

**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 AGUA DE RIEGO DE CARQUÍN CHICO, DISTRITO DE
HUALMAY, 2020**

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

CLAUDIA YULIANA PLASENCIA COLONIA

ASESOR: JHON HERBERT OBISPO GAVINO

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
AGUA DE RIEGO DE CARQUÍN CHICO, DISTRITO DE HUALMAY, 2020**

Sustentado y aprobado ante el Jurado evaluador



BERARDO BEDER RUIZ SANCHEZ

Presidente



JAIME FERNANDO VEGA VILCA

Secretario



LUIS ROLANDO GONZALES TORRES

Vocal



JHON HERBERT OBISPO GAVINO

Asesor

HUACHO – PERÚ

2022



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL N°041-2022-FIAIAyA

**ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO AMBIENTAL**

En la ciudad de Huacho, el día 27 de mayo del 2022, siendo las 14:00 horas, en la sala virtual de la Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador integrado por:

Presidente	Dr. BERARDO BEDER RUIZ SANCHEZ	DNI N° 31602007
Secretario	Dr. JAIME FERNANDO VEGA VILCA	DNI N° 07077044
Vocal	M(o). LUIS ROLANDO GONZALES TORRES	DNI N° 17835252
Asesor	M(o) JHON HERBERT OBISPO GAVINO	DNI N° 15728127

Para evaluar la sustentación virtual de la tesis titulada: **"Evaluación de la concentración de metales pesados en el agua de riego de Carquín Chico, Distrito De Hualmay, 2020"**

La postulante al Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**, doña: **CLAUDIA YULIANA PLASENCIA COLONIA**, identificada con DNI N°72495868, procedió a la sustentación virtual de la Tesis, autorizada mediante Resolución de N°0308-2022-FIAIAyA, de fecha 13/05/2022 de conformidad con las disposiciones vigentes. La postulante sí absolvió las interrogantes que le formularon los miembros del Jurado.

Concluida la sustentación virtual de Tesis, se procedió a la votación correspondiente resultando la candidata **APROBADA** por UNANIMIDAD con la nota de:

CALIFICACIÓN		EQUIVALENCIA	CONDICIÓN
NÚMERO	LETRAS		
18	DIECIOCHO	EXCELENTE	APROBADO

Siendo las 15:00 horas del día 27 de mayo del 2022 se dio por concluido el ACTO DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL, de la Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental inscrito en el folio N°262 del Libro de Actas



Dr. BERARDO BEDER RUIZ SANCHEZ
Presidente



Dr. JAIME FERNANDO VEGA VILCA
Secretario



M(o) LUIS ROLANDO GONZALES TORRES
Vocal



M(o) JHON HERBERT OBISPO GAVINO
Asesor

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado con mucho cariño a mis padres, por el apoyo incondicional que siempre me brindaron, ayudándome a crecer profesionalmente y como persona, a mi hermana que siempre fue mi motivación para ser mejor y a amigos que siempre me alentaron a seguir adelante y no rendirme con mi proyecto de tesis.

Claudia Yuliana Plasencia Colonia

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por hacer esto posible, a mi universidad por brindarme la formación profesional, a todos mis profesores que fueron pilares importantes en mi desarrollo, y un agradecimiento especial a mi asesor de tesis por brindarme la guía para lograr este estudio de tesis

..

Claudia Yuliana Plasencia Colonia

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPITULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Formulación del problema	2
1.2.1 Problema general	2
1.2.2 Problemas específicos	3
1.3 Objetivos de la investigación	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Justificación de la investigación	3
1.5 Delimitaciones del estudio	4
1.5.1 Delimitación espacial	4
1.5.2 Delimitación temporal	5
1.5.3 Delimitación teórica	5
1.6 Viabilidad del estudio	5
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 Estados y consecuencias en la salud por metales pesados	11
	v

2.2.1.2	Efecto de metales pesados en suelo agrícola	18
2.2.2	Monitoreo de calidad de agua de río	19
2.2.2.1	Recursos	19
2.2.2.2	Tipo de muestra de agua	19
2.2.2.3	Planificación del monitoreo	20
2.2.2.4	Codificación del punto de muestreo	20
2.2.2.5	Frecuencia de monitoreo	20
2.2.3	Normativa legal y reportes oficiales	20
2.2.3.1	A nivel nacional	20
2.2.3.2	Norma legal a nivel internacional	22
2.3	Bases filosóficas	23
2.4	Definición de términos básicos	23
2.5	Hipótesis de investigación	25
2.5.1	Hipótesis general	25
2.5.2	Hipótesis específicas	25
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	27
3.1.3	Diseño	28
3.1.4	Enfoque	28
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	Procedimiento para toma de muestra	31
3.3.3.2	Procedimiento para análisis en campo	32
3.3.3.3	Conservación y preservación de muestras	32
3.3.3.4	Metodología de análisis de metales pesados	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	Metales pesados en el agua de riego de Carquín Chico	34
4.1.2	Evaluación de metales pesados respecto al ECA del MINAM	36
4.1.3	Evaluación de metales pesados respecto al valor de referencia de la OMS	38
4.2	Contrastación de hipótesis	39
4.2.1	Hipótesis 1	40
4.2.2	Hipótesis 2	41
4.2.3	Hipótesis 3	42
CAPITULO V		44
DISCUSIÓN		44
5.1	Discusión de resultados	44
CAPITULO VI		46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		46
6.1	Conclusiones	46
6.2	Recomendaciones	46
CAPITULO VII		47
REFERENCIAS		47
7.1	Fuentes documentales	47
7.2	Fuentes bibliográficas	49
7.3	Fuentes hemerográficas	50
7.4	Fuentes electrónicas	51
ANEXOS		53

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Estándares para compuestos inorgánicos Categoría 3</i>	21
Tabla 2 <i>Lista de prioridades de sustancias de la ATSDR 2019</i>	22
Tabla 3 <i>Valores de referencia de la OMS de afectación a la salud</i>	23
Tabla 4 <i>Operacionalización de variables</i>	26
Tabla 5 <i>Conservación y preservación de muestras para análisis de metales</i>	32
Tabla 6 <i>Resultados de análisis de metales pesados</i>	34
Tabla 7 <i>Concentración de metales pesados respecto al ECA del MINAM</i>	36
Tabla 8 <i>Concentración de metales pesados respecto al valor de referencia OMS</i>	38
Tabla 9 <i>Prueba de normalidad de concentración de metales pesados</i>	40
Tabla 10 <i>Pruebas t de Student para una muestra - ECA riego de vegetales y animales</i>	41
Tabla 11 <i>Pruebas t de Student para una muestra - valor de referencia OMS</i>	43

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Ubicación punto de muestreo del canal de agua para riego a Carquín Chico	5
<i>Figura 2.</i> Descargas durante el año del río Huaura.	29
<i>Figura 3.</i> Planificación de actividades para el monitoreo.	33
<i>Figura 4.</i> Variaciones del contenido de Plomo, Cromo, Arsénico, Cadmio y Níquel	35
<i>Figura 5.</i> Porcentaje mínimos y máximos reportados respecto al ECA para riego de vegetales ..	36
<i>Figura 6.</i> Porcentaje mínimos y máximos reportados respecto al ECA para consumo de animales.	37
<i>Figura 7.</i> Porcentaje mínimos y máximos reportados respecto al Valor de Referencia de la OMS para consumo humano.....	38
<i>Figura 8.</i> Diagrama caja y bigotes para las concentraciones de a) plomo, b) cromo, c) arsénico y d) níquel	39
<i>Figura 9.</i> Vista aguas arriba del río Huaura paralela al punto de monitoreo.	59
<i>Figura 10.</i> Vista al lado del río Huaura paralela al punto de monitoreo.	59
<i>Figura 11.</i> Vista aguas abajo del río Huaura paralela al punto de monitoreo.	60
<i>Figura 12.</i> Bocatoma del canal de riego a Carquín Chico	60
<i>Figura 13.</i> Canalización inicial desde la bocatoma hacia Carquín Chico.....	61
<i>Figura 14.</i> Compuerta de la canalización del canal de riego hacia Carquín Chico.	61
<i>Figura 15.</i> Continuación de la canalización hacia Carquín Chico.	62
<i>Figura 16.</i> Acequia de regadío hacia Carquín Chico.	62
<i>Figura 17.</i> Continuación de la acequia hacia Carquín Chico.....	63
<i>Figura 18.</i> Apreciación física de la calidad de agua canalizada hacia Carquín Chico.....	63
<i>Figura 19.</i> Punto de monitoreo de concentración de metales pesados hacia Carquín Chico.....	64
<i>Figura 20.</i> Medidor de Caudal de agua de abastecimiento hacia Carquín Chico.	64
<i>Figura 21.</i> Medición de la temperatura del agua de riego.....	65
<i>Figura 22.</i> Muestreo para análisis físico del agua.	65
<i>Figura 23.</i> Muestreo adicional para análisis físico del agua.	66
<i>Figura 24.</i> Análisis de calidad física en campo del agua de riego.	66
<i>Figura 25.</i> Medidor de pH y conductividad in situ del agua de riego.....	67
<i>Figura 26.</i> Personal especializado y asesor de mi investigación.	67
<i>Figura 27.</i> Equipo Espectrometría de Masas de Plasma (ICP-OES)	68
<i>Figura 28.</i> Equipos de medición en campo	68

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	54
Anexo 2. Ubicación del punto de monitoreo.....	55
Anexo 3. Metodología de análisis de metales pesados.....	56
Anexo 4. Acceso al punto de monitoreo desde el puente de Huaura	59
Anexo 5. Evidencia fotográfica de los muestreos realizados	65
Anexo 6. Equipos de análisis.....	68
Anexo 7. Informe de ensayo 1	69
Anexo 8. Informe de ensayo de Laboratorio 2	71

EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN EL AGUA DE RIEGO DE CARQUÍN CHICO, DISTRITO DE HUALMAY, 2020

Claudia Yuliana Plasencia Colonia¹

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la concentración de metales pesados bajo la normativa nacional e internacional en el agua de riego hacia Carquín Chico, Hualmay en 2020. **Métodos:** Diseño no experimental descriptivo, se evaluó el contenido de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en la zona UTM 18 S Este 215973 y Norte: 8774299, comparándose respecto al DS N°004-2017-MINAM para categoría 3 y el Valor de Referencia de la OMS respectivamente en mg/L para plomo (0,05; 0,05 y 0,01), cromo (0,1; 1 y 0,05), arsénico (0,1; 0,2 y 0,01), cadmio (0,01; 0,05 y 0,003), níquel (0,2; 1 y 0,07), muestra recolectada y enviada a laboratorio de acuerdo de acuerdo al protocolo del ANA, Contraste a una significancia del 5 % con t de Student para una muestra. **Resultados:** Se tiene para plomo $0,0023 \pm 0,0005$, cromo $0,0049 \pm 0,0061$, arsénico $0,0014 \pm 0,0011$, cadmio $0,0010 \pm 0,0000$ y níquel $0,0140 \pm 0,0168$ mg/L **Conclusiones:** La concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel cumplen con el ECA categoría 3 para riego de vegetales y bebida de animales del DS N°004-2017-MINAM y también con los Valores de Referencia de la OMS para agua de bebida de consumo humano.

Palabras clave: Evaluación, metales pesados, agua de riego, Carquín Chico.

¹ Facultad de Ingeniería Agraria Industrias Alimentarias y Ambiental, email: claudiapcolonias@gmail.com

EVALUATION OF THE CONCENTRATION OF HEAVY METALS IN THE IRRIGATION WATER OF CARQUÍN CHICO, HUALMAY DISTRICT, 2020

Claudia Yuliana Plasencia Colonia¹

ABSTRACT

Objective: To evaluate the concentration of heavy metals under national and international regulations in the irrigation water towards Carquín Chico, Hualmay in 2020. **Methods:** Non-experimental descriptive design, the content of lead, chromium, arsenic, cadmium and nickel in the irrigation water was evaluated. UTM zone 18 S East 215973 and North: 8774299, comparing with DS N°004-2017-MINAM for category 3 and the WHO Reference Value respectively in mg/L for lead (0.05; 0.05 and 0.01), chromium (0.1, 1 and 0.05), arsenic (0.1, 0.2 and 0.01), cadmium (0.01, 0.05 and 0.003), nickel (0.2 ; 1 and 0.07), sample collected and sent to the laboratory according to the ANA protocol, Contrast at 5% significance with Student's t-test for one sample. **Results:** For lead 0.0023 ± 0.0005 , chromium 0.0049 ± 0.0061 , arsenic 0.0014 ± 0.0011 , cadmium 0.0010 ± 0.0000 and nickel 0.0140 ± 0.0168 mg. /L **Conclusions:** The concentration of lead, chromium, arsenic, cadmium and nickel comply with the ECA category 3 for vegetable irrigation and animal drinking of DS N°004-2017-MINAM and also with the WHO Reference Values for drinking water for human consumption.

Keywords: Evaluation, heavy metals, irrigation water, Carquín Chico.

¹ Facultad de Ingeniería Agraria Industrias Alimentarias y Ambiental, email: claudiapcolonias@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El estudio de evaluación de la concentración de metales pesados se ejecutó en el mes de agosto del 2020, se realizó en un período que estuvimos atravesando por una pandemia del COVID-19 y que afecta las actividades domésticas, comerciales e industriales a lo largo del río Huaura y que alimenta al canal de riego hacia Carquín Chico.

Considerando a la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018), sobre los efectos de los metales en la salud de las personas, indica que el plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel produce efectos adversos en la salud del hombre. Por otro lado, también la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR), indica que la mayoría de estos metales se encuentra de manera natural en el suelo y minerales en la naturaleza, y que su desplazamiento al suelo, agua y aire puede ser ocasionado por el viento, y que también puede darse por la filtración a través de estos minerales, y que decir de la actividades del hombre que exponen estos metales y los disponen en la cadena trófica del área de influencia donde se ubica el proyecto.

Se evidencia los efectos del plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en estudios en otras especies, con el riesgo potencial para el ser humano. Tal es así, que si evaluamos algunos estudios ya realizados de cuerpos de agua respecto al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) del DS. N° 004-2017- MINAM y el Valor de Referencia (VR) de la OMS; por citar, se ha reportado concentraciones de plomo y cromo que no se cumplen en el río Ocoa de Colombia (Patiño y Camilo, 2020), plomo, cromo, cadmio y arsénico en el embalse de Cerrillos de Ponce en Puerto Rico (Colón, 2019) y arsénico en el río Tingo – Maygasbamba en Cajamarca (Garay y Núñez, 2020).

Reconociendo que una de las principales actividades de nuestro país es la actividad minero metalúrgica, y que por la geografía de nuestro país a largo del río Huaura descargan diferentes efluentes, que van desde los domiciliarios, comerciales e industriales, tal contaminación podría afectar el contenido de metales pesados. Y considerando a Villacorta *et al.* (2010) sobre el caudal del Río Huaura, indican que es afectada por las variaciones de precipitación durante las estaciones del año e identifica tres zonas, período de avenida desde el mes de enero hasta abril, período de estiaje desde junio hasta setiembre) y período transicional desde mayo hasta junio. En ese sentido, se consideró para el estudio el período de estiaje, donde el caudal es limitado, realizándose el estudio en el mes de agosto del 2020

y evaluándose los principales metales pesados como plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel por el efecto hacia la salud de las personas.

Considerando que el río Huaura es el afluente de diferentes canales de riego para el cultivo de diferentes valles, y que el canal de riego de Carquín Chico en el distrito de Hualmay es el último antes de desembocar al océano pacífico y que por tanto recoge toda la contaminación por compuestos metálicos que se descargan en todo su trayecto aguas arriba, por lo que se realizó el estudio de evaluación del contenido de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en el agua captada desde el río Huaura en el canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, en agosto 2020, por su toxicidad hacia las personas.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Londoño-Franco, Londoño-Muñoz y Muñoz-García (2016) manifiestan que el desarrollo de las sociedades inciden en la contaminación por metales pesados en nuestro medio; actividades como la industrialización, uso de fertilizantes e insecticidas químicas, han propiciado la contaminación directa de nuestro medio como el suelo, agua, plantas y animales; propiciando el incremento exagerado de metales pesados que amenazan la naturaleza como el mercurio, plomo, arsénico, cadmio, cobre, cromo; que en la actualidad se ven bastante influenciadas por el cambio climático, deforestación, efecto invernadero, pérdida de fauna y flora, incrementándose la amenaza en la naturaleza de estos metales con riesgo potencial para la salud del hombre, animales y cadena trófica.

En el Perú, Villena (2018) considera que la dispersión de contaminantes de metales pesados en nuestro medio, se debe por un lado a la naturaleza mineralógica de los andes donde predominan las montañas y por otro lado por las actividades extractivas de minerales, tal es el caso de las cuencas que se encuentran contaminadas en nuestro país, en donde en la zona norte predomina la contaminación por cadmio, zona centro por plomo y zona sur por arsénico; contaminantes que afectan, alcanzan y modifican la calidad de agua potable, con riesgos crónicos de exposición generalizada que se va haciéndose más evidente e inmanejable en la actualidad; situación que provoca conflictos socioambientales por presencia en la sangre de metales pesados y que repercute en las inversiones mineras.

Además, Aquino (2017) manifiestan que nuestro país es muy vulnerable por el cambio climático, el cual impacta en la escasez del agua y también sus condiciones de calidad; reto que merece la atención del estado, por su importancia para las necesidades de los seres vivos e indispensables para los ecosistemas; situación preocupante que amerita tomar decisiones que eviten la amenaza a la salud pública y seguridad alimentaria entre otros.

Asimismo, el Ministerio del Ambiente (2016a) indican que las descargas y derrames de fluidos contaminantes producto de la actividad minera, que utilizan grandes volúmenes de agua generando residuos, ocasionan acumulación de sustancias tóxicas en un cuerpo hídrico tras su disposición final, alterando su calidad y exponiendo a riesgos al ambiente y a las personas; ocasionando graves enfermedades y ocasionalmente la muerte.

El Ministerio del Ambiente (2016b), indica el mecanismo de la contaminación por metales pesados, que se van acumulando desde niveles inferiores a superiores de la cadena alimenticia, llegando al hombre a través del agua o la tierra, la bioacumulación y biomagnificación por metales pesados en el ser humano se da por tanto por dos vías, la primera vía la tierra por las plantas y animales; la segunda vía el agua desde el plancton, pez plancton y pez carnívoro.

En el río Huaura, Flores (2018) indica el efecto del riego con esta agua de la cuenca baja, encontrando un contenido de plomo, cobre y zinc inferiores y el cadmio superior al límite dada por el D.S. N° 015-2015-MINAM, estudio realizado en un cultivo de maíz, no encontrando efectos adversos de estos metales en su desarrollo, más sí en el contenido de estos metales en las plantas e incremento de su concentración en el suelo, por lo que sugiere la realización de monitoreos mensuales a las aguas del río, ya que estas afectan en especial a los cultivos y ellas a la dieta de los animales y las personas.

También en el trayecto del río Huaura, se aprecia ciudades que descargan sus efluentes domésticos, como la ciudad de Huaura y Santa María, lo que ocasiona incremento de compuestos químicos inorgánicos en el río Huaura. A la vez, teniendo presente que en la zona de Carquín Chico se cultivan vegetales de tallo corto como zanahoria, camote, lechugas entre otros; las cuales están directamente afectadas por el contenido de impurezas del agua utilizada en el riego y que probablemente algunas de ellas son lavadas con esta misma antes de su distribución a los mercados cercanos de los distritos de Huaura y Huacho. Situación que amerita evaluar la calidad del agua en época de estiaje en base al ECA categoría 3 de la norma nacional D. S. N° 004-2017- MINAM y respecto al VR de la OMS de agua de consumo humano.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

- ¿En qué medida la concentración de metales pesados cumplen la normativa nacional e internacional en el agua de riego hacia Carquín Chico, Hualmay en 2020?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en el agua captada desde el río Huaura en el canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, en agosto 2020?
- ¿En qué medida respecto al ECA del MINAM, se encuentra la concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020?
- ¿En qué condiciones respecto al Valor de Referencia de la OMS, se encuentra la concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar la concentración de metales pesados bajo la normativa nacional e internacional en el agua de riego hacia Carquín Chico, Hualmay en 2020.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en el agua captada desde el río Huaura en el canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, en agosto 2020.
- Evaluar respecto al ECA del MINAM la concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020.
- Evaluar respecto al Valor de Referencia de la OMS la concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020.

1.4 Justificación de la investigación

Es importante dado que posibilitó conocer la concentración de metales pesados, la mayoría tóxicos para el ser humano en el agua de riego, que tiene mayor impacto en los cultivos de tallo corto, en una zona muy próxima a las ciudades de Huacho y Huaura. A la vez, al ser uno de los últimos canales de regadío afluente desde el río Huaura antes de desembocar al

Océano Pacífico, esta contiene la acumulación de todas las descargas sucesivas aguas arriba. También es relevante, ya que provee de información importante de su calidad para la zona de Carquín Chico y el grado de cumplimiento en base al ECA del MINAM y de la OMS a efectos de contribuir con su monitoreo químico que es abastecida a la zona de cobertura del canal hacia Carquín Chico, considerando que el agua de riego es esencial para un elevado valor agregado ecológico, que repercute en la salud y el crecimiento económico, posibilitando la promoción de las inversiones.

El estudio es pertinente, porque se pretendió medir las condiciones de calidad química de las aguas del río Huaura, en tiempos de pandemia COVID-19, y que ocasionaría mayores complicaciones en un sistema de salud actualmente colapsado. Además, se posibilita su análisis y discusión por la existencia de investigaciones en ingeniería ambiental internacional y nacional que también evalúan el contenido de estos metales en ríos, con metodologías y procedimientos de análisis validados.

Asimismo, el impacto que genera el estudio es principalmente local, donde en primer lugar se proveerá de material para que otros investigadores, puedan realizar estudios para el tratamiento y control de tales contaminantes en el agua de riego; también estudios de acumulación en el suelo de metales pesados y en productos agrícolas cultivados, en segundo lugar permitirá que los agricultores tengan la información del grado de contenido de estos metales en el agua de riego de sus cultivos, contribuyendo en el desarrollo de conciencia en las buenas prácticas agrícolas y autocuidado en el manejo de sus cultivos y en tercer lugar el impacto en los consumidores es significativo, dado que probablemente se llegará con el tiempo a que los mercados realicen la trazabilidad de los productos que ofrezcan.

1.5 Delimitaciones del estudio

1.5.1 Delimitación espacial

El monitoreo se ubicó a aproximadamente 200 metros del puente de Huaura, como se aprecia en la Figura 1. Con coordenadas zona UTM 18 S Este 215973 y Norte: 8774299, distrito de Carquín, Huaura del departamento de Lima.

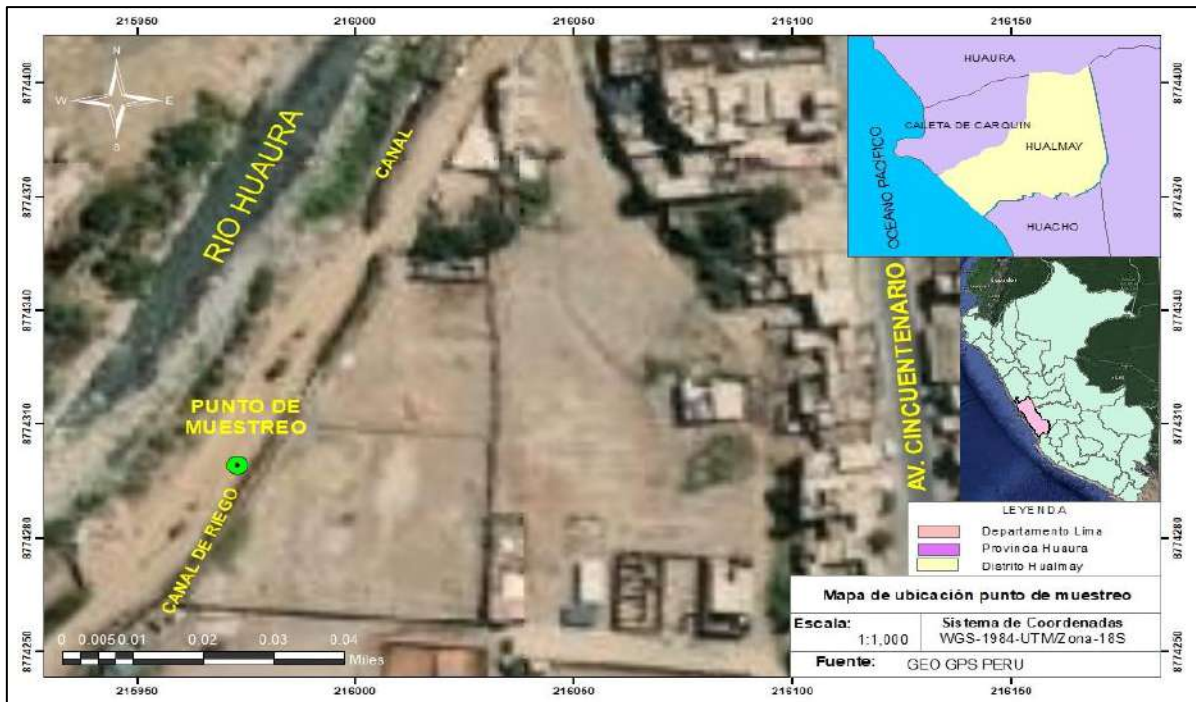


Figura 1. Ubicación punto de muestreo del canal de agua para riego a Carquín Chico

Nota. Adaptado de Google Maps (2020).

1.5.2 Delimitación temporal

- Mes : Agosto.
- Año : 2020.

1.5.3 Delimitación teórica

El estudio se realizó en épocas de estiaje del río Huaura, por el bajo caudal que se reporta, y que se presume que las concentraciones en esta época sean mayores por menor dilución de caudal; condiciones extremas, que de acuerdo a su mayor toxicidad al ser humano solo se evaluó el arsénico, plomo, cadmio, cromo y níquel en el agua del canal de riego hacia Carquín Chico.

1.6 Viabilidad del estudio

El estudio se posibilitó, porque se contó con los medios técnicos, como el personal calificado desde la planificación en gabinete, recolección y conservación de muestra, cadena de custodia, transporte y los servicios de laboratorios de análisis de metales pesados; asimismo, se dispone de los materiales para la recolección de las muestras, condiciones para el traslado

de materiales y de los equipos hacia el punto de monitoreo y viceversa, contando con laboratorios especializados para su determinación.

También, fue viable socialmente considerando que es un estudio observacional sobre un cuerpo de agua, específicamente el canal de regadío que abastece de agua de riego a la zona de Carquín Chico y que el estudio no afectó en ningún sentido a los pobladores y agricultores de la zona, con riesgos mínimos y controlados por la COVID-19 con Equipos de Protección Personal (EPP) apropiados y seguros al personal durante la recolección de muestras, para la movilidad del transporte de muestras y protocolos durante todo el trayecto y encargo de ellas para análisis.

Todo ello, sumado por la disponibilidad de recursos económicos, viabilizó el estudio, recursos para los materiales de escritorio, materiales de muestreo, adquisición de libros, internet, impresiones, capacitaciones y el servicio de análisis de metales pesados incluyendo la movilidad y viáticos que se incurridos en el estudio.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Investigaciones internacionales

Patiño y Camilo (2020), Universidad Santo Tomás, Colombia, tesis de grado en Ingeniería Ambiental, entre sus objetivos pretendieron conocer la concentración y sus variaciones del contenido de plomo, cromo y zinc en el río Ocoa de Colombia, por espectrofotometría UV-VIS en seis muestras en diferentes temporadas (alta y baja) a lo largo del río y evaluación de su cumplimiento respecto a la normativa colombiana en calidad máxima admisible en preservar la fauna y flora (0,01 mg/l para Pb, Cr y Zn) y para la salud humana (0,05 mg/l de Cr y 0,01 mg/l para Pb) y la OMS. Obtiene concentraciones en alta y baja precipitación en mg/l para Plomo en P1 (0,52 y 0,28), P2 (0,54 y 0,18), P3 (0,51 y 0,46), P4 (0,39 y 0,29), P5 (0,41 y 0,22), P6 (1,17 y 0,15); para Cromo en P1 (0,62 y 0,07), P2 (0,74 y 0,07), P3 (0,88 y 0,13), P4 (0,41 y 0,09), P5 (0,63 y 0,06), P6 (1,64 y 0,12); para Zinc en P1 (11 y 0,65), P2 (16,4 y 4), P3 (15,2 y 0,61), P4 (19 y 0,55), P5 (19 y 0,75) y P6 (18 y 15,2). Concluyendo que sólo el contenido de Pb y Zn presentan diferencias significativas de acuerdo a la época, las elevadas concentraciones se deben a la carga de vertimientos domésticos, agropecuarios, industriales y automotrices; por tanto, los seis puntos incumplen la normativa para Pb, Cr y Zn, llegando a afirmar el riesgo para la flora, fauna y el consumo humano.

Colón (2019) en su artículo de investigación, tuvo como objetivo el análisis de concentración de metales pesados que se encuentran en el embalse de Cerrillos de Ponce en Puerto Rico, por muestreo simple recolecto muestras en tres áreas del embalse (A: Entrada del río principal, B: Punto medio y C: parte más profunda), por espacio de nueve meses. De las tres áreas A, B y C evaluadas, reportan la concentración en mg/L de varios metales pesados, entre ellos variaciones de As (4,35 a 16,2), Cd (0,1 a 0,122), Cr (0,305 a 0,68) y Pb (0,29 a 0,414) en mg/L para el año 2016, reportando que la Ag, As, Cr, Pb y V (un mes 2015); Ag, As, Cr, Cd, Pb, V y Zn (siete meses 2016) y la de As (un mes 2017) exceden el límite. Concluyendo que no existen diferencias significativas entre los puntos muestreados y que la concentración de Ag, As, Cr, Pb, V, Cd y Zn exceden el límite de la OMS y la ATSDR en el embalse.

Babativa y Caicedo (2018), Universidad Santo Tomás, Colombia, en su tesis buscó determinar la concentración de Cr, Ni y Pb en el río Ocoa de Colombia y su evaluación

respecto a la norma colombiana e internacional. Analiza siete estaciones de muestro en temporada alta y baja con dos repeticiones en cada una (28 muestras). Reportando variaciones de concentración en mg/L en las dos condiciones de precipitación, para Cr (alta 0,0055 a 0,0630, baja 0,0055), Ni (alta 0,0055 a 0,0190 y baja 0,0055), Pb (alta 0,0055 a 0,0490 y baja 0,0055 a 0,0230). Concluye que se incumple con la normativa colombiana y de la OMS en precipitación alta (una muestra de Cr, dos de Ni y ocho de Pb) y en precipitación baja (diez muestras de Pb). Asimismo incumplen la EPA en precipitación alta (cinco muestras de Pb) y en precipitación baja (diez muestras de Pb).

Yagual (2018), Universidad de Guayaquil, Ecuador, en su tesis de Ingeniera Ambiental, tuvo entre sus objetivos determinar y evaluar el contenido de Pb y Cr del río Vinces de Ecuador, en base a la normativa. Determinó y evaluó para Pb respecto a 0,001 mg/L de la norma ecuatoriana y 0,065 mg/L respecto a la US. EPA, para Cr (VI) evaluó a 0,016 mg/L de US. EPA y también 0,001 mg/L de Canadian Water Quality Guidelines. Concluye que la concentración de Pb y Cr (VI) son inferiores a la capacidad de detección del equipo de medición de Cr 0,001 y Pb 0,0008 mg/L. Por tanto, todos los resultados de Pb y Cr fueron inferiores a lo estipulado por la normativa nacional e internacional y que la zona estudiada se encuentra exenta de contaminación por estos metales pesados.

Morales y Rojas (2018), Universidad Santo Tomás, Colombia, estudio de tesis de Ingeniería Ambiental, entre sus objetivos pretendieron determinar y evaluar el contenido de As y Cd en una parte del río Ocoa de Colombia frente a la normativa nacional e internacional (para As 10 ug/L OMS y EPA; para Cd 5 ug/L EPA y 30 ug/L OMS). Reporta en época de estiaje las mediciones en ocho estaciones para Arsénico (primera muestra 68, 68, 71, 81, 77, 83, 51, 108 ug/L y segunda muestra 119, 116, 126, 115, 125, 116, 112, 111 ug/L); Concluyendo que el As presenta mayores concentraciones en temporada de baja precipitación excediendo los límites nacionales, OMS y EPA, mediadas naturalmente por rocas sedimentarias y su geografía. Para el caso del Cd se presentaron mayores contenidos a alta precipitación con reportes que exceden la normativa nacional, obedeciéndose a la resuspensión del metal por mayor turbulencia, descarga de efluentes domésticos e industriales y efecto del hierro en la adsorción y precipitación del Cd.

2.1.2 Investigaciones nacionales

Garay y Núñez (2020), Universidad Cesar Vallejo, tesis de Ingeniería Ambiental, tuvieron entre sus objetivos el análisis y evaluación de contenidos de metales pesados en el río Tingo – Maygasbamba de Cajamarca, según al D. S. N° 015-2015- MINAM y la Ley N° 28611 (Art 31) de los ECA en mg/L (As: 0,01, Cd: 0,003, Cr: 0,05, Pb: 0,01, Mn: 0,4, Hg 0,001, Cu: 2, Fe: 0,3) para aquellas destinadas para agua potable con simple desinfección.. Realizó los análisis de metales pesados por microscopia y la espectrometría. Las concentraciones antes y después del vertimiento en mg/L corresponden para As (0,00966; 0,12321), Cd (0,00071; 0,00494), Cr (0,0003; 0,0003), Pb (0,002; 0,007), Mn (0,23606; 2,06351), Hg (0,00009; 0,00009), Cu (0,10982; 0,51015) y Fe (1,0434; 11,2987). Concluye que antes de la descarga del vertimiento, su concentración no es de peligro al ambiente y la salud, no superando los LMPs del ECA, siendo apta para consumo humano; por el contrario, después del vertimiento se superan los LMPs catalogándose como no apta para consumo humano.

Fernández (2019), Universidad Nacional de Trujillo, en su estudio de maestría, planteó entre sus objetivos conocer la contaminación a consecuencia de los metales pesados en la naciente del río Puyango de Tumbes en tres puntos de monitoreo (A, B y C), según al D. S. N° 004-2017- MINAM de los ECA, categoría 3 y 4. Estudio que realizó durante ocho meses de evaluación. Las concentraciones en mg/L fluctuaron para As (punto A: 0,008 a 0,035; punto B: 0,001 a 0,004 y punto C: 0,006 a 0,021), para Hg (en los puntos A, B y C < 0,0001) y para Pb (punto A: 0,021 a 0,066; punto B: 0,005 a 0,016 y punto C: 0,018 a 0,048). Concluye para el As y Hg no se excede el ECA categoría 3 y 4, para el Pb exceden el ECA categoría 4, Por tanto, considera que el río se encuentra contaminado por metales pesados al exceder los ECA categoría 3 y 4 por el vertido de actividades mineras en la zona.

Sanchez (2019), en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, tesis de maestría, determinó la concentración de Pb, Al y Sr en los afluentes del río Osmore, su evaluación en base al D. S. N° 004-2017- MINAM de los ECA (Al 5, Pb 0,05 mg/L) y el EPA (Sr 4 mg/L) En el análisis de los metales, determinó para época de estiaje variaciones en mg/L de la concentración para Al (0,0565 a 3,73), Pb (< 0,00025 a 0,00172) y Sr (0,215 a 1,06); para época de avenida Al (1,67 a 28,2), Pb (0,00180 a 0,0248) y Sr (0,131 a 0,522). Por tanto, el contenido de Aluminio en época de estiaje es inferior y en avenida es superior al ECA categoría 3, lo que implica alto riesgo ambiental, para vegetales y animales que lo beben; para el plomo en las dos épocas no se superan el ECA categoría 3; para el estroncio en ambas

épocas no se superan los límites dados por el EPA. Concluye que las aguas presentan leve riesgo para la agricultura y ganadería, aunque en épocas de avenida es preocupante el contenido de Aluminio.

Villanueva (2018), Universidad Nacional del Altiplano de Puno, realizó en Puno la evaluación de metales pesados en el río Ayaviri parte baja, con fines de irrigación en épocas de avenida (mayo) y estiaje (junio) en referencia al D. S. N° 004-2017- MINAM para los ECA. Obtuvo para dos puntos del río Ayaviri en 2017 y 2018, en estiaje Cd (0,0155; 0,0146 y 0,00947; 0,0081), Pb (0,00019; 0,0018 y <0,001; <0,001), Cr (0,04; 0,0044 y 0,004; <0,001), Hg (2,9E-05; 3E-05 y <0,0001; <0,0001), Al (13,35; 15,3 y 14; 8,596), Ba (0,0781; 0,073 y 0,06; 0,065), B (0,0781; 0,073 y 0,06; 0,065), Cu (0,7631; 0,7248 y 0,389; 0,337), Fe (11,93; 12,65 y 6,936; 3,409), Li (0,4361; 0,3356 y 0,367; 0,438), Mg (12,59; 12,81 y 10,05; 11,67), Mn (0,8411; 0,8153 y 0,9512; 1,457) y Zn (0,3107; 0,304 y 0,32; 0,303); en época de avenida para Cd (0,00057; 0,0005 y 0,00551; 0,0039), Pb (0,059; 0,0009 y 0,0023; 0,0018), Cr (0,036; 0,0009 y --; 0,0031), Hg (0,00009; 9E-05 y 2,9E-05; 3E-05), Al (3,991; 2,953 y 13,4; 7,863), Ba (0,021; 0,027 y 0,039; 0,0423), B (0,021; 0,027; 0,039; 0,0423), Cu (0,081; 0,0009 y 0,947; 0,6389), Fe (4,917; 3,174 y 15,77; 10,29), Li (0,061; 0,084 y 0,129; 0,1518), Mg (1,423; 3,756 y 7,366; 7,542), Mn (0,25; 0,518 y 0,5536; 0,5685), Zn (0,106; 0,133 y 0,2062; 0,1554). Concluye que las concentraciones de Cd, Pb y Hg son inferiores al ECA, en comparación a las de Aluminio y Hierro que la superan.

Izquierdo y Verástegui (2017)), Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, en su estudio de tesis, estudiaron la cuenca baja del río *Jequetepeque* de Cajamarca, donde determinaron y evaluaron el contenido de Pb, As, Cr, Cd, y Hg, en época de lluvia (mayo) y estiaje (noviembre) en base al D. S. N° 004-2017- MINAM para los ECA categoría 3 (As 0,1 y 0,2; Cd 0,01 y 0,05; Cr 0,01 y 1). Evaluó seis puntos de muestreo. Determinó el contenido por absorción atómica. Encuentra para época de lluvia (en mg/L), para el As fluctuaciones de 0,001 a 0,003, para Cd de < 0,001 a 0,001, para Cr todos < 0,001, para el Hg todos <0,0002 y Pb de <0,003 a 0,007. Asimismo, en estiaje para As varía de <0,003 a 0,006, para Cd de <0,002 a 0,002, Cr <0,002, Hg < 0,0002 y Pb de <0,003 a 0,004. Concluye que el Pb, As, Cr, Cd, y Hg que se encontraron en la parte baja del río Jequetepeque son inferiores al límite del ECA del mencionado Decreto Supremo.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Metales pesados

Romero (2004), indica que no hay una definición única de los metales pesados, considera para definirlos criterios como aquellos metales que poseen densidad mayor de cuatro, por su posición dentro de la tabla periódica, respuesta particular botánica o zoológica y elevada toxicidad; se considera metales como la Plata (Ag), cadmio (Cd), bario (Ba), cobre (Cu), cromo (Cr), cobalto (Co), níquel (Ni), plomo (Pb), zinc (Zn), hierro (Fe), mercurio (Hg), titanio (Ti), vanadio (V), niobio (Nb), molibdeno (Mo) y manganeso (Mn).

Los minerales de la corteza terrestre contienen metales de forma inorgánica, considerados, donde los metales pesados se les considera como tóxicos por el hombre desde la antigüedad, donde las fuentes de exposición es muy variado, pudiendo darse por el agua, alimentos o por un ambiente contaminado (Ferrer, 2003). Además, Rodríguez (2017) manifiesta que estos metales se hallan naturalmente en la corteza terrestre y tras las actividades antrópicas en los suelos donde se encuentran acumulados, posibilita y ha ocasionado el incremento de estos en el ambiente, por los procesos como la minería, pintura, galvanizado y otros.

Por otro lado, Geissler y Arrollo (2011) consideran que la fuente que genera mayor contaminación corresponden a las industrias y talleres, estando agudizada en países donde las leyes no exigen un tratamiento de sus aguas residuales previo a su disposición final a las redes de alcantarillado municipal, además en condiciones de clima lluvioso, tras la oxidación de estructuras metálicas originan el desprendimiento de zinc y hierro, también la abrasión de las llantas de vehículos desprende metales al ambiente por su utilización como catalizador en su fabricación.

2.2.1.1 Estados y consecuencias en la salud por metales pesados

Pabón, Benítez, Sarria-Villa y Gallo (2020), indica que en la actual producción industrial, los metales pesados son muy utilizados en la extracción o refinación de productos por su economía, pero sus residuos al ser descargados o dispuestos ocasionan un grave problema ambiental por sus altos niveles de toxicidad en organismos vivos, lo que propicia el desarrollo de tecnologías destinadas al control o detención de estos contaminantes en los cuerpos de agua, posibilitando que los ecosistemas y la salud humana mejoren.

Estudios de toxicología, evidenciaron intoxicaciones crónicas por elementos de mercurio (Hg) y plomo (Pb) considerados como los más tóxicos relacionados en actividades mineras,

y también por el arsénico (As) utilizados como tóxico en homicidios y suicidios (Ferrer, 2003).

a) Arsénico

Extensamente distribuido en la corteza terrestre, con -3 , 0 , $+3$ y $+5$ de estado de oxidación, formando a menudo sulfuro de arsénico, también arseniuros metálicos o arseniatos. Comúnmente en 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 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 y por tanto la capacidad de alcanzar su cuantificación límite, considerándose por ello un VR provisional de $0,01$ mg/l por el tipo de tratamiento y capacidad de su análisis (OMS, 2018).

La (ATSDR, 2006), indica que es abundante en la corteza terrestre, es un metaloide, aunque frecuentemente se le señala como metal; arsénico metálico sólido gris acero, en la naturaleza se halla combinado denominándose arsénico inorgánico, su gran mayoría y los orgánicos se presentan como polvos blancos, sin olor y en la mayoría de los casos ningún sabor en particular, lo que los hace imperceptibles en alimentos, agua o aire.

Introducción al medio ambiente

ATSDR (2006), expresa que se encuentra de manera natural en el suelo y minerales, que pueden desplazarse por el viento al suelo, agua y al aire, también por la filtración de agua por el suelo, quema de carbón y residuos que la contienen hacia la atmosfera, descarga de desechos industriales, terminando en su mayor parte en el suelo, reportándose la acumulación orgánica (arsenobetaína) en tejidos de algunos peces y mariscos mucho menos peligrosa.

Efectos en la Salud

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, cáncer de pulmón y vejiga, neuropatía periférica, y enfermedad cardiovascular; habiéndose presentado contaminaciones agudas por arsénico asociadas a la ingesta de agua desde pozos con hasta 21,0 mg/l y lesiones dérmicas por exposición mayores a cinco años, efectos cardiovasculares en niños que consumieron agua con 0,6 mg/l de arsénico durante siete años, aunque es incierto los riesgos reales a bajas concentraciones de arsénico; EL CIIC clasifica a sus compuestos inorgánicos como cancerígeno para el hombre (Grupo 1) (OMS, 2018).

ATSDR (2006), sostiene que desde mucho antes se conoce al arsénico como veneno, en dosis elevadas mayores a 60 000 ppb puede ser fatal, dosis entre 300 a 30 000 ppb irrita el estómago e intestinos, con dolor en el estómago, náusea, vómitos y diarrea, reduce también los glóbulos rojos y blancos provocando cansancio, anomalías en el ritmo cardiaco, daño a vasos sanguíneos y alteraciones de los nervios; a exposiciones orales prolongales presenta alteraciones en la piel, cáncer a la piel, hígado, vejiga y pulmones; para el ser humano, el DHHS y la EPA reconoce al arsénico inorgánico como sustancia carcinogénica, la IARC determina que el arsénico inorgánico es carcinogénico.

b) Cadmio

Usado en industria del acero y plástico, ampliamente utilizadas sus compuestos en 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; los alimentos constituyen la fuente principal de cadmio entre 10 a 35 µg, adicionalmente el tabaco expone de manera significativa al cadmio; habitualmente las concentraciones de cadmio son inferiores a 0,001 mg/l en el agua de consumo, se considera un VR en agua potable para el cadmio de 0,003 mg/l (OMS, 2018).

Además, ATSDR (2012a) indica que es un elemento natural presente en la corteza terrestre, sus formas mineralizadas encontrándose como óxido, cloruro, sulfato, sulfuro de cadmio, se encuentra hasta en los abonos minerales y el carbón, no se corroe con facilidad y es usado en baterías, pigmentos, revestimiento de metal y plástico.

Introducción al medio ambiente

ATSDR (2012a), expresa que actividades como minería e industrias, combustión de carbón, quema de desechos posibilita su ingreso al aire, donde sus partículas recorren largas distancias antes de su depósito adhiriéndose fuertemente a partículas del suelo y agua; no se degrada, pero si cambia de forma, algunas de ellas son solubles en agua, siendo incorporadas al ambiente por peces, plantas y otros animales.

Efectos en la Salud

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 al cadmio y también sus compuestos como probablemente cancerígeno para el hombre (Grupo 2A) (OMS, 2018).

Para ATSDR (2012a), la ingesta de agua o alimentos con elevados niveles de cadmio irrita gravemente al estómago provocando vómitos y diarrea, inhalar elevados niveles produce graves daños a los pulmones, a exposiciones a bajos niveles pero prolongadas en alimentos, agua y aire provoca su acumulación en riñones con posibilidad de enfermedad renal, fragilidad de huesos y daño a los pulmones; en los seres humanos, el DHHS y el IARC determinaron que Cd y sus compuestos son carcinogénicos, la EPA lo considera probablemente carcinogénico (grupo B1).

c) Plomo

Usado 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 que disminuya su concentración en el aire y en los 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).

ATSDR (2007), indica metal gris-azulado que se encuentra presente naturalmente en la corteza terrestre, formando compuestos de plomo, raras veces se encuentra como metal en

la naturaleza, con bajo punto de fusión el plomo metálico, resistente a la corrosión por acción del aire o agua; tras estar expuesta se recubre y protege con una capa de compuesto de plomo, fácil, de tallar y moldear; con otros metales forma aleaciones usándose en tuberías, baterías, proyectiles, pesas, municiones, revestido de cables y láminas protectoras de radiación, siendo su principal uso en las baterías de vehículos.

Introducción al medio ambiente

ATSDR (2007), indica que en los últimos tres siglos, por la acción del hombre se han incrementado en más de mil veces los niveles de plomo en el ambiente, principalmente por el uso de gasolinas con plomo (años 1950 al 2000), el ingreso de plomo al ambiente puede darse en su actividad minera o de otros metales, industrias donde la producen o lo usan, producto de aguas residuales de actividades industriales que manejan plomo, desgaste de pinturas con plomo de las estructuras, vertederos con contenidos de plomo, por quema de petróleo, carbón y desechos, antes de su prohibición por los escapes de automóviles y por el uso en plaguicidas; en el suelo el plomo se adhiere y permanece en la capa superior, si la partícula es pequeña puede trasladarse a grandes distancias, son removidos del aire por lluvias y material particulado que lo depositan en el suelo o en cuerpos de agua superficial

Efectos en la Salud

Al estar expuesto a plomo, se produce varios efectos adversos en el desarrollo neuronal, función renal, hipertensión, fertilidad, embarazo y mortalidad por 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 VR 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 (OMS, 2018).

Para ATSDR (2007), los efectos en la salud es indiferente de la vía de ingreso al cuerpo, afecta al sistema nervioso central, produce debilidad en rodillas, muñecas y dedos, riesgo de contraer anemia; a dosis altas puede ocasionar daños al cerebro y riñones pudiendo ocasionar la muerte, aborto en embarazadas y cambios en la producción de espermatozoides; aún no se ha evidenciado que ocasiona cáncer en el ser humano, el Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) predice que el plomo y sus compuestos son carcinogénicos, la

EPA considera al plomo como probablemente carcinogénico, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) indica al plomo inorgánico como probablemente carcinogénico y que sus compuestos orgánicos no son clasificables en cuanto a su carcinogenicidad.

d) Cromo total

El cromo se encuentra extensamente distribuido en la corteza de la tierra, presenta oxidación de +2 hasta +6; la ingesta principal se produce por los alimentos, donde el cromo +3 es nutriente esencial (OMS, 2018).

ATSDR (2012b), también expresa que puede existir y encontrarse en rocas, suelo, plantas y animales, bajo diferentes formas, el más común es el cromo (0) utilizado en industria del acero, cromo (III) en cromado, pigmentos y colorantes, curtiembre de cuero y preservante de madera y el cromo (VI); sus compuestos carecen de sabor u olor especial.

Introducción al medio ambiente

Para ATSDR (2012b), se halla en suelo, aire y agua, tras la evacuación de sus procesos de manufactura o utilización, no permanecen en el aire y se depositan en el suelo y agua, con las condiciones presentes puede cambiar fácilmente de forma, la acumulación de cromo desde el agua es mínima en los peces

Efectos en la Salud

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 produjo ningún incremento de incidencia de tumores; CIIC clasifica al cromo +6 como cancerígeno para el hombre (grupo 1) y el cromo +3 como no clasificable en carcinogenicidad en el hombre (grupo 3); suelen presentarse concentraciones de cromo total menores a 0,002 mg/l en el agua y en casos extremos hasta 0,120 mg/l. se considera un VR provisional en el agua potable para el cromo total de 0,05 mg/l en base a lo incierto de los datos toxicológicos (OMS, 2018).

Para ATSDR (2012b), el cromo (III) es esencial en el cuerpo porque ayuda en utilizar azúcar, proteína y grasa, el cromo (III) son mucho menos tóxicos que si se respira cromo (VI), donde sus efectos ocurren a mucho más bajas concentraciones, produciendo irritación el interior de las fosas nasales, ocasionando secreción, asma, tos, falta de aliento; al contacto produce alergias, hinchazón y úlceras en la piel; en los seres humanos, el DHHS, la EPA y la IARC determinaron que son carcinogénicos los compuestos de cromo (VI), trabajadores que inhalaban cromo (VI) presentaron cáncer en los pulmones y al estar expuestos a cromo (VI) en el agua potable presentaron tumores estomacales.

e) Níquel

ATSDR (2005), manifiesta que es un elemento natural de abundancia, un metal duro de color blanco-plateado, combinándose con Fe, Cu, Cr y Zn formando aleaciones, principalmente usado en la fabricación de acero inoxidable, y también en monedas, joyería, válvulas y equipos intercambiadores de calor; puede también formar compuestos de níquel con cloro, azufre y oxígeno, muchos de ellos son solubles en el agua y presentan una coloración verde, usándose en el niquelado, pintado cerámico, fabricación de baterías y como catalizador de reacciones químicas; el níquel y sus compuestos carecen de olor y sabor característico.

Introducción al medio ambiente

Para ATSDR (2005), se introduce a la atmosfera a consecuencia de la quema de petróleo, carbón, basura y por las industrias que lo manufacturan o utilizan en su diferentes formas; en el aire las partículas de polvo y la lluvia la remueven y la depositan en el suelo, lo evacuado en los desagües terminan finalmente en el suelo o sedimento adhiriéndose fuertemente a partículas que presentan Fe y Mn, no se ha evidenciado su acumulación como alimento en peces o animales.

Efectos en la Salud

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 el contenido 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 VR 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; para el CIIC sus compuestos inhalados son cancerígenos en el hombre (grupo 1) y posiblemente lo es el níquel metálico (Grupo 2B) (OMS, 2018).

Para ATSDR (2005), comúnmente tras la exposición se produce una reacción alérgica, la ingesta de altos contenidos de níquel provoca dolor en el estómago, adversos efectos en sangre y riñones, la inhalación de polvos con altos niveles de compuestos de níquel produjo incremento de cáncer en pulmones y senos nasales; para el ser humano, el DHHS considera razonable al níquel metálico como carcinogénico y que sus compuestos son consideradas carcinogénicas, la IARC reconoce que algunos de sus compuestos son carcinogénicos y que probablemente carcinogénico es el níquel metálico, la EPA determinó que en las refinerías los polvos y el subsulfuro de níquel son carcinogénicos.

2.2.1.2 Efecto de metales pesados en suelo agrícola

Guzmán-Morales, Cruz-La Paz y Valdés-Carmenate (2019). No se valora la condición para la vida que posee el suelo, que presenta un valor ecológico y que está relacionado con la salud del hombre, teniéndose la necesidad de establecer indicadores de su calidad, con objeto de mejorar la productividad del terreno, conjuntamente con la calidad ambiental, salud del hombre y calidad del alimento; viéndose reflejada su toxicidad a largo plazo, habiéndose reportado aumento de casos de cáncer, enfermedades genéticas, lesiones en el sistema nervioso central tras ingerirse agua o alimentos contaminados

Méndez-García, Rodríguez-Dominguez y Palacios-Mayorga (2000). Si bien las aguas residuales aportan materia orgánica, nitrógeno y fósforo, pero por otro lado ocasiona la acumulación de metales pesados, que aunque no se rebasen los límites de estos metales en el agua para riego, representa un peligro para los cultivos que son parte de la cadena trófica hacia el hombre; su acumulación se acentúan más en suelos arcillosos.

En años recientes, se ha incrementado el uso de aguas residuales en cultivos agrícolas, que su uso frecuente puede degradar y contaminar el suelo, afectando sus propiedades e incrementan la acumulación de plomo en la capa superficial, seguido de cobre (Cu) y cadmio

(Cd), aumento en el estrato superior del contenido de materia orgánica, conductividad eléctrica (García-Carrillo, y otros, 2020).

Londoño-Franco, Londoño-Muñoz y Muñoz-García (2016), afirma que puede provocarse intoxicaciones de diferente naturaleza a consecuencia de metales pesados en los alimentos y el ambiente, daños irreversibles en animales y en la salud del hombre, graves como efectos teratogénicos, cáncer y la muerte; donde sus elevadas concentraciones en los seres vivos ocasionan diversas patologías a consecuencia de la modificación de procesos bioquímicos y fisiológicos.

2.2.2 Monitoreo de calidad de agua de río

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

2.2.2.1 Recursos

Se 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 (ANA, 2016).

2.2.2.2 Tipo de muestra de agua

Se indican tres tipos de muestreo: a) Muestra simple, cuando se toma en un lugar determinado una porción, representando las condiciones del cuerpo de agua del 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) (ANA, 2016).

2.2.2.3 Planificación del monitoreo

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 en el mismo lugar, recogida de muestra en envase, su preservación y cadena de custodia de la muestra, su transporte al laboratorio, seguridad de la calidad de resultados y c) Posmonitoreo: Análisis de parámetro en laboratorio bajo acreditación de INACAL, proceso y revisión de resultados e informe de monitoreo (ANA, 2016).

2.2.2.4 Codificación del punto de muestreo

Se determina la ubicación por Sistema de Posicionamiento Global (GPS), en unidades 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] (ANA, 2016).

2.2.2.5 Frecuencia de monitoreo

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 (ANA, 2016).

2.2.3 Normativa legal y reportes oficiales

2.2.3.1 A nivel nacional

a) Constitución política del Perú (1993)

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

b) Ley N° 28611

Congreso de la República del Perú (2005), aprueba la Ley General del Ambiente, donde también indica en derechos y principios, que todo individuo tiene el derecho de vivir en un ambiente, saludable, equilibrado y propicio de desarrollo para su vida, teniendo el deber de proteger y contribuir a una gestión ambiental efectiva, incluyendo sus componentes; asegurar la salud colectiva e individual, conservar la biodiversidad y sostenibilidad de recursos naturales para el desarrollo sostenible del Perú.

c) Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

La Presidencia de la República del Perú (2017) donde en el artículo 2 se aprueba los ECA para Agua y se precisa en el artículo 3 sus categorías, donde se establece los requisitos para la categoría 3, detallados para los metales evaluados en la Tabla 1.

Tabla 1

Estándares para compuestos inorgánicos Categoría 3

Parámetro	Riego de vegetales (restringido si y no)	Bebida animal
Plomo	0,05	0,05
Cromo total	0,1	1
Arsénico	0,1	0,2
Cadmio	0,01	0,05
Níquel	0,2	1

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

De la Tabla 1 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 consumidos cocidos (habas, cultivos de tallo alto, cultivos procesados, cultivos no comestibles y forestales). Por otro lado, para *bebida de animales* mayores (como el ganado vacuno y otros) y animales menores (como el ganado porcino, caprino, conejos, entre otros) (Presidencia de la Republica del Perú, 2017).

Además en el Artículo 5.se establece los ECA para agua, de referencia obligatoria 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 Republica del Perú, 2017).

2.2.3.2 Norma legal a nivel internacional

Según la ATSDR de los Estados Unidos, elabora 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 se ha elaborado la Tabla 2.

Tabla 2

Lista de prioridades de sustancias de la ATSDR 2019

Clasificación	Sustancia	Total puntos
1	Arsénico	1676
7	Cadmio	1318
17	Cromo hexavalente	1149
58	Níquel	993
78	Cromo	893
122	Plomo	805

Nota. ATSDR (2020).

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 atentar con la salud de las persona. La Tabla 3 indica algunos elementos químicos de interés y su valor de referencia.

Tabla 3

Valores de referencia de la OMS de afectación a la salud

Metal	Valores de referencia (mg/L)
Arsénico	0,01
Cadmio	0,003
Cromo total	0,05
Níquel	0,07
Plomo	0,01

Nota. (OMS, 2018).

2.3 Bases filosóficas

Bugallo (2007) indica que las ciencias biológicas y del ambiente se incorporan a la filosofía ambiental, con conocimientos propios de antropología, economía y sociología; tras las crisis en el ambiente y tras los cambios desfavorables de la biosfera generalizada, crece la necesidad de una reflexión filosófica; donde se espera una participación transdisciplinaria desde una posición filosófica hasta la ciencia social y natural; ser realistas conllevaría a que no sea necesario imposiciones de conducta, pudiéndose además considerarse un deber y reconocer la solidaridad.

Además, Hernández, Hernández, Mauri y García (2012) consideran la evolución del hombre a lo largo de su historia, en diferentes estratos sociales y económicos de su sociedad y condiciones de medio ambiente; las alteraciones que provoca el hombre en el medio ambiente, modifican sus condiciones repercutiendo en la salud y propagación de enfermedad muy desfavorablemente.

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).

Cadena de custodia

“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” (ANA, 2016, p. 82).

Contaminación del agua

“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” (MINAM, 2016a, p. 16).

Época de avenida

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

Época de estiaje

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

Punto de monitoreo

“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” (ANA, 2016, 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 no cumplen con la normativa nacional e internacional en el agua de riego hacia Carquín Chico, Hualmay en 2020

2.5.2 Hipótesis específicas

- Se detecta concentraciones de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en el agua captada desde el río Huaura en el canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, en agosto 2020.
- La concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel no cumplen con el ECA del MINAM (categoría 3) en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020.
- La concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel no cumplen con el Valor de Referencia de la OMS en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020

2.6 Operacionalización de las variables

Se indica en la Tabla 4, considerando convenientemente para V1 (Variable de caracterización), la medición de la concentración) y en la V2 (Variable de estudio), la evaluación de acuerdo al MINAM y la OMS.

Tabla 4

Operacionalización de variables

Evaluación de la concentración de metales pesados en el agua de riego de Carquín Chico, distrito de Hualmay, 2020

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	VALOR FINAL
Variable de caracterización 1. Concentración de metales pesados	Camacho y Ariosa (2000). Los metales pesados se caracterizan por tener altos pesos atómicos, presentando una toxicidad potencialmente alta, pudiendo ser nocivos incluso a bajas concentraciones para animales y plantas.	Análisis de metales pesados de mayor toxicidad como el arsénico, cadmio, plomo y cromo, con muestreo de acuerdo al protocolo del ANA para aguas superficiales.	1.1 Metales pesados	<ul style="list-style-type: none"> • Plomo • Cromo • Arsénico • Cadmio • Níquel 	• mg/L
Variable de estudio 2. Evaluación de concentración de metales pesados	La evaluación de indicadores químicos permite el diagnóstico del estado de la calidad del agua, para la toma de decisiones informada, desarrollo de planes y otros instrumentos de gestión (ANA, 2016).	Evaluación de la concentración de metales pesados respecto a la norma nacional DS N° 004-2017-MINAM, de la categoría 3 para Riego de vegetales y bebida de animales; y la norma internacional valor de referencia de la OMS.	2.1 Evaluación ECA del-MINAM 2.2 Evaluación respecto a la OMS	<ul style="list-style-type: none"> • Comparación con el ECA <ul style="list-style-type: none"> Comparación con el valor de referencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Cumple • No cumple <ul style="list-style-type: none"> • Cumple • No cumple

Nota. Elaboración propia.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

Considerando a Carrasco (2017) hace referencia a los estudios de nivel básico y aplicado. El estudio es aplicado, al haberse desconocido la cuantificación de metales pesados en aguas del canal que abastece a Carquín Chico, y que se pretende dar respuesta a la interrogante de cuan contaminado se encuentra el agua en el canal de regadío y si se está cumpliendo con los ECA categoría 3 de MINAM y valor de referencia (VR) internacional de la OMS.

Por otro lado, BIOESTADISTICO (2012a) indica que toda investigación es exhaustiva y excluyente. Tal condición permite tipificar la investigación en: a) Estudio observacional, por el hecho que se recolectaron las muestras para las mediciones de las variables in situ y también en laboratorio sin ninguna manipulación de alguna variable y de las condiciones del canal, el cual aseguró las lecturas de los parámetros evaluados tal como se encuentra en el canal de regadío hacia los campos de cultivo de la zona. b) Estudio prospectivo, por el hecho que fue realizado por el investigador, y que para ello se identificaron el lugar de muestreo, su facilidad de acceso y también las condiciones de seguridad en la toma de muestras con los EPP y movilidad para su traslado en salvaguarda de la salud de los profesionales participantes por las condiciones de COVID-19. c) Estudio transversal, en vista que se realizó en un solo momento en un punto de muestreo del agua de riego canalizada a efectos de recolectar una muestra representativa para el análisis in situ de pH, temperatura, conductividad y otra que se conservará apropiadamente para su envío para análisis de metales pesados y d) Estudio descriptivo, por tratarse de un estudio de una sola variable, por lo que se limitó a cuantificar los metales pesados y su evaluación del agua de riego del canal, su procesamiento con estadística descriptiva para formular conclusiones e interpretaciones.

3.1.2 Nivel de investigación

Sobre los niveles de investigación, existen diferentes clasificaciones. En base a la clasificación dada por Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), quienes consideran cuatro niveles de investigación (1: exploratorio, 2: descriptivo, 3: correlacional y 4: explicativo), donde considera que el nivel descriptivo pretende especificar características de un proceso sujeto a análisis, recolectando datos del problema sometido a investigación. También, Vara

(2015) indica que los estudios descriptivos describen con precisión y fidelidad los hechos de una realidad presentando índices, porcentajes y frecuencias.

Bajo estas consideraciones, el estudio es de nivel descriptivo, que utiliza bases e investigaciones existentes de soporte para el muestreo, análisis de parámetros in situ, métodos de conservación de muestra, procedimientos de análisis y manejo de equipos de laboratorio. Estudio descriptivo en la cuantificación de metales pesados para su posterior evaluación respecto a los ECA del MINAM y valor de referencia de la OMS.

3.1.3 Diseño

En base a Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) el diseño es la estrategia concebida para dar respuesta al problema de investigación. En ese sentido, el diseño del estudio corresponde a un diseño No experimental, descriptivo de corte transversal, a consecuencia que corresponde a un estudio de una sola variable de interés, el cual se limita a recabar la información tal como acontece en la realidad, su cuantificación de metales pesados para su posterior evaluación. En tal sentido, el diseño se puede representar como:

M ——— O

Dónde: M: muestra.

O: observación.

3.1.4 Enfoque

Asimismo, Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) considera al enfoque cuantitativo como un proceso secuencial vinculado a conteos de números y métodos matemáticos. En ese sentido, el estudio se adecua a un enfoque cuantitativo, de acuerdo al valor final en mg/L de los indicadores de medición para el contenido de As, Cd, Pb, Cr y Ni, presentes en el agua de riego, valor numérico de tipo razón y que además para la evaluación se tiene un valor puntual cuantitativo dado por el ECA y valor de referencia de la OMS.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Considerando a Gamarra, Rivera, Wong y Pujay (2019), quienes definen a la población llamado también universo o colectivo como el conjunto de todas las unidades que tienen características comunes, que pueden observarse, medirse o experimentarse en ellos.

Se hace necesario precisar lo afirmando por Villacorta *et al.* (2010), del estudio del Río Huaura, el cual tiene regímenes de descarga muy variados con comportamientos relacionados a las precipitaciones pluviales que varían por las estaciones; su análisis desde 1911 a 1999, le permitieron identificar tres periodos a) Avenida (enero a abril), b) Estiaje (junio a setiembre) y c) transicional (mayo a junio) (Figura 2).

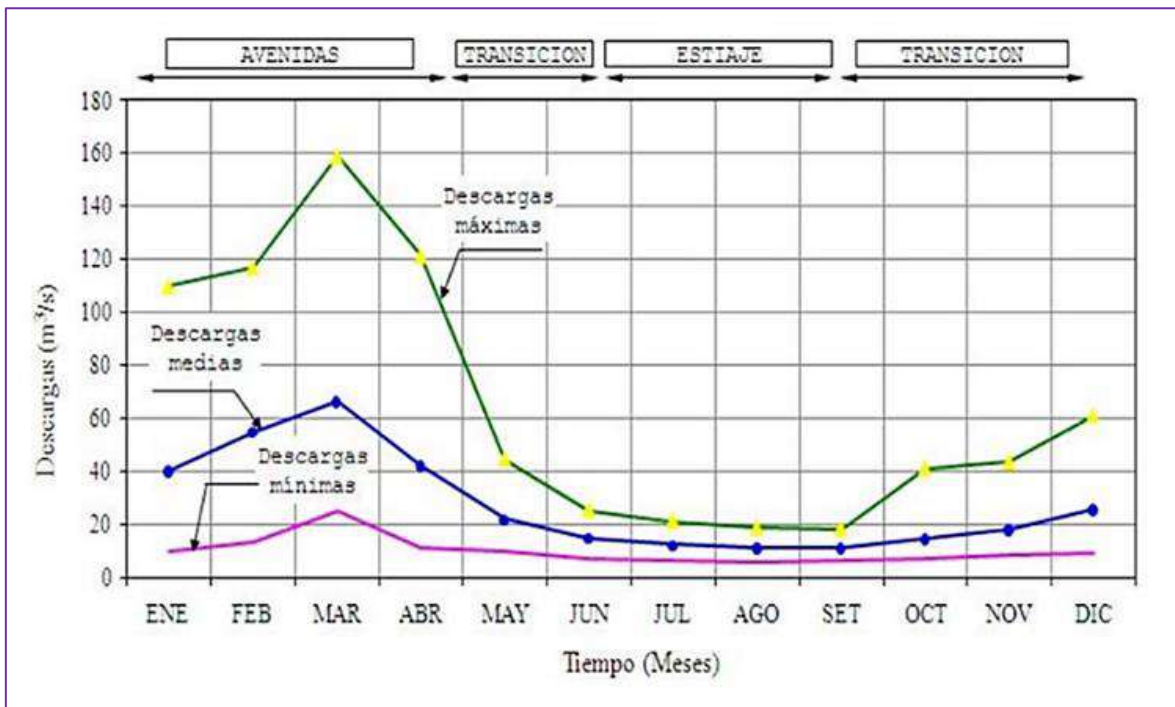


Figura 2. Descargas durante el año del río Huaura.

Nota. (Villacorta *et al.*, 2010)

Es importante considerar que el estudio se realizará en épocas de estiaje, donde el río Huaura se encuentra con menor caudal, lo que podría evidenciar un incremento en la cuantificación de As, Cd, Pb, Cr y Ni por baja dilución y de esta manera evaluar su calidad con fines de riego en condiciones bajas y extremas de abastecimiento. En ese sentido, se estudió el contenido de estos metales en el agua que abastece hacia Carquín Chico en el mes de agosto del 2020, que presenta bajos caudales durante el año.

Por las consideraciones expuestas, la población comprende las aguas de riego en épocas de estiaje en el canal de riego para Carquín Chico en el mes de agosto del año 2020.

3.2.2 Muestra

Considerando la definición dada por Gamarra *et al.* (2019), que la muestra representa a una porción de la población seleccionada con objeto de recabar la información. Habiendo delimitado a la población, y precisado la unidad de estudio como las muestras de agua de un litro, las mismas que fueron tomadas a intervalos de tiempo en un punto de monitoreo seleccionado del canal de regadío hacia Carquín Chico.

Por tanto, se considera: Cuatro muestras de agua de riego en épocas de estiaje en el Canal de riego para Carquín Chico en el mes de agosto del año 2020.

Criterio de inclusión

Se verificó el día en que el canal de regadío está a su capacidad normal de abastecimiento para la toma de la muestra y que al menos este en servicio un día antes a efectos de tomar la muestra en régimen permanente.

Criterios de exclusión

Se excluyeron las muestras en el día donde el canal se encuentra a bajos niveles o sin servicio de abastecimiento.

3.3 Técnicas de recolección de datos

3.3.1 Técnicas a emplear

Córdova (2017), considera que lo que se obtenga en una investigación está en función del instrumento que se utilice para recoger y que éstas deben ser válidos y confiables. En la investigación se utilizaron:

a) Documentación

Teniendo presente a BIOESTADISTICO (2012b, 0:18 - 1:07), la técnica documental corresponde a estudios retrospectivos, donde se limita a recabar la información registrada.

En el estudio correspondió a recabar la información nacional e internacional de los ECA bajo el DS N° 004-2017-MINAM y el valor de referencia de la OMS.

b) Observación

Además, BIOESTADISTICO (2012b, 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 fue utilizada para medir la ubicación del monitoreo, la toma de evidencias para el informe y la medición de parámetros del agua in situ del canal de riego a Carquín Chico y también los reportes de análisis de As, Cd, Pb, Cr y Ni facilitados por laboratorio especializado.

3.3.2 Descripción de los instrumentos

Para recabar los ECA que establecen las normas nacionales según el DS N° 004-2017-MINAM e internacional de la OMS, se utilizó una ficha de recolección de datos para la información relevante. Para medición en campo, se utilizó un equipo portátil para medir la conductividad, un termómetro digital para medir la temperatura, un medidor de pH digital para medir las unidades de pH y para el análisis de As, Cd, Pb, Cr y Ni, se remitió a un laboratorio especializado.

3.3.3 Procedimiento

Considerando al ANA (2016), del protocolo de monitoreo de aguas superficiales En la Figura 3 se indica las fases de realización del estudio. Considerando de importancia la toma de muestras, que de acuerdo a ella dependerá de la calidad del informe. Se indica los procedimientos para la actividad:

3.3.3.1 Procedimiento para toma de muestra

1. El investigador y asesores debe asegurarse en utilizar los EPP como mascarilla, gafas de protección y guantes descartables.
2. Se debe tomar la muestra de la parte central de la corriente, evitando agua de poca profundidad y estancadas.
3. Enjuagar siempre los recipientes de recolección de muestras dos veces como mínimo.
4. Para los parámetros de campo tomar la muestra evitando remover el sedimento.

5. Coger el recipiente de muestra sin tocar la superficie interna, cogiéndolo debajo del cuello y ubicándola en dirección contraria al flujo.
6. Se recogieron muestras simples a intervalos de cada 30 min.
7. Para el análisis de metales en laboratorio se preparó cuatro muestras compuestas con las cuatro muestras simples anteriores cada dos horas
8. Dejar 1 % de espacio para la adición de preservante.
9. Evitar recolectar suciedad, película superficial y sedimentos.

3.3.3.2 Procedimiento para análisis en campo

1. Bajo las consideraciones anteriores, la muestra representativa se analizó las lecturas del pH, Conductividad, Sólidos Suspendidos.

3.3.3.3 Conservación y preservación de muestras

1. Se agrega inmediatamente recolectada la muestra.
2. Para el caso de metales pesados, consideramos lo indicado en la Tabla 5.
3. Manejo adecuado del reactivo considerando la hoja de seguridad para el reactivo.

Tabla 5

Conservación y preservación de muestras para análisis de metales

Parámetro	Almacenamiento máximo (mes)	Condiciones
Arsénico	6	
Cadmio	6	Acidificar a
Plomo	6	pH 1-2 con
Cromo total	6	HNO ₃
Níquel	6	

Nota. (ANA, 2016).

Cadena de custodia

1. Acompañar a la muestra con la cadena de custodia.
2. Introducir la cadena de custodia en un sobre plástica.
3. Enviarla dentro del cooler con la muestra.



Figura 3. Planificación de actividades para el monitoreo.

Nota. Adaptado de (ANA, 2016).

3.3.3.4 Metodología de análisis de metales pesados

Se envió a laboratorio especializado, indicándose en el Anexo 3 la metodología utilizada, para cuantificación de los elementos traza (As, Cd, Pb, Cr y Ni) por espectrometría de emisión atómica equipo ICP-OES Spectro Arcos.

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

Tras la determinación del contenido de metales pesados de Arsénico, Cadmio, Plomo, Cromo y Níquel por el laboratorio especializado, ésta fue sometida a un análisis y representación a través de gráficos para su interpretación. Reportes de los cuatro análisis de las muestras, fueron evaluados respecto al ECA dada en el DS N° 004-2017-MINAM y evaluada respecto al valor de referencia de la normativa internacional de la OMS Se utilizó el estadístico t de Student de única muestra por las condiciones de normalidad de su datos a 5 % de significancia.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados

4.1.1 Metales pesados en el agua de riego de Carquín Chico

En la Tabla 6 se indican el reporte de cuatro monitores del análisis en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020.y verificados en el año 2021 como parte de la actualización de la información.

Tabla 6

Resultados de análisis de metales pesados

N°	Metal	Muestras de agua (mg/L) - 2020				SLAB*	
		MAgua	MAgua	MAgua	MAgua	2021	
		01	02	03	04	ASUP-01	ASUP-02
01	Plomo	0,0018	0,0023	0,003	0,002	<0,002	<0,002
02	Cromo	0,0002	0,0002	0,013	0,006	< 0,0003	< 0,0003
03	Arsénico	0,0030	0,0004	0,001	0,001	<0,002	<0,002
04	Cadmio	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
05	Níquel	0,0010	0,0008	0,036	0,018	< 0,0003	< 0,0003

Nota. *Sistema De Servicios y Análisis Químicos SAC (SLAB, 2021) Informe de ensayo IE-060921-02

El reporte de SLAB (2021) que indica el contenido de otros metales se aprecia en el Anexo 8 y se realizó con objeto de corroborar los resultados en el tiempo, siendo muy próximos a los analizados en el año 2020.

Procesando los datos del año 2020, se obtiene para plomo $0,0023 \pm 0,0005$ mg/L, cromo $0,0049 \pm 0,0061$ mg/L, arsénico $0,0014 \pm 0,0011$ mg/L, cadmio $0,0010 \pm 0,0000$ mg/L y níquel $0,0140 \pm 0,0168$ mg/L.

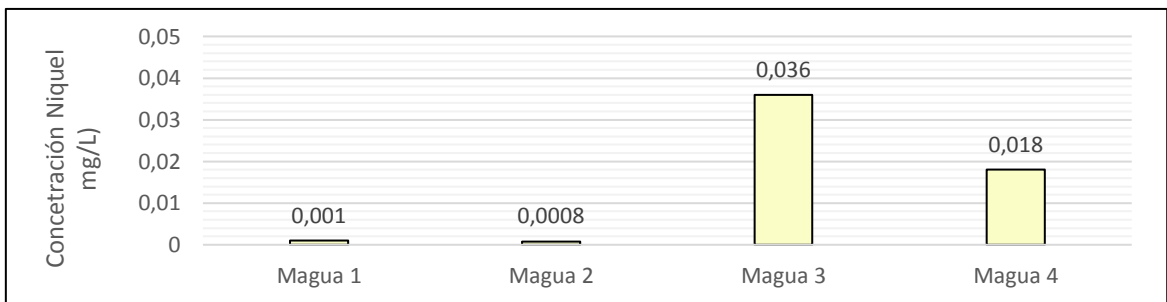
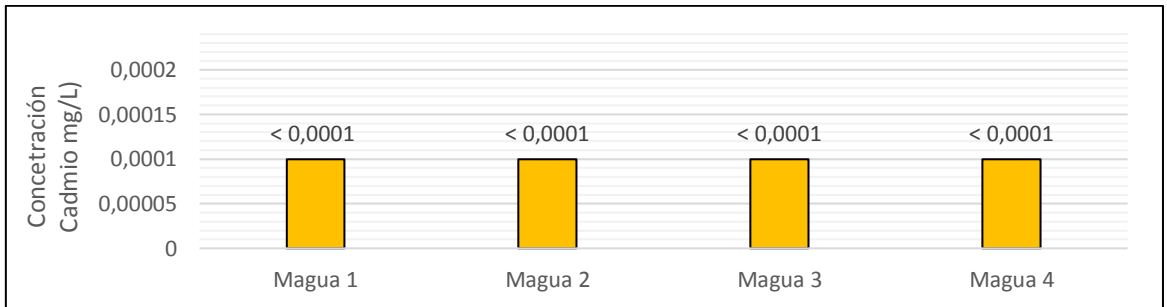
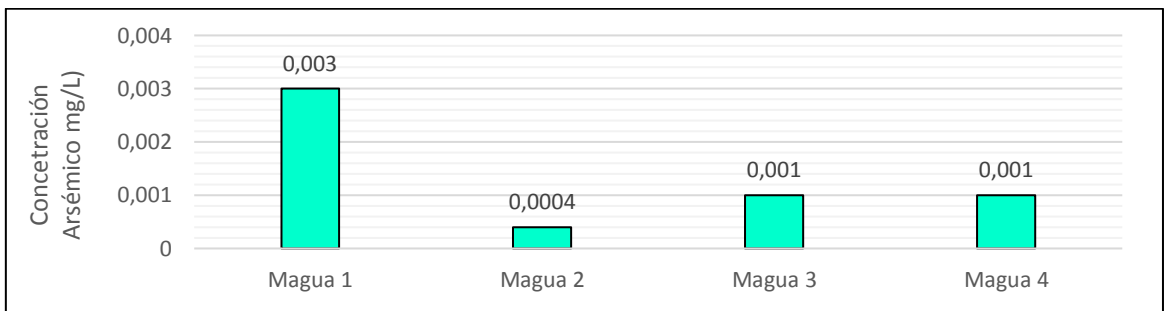
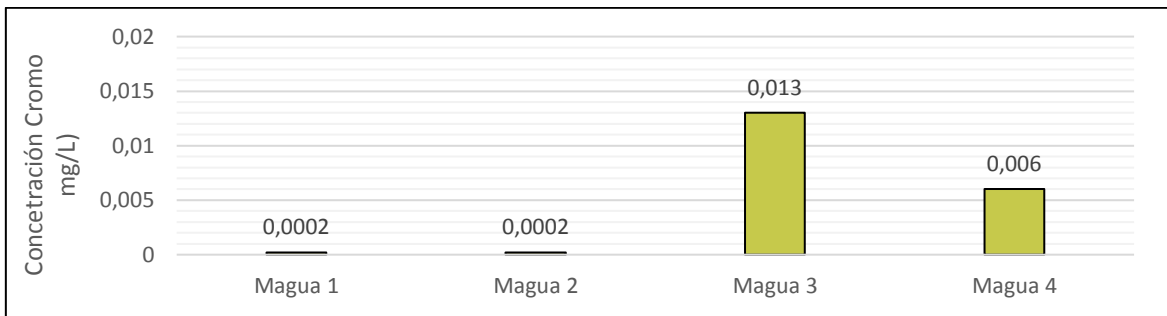
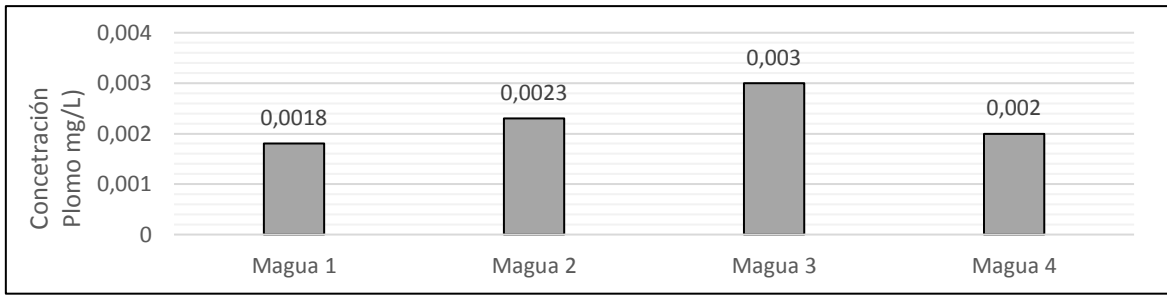


Figura 4. Variaciones del contenido de Plomo, Cromo, Arsénico, Cadmio y Níquel

Nota. Elaboración propia.

4.1.2 Evaluación de metales pesados respecto al ECA del MINAM

En la Tabla 7 se indica los análisis de los cuatro monitores de metales pesados respecto al ECA del DS N° 004-2017-MINAM en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020.

Tabla 7

Concentración de metales pesados respecto al ECA del MINAM

N°	Metal	Muestras de agua (mg/L)				ECA del DS N° 004-2017-MINAM	
		MAgua	MAgua	MAgua	MAgua	Riego de vegetales (restringido si y no)	Bebida animal
		01	02	03	04		
01	Plomo	0,0018	0,0023	0,003	0,002	0,05	0,05
02	Cromo	0,0002	0,0002	0,013	0,006	0,1	1
03	Arsénico	0,0030	0,0004	0,001	0,001	0,1	0,2
04	Cadmio	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,01	0,05
05	Níquel	0,0010	0,0008	0,036	0,018	0,2	1

Nota. Elaboración propia.

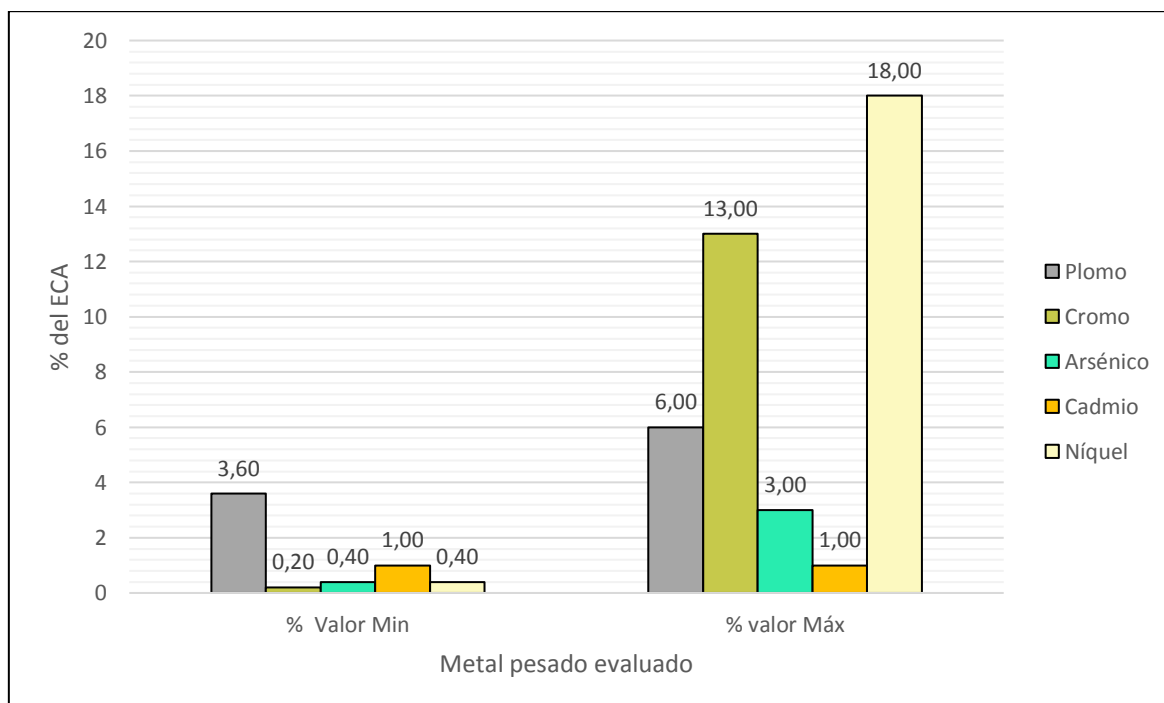


Figura 5. Porcentaje mínimos y máximos reportados respecto al ECA para riego de vegetales

Nota. Elaboración propia.

La Figura 5 evidencia los valores bajos de contenido de metales pesados en el agua del canal de regadío respecto al valor del ECA para riego de vegetales, encontrándose un 18,00 % respecto al ECA para níquel, seguido del cromo con 13,00 %, plomo 6,00 %, arsénico 3,00 % y por último para el cadmio considerando el límite de detección de 1,00 %

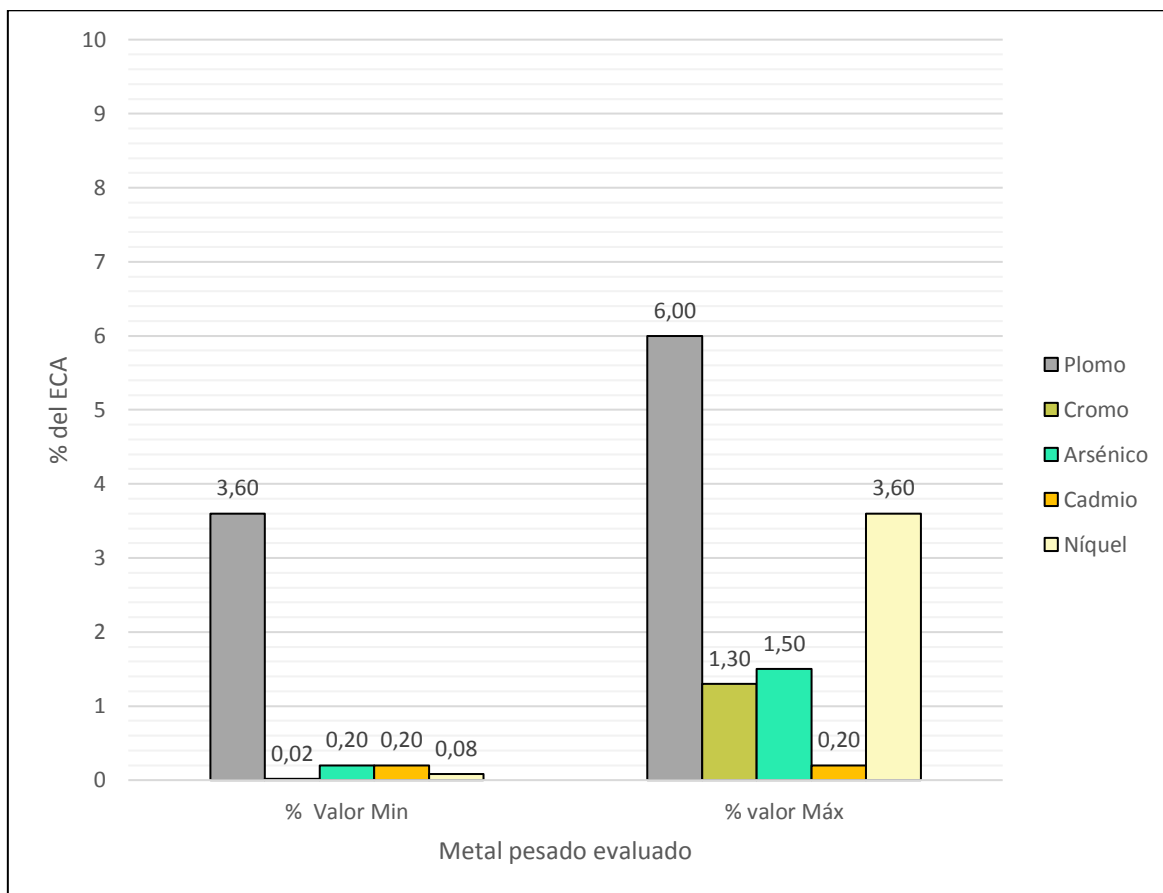


Figura 6. Porcentaje mínimos y máximos reportados respecto al ECA para consumo de animales.

Nota. Elaboración propia.

Por otro lado, comparando al ECA para bebida de animales, indicado en la Figura 6, también las concentraciones de estos metales están muy por debajo del estándar, donde la máxima concentración para plomo respecto al ECA está en 6,00 %, seguido del níquel con 3,60 %, arsénico 1,50 %, cromo 1,30 % y cadmio considerando el límite de detección de 0,20 %.

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

Tabla 8

Concentración de metales pesados respecto al valor de referencia OMS

N°	Metal	Muestras de agua (mg/L)				Valores de referencia de la OMS (mg/L)
		MAgua	MAgua	MAgua	MAgua	
		01	02	03	04	
04	Plomo	0,0018	0,0023	0,003	0,002	0,01
05	Cromo	0,0002	0,0002	0,013	0,006	0,05
01	Arsénico	0,0030	0,0004	0,001	0,001	0,01
03	Cadmio	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,003
06	Níquel	0,0010	0,0008	0,036	0,018	0,07

Nota. Elaboración propia.

De igual manera, con el mismo análisis de la Figura 7, comparando con el valor de referencia dada por la OMS, se puede apreciar respecto a ello, que en sus valores máximos reportados, el Níquel se encuentra en 51.43 %, seguido de plomo y arsénico con 30,00 %, seguido por el cromo con 26,00 % y por último el cadmio con 3,33 % del valor de referencia.

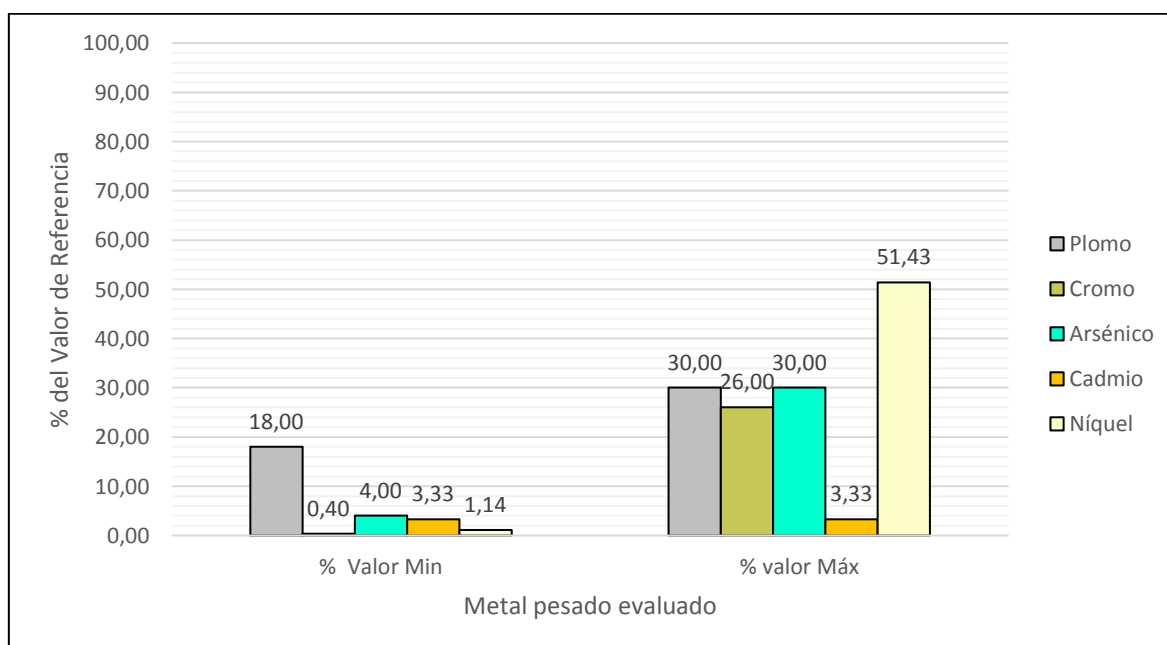


Figura 7. Porcentaje mínimos y máximos reportados respecto al Valor de Referencia de la OMS para consumo humano.

Nota. Elaboración propia.

4.2 Contrastación de hipótesis

Nivel de significancia Se considera 0,05 equivalente a 5 %.

Prueba de normalidad

En la Tabla 9 se muestra el consolidado de las pruebas de normalidad por Shapiro Wilk para las concentraciones de los metales pesados, se concluye a una significancia de 5 %, que las concentraciones de plomo, cromo, arsénico y níquel presentan una distribución normal (p -valor $> 0,05$) y para las concentraciones de cadmio al no detectarse no se evaluó su normalidad, la que se evidencian también en los diagramas de la Figuras 8.

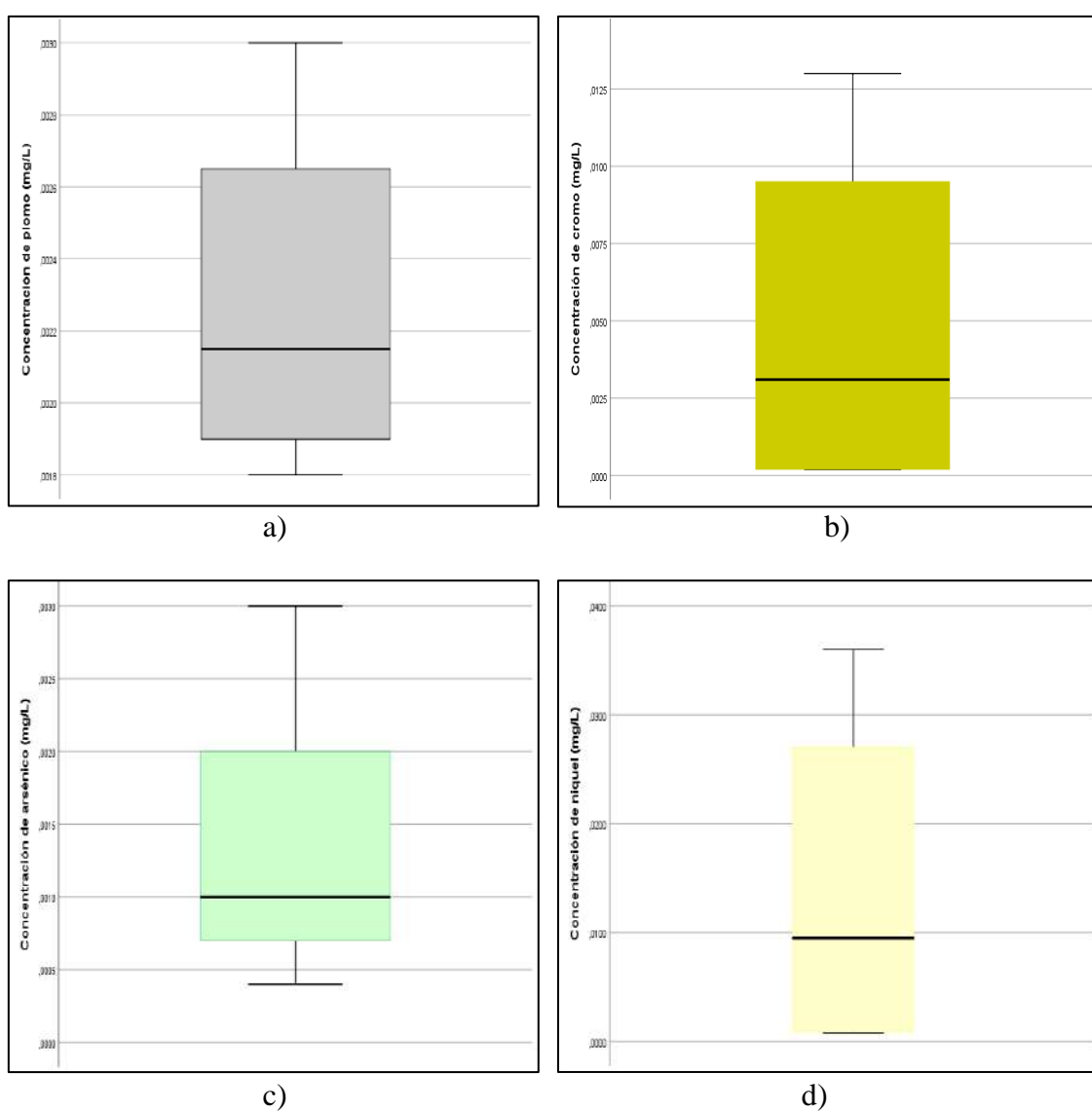


Figura 8. Diagrama caja y bigotes para las concentraciones de a) plomo, b) cromo, c) arsénico y d) níquel

Nota. Elaboración propia.

Tabla 9

Prueba de normalidad de concentración de metales pesados

N°	Metal	Estadístico	p- valor	Normalidad (Si/No)
01	Plomo	0,924	0,562	Si
02	Cromo	0,859	0,255	Si
03	Arsénico	0,825	0,155	Si
04	Cadmio	-	-	No Aplica
05	Níquel	0,866	0,281	Si

Nota. Elaboración propia.

4.2.1 Hipótesis 1

Se detecta concentraciones de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en el agua captada desde el río Huaura en el canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, en agosto 2020.

a) Hipótesis estadística

H₀: No se detecta concentraciones de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020.

H₁: Se detecta concentraciones de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020.

b) Interpretación

Del reporte de laboratorio de la Tabla 6, La hipótesis estadística se cumple parcialmente, con el equipo utilizado se detectó variaciones en las concentraciones de plomo desde 0,0018 a 0,003 mg/L, cromo de 0,0002 a 0,013 mg/L, arsénico de 0,0004 a 0,003 mg/L y níquel de 0,0008 a 0,036 mg/L. En cambio para el cadmio no se detecta, siendo inferior a la sensibilidad del equipo reportando para todos los monitoreos < 0,0001 mg/L en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020.

4.2.2 Hipótesis 2

La concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel no cumplen con el ECA del MINAM (categoría 3) en el agua del canal de riego hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020.

a) Hipótesis estadística

H₀: La concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel es menor (cumplen) con los el ECA del MINAM categoría 3, en el agua del canal de riego hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020.

H₂: La concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel es mayor (no cumplen) con los el ECA del MINAM categoría 3, en el agua del canal de riego hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020.

b) Prueba estadística

La evaluación de cumplimiento respecto al ECA de MINAM para plomo, cromo, arsénico y níquel que presentan distribución normal, se utilizó la prueba t de Student de muestra única para el contraste de hipótesis, indicando en la Tabla 10 el resumen de p-valor para el ECA categoría 3 considerando la hipótesis de investigación mayor y el signo negativo del valor de t.

Tabla 10

Pruebas t de Student para una muestra - ECA riego de vegetales y animales

N°	Metal	ECA Vegetales			ECA animales		
		Valor de comparación	t	p-valor	Valor de comparación	t	p-valor
01	Plomo	0,05	-181,741	1,000	0,05	-181,741	1,000
02	Cromo	0,1	-31,287	1,000	1	-327,218	1,000
03	Arsénico	0,1	-173,713	1,000	0,2	-349,803	1,000
05	Níquel	0,2	-22,195	1,000	1	-117,630	1,000

Nota. Elaboración propia.

Para el caso del cadmio, que no aplica el análisis de distribución normal al ser inferiores a la sensibilidad del equipo reportado para todos los monitoreos $< 0,0001$ mg/L la conclusión es directa.

c) Interpretación

Para el plomo, cromo, arsénico y níquel, de la Tabla 10 con la prueba t de Student para una muestra se obtiene en todos un valor t negativo y considerando la hipótesis H_2 de mayor, se obtiene un p-valor para todos de 1,000, el cual es superior al nivel de significancia 0,05, en consecuencia, se acepta la hipótesis nula de que la concentración de plomo, cromo, arsénico y níquel es menor (cumplen) con los el ECA del MINAM categoría 3, en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020.

Para el cadmio, al estar la concentraciones menores a $< 0,0001$ mg/L se concluye también que la concentración de cadmio es menor (cumplen) con los el ECA del MINAM categoría 3, en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020.

4.2.3 Hipótesis 3

La concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel no cumplen con el Valor de Referencia de la OMS en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020.

a) Hipótesis estadística

H_0 : La concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel es menor (cumplen) con el valor de referencia de la OMS en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020.

H_3 : La concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel es mayor (no cumplen) con el valor de referencia de la OMS en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020.

b) Prueba estadística

Para la evaluación del cumplimiento del valor de referencia de la OMS para el plomo, cromo, arsénico y níquel, por las consideraciones anteriormente mencionadas se utilizó la prueba t de Student de muestra única. La Tabla 11 evidencia el resumen de los p-valor para el valor de referencia para agua de consumo humano, de acuerdo a la hipótesis de investigación mayor y el signo negativo del valor de t. También para el cadmio, que no aplica la distribución normal no se realiza el contraste estadístico de hipótesis.

Tabla 11

Pruebas t de Student para una muestra - valor de referencia OMS.

N°	Metal	Valor de comparación	t	p-valor
01	Plomo	0,01	-29,417	1,000
02	Cromo	0,05	-14,846	0,9995
03	Arsénico	0,01	-15,232	0,9995
05	Níquel	0,07	-6,686	0,965

Nota. Elaboración propia.

c) Interpretación

Para el plomo, cromo, arsénico y níquel, de la Tabla 11 con la prueba t de Student para una muestra, se aprecia que el p-valor que varían de 0,965 a 1,000, el cual es superior al nivel de significancia 0,05, en consecuencia, se acepta la hipótesis nula de que la concentración de plomo, cromo, arsénico y níquel es menor (cumplen) con el valor de referencia de la OMS en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020.

Para el cadmio, al estar la concentraciones menores a $< 0,0001$ mg/L se concluye también que la concentración de cadmio es menor (cumplen) con el valor de referencia de la OMS en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020.

CAPITULO V: DISCUSIÓN

5.1 Discusión de resultados

En el agua captada desde el río Huaura en el canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, en agosto 2020, se detectó la presencia de plomo. De manera similar, fue detectado en el río Ocoa (Patiño y Camilo, 2020), río Tingo – Maygasbamba (Garay y Núñez, 2020), en el embalse de Cerrillos de Ponce en Puerto Rico (Colón, 2019), río Osmore (Sanchez, 2019), río Puyango (Fernández, 2019), cuenca baja del río Jequetepeque Puyango (Fernández, 2019), río Ocoa (Babativa y Caicedo, 2018), parte baja del río Ayaviri (Villanueva, 2018), y no siendo detectados en el río Vines (Yagual, 2018). Se detectó Cromo, que también se detectaron en el río Ocoa (Patiño y Camilo, 2020), río Tingo – Maygasbamba (Garay y Núñez, 2020), embalse de Cerrillos de Ponce en Puerto Rico (Colón, 2019), río Ocoa (Babativa y Caicedo, 2018), parte baja del río Ayaviri (Villanueva, 2018) y no siendo detectados en el río Jequetepeque Puyango (Fernández, 2019) y río Vines (Yagual, 2018). Se detectó Arsénico, y que fueron detectados en el río Tingo – Maygasbamba (Garay y Núñez, 2020), embalse de Cerrillos de Ponce en Puerto Rico (Colón, 2019), río Puyango (Fernández, 2019) y río Ocoa (Morales y Rojas, 2018). No se detectó Cadmio, diferente a los detectados en el río Tingo – Maygasbamba (Garay y Núñez, 2020), embalse de Cerrillos de Ponce en Puerto Rico (Colón, 2019), río Jequetepeque Puyango (Fernández, 2019) y parte baja del río Ayaviri (Villanueva, 2018). Se detectó níquel, que también se detectó en el río Ocoa (Babativa y Caicedo, 2018). Análisis que evidencia la importancia de la sensibilidad de los equipos que se utilizan para cuantificar las trazas de metales pesados que puede causar daño a los ecosistemas, la flora, la fauna y en consecuencia tras la ingesta o exposición llegar a nuestro cuerpo.

Se halló que la concentración de plomo, cromo, arsénico y níquel es menor (cumplen) con el ECA del MINAM categoría 3, en el agua captada desde el río Huaura en el canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, en agosto 2020. En comparación al ECA, se asemejan a los encontrados en el río Tingo – Maygasbamba en Cd, Cr y Pb (Garay y Núñez, 2020), río Osmore en Pb (Sanchez, 2019), río Puyango en As (Fernández, 2019), río Ocoa en Cr, Ni y Pb (Babativa y Caicedo, 2018), río Vines en Cr y Pb (Yagual, 2018), parte baja del río Ayaviri en Cd, Pb y Cr (Villanueva, 2018), río Ocoa en As (Morales y Rojas, 2018) y cuenca baja del río Jequetepeque en As, Cd, Cr y Pb (Izquierdo y Verástegui, 2017). Por

el contrario, se sobrepasan (no cumplen) con el ECA, el río Ocoa en Pb y Cr (Patiño y Camilo, 2020), río Tingo – Maygasbamba en As (Garay y Núñez, 2020), embalse de Cerrillos de Ponce en As, Cd, Cr y Pb (Colón, 2019) y en el río Puyango en Pb (Fernández, 2019). Con el estudio, se ha evidenciado que hay variabilidad en el contenido de metales en los diferentes ríos, que puede deberse a las condiciones naturales y geológicas de su trayectoria o por la evacuación y disposición de contaminantes de actividades del hombre, situación que si comparamos con el ECA del MIMAN, se incumplen en ríos de Colombia, Ecuador y en la parte norte y sur de nuestro país. En contraparte, con el estudio se demuestra que la zona de Carquín Chico en el 2020, se encuentra muy favorecida en contenido por metales pesados que están por debajo de los ECA para cultivos.

Se encontró que la concentración de plomo, cromo, arsénico y níquel es menor (cumplen) con los VR de la OMS de agua para consumo humano, en el agua captada desde el río Huaura en el canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, en agosto 2020. Se asemejan a los encontrados en el río Tingo – Maygasbamba en Cd, Cr y Pb (Garay y Núñez, 2020), río Osmore en Pb (Sanchez, 2019), río Puyango en As (Fernández, 2019), parte baja del río Ayaviri en Pb, Cr (Villanueva, 2018), río Vinces en Cr y Pb (Yagual, 2018), río Ocoa en Cr y Ni (Babativa y Caicedo, 2018) y la cuenca baja del río Jequetepeque en Pb, As, Cr y Cd (Izquierdo y Verástegui, 2017). Por el contrario, sobrepasan (no cumplen) con el Valor de Referencia de la OMS el río Ocoa en Pb y Cr (Patiño y Camilo, 2020), río Tingo – Maygasbamba en As (Garay y Núñez, 2020), embalse de Cerrillos de Ponce para As, Cd, Cr y Pb (Colón, 2019), río Puyango en Pb (Fernández, 2019), parte baja del río Ayaviri en Cd (Villanueva, 2018), río Ocoa en As (Morales y Rojas, 2018) y río Ocoa en Pb (Babativa y Caicedo, 2018). Se aprecia que a mayor exigencia en la evaluación, como es caso para consumo humano dado por la OMS, se incrementa la cantidad de ríos considerados que no son aptas para consumo humano y que por tanto se hace necesario el desarrollo y aplicación de tecnologías para su tratamiento, con la mejora de la legislación y controles en los monitoreos de los cuerpos de agua.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Con la sensibilidad del equipo, se detectó la presencia de plomo, cromo, arsénico y níquel, más no se detectó el cadmio en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020.
- Se cumple con el ECA categoría 3 del MINAM para plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en el agua del canal de riego hacia Carquín Chico del distrito de Hualmay, siendo apta para su utilización en el riego de vegetales y así como para bebida de animales.
- Se cumple con los valores de referencia de la OMS para plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel, en el agua del canal de riego hacia Carquín Chico del distrito de Hualmay, siendo apta por metales pesados como uso potencial de bebida para consumo humano.

6.2 Recomendaciones

- Realizar monitores de metales pesados aguas arriba y abajo de las descargas de efluentes en todo el trayecto del río Huaura, que es muchas veces utilizado como cuerpo receptor, lo que permitirá cuantificar la carga contaminante de estas descargas y que su pronta detección permita acciones para poderlas bajo control, lo que salvaguardará la calidad del agua en todo el cauce del río en beneficio de los residentes aguas abajo.
- Evaluar la calidad microbiológica del agua en el canal de regadío, el cual se ha notado la presencia de microorganismos a simple vista tras el recojo de muestra, que contamina las aguas de riego en el canal de regadío hacia Carquín Chico, a consecuencias de descargas aguas arriba de desagüe a pocos metros del puente de Huaura.
- Realizar estudios de contaminación microbiológica y metales pesados en los campos de cultivo y de preferencia en productos de tallo corto, que se producen en la zona, que pudieran estar contaminada al estar regada por éstas aguas, y que ocasionarían daños a la salud de los consumidores finales en las localidades cercanas comercializadas para su consumo.

CAPITULO VII: REFERENCIAS

7.1 Fuentes documentales

- Babativa, I. A., y 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). Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/12075/2018ivonbarativa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bugallo, A. I. (2007). Avances en filosofía y medio ambiente en Iberoamérica 'Vínculos significativos entre filosofía ambiental y ciencias'. *Gestión y Ambiente*, 10(1), 31-41. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169419796002>
- 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. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-235X2019000100002>
- Fernández, J. (2019). *Nivel de contaminación por metales pesados: Hg, Pb, As y Cianuro (CN-), en el naciente río Binacional Puyango –Tumbes (Perú – Ecuador)*. (Tesis de maestría). Recuperado de <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13007/Fern%C3%A1ndez%20Yarlequ%C3%A9%20Jorge.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ferrer, A. (2003). Intoxicación por metales. *Anales Sis San Navarra*, 26(1), 141-153. Recuperado de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000200008
- Flores, R. (2018). Efectos adversos de metales pesados en la agricultura de la cuenca baja del río Huaura-provincia Huaura 2017. *Revista Ciencia Y Tecnología*, 14(4), 119-131. Recuperado de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2168/2049>
- Garay, J. C., y Núñez, A. (2020). *Influencia del Vertimiento de la Actividad Minera Gold Fields la Cima en la Contaminación de las Aguas del Río Tingo - Maygasbamba, Hualgayoc*. (Tesis de pregrado). Recuperado de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/49403/Garay_GJC-N%c3%ba%c3%blez_TA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- García-Carrillo, M., Luna-Ortega, J. G., Gallegos-Robles, M. Á., Preciado-Rangel, P., Cervantes-Vázquez, M. G., y González-Salas, U. (2020). Impacto de aguas residuales sobre algunas propiedades y acumulación de metales pesados en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 38, 907-916. doi: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.556>
- Guzmán-Morales, A. R., Cruz-La Paz, O., y Valdés-Carmenate, R. (2019). Efectos de la contaminación por metales pesados en un suelo con uso agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 28(1). Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v28n1/2071-0054-rcta-28-01-e04.pdf>
- Hernández, M., Hernández, M., Mauri, J. L., y García, V. (2012). La filosofía, el proceso salud-enfermedad y el medio ambiente. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 11(5), 727-735. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1729-519X2012000500019&script=sci_arttext&tlng=pt
- Izquierdo, J. L., y 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). Recuperado de <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., y Muñoz-García, F. G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Bioteχνología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*, 14(2), 145-153. doi: [http://dx.doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](http://dx.doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)
- Méndez-García, T., Rodríguez-Dominguez, L., y Palacios-Mayorga, S. (2000). Impacto del riego con aguas contaminadas, evaluado a través de la presencia de metales pesados en suelos. *Terra Latinoamericana*, 18(4), 277-288. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57318401.pdf>
- Morales, P. A., y Rojas, R. A. (2018). *Evaluación de la presencia y distribución de arsénico y cadmio en el río Ocoa, municipio de Villavicencio, Meta*. (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13700/2018paulamorales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria-Villa, R. A., y Gallo, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una

- revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9-18. doi:
<https://doi.org/10.31908/19098367.0001>
- Patiño, Y. F., y 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). Recuperado de
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/28002/2020axelsanchez.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Rodríguez, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *Medisan*, 21(12), 3372-3385. Recuperado de
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017001200012
- 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). Recuperado de
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/8804/UPMsavarr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 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). Recuperado de
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. doi:
<http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- Yagual, F. J. (2018). *Determinación de plomo y cromo en tramo del río Vinces en sector La Bocana del Canton Salitre– Ecuador. Propuesta de prevención y remediación*. (Tesis de pregrado). Recuperado de
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29604/1/Tesis%20Final%20Determinacion%20de%20Pb%20y%20Cr%20en%20Rio%20Vinces%20La%20Bocana.pdf>

7.2 Fuentes bibliográficas

- 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.
- Aquino, P. (2017). *Calidad del agua en el Perú. Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales* (1ª ed.). Lima, Perú: DAR.

- Camacho, A., y Ariosa, L. (2000). *Diccionario de términos ambientales*. La Habana, Cuba: Publicaciones Acuario.
- Carrasco, S. (2017). *Metodología de la Investigación Científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación* (2ª ed., 13ª reimpr.). Lima, Perú: San Marcos.
- Córdova, I. (2017). *El proyecto de investigación cuantitativa* (1ª ed. 4ª reimpr.). Lima, Perú: San Marcos.
- Gamarra, G., Rivera, T. A., Wong, F. J., y Pujay, O. E. (2019). *Estadística e investigación con aplicaciones de SPSS* (1ª ed., 2ª reimpr.). Lima, Perú: San Marcos.
- Geissler, G., y Arrollo, M. (2011). *El agua como un recurso natural renovable*. México D.F., México: Trillas.
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México. México: Mc Graw Hill Education.
- Ministerio del Ambiente. (2016a). *Aprende a prevenir los efectos del mercurio módulo 3: Agua y alimento* (1ª ed.). Lima, Perú: Gráfica39 S. A. C.
- Ministerio del Ambiente. (2016b). *Aprende a prevenir los efectos del mercurio módulo 1: salud y ambiente*. (1ª ed.). Lima, Perú: Servicios Generales Q&F Hermanos S. A. C.
- Romero, J. A. (2004). *Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño* (3ª ed.). Bogotá, Colombia: Escuela colombiana de ingeniería.
- Vara, A. A. (2015). *7 pasos para elaborar una tesis* (1ª ed.). Lima, Perú: MACRO.
- Villacorta, S., Chira, J., Ochoa, M., Sánchez, M., Pari, W., y Valencia, M. (2010). *Estudio Geoambiental de la Cuenca del Río Huaura. Boletín 41 serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica*. Lima, Perú: INGEMMET.

7.3 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.

7.4 Fuentes electrónicas

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2005). *Reseña Toxicológica del Níquel*. Atlanta, Georgia, Estados Unidos: Departamento de Salud y Servicios Humanos. Recuperado de https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts15.html

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2006). *Reseña Toxicológica del Arsénico*. Atlanta, Georgia, Estados Unidos: Departamento de Salud y Servicios Humanos. Recuperado de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.html

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2007). *Resumen de Salud Pública - Plomo*. Atlanta, Georgia, Estados Unidos: Departamento de Salud y Servicios Humanos. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs13.html

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2012a). *Reseña Toxicológica del Cadmio*. Atlanta, Georgia, Estados Unidos: Departamento de Salud y Servicios Humanos. Recuperado de https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts5.html#:~:text=La%20exposici%C3%B3n%20prolongada%20a%20niveles,y%20fragilidad%20de%20los%20huesos.

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2012b). *Reseña Toxicológica del Cromo*. . Atlanta, Georgia, Estados Unidos: Departamento de Salud y Servicios Humanos. Recuperado de https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts7.html#:~:text=La%20exposici%C3%B3n%20al%20cromo%20ocurre,el%20est%C3%B3mago%20o%20los%20intestinos.

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2020). *Lista de prioridades de sustancias de la ATSDR*. Atlanta, Georgia, Estados Unidos:: División de Toxicología y Ciencias de la Salud Humana. Recuperado de <https://www.atsdr.cdc.gov/spl/index.html>

BIOESTADISTICO. (2012a, 12 de febrero). 01. *Tipos de investigación / Metodología de la investigación científica* [Video]. YouTube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=QXmKN34hbtM&t=42s>

- BIOESTADISTICO. (2012b, 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>
- Google Maps. (2020). *Mapa de ubicación Canal de agua para riego a Carquín Chico*. Recuperado de <https://www.google.com/maps/@-11.0752627,-77.600071,414m/data=!3m1!1e3>
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda [Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating first addendum]*. Ginebra, Suiza. Recuperado de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>

ANEXOS

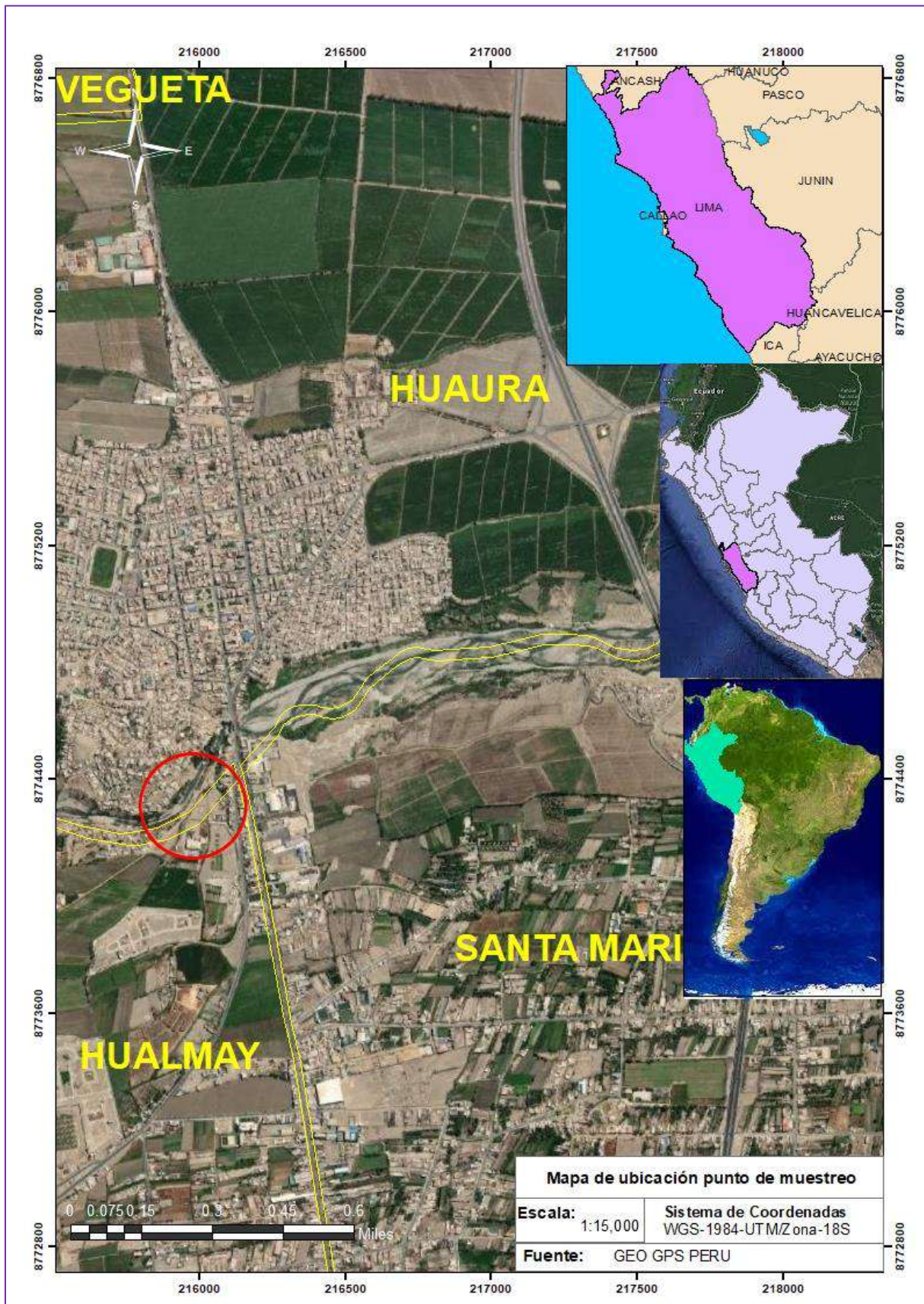
Anexo 1. Matriz de consistencia

Evaluación de la concentración de metales pesados en el agua de riego de Carquín Chico, distrito de Hualmay, 2020

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicadores	Valor final	Métodos y técnicas
<p>GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿En qué medida la concentración de metales pesados cumplen la normativa nacional e internacional en el agua de riego hacia Carquín Chico, Hualmay en 2020? 	<p>GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> Evaluar la concentración de metales pesados bajo la normativa nacional e internacional en el agua de riego hacia Carquín Chico, Hualmay en 2020. 	<p>GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> La concentración de metales pesados no cumplen con la normativa nacional e internacional en el agua de riego hacia Carquín Chico, Hualmay en 2020. 	<p><u>Variable de caracterización</u></p>	1.1 Metales pesados	<ul style="list-style-type: none"> Plomo Cromo Arsénico Cadmio Níquel 	• mg/l	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN Aplicada, prospectivo. transversal, descriptivo y observacional</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA <u>. Población</u> Agua de riego en épocas de estiaje en el canal de riego para Carquín Chico en el mes de agosto del año 2020</p> <p><u>. Muestra.</u> 04 muestras de agua de riego en épocas de estiaje en el Canal de riego para Carquín Chico en el mes de agosto del año 2020.</p> <p>DISEÑO No experimental descriptivo transversal</p> <p>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS • Observación – Ficha observación. – ICP-OES</p> <p>PROCESAMIENTO Para el proceso de cuatro análisis se utilizó el estadístico prueba t de Student.</p>
<p>ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es la concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en el agua captada desde el río Huaura en el canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, en agosto 2020? ¿En qué medida respecto al ECA del MINAM, se encuentra la concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020? ¿En qué condiciones respecto al Valor de Referencia de la OMS, se encuentra la concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020? 	<p>ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar la concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en el agua captada desde el río Huaura en el canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, en agosto 2020. Evaluar respecto al ECA del MINAM la concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020. Evaluar respecto al Valor de Referencia de la OMS la concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020. 	<p>ESPECÍFICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> Se detecta concentraciones de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel en el agua captada desde el río Huaura en el canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, en agosto 2020. La concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel no cumplen con el ECA del MINAM (categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales) en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020. La concentración de plomo, cromo, arsénico, cadmio y níquel no cumplen con el Valor de Referencia de la OMS en el agua del canal de regadío hacia Carquín Chico, Hualmay, captada desde el río Huaura en agosto 2020 	<p>Concentración de metales pesados</p> <p><u>Variable de estudio</u></p>	2.1 Evaluación de ECA del-MINAM 2. Evaluación de concentración de metales pesados 2.2 Evaluación respecto a la OMS	<ul style="list-style-type: none"> Comparación con el ECA Comparación con el valor de referencia 	<ul style="list-style-type: none"> Cumple No cumple Cumple No cumple 	

Nota. Elaboración propia.

Anexo 2. Ubicación del punto de monitoreo



Nota. Adaptado de Google Maps (2020)

Anexo 3. Metodología de análisis de metales pesados

Objetivo	Se establece la metodología a seguir para la determinación de metales y elementos traza (As, Cd, Pb, Cr y Ni) por espectrometría de emisión atómica ICP-OES.
Alcance	Muestras de agua superficial de riego de Carquín Chico del distrito de Hualmay.
Definición	<p><i>Emisión Atómica:</i> La emisión de radiación electromagnética provoca que las partículas integrantes de un material (átomos, iones o moléculas) pasen del estado fundamental a uno o más estados excitados de superior energía.</p> <p><i>Aforar:</i> Añadir con el medio adecuado a una fiola hasta la marca indicada, la cual tiene un volumen conocido.</p> <p><i>Agua Ultra pura:</i> Agua de alta pureza libre de sólidos disueltos y suspendidos.</p> <p><i>Matriz de la Muestra:</i> La matriz de la muestra será el conjunto de todas aquellas especies químicas que acompañan al analito de la muestra.</p> <p><i>Sensibilidad:</i> La sensibilidad de un instrumento o método se define como, su capacidad para discriminar entre pequeñas diferencias en la concentración de un analito.</p>
Procedimiento	
Condiciones del ICP-OES	
Realizar a configuración en el método de análisis método aguas " con la selección "Aplicación Type Normal" del software "Smart Analyzer Vision" del equipo ICP-OES Spectro Arcos, de acuerdo a la Tabla 6	
<i>Configuración del equipo ICP-OES Spectro Arcos</i>	
Descripción	Configuración de la Muestra
Poder de plasma (RF)	1478 W
Vista	Radial
Flujo de enfriamiento	12 L/min
Flujo auxiliar	0.63 L/min
Flujo del nebulizador	0.82 L/min
Antorcha	Torch fix quartz SOP 1.8MM
Cámara de nebulización	Ciclónica con Buffer
Nebulizador	Nebulizer ancho modificado para aplicaciones acuosas con accesorio y tubo de muestra de entrada.
Sample aspiration rate	2.0 ml/min
Replicate read time	57 sec
Aplicación	Type Normal
Tiempo de lavado	30 seg
Velocidad de lavado	30 rpm
N° de réplicas	2
Flujo de muestra	3.33
Manguera tygon (para flujo de muestra).Naranja / naranja con tope	Diámetro interno 0.89 mm Longitud 406 mm
Manguera tygon (para flujo de desecho) Azul / verde con tope	Diámetro interno 1.75 mm. Longitud 406 mm

Selección de longitudes de onda

Longitud de onda elementos químicos

Elemento	Longitud de Onda (nm)
As	189.042
Cd	214.438
Pb	220.353
Cr	283.563
Ni	341,476

Preparación de la Matriz [1% V/V HNO₃ (1:1)]

Para un volumen de 1 L, verter cuidadosamente 10 mL de solución HNO₃ (1:1) sobre 800 mL de agua ultra pura, dejar enfriar, trasvasar a una fiola de 1 L y enrasar.

Preparación de Estándares de Calibración Mix Multielementos

A partir de soluciones sintéticas de multielementos de 100 mg/L preparar soluciones con concentración de 2, 8 y 20 mg/L en un medio ácido 1% HNO₃. Cada solución resultante contiene debe contener As, Cd, Cr, Hg, Pb

Preparar 4 fiolas de 200 mL y agregar:

- A la 1ra: Solución 1% V/V de HNO₃ (1:1) = S0
- A la 2da: 5 mL de la solución de 2 mg/L = S1
- A la 3ra: 5 mL de la solución de 8 mg/L = S2
- A la 4ta: 5 mL de la solución de 20 mg/L = S3

Aforar las fiolas con la solución matriz.

A partir de soluciones estándares de 1,000 mg/L preparar una solución con concentración de 100 mg/L en un medio ácido de 1% V/V de HNO₃ (1:1). Cada solución contendrá Bi, Ca, K, Mg, Mn, Na, Si.

Luego preparar 3 fiolas de 200 mL y agregar:

- A la 1ra: 10 mL de la solución de 100 mg/L = S4
- A la 2da: 20 mL de la solución de 100 mg/L = S5
- A la 3ra: 20 mL de la solución de 100 mg/L = S6

Calibrar el ICP con la curva preparada.

Datos curva de calibración

Elemento	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
As (mg/L)	0	0.05	0.20	0.50	-	-	-
Cd (mg/L)	0	0.05	0.20	0.50	-	-	-
Cr (mg/L)	0	0.05	0.20	0.50	-	-	-
Ni (mg/L)	0	0.05	0.20	0.50	-	-	-
Pb (mg/L)	0	0.05	0.20	0.50	-	-	-

Metales Totales Recuperables

La muestra debe ser acidificada al momento del muestreo con HNO₃ (5 mL/L).

Mezclar la muestra y tomar una alícuota de 100 mL en un vaso de precipitados.

Añadir 2 mL de HNO₃ concentrado, cubrir el vaso con una luna de reloj y calentar aproximadamente entre 90-95 °C. Reducir el volumen entre 15-20 mL. (No dejar que hierva, el antimonio se pierde fácilmente).

Retirar el vaso, enfriar. Trasvasar a una fiola de 100 mL y enrasar con agua ultra pura.

Los elementos serán cuantificados en el espectrómetro de emisión óptica.

Correr un blanco de proceso.

Cálculo de la concentración de metales:

$$M = \frac{V * (L_m - L_B)}{V_{alic}} * F$$

Donde:

- M: mg/L de concentración del elemento.
- V : mL de volumen final de muestra.
- L_m: mg/L de lectura del elemento en la muestra.
- L_B: mg/L de lectura del elemento en el blanco.
- V_{alic} : mL de alícuota de muestra.
- F : factor de dilución.

Metales Disueltos

Al momento del muestreo, la muestra debe ser filtrada a través de un filtro de 0,45) micras y luego acidificarla con HNO₃ (5 mL/L).

Los elementos serán cuantificados en el espectrómetro de emisión óptica.

Correr un blanco de proceso.

Cálculo de la concentración de metales:

$$M = (L_m - L_B) * F$$

Donde:

- M: mg/L de concentración del elemento.
- L_m mg/L de lectura del elemento en la muestra.
- L_B : mg/L de lectura del elemento en el blanco.
- F : factor de dilución.

Aseguramiento de la Calidad

- Calibración Instrumental (CI).- Constituido por un blanco de calibración y los puntos de calibración.
- Control de la Precisión: Para evaluar la precisión de los resultados emitidos se realizan ensayos replicados (2 repeticiones).
- Control de la Contaminación: Para evaluar se ensaya un blanco de proceso.
- Verificación Continua de la Calibración Instrumental (VCCI).- Se realiza al inicio del análisis de muestras y cada 2 lecturas.

Datos de verificación

Patrón	Medio	Al mg/L	Concentración, mg/L
Pt 301	1% HNO ₃ (1:1)	As, Cd, Cr, Ni, Pb	0.02

Referenciales legales y otras normas

- ASTM E1479 - 99 Standard Practice for Describing and Specifying Inductively-Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometers.
- Manual del Equipo de ICP-OES Spectro Arcos.
- EPA METHOD 200.7 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 3030 B. Filtration for Dissolved and Suspended Metals.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 3030 D. Digestion for Metals.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 3030 E. Nitric Acid Digestion.

Anexo 4. Acceso al punto de monitoreo desde el puente de Huaura



Figura 9. Vista aguas arriba del río Huaura paralela al punto de monitoreo.

Nota. Elaboración propia.



Figura 10. Vista al lado del río Huaura paralela al punto de monitoreo.

Nota. Elaboración propia.



Figura 11. Vista aguas abajo del río Huaura paralela al punto de monitoreo.

Nota. Elaboración propia.



Figura 12. Bocatoma del canal de riego a Carquín Chico

Nota. Elaboración propia.



Figura 13. Canalización inicial desde la bocatoma hacia Carquín Chico.

Nota. Elaboración propia.



Figura 14. Compuerta de la canalización del canal de riego hacia Carquín Chico.

Nota. Elaboración propia.



Figura 15. Continuación de la canalización hacia Carquín Chico.

Nota. Elaboración propia.



Figura 16. Acequia de regadío hacia Carquín Chico.

Nota. Elaboración propia.



Figura 17. Continuación de la acequia hacia Carquín Chico.

Nota. Elaboración propia.



Figura 18. Apreciación física de la calidad de agua canalizada hacia Carquín Chico.

Nota. Elaboración propia.



Figura 19. Punto de monitoreo de concentración de metales pesados hacia Carquín Chico.

Nota. Elaboración propia.



Figura 20. Medidor de Caudal de agua de abastecimiento hacia Carquín Chico.

Nota. Elaboración propia.

Anexo 5. Evidencia fotográfica de los muestreos realizados



Figura 21. Medición de la temperatura del agua de riego.

Nota. Elaboración propia.



Figura 22. Muestreo para análisis físico del agua.

Nota. Elaboración propia.



Figura 23. Muestreo adicional para análisis físico del agua.

Nota. Elaboración propia.



Figura 24. Análisis de calidad física en campo del agua de riego.

Nota. Elaboración propia.



Figura 25. Medidor de pH y conductividad in situ del agua de riego.

Nota. Elaboración propia.



Figura 26. Personal especializado y asesor de mi investigación.

Nota. Elaboración propia.

Anexo 6. Equipos de análisis



Figura 27. Equipo Espectrometría de Masas de Plasma (ICP-OES)

Nota. Elaboración propia.



Figura 28. Equipos de medición en campo

Nota. Elaboración propia.

Anexo 7. Informe de ensayo 1

INFORME DE ENSAYO

IE – JGMT-0153-20

I. DATOS DEL CLIENTE

Cliente: Ing. Claudia Yuliana Plasencia Colonia

DNI: 72495868

II. FECHA DE MONITOREO

Fecha de inicio: 03 de agosto 2020

Fecha de término: 03 de agosto 2020

Fecha de emisión de informe: 10 de agosto 2020

III. CONDICIONES DEL AMBIENTE

Temperatura: 19,5 °C

IV. ENSAYO Y METODOLOGÍA UTILIZADA

En campo: pH, Conductividad, Sólidos Suspendidos

En Laboratorio: Plomo, Cromo, Arsénico, Cadmio y Níquel

V. DATOS DE LAS MUESTRAS PARA ANÁLISIS

Hora	Código muestra	Tipo de muestra	Detalle de la ubicación	Coordenadas geográficas
8:00 am	Magua 01	Agua	Canal de riego a	UTM 18 S
10:00 am	Magua 02	Agua	Carquín Chico.	Este 215973
12:00 m	Magua 03	Agua	Huahmay	Norte: 8774299
2:00 pm	Magua 04	Agua		

SOLUCIONES CORRECTAS EN PROCESOS INDUSTRIALES

VI. RESULTADOS

Resultados de campo


N°	Parámetro	Unidad	Magua 01	Magua 02	Magua 03	Magua 04
01	pH	Unidades de pH	8.3	8.3	8.2	8.2
02	Conductividad	mS/cm	460	450	460	440
03	SS	mg/L	80	85	85	83

Resultados de Laboratorio

N°	Parámetro	Unidad	Magua 01	Magua 02	Magua 03	Magua 04
01	Plomo	mg/L	0.0018	0.0023	0.003	0.002
02	Cromo	mg/L	0.0002	0.0002	0.013	0.006
03	Arsénico	mg/L	0.0030	0.0004	0.001	0.001
04	Cadmio	mg/L	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
05	Níquel	mg/L	0.0010	0.0008	0.036	0.018

Resultados que corresponden a las muestras entregadas a Laboratorio (ICP-OES Spectro Arcos).

Atentamente,



JUAN GABRIEL
MATIAS CASTILLO
INGENIERO QUIMICO
Reg. CIP N° 227032

Anexo 8. Informe de ensayo de Laboratorio 2



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS
QUÍMICOS S.A.C. SLAB

INFORME DE ENSAYO IE-060921-02

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : CLAUDIA YULIANA PLASENCIA COLONIA
1.2 RUC/DNI : 72495868

2. FECHAS

2.1 Inicio : 07 de Septiembre de 2021
2.2 Fin : 13 de Septiembre de 2021
2.3 Emisión de informe : 14 de Septiembre de 2021

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

3.1 Temperatura : 20.3 °C
3.2 Humedad Relativa : 50 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y METODOLOGÍA UTILIZADA

4.1 Ensayo solicitado : Metales Totales incluido Mercurio
4.2 Método utilizado : EPA METHOD 200.7

5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Tabla N°1: Datos de la muestra analizada

Código de Laboratorio	Tipo de Muestra	Datos Adicionales
S-2295	Agua	ASUP-01 Agua de Riego de Canal a Carquín Chico Fecha de Muestreo: 3-9-21 Hora: 8:00 am
S-2296	Agua	ASUP-02 Agua de Riego de Canal a Carquín Chico Fecha de Muestreo 3-9-21 Hora: 12:00 pm

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC


DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
GQP. 1337

6. RESULTADOS

TABLA N°2: RESULTADOS DE METALES TOTALES

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADOS S-2295	RESULTADOS S-2296
Plata	mg/L		0.03	0.01
Aluminio	mg/L		1.11	0.62
Arsénico	mg/L		<0.002	<0.002
Boro	mg/L		<0.002	<0.002
Bario	mg/L		<0.0002	<0.0002
Berilio	mg/L		<0.0003	<0.0003
Bismuto	mg/L		<0.009	<0.009
Calcio	mg/L		283.97	242.24
Cadmio	mg/L		<0.0001	<0.0001
Ceño	mg/L		<0.02	<0.02
Cobalto	mg/L		<0.002	<0.002
Cromo	mg/L		<0.0003	<0.0003
Cobre	mg/L		1.62	0.09
Hierro	mg/L		0.04	<0.001
Mercurio	mg/L		<0.001	<0.001
Potasio	mg/L		7.44	4.42
Litio	mg/L		<0.0003	<0.0003
Magnesio	mg/L		23.54	18.56
Manganeso	mg/L		<0.0001	<0.0001
Molibdeno	mg/L		<0.0006	<0.0006
Sodio	mg/L		62.26	54.99
Niquel	mg/L		<0.0003	<0.0003
Fósforo	mg/L		3.36	<0.01
Plomo	mg/L		<0.002	<0.002
Antimonio	mg/L		<0.002	<0.002
Selenio	mg/L		<0.001	<0.001
Silicio	mg/L		1.40	2.43
Estaño	mg/L		<0.001	<0.001
Estroncio	mg/L		1.20	1.11
Tono	mg/L		0.11	0.06
Titanio	mg/L		<0.0007	<0.0007
Talio	mg/L		<0.0007	<0.0007
Uranio	mg/L		<0.005	<0.005
Vanadio	mg/L		<0.0002	<0.0002
Zinc	mg/L		0.51	<0.0001

EPA METHOD 200.7
(Determination of Metals and Trace
Elements in Water and Wastes by
Inductively Coupled Plasma-Atomic
Emission Spectrometry)

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.



DIEGO ROMANO VERGARAY O'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

**ANEXO N°1:
VERIFICACIÓN OPERACIONAL DEL EQUIPO USADO**

VERIFICACIÓN OPERACIONAL ESPECTROMETRO ICP OPTIMA 4300DV

ESPECTROFOTOMETRO DE EMISION
PERSON ELABOR ICP OPTIMA 4300DV

Compañía: SISTEMA DE SERVICIOS Y ANALISIS QUIMICOS
Dirección: Urb. Vipol de Naranjal, Calle 22 N° E, Lt. 7 - 38P
Área: Laboratorio
Responsable: Diego Vergaray
Teléfono: 017216212

Fecha de Evaluación: 19/11/2020
Fecha Esperada Re Evaluación: Mayo 2021
No de Certificado: 201110100

WWW.SLABPERU.COM | Calle 22 Urb. Vipol de Naranjal, Calle 22 N° E, Lt. 7 - 38P | Lima, Perú | Teléfono: 017216212 | Página 1 | 4

VERIFICACIÓN OPERACIONAL ESPECTROMETRO ICP OPTIMA 4300DV

CONFIGURACIÓN EVALUADA: ACCESORIOS Y COMPONENTES NO INCLUIDOS en la descripción del equipo para utilizarlo en la prueba.

Modelo: ICP-4300DV, No. Serie: 077507376, Código de Equipo: SL-140-196

Equipo de Prueba: Modelo de Prueba: Mg, Número de Serie: 1008714

Estándares Utilizados	Número de Lote	Fecha de Expiración
1033 129 Multi-element Standard	2027261	2021-05-07
1033 9721 Element 10000	01-7623471	2024-02-01
1033 1262 Carbon 3	1-242404	2021-03-01
1033 3546 Via Wavelength	1-2024771	2021-03-01

Administrador por Cliente: Observaciones: Inicial de Cliente: S. S.

WWW.SLABPERU.COM | Calle 22 Urb. Vipol de Naranjal, Calle 22 N° E, Lt. 7 - 38P | Lima, Perú | Teléfono: 017216212 | Página 2 | 4

VERIFICACIÓN OPERACIONAL ESPECTROMETRO ICP OPTIMA 4300DV

N.º DE CERTIFICADO: 201110100, FECHA DE EVALUACIÓN: 19 de Noviembre del 2020

1. RESOLUCIÓN
RESOLUCIÓN: Se evaluó la resolución de la prueba de NIST 9100-1075 en modo de análisis de elementos.

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	VALOR MEDIDO	PRUEBA
As 133.004 nm	0.0001	0.0001	Pasar
As 221.854 nm	0.0004	0.0004	Pasar
As 225.236 nm	0.0012	0.0012	Pasar
La 403.775 nm	0.0010	0.0010	Pasar
As 408.463 nm	0.0005	0.0005	Pasar

2. PRECISIÓN
PRECISIÓN: Se evaluó la precisión de NIST 9100-1075 en modo de análisis de elementos.

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	VALOR MEDIDO	PRUEBA
As 133.004	± 1.0%	0.00	Pasar
As 221.854	± 1.0%	0.07	Pasar
As 225.236	± 1.0%	0.07	Pasar
La 379.478	± 1.0%	0.09	Pasar
As 403.403	± 1.0%	0.14	Pasar
As 408.402	± 1.0%	0.42	Pasar

3. RANGUAL DETECTION LIMIT
Rango de Detección: Se evaluó el rango de detección de NIST 9100-1075 en modo de análisis de elementos.

ELEMENTO	ESPECIFICACIÓN	VALOR MEDIDO	PRUEBA
As 133.004	3.00 ug/L	30.00	Pasar
As 221.854	4.0 ug/L	1.00	Pasar
As 225.236	5.0 ug/L	6.00	Pasar
La 379.478	6.0 ug/L	6.00	Pasar
As 403.403	6.0 ug/L	0.00	Pasar
As 408.402	6.0 ug/L	0.00	Pasar

WWW.SLABPERU.COM | Calle 22 Urb. Vipol de Naranjal, Calle 22 N° E, Lt. 7 - 38P | Lima, Perú | Teléfono: 017216212 | Página 3 | 4

VERIFICACIÓN OPERACIONAL ESPECTROMETRO ICP OPTIMA 4300DV

N.º DE CERTIFICADO: 201110100, FECHA DE EVALUACIÓN: 19 de Noviembre del 2020

4. CALIBRACIÓN DE LA LONGITUD DE ONDA

CORRIENTES LN		CORRIENTES WS	
1.403851	± 1.93	1.02827	± 2.09
1.239115	± 1.68	1.34042	± 0.88
1.231226	± 0.99	1.44487	± 0.93
1033-4218	± 0.98	1033-4218	± 1.27

RESOLUCIÓN DE LA PRUEBA DE PRECISIÓN: 0.000776 g Valor de 01. 1805

Conclusión: Todas las pruebas pasaron satisfactoriamente. Este equipo está en condiciones de uso para el laboratorio ICP OPTIMA 4300DV con número de serie 077507376.

Elaborado por: Diego Vergaray
Revisado por: Diego Vergaray
Representante Empresa: PERUCLAB

WWW.SLABPERU.COM | Calle 22 Urb. Vipol de Naranjal, Calle 22 N° E, Lt. 7 - 38P | Lima, Perú | Teléfono: 017216212 | Página 4 | 4


DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337