FIN DEL INFORME”