UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

TESIS

"CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) EN AGUAS DEL RIO ESCALERA EN EL DISTRITO DE HUACHOCOLPA, HUANCAVELICA, 2021"

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GESTION AMBIENTAL Y/O SANITARIA

PRESENTADO POR:

Bach. RIVEROS HUAMAN, Roger

Bach. HUAMAN PAYTAN, Jack Yefri

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO

HUANCAVELICA, PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditórium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 30 días del mes de junio del año 2022, a horas 5:00 p.m., se reunieron los miembros del jurado calificador conformado de la siguiente manera:

PRESIDENTE : **Mg. Wilfredo SÁEZ HUAMÁN**
https://orcid.org/0000-0002-3114-8134
DNI N° 04020326

SECRETARIO : **Mg. Carlos DUEÑAS JURADO**
https://orcid.org/0000-0003-3933-3964
DNI N° 42095009

ASESOR : **Dr. Víctor Guillermo SÁNCHEZ ARAUJO**
https://orcid.org/0000-0002-7702-0881
DNI N° 40446828

Designados con Resolución de Decano Nº 009-2022-FCI-UNH, de fecha 12 de enero del 2022, a fin de proceder el acto académico de evaluación y calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) EN AGUAS DEL RÍO ESCALERA EN EL DISTRITO DE HUACHOCOLPA, HUANCAVELICA, 2021", presentada por los Bachilleres **Roger RIVEROS HUAMAN con DNI N° 71200508 y Jack Yefri HUAMAN PAYTAN con DNI N° 72354471**, a fin de para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitaria**; Finalizado la evaluación a horas 5:53 p.m.; se invitó al público presente y a los sustentantes abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los jurados, se llegó al siguiente resultado:

Bach. Roger RIVEROS HUAMAN

APROBADO [X] POR Unanimidad

DESAPROBADO [ ] POR.....

Bach. Jack Yefri HUAMAN PAYTAN

APROBADO [X] POR Unanimidad

DESAPROBADO [ ] POR.....

En señal de conformidad, firmamos a continuación:

Presidente

Secretario

Asesor

Vº Bº Decano

Titulo

"CONCENTRACION DE METALES PESADOS (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) EN AGUAS DEL RIO ESCALERA EN EL DISTRITO DE HUACHOCOLPA, HUANCAVELICA, 2021"

Autores

Bach. RIVEROS HUAMAN, Roger

Bach. HUAMAN PAYTAN, Jack Yefri

Asesor

Dr. VÍCTOR GUILLERMO SÁNCHEZ ARAUJO

https://orcid.org/0000-0002-7702-0881

DNI: 40446828

Dedicatoria

A mis padres quienes son la razón primordial de mi triunfo, mis hermanos que alentaron ni formación académica.

Roger Riveros Huamán

El presente trabajo de investigación está dedicado a las personas que apostaron por mi formación profesional y en mi superación personal.

Jack Yefri Huamán Paytán

Agradecimiento

En primer lugar, agradecer a Dios por permitirnos vivir día a día, darnos un aliento emocional para salir adelante a pesar de los problemas que se presentan en el transcurso de la vida.

A nuestros padres quienes nos educaron y apoyaron en esta larga carrera educacional con la finalidad de ver a sus hijos siendo unas profesionales exitosas ayudando y forjando un futuro mejor para los niños a quienes impartiremos los conocimientos necesarios para que se puedan desarrollar cognitivamente.

A la Universidad Nacional de Huancavelica en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, así mismo a los docentes que laboran dentro de la institución ya que nos brindaron los conocimientos adecuados y necesarios para que podamos ser futuros ingenieros con gran capacidad de desempeño laboral.

A nuestro asesor de investigación, Dr. Víctor Guillermo Sánchez Araujo quien nos brindó el conocimiento necesario y las pautas indicadas para el adecuado desarrollo de la tesis.

Tabla de contenido

Portada i
Acta de sustentación ii
Titulo iii
Autores iv
Asesor v
Dedicatoria vi
Agradecimiento vii
Tabla de contenido viii
Tabla de contenido de tabla xi
Tabla de contenido de figuras xii
Resumen xiv
Abstract xv
Introducción xvi
CAPÍTULO I 18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 18
1.1. Descripción del problema 18
1.2. Formulación del problema 20
1.2.1. Problema general 20
1.2.2. Problemas específicos 20
1.3. Objetivos 21
1.3.1. Objetivo general 21
1.3.2. Objetivos específicos 21
1.4. Justificación 22
1.5. Limitaciones 23
CAPÍTULO II 24
MARCO TEÓRICO 24
2.1. Antecedentes 24
2.1.1. A nivel Internacional 24
2.1.2. A nivel Nacional 29
2.1.3. A nivel Local 36
2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación 37
2.2.1. Teorías de la investigación 37

2.2.2. Calidad de agua 42
2.3. Bases conceptuales 56
2.4. Definición de términos 56
2.5. Hipótesis 59
2.5.1. Hipótesis General 59
2.6. Variables 59
2.7. Operacionalización de variables 59
CAPÍTULO III 61
MATERIALES Y MÉTODOS 61
3.1. Tipo de investigación 61
3.2. Nivel de investigación 61
3.3. Método de investigación 61
3.4. Diseño de investigación 62
3.5. Población, muestra y muestreo 62
3.5.1. Población 62
3.5.2. Muestra 62
3.5.3. Muestreo 64
3.6. Técnicas e instrumentos para recolección de datos 64
3.7. Técnicas y procesamiento de análisis de datos 67
CAPÍTULO IV 68
DISCUSIÓN DE RESULTADOS 68
4.1. Presentación de resultados 68
4.1.1. Resultados de la concentración de Arsénico 69
4.1.2. Resultados de la concentración de Cadmio 70
4.1.3. Resultados de la concentración de Cobre 71
4.1.4. Resultados de la concentración de Mercurio 72
4.1.5. Resultados de la concentración de Plomo 74
4.1.6. Resultados de la concentración de Zinc 75
4.2. Prueba de hipótesis 76
4.2.1. Prueba de hipótesis para Arsénico 76
4.2.2. Prueba de hipótesis para Cadmio 78
4.2.3. Prueba de hipótesis para Cobre 80
4.2.4. Prueba de hipótesis para Mercurio 82

4.2.5. Prueba de hipótesis para Plomo 84
4.2.6. Prueba de hipótesis para Zinc 86
4.3. Discusión de resultados 88
Conclusiones 96
Recomendaciones 98
Referencias Bibliográficas 99
Apéndice 102

Tabla de contenido de tabla

Tabla 1. Esquema sobre la clasificación de las fuentes contaminantes 49
Tabla 2. Fuentes contaminantes de origen antrópico, según su tipo 51
Tabla 3. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales 54
Tabla 4. Operacionalización de variables 59
Tabla 5. Descripción de la fuente contaminante en el área de estudio..... 65
Tabla 6. Ubicación de los puntos de monitoreo 66
Tabla 7. Concentración de metales pesados en el río Escalera 68
Tabla 8. Resultados de la concentración de Arsénico 69
Tabla 9. Resultados de la concentración de Cadmio..... 70
Tabla 10. Resultados de la concentración de Cobre..... 71
Tabla 11. Resultados de la concentración de Mercurio 73
Tabla 12. Resultados de la concentración de Plomo 74
Tabla 13. Resultados de la concentración de Zinc 75
Tabla 14. Prueba de hipótesis para la concentración de Arsénico 77
Tabla 15. Prueba de hipótesis para la concentración de Cadmio 79
Tabla 16. Prueba de hipótesis para la concentración de Cobre 81
Tabla 17. Prueba de hipótesis para la concentración de Mercurio..... 84
Tabla 18. Prueba de hipótesis para la concentración de Plomo 86
Tabla 19. Prueba de hipótesis para la concentración de Zinc 88

Tabla de contenido de figuras

Figura 1. Ubicación de los puntos de monitoreo en el río Escalera 63
Figura 2. Identificación de fuentes contaminantes en el área de estudio 65
Figura 3. Niveles de concentración de metales pesados en el río Escalera 69
Figura 4. Niveles de Arsénico el río Escalera 70
Figura 5. Niveles de Cadmio el río Escalera 71
Figura 6. Niveles de Cobre el río Escalera 72
Figura 7. Niveles de Mercurio el río Escalera 73
Figura 8. Niveles de Plomo el río Escalera 74
Figura 9. Niveles de Zinc el río Escalera 75
Figura 10. Normalidad de la concentración de Arsénico 77
Figura 11. Normalidad de la concentración de Cadmio 79
Figura 12. Normalidad de la concentración de Cobre 81
Figura 13. Normalidad de la concentración de Mercurio 83
Figura 14. Normalidad de la concentración de Plomo 85
Figura 15. Normalidad de la concentración de Zinc 87

Tabla de contenido de Fotografias

Foto 1.- Llegada al Río Escalera..... 106
Foto 2.- Toma de muestra en el punto N° 1 en el rio escalera..... 107
F**oto 3.-** Vista panorámica del rio escalera..... 107
Foto 5.- Toma de muestras en el rio escalera. 108
Foto 6.- Toma de muestra en el punto N° 3 en el rio escalera..... 108
Foto 7.- Evaluación para tomas de muestra en el rio escalera..... 109
Foto 8.- Toma de muestra en el punto N° 4 en el río Escalera 109
Foto 9.- Toma de muestra en el punto N° 5 en el rio escalera..... 110
Foto 10.- Toma de muestra en el rio escalera. 110

Resumen

La investigación titulada “Concentración de metales pesados (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021”, donde el objetivo general fue “Determinar la concentración de metales pesados (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021”. La metodología empleada fue del tipo de investigación aplicada, el nivel explicativo, el método general científico, el diseño no experimental longitudinal de tendencia, la población fue el río escalera, muestra de 4 puntos con muestreo, para la recolección de datos empleó análisis de metales pesados en laboratorio. Los resultados fueron: Arsénico (As) de 0.049 a 0.084 mg/L, Cadmio (Cd) de 0.019 a 0.070 mg/L, Cobre (Cu) de 0.101 a 0.304 mg/L, Mercurio (Hg) de 0.00004 a 0.00016 mg/L, Plomo (Pb) de 0.088 a 0.314 mg/L y Zinc de 8.386 a 15.906 mg/L. Las conclusiones son: la concentración de los metales pesados como el Cadmio y Plomo superan los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (riego de vegetales y bebida de animales) a excepción de Arsénico, Cobre, Mercurio y Zinc que se encuentran dentro de los valores permitidos por la normativa nacional.

Palabras clave: metales pesados, río Escalera, arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo, zinc.

Abstract

The research entitled " concentration of heavymetals (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) in waters of the Escalera river in the district of Huachocolpa, Huancavelica, 2021", where the general objective was "To determine the concentration of heavymetals (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) in waters of the Escalera river in the district of Huachocolpa, Huancavelica, 2021". The methodology used was of the type of applied research, the explanatory level, the general scientific method, the non-experimental longitudinal design of tendency, the population was the ladder river, sample of 4 points with sampling, for the collection of data used analysis of heavy metals in laboratory. The results were: Arsenic (As) from 0.049 to 0.084 mg/L, Cadmium (Cd) from 0.019 to 0.070 mg/L, Copper (Cu) from 0. 101 to 0.304 mg/L, Mercury (Hg) from 0.00004 to 0.00016 mg/L, Lead (Pb) from 0.088 to 0.314 mg/L and Zinc from 8.386 to 15.906 mg/L. The conclusions are: the concentration of heavy metals such as Cadmium and Lead exceed the Environmental Quality Standards for water category 3 (vegetable irrigation and animal drink) with the exception of Arsenic, Copper, Mercury and Zinc that are within the values allowed by national regulations.

Keywords: heavy metals, Escalera River, arsenic, cadmium, copper, mercury, lead, zinc.

Introducción

La presente investigación sobre "Concentración de metales pesados (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021", tuvo como problema principal ¿Cuál es la concentración de metales pesados (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021?, y el objetivo principal de "Determinar la concentración de metales pesados (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021, surge debido a la siguiente problemática:

El agua, es el componente de la naturaleza de primera necesidad para los seres vivos, imprescindible para el equilibrio y toda vida existente en el planeta, considerado como el componente importante para el crecimiento económico a través de su uso en agricultura, pesca, producción de energía, turismo e industria y a la vez, origen de conflictos geopolíticos, es esencial en la regulación del clima así como elemento clave para la salud y calidad de vida (Piqueras 2015).

En la tierra, la cantidad de agua dulce existente es limitada, y su calidad puede verse afectada por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones (Organización Mundial de la Salud, 2017), generando una contaminación de los cuerpos de agua, ocasionada por las diferentes actividades antropogénicas (agricultura, pesca, industrias, minería, etc.), los cuales se ha venido incrementando con el pasar del tiempo.

La contaminación de los recursos hídricos por parte de la actividad minera, es una problemática que se viene presentando en todos los cursos de agua superficial que se encuentran dentro del ámbito de influencia de minas en operación, cierre o en abandono tanto a escala distrital, provincial o regional que ha traído como consecuencia el deterioro de la calidad de las aguas (Calla, 2010).

Estas malas prácticas han ocasionado el progresivo deterioro de los recursos hídricos como es el caso del río Escalera, el cual está ubicado en el distrito de Huachocolpa de la provincia de Huancavelica, distrito en el que presenta mineralizaciones de Zinc (Zn), Plata (Ag), Plomo (Pb) y Cobre (Cu) (Pérez e

Iparraguirre, 2013), por lo que al presente, una de las actividades principales es la minería, esta actividad ha ocasionado impactos negativos en el ambiente y con mayor frecuencia en los cuerpos de agua, tal es el caso del río Escalera, que se ve afectado principalmente por efluentes y relaves producto de la actividad minera de la Compañía Minera Kolpa S.A. (Ex Caudalosa Chica) con su Unidad minera Huachocolpa Uno y que producto de ello, se vieron afectados las actividades de ganadería y agricultura, que son actividades que practica la población aledaños al río Escalera.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La contaminación de cuerpos de agua (ríos, lagos, océanos y agua subterránea) ocurre cuando los contaminantes son descargados directamente o indirectamente en cuerpos de agua sin un adecuado tratamiento que remueva los componentes dañinos. La contaminación del agua afecta plantas y organismos que viven en estos cuerpos de agua, y en la mayoría de los casos afecta dañando no solamente a las especies individuales y las poblaciones, así como en las comunidades biológicas. El agua de dichos cuerpos se ha contaminado mediante sustancias tóxicas como ácidas, solventes orgánicas, pinturas, metales y demás, derivados de actividades industriales, agrícolas, ganaderas, domésticas, dicha agua ya no es apta para el consumo. La descarga de contaminantes específicos no es la única causa de contaminación del agua, también la construcción de presas, embalses y desviaciones de ríos pueden degradar seriamente su calidad (Heinke et al., 1999).

La calidad de las aguas puede ser alterada como consecuencia de las actividades antropogénicas o naturales que producen efectos adversos que cambian su valor para el hombre y la biota. En forma general, puede definirse la contaminación del agua como la alteración desfavorable que sufre, al incorporársele una serie de substancias que cambian sus condiciones naturales de calidad, ocasionando grandes riesgos para la salud y el bienestar de la

población (Branco-Murgel, 1984). Particularmente peligroso es la contaminación provocada por las altas concentraciones de algunos metales pesados y su incremento en los efectos adversos causados por la persistencia y el fenómeno de biomagnificación (Topalian et al., 1999). De forma natural, los metales son introducidos a los sistemas acuáticos como resultado de la lixiviación de suelos y rocas, y erupciones volcánicas. También pueden provenir de las actividades antropogénicas como son, agrícolas, domésticas, industriales y mineras (Mountouris et al., 2002). La actividad minera-metalúrgica a través del procesamiento de minerales y fundición, podría causar la dispersión y depósito de grandes cantidades de metales hacia el medio ambiente, si existe alguna operación inadecuada.

Al contrario de muchos contaminantes orgánicos los metales pesados, generalmente, no se eliminan de los ecosistemas acuáticos por procesos naturales debido a que no son biodegradables. Por el contrario, son muy contaminantes y sufren un ciclo global ecobiológico, donde las aguas naturales son el principal camino. Hoy en día los metales pesados tienen un gran significado como indicadores de la calidad ecológica de todo flujo de agua debido a su toxicidad y muy especialmente al comportamiento bioacumulativo (Purves, 1985).

Asimismo, los metales pesados tienen tendencia a formar asociaciones con sustancias minerales (carbonatos, sulfatos, etc.) y en mayor grado con sustancias orgánicas, mediante fenómenos de intercambio iónico, adsorción, quelación, formación de combinaciones químicas, etc., por lo que se acumulan en el medio ambiente, principalmente en los sedimentos de ríos, lagos y mares (Förstner *et al*., 1981).

Las altas concentraciones de metales pesados en las aguas de corrientes fluviales asociados a sulfuros tales como el arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn) pueden atribuirse a la minería lo cual son causa del fuerte impacto en el medio ambiente (Salomons, 1995). En cambio, otros metales no-sulfurosos como el cromo (Cr), níquel (Ni) y mercurio (Hg)

posiblemente indican una contaminación antropogénica de metales pesados que están estrechamente asociados con las descargas industriales.

En las aguas del río Escalera, se encuentran una serie de contaminantes tanto de origen biológico, orgánico e inorgánico y dentro de ellos a los metales pesados como: mercurio (Hg), arsénico (As), cadmio (Cd), plomo (Pb,) cobre (Cu), y zinc (Zn), minerales que causan daños a la salud tanto a los animales como al hombre, en concentraciones altas.

Es así que ante frente a este problema se propuso la evaluación de la concentración por metales pesados: mercurio (Hg), arsénico (As), cadmio (Cd), plomo (Pb,) cobre (Cu), y zinc (Zn) en las aguas del rio Escalera del distrito de Huachocolpa Huancavelica en el periodo 2021.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la concentración de metales pesados (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la concentración de arsénico (As) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021?
- ¿Cuál es la concentración de cadmio (Cd) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021?
- ¿Cuál es la concentración cobre (Cu) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021?
- ¿Cuál es la concentración de mercurio (Hg) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021?
- ¿Cuál es la concentración plomo (Pb) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021?

- ¿Cuál es la concentración zinc (Zn) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021?
- ¿Cómo es la concentración de metales pesados (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la concentración de metales pesados (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la concentración de arsénico (As) en aguas del rio escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021.
- Evaluar la concentración de cadmio (Cd) en aguas del rio escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021.
- Evaluar la concentración de cobre (Cu) en aguas del rio escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021.
- Evaluar la concentración de mercurio (Hg) en aguas del rio escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021.
- Evaluar la concentración de plomo (Pb) en aguas del rio escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021.
- Evaluar la concentración de Zinc (Zn) en aguas del rio escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021.
- Evaluar es la concentración de metales pesados (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021.

1.4. Justificación

Debido a su toxicidad la presencia de metales pesados en aguas del río Ichu, representa un serio problema para la flora y fauna ictiología, así como la salud de los moradores de las poblaciones que se sirven de este rio por la presencia de metales como el plomo, cadmio, mercurio, etc. Que afecta al sistema nervioso central lo cual se traduce en retraso mental especialmente para los niños. El conocimiento de los niveles de contaminación por metales pesados permitirá la toma de decisiones en el campo de la salud y medio ambiente. En general en el plano social repercutiendo positivamente en la realidad nacional huancavelicana.

En la actualidad, el método más usado para evaluar la calidad de los recursos hídricos es el análisis físico químico. Si bien éste ofrece datos precisos, sólo revela las condiciones del instante de la toma de muestra, y no permite hacer una estimación de los impactos ecológicos de la contaminación. Una forma más adecuada de abordar este problema es el monitoreo biológico mediante organismos indicadores como (Macroinvertebrados, Ictiofauna, etc.), los cuales son sensibles a los cambios del entorno e integran información actual y pasada sobre la calidad de los ambientes acuáticos. Como parte de esta aproximación, el uso de índices bióticos es una de las estrategias más aplicadas para evaluar la calidad biológica del agua y el deterioro o recuperación de estos ecosistemas.

Esta herramienta de diagnóstico ha demostrado ser eficiente en la detección de puntos de alteración, en el cartografiado de la calidad de aguas a nivel de cuenca, y en la determinación del uso más adecuado de los recursos hídricos. De esta manera, las variaciones en la composición de sus comunidades pueden interpretarse como signos evidentes de algún tipo de alteración en el agua. Los índices bióticos son parte de la legislación ambiental en diferentes países y son un criterio indispensable en el desarrollo de estudios de impacto ambiental.

El presente trabajo de investigación, trata en lo posible de conocer si existe contaminación y en qué nivel y así como caracterizar, determinar cómo

se encuentra los diferentes metales pesados en las aguas del río Escalera, conocimiento que se obtendrá a través de los análisis espectrofotométricos que se hagan de sus aguas, determinando en que cantidad se presentan y poder conocer un resultado si es apta el agua para regadío de cultivos, o para el consumo humano en base de la determinación de la concentración de metales pesados presenta en las aguas del rio Escalera aledañas a las zonas urbanas de los Distritos de en el distrito de Huachocolpa de la provincia Huancavelica. Además, permitirá obtener resultados que podrán ser utilizados como línea de base para futuros proyectos y/o investigación que se realice a lo largo del rio Escalera.

1.5. Limitaciones

La presente investigación sobre "La concentración de metales pesados (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021", no contó con limitaciones significativas que impidan el adecuado desarrollo de la tesis.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel Internacional

Yánez (2018), realizó la Evaluación de la contaminación del agua mediante parámetros físico químico en las desembocaduras de los principales afluentes y efluente del lago San Pablo, provincia de Imbabura, en Ecuador. El objetivo de la presente investigación fue calcular las concentraciones de los parámetros tóxicos que se encuentran en los afluentes del río Itambi y vertiente Preñadilla y en el efluente Desaguadero del Lago San Pablo. La metodología para el cálculo del grado de contaminación del agua se llevó a cabo a través de parámetros fisicoquímicos en los afluentes "vertiente Preñadilla", río Itambi y en el efluente "Desaguadero" los parámetros medidos fueron: pH, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura, sólidos totales, suspendidos y disueltos, nitratos, nitritos, fosfatos, DQO, coliformes totales y metales pesados (Cd, Co, Ni, y Pb); los resultados fueron comparados con los límites permisibles de la normativa técnica ambiental y se determinó el índice de calidad de agua NSF. Los resultados fueron comparados con los límites permisibles de la normativa técnica ambiental y se ha calculado posterior a ello el índice de calidad de agua NSF, se recolectaron un total de muestras igual a seis por cada punto de muestreo, correspondiente a los meses de julio, agosto y septiembre del año 2017, en cuanto a sólidos disueltos, oxígeno disuelto y

coliformes totales no se encuentran incluidos en la normativa. Los metales pesados que se han analizado se encuentran bajo el límite de detección del equipo empleado; el índice de calidad de agua calculado evidenció que las aguas del río Itambi, tienden a tener una mala calidad, por otra parte, la "vertiente Preñadilla" y "Desaguadero" presentan una calidad de agua media. La conclusión de la investigación fue que el río Itambi evidenció un índice de calidad de agua Mala, con un valor igual a 46,56, el cual se representa con el color anaranjado con rango (26-50) ello según indica los rangos de calidad impuestos por la NSF, la vertiente Preñadilla y Desaguadero presentan valores de índice de calidad, 59,16 y 55,67 respectivamente de rango Media, los cuales están representados por el color amarillo con rango (51-70) según lo referido en el índice de calidad NSF.

Caho y López (2017), en su investigación titulada Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI el cual fue desarrollada en Colombia. Plantearon por objetivo el análisis espacio-temporalmente el índice de calidad de agua del sector Guaymaral, mediante la aplicación de dos metodologías de medición de cálculo: UWQI y CWQI. La metodología que aplicaron consistió en desarrollar una comparación espaciotemporal, entre agosto de 2015 y abril de 2016, eligiendo cuatro puntos de muestreo y monitorizando parámetros fisicoquímicos en cuatro épocas distintas. El resultado obtenido indica que la mayoría de puntos muestreados y calculados por el ICA-UWQI lograron una valoración de regular, y según el ICA-CWQI, de pobre. En conclusión, se calculó que de las dos metodologías empleadas la UWQI viene a ser la más recomendada para evaluar rápidamente algún uso específico del agua, ya que permitirá de forma rápida la toma de decisiones, y que la CWQI es adecuada para los estudios de evaluación espaciotemporal.

Mosquera (2016), en su investigación titulado Evaluación exploratoria de la calidad del agua del río San Juan en el municipio de Tadó, Chocó, por el impacto que causan los vertimientos mineros, desarrollado en Colombia, el

objetivo planteado fue desarrollar un diagnóstico sobre el estado situacional actual del recurso hídrico en un tramo del río San Juan y sus afluentes río Chato y río Mungarrá y de esa forma el respectivo análisis de los parámetros de calidad del agua en el área objeto de estudio para su posterior comparación con la normatividad ambiental vigente. La metodología que se ha empleado fue iniciar con los parámetros analizados los cuales ayudaran a evaluar los índices de contaminación por mineralización, materia orgánica, sólidos suspendidos y minería aurífera, ICOMI, ICOMO, ICOSUS e ICOMINERA respetivamente. Como resultado se obtuvo un índice de contaminación alto por mineralización en las estaciones de muestreo corresponden al Río San Juan y la Bocatoma Río Mungarrá, índice de contaminación por materia orgánica Media en tres estaciones de muestreo, índice de contaminación por sólidos suspendidos Alto en las estaciones del río San Juan, Bocatoma Río Mungarrá y Río Chato y el índice de contaminación por minería aurífera fue muy Alto en la zona que corresponde al Río Chato, siendo este hecho de preocupación ya que las concentraciones de mercurio reflejan valores considerables. La conclusión del trabajo fue que el Índice de contaminación por minería aurífera- ICOMINERA, tiende a presentarse en grados de contaminación ubicados entre leve y muy alto, siendo muy alta en la estación E6 (Río Chato), donde es constante reconocer sistemas de extracción del mineral sobre o en alrededores del cuerpo de agua, lo cual aumenta los niveles de turbiedad y sólidos suspendidos; también se percibe el uso de mercurio en los sistemas de extracción, donde se calcula que la carga usada a diario es igual a 13.4 kg/día. La actividad minera en la zona evidencia un índice elevado de movilidad e ilegalidad, lo que complica que las autoridades ambientales puedan desarrollar el debido control en la zona.

Ajcabul (2016), en su trabajo de investigación titulado Análisis comparativo entre el Índice simplificado de calidad del agua (ISQA) y el índice de calidad del agua (ICA), aplicados al monitoreo de aguas superficiales en el río la Quebrada, El Frutal, de la Universidad de Guatemala, plante el objetivo de calcular si el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA) tiene una

diferencia significativa con el Índice de Calidad del Agua (ICA), para lo cual en su metodología aplicó un análisis estadístico a través de datos pareados de muestras recopiladas en dos épocas diferentes, la época seca y la época lluviosa, se recopilaron ocho muestras, de las cuales cuatro de ellas en época lluviosa y las otras cuatro en época seca; ello con la finalidad de abarcar dos períodos prevalecientes a través de todo el año y poseer un comportamiento general. Los resultados reflejaron que la calidad del agua recopilada a través del ISQA logró un incremento al pasar de época seca a época lluviosa, mientras que no aumentó lo necesario para dejar de ser de mala calidad. La calidad lograda a través del ICA incremento, al pasar de época lluviosa a época seca, pero ello no impidió que deje de ser clasificada como de mala calidad. El análisis estadístico evidenció que no existe diferencia significativa entre el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA) y el Índice de Calidad del Agua (ICA), sin embargo, existe una mejor aproximación en los resultados evaluados ubicados en época lluviosa y que va reduciéndose en la época seca.

Carrillo y Urgiles (2016), en la investigación Determinación del índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos mazar y pindilig, en Ecuador, cuyo objetivo fue determinar el Índice de calidad de agua (ICA-NSF) de los ríos Mazar y Pindilig, muestreados durante el período Mayo-Noviembre 2015, aplicando la metodología ICA NSF el cual consta de 9 parámetros (temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbiedad, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, sólidos disueltos totales y coliformes fecales), los cuales fueron determinados en los monitoreos correspondientes a los dos ríos durante el período Mayo - Noviembre 2015, para la obtención de los índices de calidad de los ríos Mazar y Pindilig se desarrolló un plan de monitoreo, el cual nos permitió identificar los puntos de muestreo y la metodología aplicada en cada río. Como resultado se obtuvo que en la subcuenca del río Mazar la evaluación de la calidad del agua a lo largo de los dos puntos de muestreo, presenta un deterioro a medida que avanza su recorrido aguas abajo de la comunidad de Colepato, aun así de acuerdo a los valores obtenidos en los índices, se considera una agua ligeramente contaminada (buena calidad) en los

meses de Mayo, Septiembre y Noviembre, excepto en el mes de Junio en el cual se registraron altas precipitaciones, cuya calidad disminuye categorizándose como aguas moderadamente contaminadas (mediana calidad); esta disminución se atribuye a altos valores de turbiedad, fosfatos, y coliformes fecales, que fueron registrados en la cuenca baja del río Mazar (sitio de la Presa) debido al mayor arrastre que genera la corriente del agua.

Kieffer et al. (2015), en su investigación titulado Índices de Calidad del Agua del Arroyo Ensenada, en México, presenta como objetivo establecer un índice de calidad que resuma parte de la información recopilada en los diferentes muestreos efectuados en el cuerpo de agua denominado arroyo de la Ensenada y sus tributarios con la finalidad de poseer un indicador pasible de utilizarse consecuentemente para difundir el desarrollo de la calidad del recurso. La metodología que usaron para llevar a cabo los muestreos estacionales fue durante dos años en las aguas superficiales del arroyo en cuatro sitios con el fin de analizar los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos empleando métodos estandarizados; se han analizado tres Índices de Calidad del Agua para el arroyo de la Ensenada (ICAAE1, ICAAE2 E ICAAE3). Se obtuvo como resultado que el ICAAE1 refleja una muestra que la calidad del agua puede cuantificarse de media a pobre (en otras palabras, las tres últimas categorías que se han tenido en cuenta para dicho índice). En general, los datos para el índice respecto al arroyo Ensenada son elevados en comparación a lo de sus tributarios. El índice ICAAE3 refleja resultados con similitud, la calidad del arroyo Ensenada muestra mejoría en comparación a la de sus tributarios, sin embargo, prevalecen los valores en los grupos calidad media y pobre. Concluyendo mencionan que se han analizado los tres índices, el ICAAE1, por haber sido diseñado con la mayor cantidad de parámetros, muestra de forma más razonable la calidad del agua del arroyo Ensenada y sus aportantes. Al contrario de su uso, está la impide de ser cuantificado para cada fecha de muestra (dado que se trata de un índice globalizador). Por otra parte, de los otros dos índices, el ICAAE3 está libre de la injusticia de quien lo implementa, a efectos brindaría resultados más verídicos.

2.1.2. A nivel Nacional

Luna (2019), desarrolló la investigación titulada: Determinación del índice de calidad de agua del río asana de la cuenca Asana – Osmore - Ilo, del distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua, con el objetivo de evaluar cualitativamente la calidad de aguas superficiales del río Asana en el distrito de Torata en la provincia de Mariscal Nieto de la región Moquegua, usaron los protocolos de monitoreo de agua de la normatividad vigente y como resultado se obtuvo que, en el punto de monitoreo RAsan-1, el único dato que no cumplió los ECA agua, es el del parámetro Zinc (2.5 mg/L) asi como en el punto de monitoreo RAsan-3, con una concentracion de Zinc (4,26 mg/L), que puede ser debido al lavado del suelo y la geología y/o a las actividades antropogénicas que se dan en la zona aledañas al Río Asana. los valores de aluminio fueron de 1.39 mg/L, Arsenico 0.00143 mg/L, Boro de 0.131 mg/L, Cadmio de 0.00031 mg/L, Cobre de 0.0114 mg/L, Hierro de 0.361 mg/L, Manganeso de 0.061 mg/L, Mercurio de 0.00009 mg/L, Plomo de 0.00355 mg/L, Zinc de 0.0385 mg/L En el punto de monitoreo RAsan-2. Al comparar los resultados fisicoquímicos y microbiológicos con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental de la Categoría 3, subcategoría D-1, agua para riego de vegetales; se concluye que el parámetro zinc, se encuentra elevado en las estaciones de monitoreo RAsan-1 y RAsan-3, finalmente obtuvieron como resultado una calificación de acuerdo al ICA de excelente para las tres estaciones de monitoreo, lo que indica que: la calidad del agua, se encuentra protegida con ausencia de amenazas o daños, pues las condiciones son muy cercanas a niveles deseados o naturales.

Silva (2018), en su investigación Evaluación del grado de afectación de la calidad del agua del río Tumbes y propuesta de recuperación sector Peruano – año 2011 al 2014, tuvo como objetivo proponer acciones que permitan mejorar la calidad del agua proveniente del Río Tumbes para los diferentes usos, para lo cual usaron informacion de monitoreos participativos por la Autoridad Nacional del Agua a través del Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos 2011-2014 y ANA 2015 – 2016; toda la data

fue procesada utilizando la aplicación de la metodología para la determinar del Índice de Calidad de Agua ICA-PE, para ello tomaron 8 puntos de minitoreo como muestra, los resultados que obtuvo fue que el indicador de calidad que predomina es Malo, excepto en los puntos de monitoreo RTumb11, RTumb7 y RTumb8, en estos se obtuvo como indicador Regular, con valores de 65.1, 62.48 y 63.29 respectivamente, obtenidos durante el periodo hidrológico 2011-2014. Luego de analizar las muestras en los diferentes monitoreos, las concentraciones de Plomo resultaron ser excedentes a los valores de los ECA-Agua en las categorías 1A-2 y 3 en todas las estaciones, durante ambas épocas del año, siendo las estaciones de monitoreo RPuya1 y RPuya2 que se encuentran en el Río Puyango en la frontera con el Ecuador las más afectadas, donde se desarrollan actividades mineras artesanales. Durante el periodo hidrológico 2015-2016, la calidad del agua de la Cuenca Tumbes, cambia considerablemente predominando el indicativo Regular hasta Bueno, mostrando mala calidad solo en dos de los puntos evaluados, RPuya1 que se encuentra en la parte fronteriza del río Tumbes, y por ultimo RTumb6 que se ubica a 1.5 km aproximadamente después de la caseta de bombeo de aguas residuales "Coloma" de la ciudad de Tumbes; finalmente se concluyo que el agua del río Tumbes está muy afectada en el periodo hidrológico evaluado, que la calidad del agua es mala, debido a que se ven afectados los parámetros físico químicos y microbiológicos, tanto en la estación seca como húmeda, para los puntos de monitoreo evaluados.

Minaya (2017), en su investigación Parámetros físicos, químicos, microbiológicos, para determinar la calidad del agua en la laguna Moronacocha, época de transición creciente-vaciante. Iquitos, Perú, 2016, tuvo como objetivo determinar los parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos del agua de la laguna Moronacocha. La metodología aplicada es de tipo descriptivo transversal. Resultado: De acuerdo a los parámetros evaluados, se encontró que la Temperatura, Transparencia, Oxígeno Disuelto, Turbidez y Sólidos Totales Disueltos (TSS) mostraron un comportamiento relacionado al nivel de las aguas durante el tiempo de estudio; las variables de Temperatura y

Transparencia mostraron valores decrecientes conforme lo hacía el nivel de las aguas de la laguna, las variables restantes mostraron un comportamiento opuesto. Por otra parte, los parámetros pH, Conductividad, Sólidos Totales Disueltos (TDS), Nitrato, Amoniaco, DBO_5 y Coliformes Termotolerantes mostraron un comportamiento irregular o no cambiaron sus concentraciones durante la investigación por lo que se puede decir que estas variables son independientes al volumen del agua del cuerpo de agua.

Izquierdo y Verástegui (2017), en su investigación acerca "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", tuvo como objetivo principal determinar la concentración de metales pesados As, Cd, Cr, Hg y Pb en el agua de la cuenca baja del Río Jequetepeque, como hipótesis se plantea que la concentración de los metales pesados As, Cd, Cr, Hg y Pb en el agua de la cuenca baja del río Jequetepeque, supera a los estándares de calidad del agua - categoría 3. El método de investigación aplicada es de carácter descriptivo y comparativo. Se tomó como muestra un litro por cada una de las 6 estaciones de monitoreo en época de lluvia, así como en época de estiaje (12 muestras). Los resultados fueron concentraciones menores a los estándares establecidos por el D.S. N°015-2015-MINAM para aguas superficiales categoría 3 (D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo y D2: bebida de animales) y solo fue detectada la presencia de los siguientes metales pesados: El Arsénico, en dos puntos de muestreo (P4: 0,001mg/L y P5: 0,003 mg/L) Cadmio en cinco diferentes puntos de muestreo (P2, P3, P4, P5 y P6 con 0,001mg/L) y Plomo en dos puntos de muestreo (P3: 0,004 mg/L y P6: 0,007 mg/L) estas concentraciones respecto al mes de mayo (época de lluvia), mientras que en el mes de noviembre (época de estiaje) los valores de la concentración de estos metales fueron : Arsénico, en tres puntos de muestreo (P1: 0,004mg/L, P2: 0,005mg/L y P4: 0,006 mg/L) y Plomo en dos puntos de muestreo (P3: 0,003 mg/L y P6: 0,004 mg/L). Finalmente, en ninguno de los puntos muestreados se encontró presencia de metales pesados como: el Cromo y el Mercurio.

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

Flores (2016), en su investigación que lleva por título Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera, desarrollado en Cajamarca, planteo por objetivos la cuantificación de metales pesados en las aguas del río Grande e indicar si a la concentración de los parámetros evaluados superan o no los estándares nacionales de calidad ambiental para agua. La metodología utiliza consistió en la evaluación de ocho metales pesados en ocho puntos predeterminados ubicados en el cauce del río Grande y algunos de sus tributarios. Las respectivas evaluaciones se hicieron cada 30 días, tanto para la época seca y lluviosa, seguido a ello estos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua. El resultado obtenido indica que el plomo fue el único metal que en cinco puntos de monitoreo ha superado los Estándares de Calidad

Ambiental para agua, teniéndose como máxima concentración en el punto RGR (0,246 mg L-1), donde se ha superado al ECA. Por otro lado, el manganeso supero en las estaciones lluviosas en el punto RG2 (0,591 mg L-1) con 18% y en el punto QE3 (0,533 mg L-1) en la estación seca con 6.6 %. El resultado de su investigación arroja que el plomo y manganeso vienen a ser los parámetros que superaron la normativa ambiental en la mayoría de puntos de monitoreo, por otra parte, no se puede afirmar que la presencia de metales pesados en las aguas del río Grande y sus tributarios tenga alguna relación directa con la actividad minera.

Tévez (2016), en su Estudio fisicoquímico del agua del río Cacra región Lima, realizado en la Universidad Pontificia Católica del Perú en Lima, realizó la evaluación de calidad del agua en el cuerpo hídrico que pertenece a la cuenca hidrográfica del río Cañete ubicada en la provincia de Yauyos en la Región Lima – Perú, planteó el objetivo de determinar la calidad del recurso que tiene por uso principal el riego de cultivos agrícolas y bebida de animales en una zona calificada de extrema pobreza. La metodología empleada consistió de primera mano en el monitoreo en sendas campañas en mayo y julio del 2015, en época de lluvias y estiaje correspondientemente, para lo cual se han definido 6 estaciones de muestreo. Los parámetros que se identificaron en diversos campos fueron temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y pH; los parámetros evaluados en el laboratorio fueron la demanda química de oxígeno, sólidos totales, sedimentables, suspendidos y disueltos, cloruros, bicarbonatos, nitratos, sulfatos, carbonatos, sodio, calcio, aluminio, cadmio, cobre, hierro, magnesio, plomo y cinc. Los resultados recopilados indican que los parámetros estudiados en el río Cacra no superan los niveles indicados en el estándar nacional de calidad ambiental para agua que será destinada al riego de vegetales y bebida para animales. El río Paluche, uno de los contribuyentes del río Cacra, no han cumplido con los valores refrendados por el ECA para fosfatos (1,052 mg/L), Fe (1,005 mg/L) y pH (6,03). La conclusión de la investigación fue que el río Lincha tiene influencia en la calidad del agua del río Cacra.

Meza (2016), en su investigación titulada Calidad del recurso hídrico de la sub cuenca del río Lampa – Huancayo. Los objetivos planteados en la presente investigación fueron; analizar la calidad del agua de la subcuenca del río Lampa; indicar las características físicas, bioquímicas y biológicas de la subcuenca del río Lampa; ubicar y caracterizar las fuentes contaminantes que existen a nivel de la subcuenca del río Lampa. La metodología consistió en la recopilación de muestras de siete localidades (Yuracyacu, Palta Rumi, Cabracancha, San Balvin, Occoro, Panti, Pariahuanca), a la vez se tuvo en cuenta tres puntos de fuentes subterráneas (Colquirumi, Chonta, Carahuasa) y fue conformada por los siete puntos superficiales y tres puntos subterráneos de monitoreo en época lluviosa y época seca, para lo cual se aplicó lo indicado en el protocolo de monitoreo de aguas superficiales de la autoridad nacional del agua (ANA) en cual está basado en parámetros físicos y bioquímicos, seguido a ello se han comparado con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua categoría 3 (agua para riego de vegetales y bebida de animales) DS N° 002-2008-MINAM. El resultado obtenido indica que el valor del DBO_5 se encuentra por encima de lo indicado en el ECA categoría 3 con 23.35 (mG/L) en la localidad de Occor, por otro lado, el DQO en la mayoría de las localidades presenta ECA categoría 1 A2: 20 (mG/L) (Agua superficial dirigida a la producción de agua potable con tratamiento convencional), el parámetro coliformes fecales y solidos suspendidos totales, en su mayor cantidad, el cual supera a los demás parámetros. Finalmente concluye en que los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites máximos permisibles. El cual representa una buena calidad de agua en Palta Rumi.

Corzo (2015), desarrolló su investigación titulado Impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca quebrada Párac, Distrito de San mateo de Huanchor, Lima, de la Universidad Pontificia Católica del Perú, el cual planteó el objetivo de calcular el impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca quebrada Párac. La metodología usada para la evaluación de la calidad del agua, fue verificar el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

del río Aruri y Rímac según su categoría. El resultado demuestra que los relaves poseen sulfuros, que brindan con elementos tóxicos a los ríos Aruri y Rímac. Ellos superan los límites permisibles del estándar del Estado de Oregón, Estados Unidos que vienen a ser más estrictos que el criterio peruano, lo cual viene a ser el arsénico que es altamente tóxico. En la conclusión de la presente investigación se comprobó que el río Aruri aporta con ciertos parámetros tóxicos al río Rímac. Sin embargo, del muestreo exploratorio que se realizó en cuanto a Cd, Fe, Mn y Zn se ubican en grandes cantidades cerca a los relaves y los cuales van disminuyendo aguas abajo. Todas aquellas sustancias son sumadas al río Rímac. No obstante, el As mostró un comportamiento muy diferente y a la vez el río Aruri no aporta con este parámetro al río Rímac.

Castillo y Medina (2014), en su trabajo de investigación titulado Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río Rímac (riego), de enero a agosto del 2011, en tres puntos de monitoreo, se planteó como principal objetivo: indicar la variación espacio-temporal de la calidad del agua superficial con fines de riego, en tres puntos elegidos de la red de monitoreo en la parte superior del río Rímac, de enero a agosto de 2011, La metodología fue a través del uso de índices y herramientas estadísticas que se aplicaron a los parámetros muestreados por DIGESA y SEDAPAL, para ejecutar el analizar la calidad espacial y temporal del agua para riego mediante la aplicación de dos índices de calidad (NSF WQI-USA y CCME WQI-Canadá). Para el WQI NSF las condiciones más optimas de calidad de agua (buena) se muestran en las estaciones E-08 y E-09, a tal efecto la estación E-10 posee condiciones de calidad de medias a buenas, ello a causa de que los parámetros coliformes termotolerantes, fosfato y nitrato se han registrado en esta estación son más elevados y el DBO_5 por su lado tiene valores mínimos. Se concluyó en que el fosfato, nitrato, coliformes totales y termotolerantes que se registraron en el cuerpo de agua pueden tener sus orígenes en los vertimientos municipales de San Mateo, San Miguel de Viso y Matucana.

Calla (2010), en su investigación titulado Calidad del agua en la cuenca del río Rímac, sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras, de la

Universidad Nacional de San Marcos en la ciudad de Lima, tiene por objetivo evaluar el grado de afectación a causa de la actividad minera en la cuanto a la calidad del agua del río Rimac perteneciente al sector San Mateo. En su metodología, la investigación se ha ejecutado en un período de diez años, tomando como indicadores de análisis a los parámetros metálicos; quienes han presentado una evaluación comparativa con la normatividad vigente ambiental tanto nacionales como internaciones tal como lo indica los estándares de la Organización Mundial de la Salud, los estándares de Canadá para agua de irrigación, la Ley general de aguas y los estándares nacionales de calidad del agua (ECAS) para la Categoría III aprobados mediante Decreto Supremo N.° 002-2008-MINAM. Como resultado de la comparación analítica de los resultados obtenidos de la calidad del agua en las siete estaciones de muestreo y los Estándares Nacionales de Calidad de Agua (ECAs) para la categoría III, se logró que los elementos representativos reflejaban mayor riesgo ambiental en las aguas del río Rímac del sector de San Mateo eran: El cadmio, manganeso, plomo, fierro y arsénico De esta forma se ha concluido en que el análisis del desarrollo de la calidad del agua en los últimos diez años evidencian una disminución considerable en la concentración de los parámetros metálicos en las aguas del río Rímac, a causa del inicio en práctica de técnicas de tratamiento; en relación a las fuentes de contaminación de los cuerpos de agua, se ha logrado que la actividad minera como también la actual existencia de pasivos ambientales mineros en la zona son los principales indicadores que provocan la alteración de la calidad del agua del río Rímac, a causa de la descarga de ciertos vertimientos mineros, drenajes ácidos de mina; como también la producción de lixiviados producidos por la existencia de relaveras y bocaminas abandonas por la minería de antaño y que en la actualidad no es manejada debidamente por el sector competente.

2.1.3. A nivel Local

Estudios específicamente sobre Índice de Calidad de Agua en una fuente superficial y su variación en el tiempo, hasta el momento no fueron realizados

a nivel local. Por lo que la presente investigación que se pretende desarrollar, es la primera a nivel regional.

2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.2.1. Teorías de la investigación

2.2.1.1. Teorías del Agua

Para Tales de Mileto menciona que el agua viene a ser el principio de todas las cosas. Tales fue el pionero en plantear la última naturaleza del mundo, entendida fundamentalmente sobre la base de un primer y último elemento: el agua. Para dicho filósofo el agua representaba al elemento como el primero de todas las cosas que existen, la que dio el inicio del universo, una idea que los griegos llamaban arjé (del griego ἀρχή, fuente, principio u origen).

Fuente (2012), en relación a lo mencionado por Herschel en cuanto al origen de la tierra que toda el agua que hay en nuestro planeta se formó en la más tierna infancia de la Tierra, hace unos 2500 millones de años. Actualmente el agua varía en cada fase como cuando ocurre la evaporación en los océanos, o de sitio con los cambios climáticos, pero la cantidad en su totalidad permanece constante.

Fuente (2012), menciona que hay diversas teorías sobre cómo se formaron los océanos, aunque ninguna da una explicación enteramente satisfactoria. En los discos proto-planetaríos hay agua en estado sólido y gaseoso. El agua de los océanos podría surgir de la mezcla de rocas y gases a partir de la cual se formó la Tierra. Pero según las teorías de formación de planetas predicen que la gran parte del agua escaparía al espacio en los primeros millones de años de vida del planeta cuando la masa de la era reducida en comparación de lo que es hoy en día. La temperatura del planeta en ese momento era tan alta que toda el agua estaba en estado gaseoso y dado que la Tierra era muy poco masiva, su gravedad no era suficiente para retener las moléculas de vapor de agua en su atmósfera, que escaparían al espacio.

Unos 20 o 30 millones de años después de su formación, la Tierra sufrió el impacto de un gran meteorito que le desgajó un trozo, la Luna. Algunos investigadores piensan que en ese impacto pudo formarse, además de la Luna, gran parte del agua. Sin embargo, otra de las teorías más reconocidas explica que el agua podría surgir del impacto de cometas recubiertos de hielo en la joven Tierra.

2.2.1.2. Teorías del Índice de Calidad del agua

El estudio de la medición del índice de la calidad del agua vino a ser materia de discusión en relación a su aplicación con el fin de controlar el recurso hídrico a nivel mundial. A tal efecto, múltiples países han realizado indagaciones e indicadores que tienden a ser aplicados teniendo propios criterios para ser evaluados, y por lo cual la respectiva aplicación deba dirigirse a sus requerimientos y necesidades (Hernandez et al., 2016).

La evolución de los indicadores respecto a la calidad y contaminación tienen un único fin valorar la calidad del agua. La definición de un indicador de calidad o contaminación está sujeto a la comparación de la concentración de contaminantes los cuales estarán relacionados con estándares ambientales, de tal forma el índice refleja el número, la frecuencia y la magnitud mediante el cual, el estándar ambiental para un grupo de variables específicas es o no alcanzado en un período determinado (Yáñez, 2018).

Los Índices de Calidad de Agua existentes son:

<u>Índice de Calidad del Agua de la Fundación Nacional de Saneamiento</u>

En la publicación de León (2009), menciona que Horton y Liebman fueron los primeros que plantearon el uso del Índice de Calidad del Agua ICA para que se puedan estimar patrones o condiciones de contaminación acuática y son los primeros en el diseño de una metodología unificada para su respectivo cálculo, Horton hace el uso de diez variables, donde se incluye las que comúnmente se muestrean, las cuales vienen a ser el Oxígeno Disuelto (OD), recuento de coliformes, Ph, conductancia específica, alcalinidad, contenido de cloruro y la temperatura (Hernández *et al*. 2016). No obstante la

evolución y la integración del Índice de Calidad de Agua (ICA) o en inglés Water Quality Index (WQI), de manera formal y debidamente demostrada se desarrolló en 1970 por Brow, MacClelland, Deininger y Tozer, los cuales contaron con el apoyo de la Fundación Nacional de Saneamiento (FNS) o en inglés National Sanitation Foundation (NSF) de Estados unidos, el cual ha tenido un gran apogeo ya que ha sido el más usado y respetado en los Estados Unidos (EE.UU.); viene a ser un índice que se basó en la constitución del índice de Horton y en el método Delphi para así conceptualizar los parámetros, pesos ponderados, subíndices y clasificación a ser empleados en el cálculo, actualmente es reconocido como el Índice de Calidad de Agua de la NSF. Se hace uso de 9 variables como vienen a ser las de mayor importancia: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, DBO_5, nitratos, fosfatos, desviación de temperatura, turbidez y solidos totales (Universidad Nacional de Pamplona, 2010). Para cuantificar el índice de calidad del agua se utilizó una suma lineal ponderada y el resultado de su aplicación resulto con ponderaciones entre 0 y 100, donde 0 significa que la calidad del agua viene a ser muy pobre mientras que 100 representara una agua de calidad excelente (Ott, 1978). Para el proceso de formulación y el respectivo cálculo del índice se ha empleado la ponderación de los subíndices, en otras palabras, es un índice que otorga pesos específicos a las variables de acuerdo a su importancia y/o relevancia dentro del conjunto agregado. Para el caso descrito, la variable de que posee mayor relevancia pertenece al oxígeno disuelto y la de menos importancia los sólidos disueltos totales (Universidad Nacional de Pamplona, 2010).

Índice de Calidad del Agua Canadiense:

Uno de los índices más utilizados es el propuesto por el "Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente", o denominado en inglés "Canadian Council of Ministers of the Environment", reconocido también por sus siglas en ingles CCME, quien propone evaluar de forma detallada la calidad del agua en un período de tiempo determinado teniendo en consideración la cantidad de parámetros que sobrepasan el *estándar de*

referencia, el número de datos que no cumplen con el mencionado estándar y la magnitud de superación (CCME, 2001). No obstante, la metodología indicada se caracteriza por su flexibilidad en relación al número y tipo de parámetros utilizados.

En Canadá en 1995, El Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente, CCME por sus siglas en inglés, llevo a cabo un WQI dirigido en un inicio a la evaluación de la calidad ecológica de las aguas fundamentado al balance de los valores para cada parámetro con un punto de referencia, el cual generalmente es recopilado a partir de una norma o guía de calidad del agua; dada su tolerancia en los parámetros y su utilización de directrices para proteger la vida acuática que emplea, el índice otorga la opción de evaluar la calidad de las aguas que están dirigidas para el consumo humano (Hernández et al., 2016).

Índice de Calidad del Agua de Europa:

En Europa, Boyacioglu ejecuto el Universal Water Quality Index integrado por 11 parámetros fisicoquímicos y uno microbiológico, con el objetivo de brindar un método más simplificado para detallar la calidad de las aguas superficiales destinadas para el abastecimiento de agua potable. Por otra parte los aportes han provenido de estudios como los de van Helmont y Breukel en 1996, los cuales reflejaron que por lo menos 30 índices de calidad de agua vienen a ser de uso común alrededor del mundo (Hernández et al., 2016).

Índice de Calidad del Agua de la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental-Brasil:

En Brasil, la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental implementó y desarrolló el WQI de agua cruda destinada para el abastecimiento público como respuesta al aumento dificultoso de los contaminantes que han sido vertidos a cuerpos de agua, el cálculo es llevado a desarrollar mediante el producto de la ponderación de lo que resulta del

índice de calidad de agua y el índice de sustancias tóxicas constituido en el año 2002 (Hernández et al., 2016).

Índice de Calidad de Agua para los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú ICA-PE:

En el Perú la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el marco de sus funciones, mediante Resolución Jefatural Nº 068 -2018-ANA aprobó la "Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua para los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú ICA-PE", ello como una herramienta que tiene el fin principal de la valoración simplificada de la calidad del agua, contribuyendo a un mejor conocimiento de la gestión de calidad de los recursos hídricos. Para esta metodología los parámetros de evaluación deben ser usados por cada ECA- Agua según la "Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales y Marino Costeros", la metodología está basado en el ICA Canadiense ampliamente usada.

En ese sentido, los ICA's constituyen un instrumento principal debido a que permiten emitir la información de forma simplificada de la calidad del recurso hídrico en relación a las autoridades competentes y al público en general; a la vez identifica y contrasta las condiciones de calidad del agua y sus posibles tendencias en el espacio y el tiempo. Viniendo a ser la valoración de la calidad del agua en una escala de 0 - 100, donde 0 (cero) viene a representar aguas de calidad mala y 100 corresponde a una calidad excelente. Por lo expuesto, este índice ha poseído un uso generalizado desde su creación y es utilizado por una cantidad considerable de países. Varios índices han sido desarrollados y empleados en diversas investigaciones para realizar la clasificación de las aguas para diferentes usos, cada uno de ellos posee propiedades y características y por lo general logran obtener en las zonas en que se recolectaron. (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

2.2.2. Calidad de agua

El término calidad del agua es referencial, lo cual indica la composición del agua en la cantidad en qué será afectada por la cantidad y/o concentración de sustancias originadas por los diferentes procesos naturales y actividades antrópica. Como tal, viene a ser un término neutral que no va a estar clasificado como bueno o malo sin referirse a la utilización del uso de agua destinada. Conforme a lo antes, tanto los puntos de vista como los estándares y objetivos de calidad de agua cambian dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc (Quinto y Quintanilla, 2013).

2.2.2.1. Importancia del agua

El agua viene a ser una de las sustancias más abundantes en el planeta Tierra. No es por nada que la nombran como "el solvente universal" y viene a ser un raro caso de sustancia que viene a estar omnipresente en nuestro alrededor, en sus tres formas físicas: gas, líquido y sólido. Viene a ser la parte integrante de la mayor cantidad de seres vivientes, tanto vegetales como también animales (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente-CEPIS, 2006).

2.2.2.2. Base legal en el Perú

- Ley Nª 28611, Ley General del Ambiente.
- Ley Nª 29338, Ley de Recursos Hídricos.
- Decreto Supremo N° 001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, modificado por el Decreto Supremo N° 006-2017-AG.
- Decreto Supremo Nº 004-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias.
- Resolución Jefatural N° 056-208-ANA, Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales y Marino Costeros.
- Resolución Jefatural Nº 068-2018-ANA, Metodología para la determinación del Índice de Calidad de Agua, aplicado a los cuerpos de aguas continentales superficiales.

- Resolución Jefatural 036-2018-ANA, Identificación de fuentes contaminantes.

2.2.2.3. Calidad de agua superficial

Las variaciones en agua superficial de sabor, color y olor son a causa de cambios en el medio ambiente que son producidos por el desgaste y variaciones de las características innatas del agua, como puede ser la concentración elevada de ciertos parámetros, la eutrofización de embalses o la alteración de las aguas subterráneas (Pérez, 2017).

Los causantes de aquellos efectos se encuentran vinculados a la actividad humana, y las más importantes son las siguientes:

- Uso minero
- Uso industrial
- Uso pecuario
- Uso poblacional: desagües

2.2.2.4. Contaminación de aguas superficiales

La contaminación del agua es la alteración de la calidad del agua comúnmente generada por actividad antrópica, convirtiéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, como también para los animales domésticos y la vida natural (Ramirez, 2014).

Las fuentes de contaminación, nominadas como efluentes contaminantes que contienen elementos y sustancias con propiedades físicas, químicas y bacteriológicas que cambian las propiedades del cuerpo receptor son:

- Vertimiento de aguas servidas o negras a los ríos, lagos o mar.
- Vertimiento de desmontes y basuras en las orillas del mar, ríos y lagos.

- Actividades clandestinas e informales, en las orillas de los ríos: curtiembre, fundición de baterías de autos recicladas.
- Los efluentes líquidos que provienen de las distintas actividades de los sectores productivos (labores de excavación, planta de tratamiento de aguas residuales, derrames de aceites, productos químicos como fertilizantes agrícolas y plaguicidas, etc (Ramirez, 2014).

Los Tipos de Contaminación son:

A. **Contaminación puntual:** Viene a ser aquella que vierte sus aguas en cuerpo natural. Al ser puntual se considera un punto que va a poder ser tratada o controlada. Van a estar comúnmente relacionadas a las industrias y las aguas negras municipales (Meza, 2016).

B. **Contaminación difusa:** Considerada como aquella contaminación producida en un área abierta, están comúnmente vinculada a las actividades de uso de tierra tales como, la agricultura, urbanizaciones, pastoreo y prácticas forestales (Meza, 2016).

Los ríos por su capacidad depurativa pueden recuperarse de los residuos contaminantes por una combinación de dilución y descomposición bacteriana. Este proceso natural de recuperación viene a estar en relación a los cursos de agua que no se encuentren saturados con estos contaminantes y no reduzcan el caudal en las sequías, presas o desviación a la agricultura o a la industria. Sin embargo, estos procesos naturales de dilución y biodegradación no van a desaparecer a los contaminantes no degradables o que se degradan de forma lenta. La descomposición de residuos degradables por las bacterias restar el oxígeno disuelto, lo cual disminuye o extermina a poblaciones de organismos con alta exigencia de oxígeno hasta que el flujo de agua quede aséptico de residuos (Pari, 2017).

2.2.2.5. Contaminación de aguas por actividad minera

A. Metales Pesados

Según Romero (2009), un metal pesado viene a ser una sustancia propia de la naturaleza de peso molecular alto, y muy útiles, como, por ejemplo, el plomo que se utiliza mucho para tubería, y el cadmio. Hablando ya de contaminación, los metales pesados generan lesiones en la salud y afectan de forma degenerativa a los órganos.

Arsénico: El arsénico es muy tóxico en su forma inorgánica, su mayor amenaza para la salud pública reside en la utilización de agua contaminada para beber, preparar alimentos y regar cultivos alimentarios; la exposición prolongada al arsénico a través del consumo de agua y alimentos contaminados puede causar cáncer y lesiones cutáneas y también se ha asociado a problemas de desarrollo, enfermedades cardiovasculares, neurotoxicidad y diabetes (Londoño, 2016).

Cadmio: describe como un metal pesado de muy alta peligrosidad, dada su elevada capacidad de acumulación en los organismos y su fuerte toxicidad es: Sensible al pH en la solubilidad del Cd; su retención, por la fase sólida, aumenta fuertemente al incrementarse el pH. Tiende a ser más móvil que la mayoría de los metales pesados. Al aumentar la materia orgánica y la capacidad de cambio del suelo se incrementa la adsorción del Cd (Londoño, 2016).

Cobre: El cobre puede entrar al medio ambiente a través de liberaciones desde minas de cobre y otros metales, a menudo cerca de minas, fundiciones, plantas industriales, vertederos y sitios de desechos, la concentración de cobre en lagos y ríos varía entre 0.5 y 1,000 ppb con una concentración promedio de 10 ppb (Londoño, 2016).

Mercurio: El mayor efecto negativo de la contaminación ambiental por mercurio se produce a nivel acuático, debido a que el metilmercurio

se acumula en la vida acuática con el tiempo en concentraciones y niveles más elevados (Londoño, 2016).

Plomo: Su biodisponibilidad está fuertemente condicionada por el pH del suelo. Su movilidad se va volviendo cada vez más alta conforme va disminuyendo el valor del pH, siendo especialmente móvil para pHs extremadamente ácidos. Con la materia orgánica forma complejos más estables a pH altos. El plomo es la toxina más significante de los metales pesados y sus efectos son de naturaleza toxicológica y neurotoxicológica (Londoño, 2016).

Zinc: Ecofluidos Ingenieros S.A. (2012), el Zinc es un oligoelemento esencial que se encuentra en casi todos los alimentos y en el agua potable en forma de sales o complejos orgánicos. Las concentraciones de zinc en aguas superficiales y subterráneas no suelen sobrepasar la concentración de 0.01 y 0.05 mg/L respectivamente, en el agua de grifo puede haber concentraciones mayores como consecuencia de la disolución del zinc de las tuberías (Londoño, 2016).

B. Drenaje ácido de mina

El drenaje ácido de mina es considerado como uno de los principales contaminantes del agua en lugares con actividades mineras históricas o en operación. El drenaje ácido de mina es agua residual muy ácida con concentraciones altas de sulfatos ferrosos y no ferrosos, así como sales. Si el drenaje ácido no es tratado, este puede contaminar aguas superficiales y subterráneos, cuyo efecto colateral es el daño a la salud de especies acuáticas, plantas, animales y humano, esto se produce tanto en minas activas como abandonadas, en túneles subterráneos, pozos, tajos abiertos, material de desmonte y relaveras (Corzo, 2015).

La principal causa del drenaje ácido de mina es la oxidación de minerales sulfurados como son la pirita y la marcasita. Paradójicamente, en las minas polimetálicas cuyo objetivo es obtener concentrados de Cu, Zn y Pb, la pirita es la ganga que se encuentra en mayor cantidad con

respecto a los minerales valiosos (Tumialán ,2013; Wiersma y Rimstidt, 1984). Aunque este proceso ocurre naturalmente, las actividades mineras lo aceleran porque incrementan la exposición de sulfuros al aire, agua y microorganismos (Corzo, 2015).

C. Pasivos mineros

Los pasivos mineros (PAM) vienen a ser instalaciones, emisiones, efluentes, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, según la norma peruana, los pasivos ambientales pueden ser diferenciados según los siguientes tipos de componentes: i) labores mineras (bocaminas, chimeneas), ii) residuos mineros (relaves, desmontes), iii) infraestructura (campamentos, oficinas, talleres), y iv) otros (residuos químicos); todo ello proveniente de las actividades mineras que se encuentran en estado de abandono o inactivas, y que va a repercutir en un riesgo potencial y permanente para la salud humana y el ecosistema en su conjunto (Trujillo, 2018).

Según menciona (Trujillo, 2018) los principales pasivos ambientales son:

- Bocamina: Viene a ser el ingreso a una labor minera subterránea, definiendo el límite entre el espacio exterior y el espacio interior donde se ejecutan las actividades propias a la explotación de minerales, el tamaño de la bocamina está en relación al tamaño de la extracción que se va a realizar, al acceso de los trabajadores, traslado de mineral, de escombros, carrilanos, o podrían ser asimismo camiones.

- Depósito de desmonte: Viene a ser el área que ha sido usada para el depósito de los materiales extraídos de las labores subterráneas y que no poseen valor económico.

- Depósito de relave: Viene a ser aquella área que ha sido usada con material de grano fino y que no tiene ningún valor, estos residuos

vienen a ser el resultado de los procesos de concentración de minerales por el método de flotación, estos relaves se presentan en forma de pulpa, extrayendo el agua después de la sedimentación de los sólidos, debido a la acción del viento y de las escorrentías son de fácil erosión, para que sean dispuestos se busca de forma primordial la construcción de una presa de sostenimiento, y que en ciertos casos vienen a ser el mismo material grueso del relave y que está contenido en la pulpa.

2.2.2.6. Fuentes contaminantes en los recursos hídricos

Los contaminantes más usuales de las aguas son: Materias orgánicas y bacterias, hidrocarburos, desperdicios industriales, productos pesticidas y otros que se usan en la agricultura, productos químicos domésticos y desechos radioactivos (Medina y Andrade, 2009).

- **Contaminantes físicos,** alteran el aspecto del agua y cuando flotan o se sedimentan complican a la flora y fauna acuática. Vienen a ser líquidos insolubles o sólidos originados de forma natural y diferentes productos sintéticos que son expulsados a cuerpos de agua producto del resultado de las actividades del hombre, así como, espumas, residuos oleaginosos y el calor (contaminación térmica) (Medina y Andrade, 2009).
- **Contaminantes químicos,** se han incluido componentes orgánicos e inorgánicos que se disuelven o se disipan en el agua. Los contaminantes inorgánicos vienen a ser diversos productos que se originan de descargas domésticas, agrícolas e industriales o de la erosión del suelo. Viniendo a ser los primordiales cloruros, sulfatos, nitratos y carbonatos. También desechos ácidos, alcalinos y gases tóxicos disueltos en el agua como los óxidos de azufre, de nitrógeno, amoníaco, cloro y sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico). La gran mayoría de estos contaminantes son liberados de forma directa a la atmósfera y bajan arrastrados por la lluvia (Medina y Andrade, 2009).
- **Contaminantes orgánicos,** también son compuestos disueltos o dispersos en el agua que se originan de diferentes desechos domésticos,

agrícolas, industriales y de la erosión del suelo. Estos son desechos humanos y animales, de rastros o mataderos, del procesamiento de alimentos para humanos y animales, diversos productos químicos industriales de origen natural como aceites, grasas, breas y tinturas, y diversos productos químicos sintéticos como pinturas, herbicidas, insecticidas, etc. Estos parámetros agoten el oxígeno disuelto en el agua y alteran a la vida acuática (eutrofización) (Medina y Andrade, 2009).

- **Contaminantes biológicos,** incluyen hongos, bacterias y virus que producen enfermedades, algas y otras plantas acuáticas. Algunas bacterias son indefensas y otras participan en la desintegración de la materia orgánica que está contenida en el agua (Medina y Andrade, 2009).

Por su origen, las fuentes de contaminación pueden dividirse como naturales y antropogénicas (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

Tabla 1

Esquema sobre la clasificación de las fuentes contaminantes

Por su origen	Por su naturaleza	Por su tipo
F.C. Natural	Aguas naturales	Aguas minero medicinales (termal, mineral, termo mineral), procedentes de la desglaciación, aguas de drenaje pluvial.
	Depósitos naturales	Deposito no minerales, de sal, de carbón.
F.C. Antropo génica	Aguas residuales	Agroindustrial, agropecuaria, domestica, energética, hospitalaria, industrial, minero – metalúrgica, municipal, de rechazo (salmuera), de limpieza y mixta.
	Residuos solidos	De gestión municipal, de gestión no municipal peligrosos, de gestión no municipal no peligrosos.
	Sustancias descargadas “in situ”	Procedentes de lavado de: ropa, vehículos, agregados (no metálicos, material acarreo), cilindros, plásticos, alimentos, incorporación de alimentos para peces en jaulas de cultivo, descarga y trasegado de combustibles, descargas fortuitas (derrames)

Nota: F.C.; Fuentes contaminantes
Fuente: Autoridad Nacional del Agua, (2018)

En la siguiente tabla, se describen los tipos de fuentes contaminantes de origen antropogénico (aguas residuales y residuos sólidos).

Tabla 2

Fuentes contaminantes de origen antrópico, según su tipo

Naturaleza	Tipo	Ejemplos
Aguas Residuales (A.R.)	A.R. Agropecuaria	Aguas de drenaje de riego, aguas residuales provenientes de granjas
	A.R. Agroindustrial	Aguas provenientes del lavado de vegetales, frutales, lavado de jabas, empaques
	A.R. Domésticas	Aguas residuales de origen residencial, comercial, institucional.
	A.R. Municipal	Aguas residuales provenientes de PTAR municipales, distritales, que pudieran incluir mezcla de aguas de drenaje pluvial e industrial
	A.R. Industrial	Aguas residuales provenientes de la industria papelera, carnales o mataderos, curtidos y calzado, conservas, bebidas, lavanderías, petroquímica, siderúrgica (acería), productos alimenticios, lavanderías, textiles, productos químicos (cosmética, detergentes), centrales nucleares, plásticos y caucho, hospitales, mecánico, electrónica, lácteos, farmacéutica.
	A.R. Minero metalúrgico	Aguas de mina, aguas residuales provenientes de operaciones de componentes mineros (tajo, relavera, beneficio, depósito de relaves, etc)
Residuos sólidos (R.S.)	R.S. de gestión municipal	Origen doméstico: Restos de alimentos, papel, botellas, latas, pañales descartables, entre otros. - Comercial (papel, embalaje, restos del aseo personal y semejantes). - Aseo urbano (barrido de calles y vías, maleza, entre otros) y de productos provenientes de actividades que generen residuos sólidos semejantes a los mencionados, quienes deber ser destinados a rellenos sanitarios.
	R.S. Peligrosos de gestión no municipal	Residuos metálicos que contengan plomo o mercurio. - Residuos humanos provenientes de los establecimientos de salud. - Pasivos Mineros. - Residuos de plaguicidas y herbicidas. - Residuos originados por la fabricación de productos químicos: cianuro por ejemplo entre otros según lo mencionado en el anexo 4 del reglamento de la ley de residuos sólidos.
	R.S. No peligrosos de gestión no municipal	Desechos de las actividades de la construcción y demolición. - Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). - Residuos industriales, como también su fiscalización dependerá del sector industrial que produce dicho residuo.
Sustancias descargadas in situ (I.S.)		Debido a las actividades desarrolladas en la rivera de cuerpos de agua como el lavado de automóviles, ciertos alimentos, ropa, extracción del material de acarreo, derrames (sustancias químicas, hidrocarburos, etc), vertimiento y trasegado de combustible.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2018)

2.2.2.7. Monitoreo de agua

Con el fin de realizar la respectiva evaluación de la calidad del agua de un es imprescindible monitorear sus características físicas, químicas y biológicas (Vásquez y Medina 2015), delimitando las condiciones del ambiente, el estado o situación, tendencias y cambios de los factores que alteran los estados del recurso hídrico.

El monitoreo nos induce a la recolección de muestras de aguas, gases, material particulado, suelos, relaves, desmontes, plantas, plancton, etc.; identificando el lugar con sus coordenadas UTM y altura (Salva, 2007).

2.2.2.8. Estándares de calidad ambiental del agua

Con la creación del Ministerio del Ambiente en el año 2008, se dio luego la aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias, o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componentes básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

En el año 2017, el MINAM a través del D.S N° 004-2017-MINAM, aprueba los Estándares de Calidad Ambiental para agua y establecen disposiciones complementarias, a las disposiciones aprobadas mediante el D.S N° 002-2008-MINAM, D.S N° 023-2009-MINAM y el D.S N° 015-2015-MINAM, que aprueban los ECA-Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente decreto supremo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA- Agua y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, cuenta con 4 cuatro categorías y 17 subcategorías:

- **Categoría 1:** Poblacional y recreacional
  a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.
     • A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección
     • A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional
     • A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
  b) Subcategorías B: Agua superficiales destinadas para recreación
     • B1: Contacto primario
     • B2: Contacto secundario
- **Categoría 2:** Extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras y continentales
  a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicadas en aguas marinos costeras
  b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras
  c) Subcategoría C3: Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras
  d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos y lagunas
- **Categoría 3:** Riego de vegetales y bebidas de animales
  a) Subcategoría D1: Riego de vegetales
     • Agua para riego no restringido
     • Agua para riego restringido
  b) Subcategoría D2: Bebida de animales
- **Categoría 4:** Conservación del medio ambiente acuático
  a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos
  b) Subcategoría E2: Ríos
     • Ríos de la costa y sierra
     • Ríos de la selva
  c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeras y marinas
     • Estuarios

• Marinos

Tabla 3

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICO – QUÍMICOS				
Aceites y grasas	mg/l	5		10
Bicabornatos	mg/l	518		-
Cianuro Wad	mg/l	0.1		0.1
Cloruros	mg/l	500		-
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	100(a)		100 (a)
Conductividad	(us/cm)	2500		5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/l	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/l	0.5		0.5
Fenoles	mg/l	0.002		0.01
Fluoruros	mg/l	1		-
Nitratos (NO_3 - N)+ Nitritos (NO_2 - N)	mg/l	100		100
Nitritos (NO_2 - N)	mg/l	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/l	≥4		≥5
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.5 - 8.5		6.5 - 8.4
Sulfatos	mg/l	1000		1000
Temperatura	°C	Δ3		Δ3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/l	5		5

Arsénico	mg/l	0.1	0.2
Bario	mg/l	0.7	-
Berilio	mg/l	0.1	0.1
Boro	mg/l	1	5
Cadmio	mg/l	0.01	0.05
Cobre	mg/l	0.2	0.5
Cobalto	mg/l	0.05	1
Cromo total	mg/l	0.1	1
Hierro	mg/l	5	-
Litio	mg/l	2.5	2.5
Magnesio	mg/l	-	250
Manganeso	mg/l	0.2	0.2
Mercurio	mg/l	0.001	0.01
Níquel	mg/l	0.2	1
Plomo	mg/l	0.05	0.05
Selenio	mg/l	0.02	0.05
Zinc	mg/l	2	24
MICROBIOLÓGICO			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1000	1000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1000	-

Fuente: D.S. N° 004 MINAM – 2017

Según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, en numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley General del Ambiente, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para agua, como la medida que establece el nivel o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el agua en su condición de cuerpos receptores, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente y son de cumplimiento obligatorio en la determinación de los usos de los cuerpos de agua, atendiendo condiciones naturales o niveles de fondo, y el diseño de normas legales, de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente. Es en consecuencia, un instrumento útil para evaluar el estado de la calidad de los cuerpos naturales de agua en las cuencas hidrográficas del país (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

2.3. Bases conceptuales

Concentración de metales pesados

Se encuentran de manera natural en el ambiente en concentraciones, que, por lo general, no perjudican las diferentes formas de vida, los metales pesados no pueden ser degradados o destruidos, pueden ser disueltos por agentes físicos y químicos y ser lixiviados. Algunos forman complejos solubles y son transportados y distribuidos a los ecosistemas hasta incorporarse en la cadena trófica (suelo, agua, plantas, semillas y forrajes), primordialmente aquellos procedentes de áreas contaminadas, los metales son perjudiciales, pero muchos resultan esenciales en nuestra dieta y en algunos casos, su deficiencia o exceso puede conducir a problemas de salud (Londoño, 2016).

2.4. Definición de términos

a) Agente. - Cualquier entidad biológica, química o física que puede producir un efecto adverso.

b) Ambiente acuático. - Ambientes localizados en cuerpos de agua. Por ejemplo. - ríos, arroyos, lagos, lagunas, esteros, canales.

c) Bioacumulación. - Concentración resultante acumulada en el ambiente o en los tejidos de organismos a partir de la incorporación, distribución y eliminación de contaminantes obtenidos por todas las rutas de exposición por ejemplo por aire, agua, suelo, sedimento y alimento.

d) Concentración. - La relación de una sustancia disuelta o contenida en una cantidad dada de otra sustancia

e) Contaminación. - Distribución de una sustancia química o una mezcla de sustancias en un lugar no deseable (aire, agua, suelo), donde puede ocasionar efectos adversos al ambiente o sobre la salud.

f) Contaminante. - Cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del suelo o cuya concentración excede la del nivel de fondo

susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente.

g) Diversidad Biológica. - Variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

h) Ecosistema. - Complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional.

i) Estándar de Calidad Ambiental (ECA).- Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

j) Exposición. - Co-ocurrencia del contacto entre el agente estresante y el componente ecológico.

k) Fuente de contaminación. - Punto o área de contaminación y dispersión de materiales peligrosos y residuos peligrosos al ambiente, fuente que emite contaminantes al ambiente en un sitio contaminado.

l) Índice de peligro. - Es la relación entre la concentración de exposición y un valor de referencia.

m) Límite máximo de exposición. - Cuando la exposición, aunque puede representar un riesgo para la población, es todavía socialmente aceptable.

n) Límite de tolerancia. - Concentración de exposición o dosis de exposición de un contaminante debajo del cual se espera que no se exista efecto. Término relacionado. - umbral.

o) Lixiviado. - Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos.

p) Punto de muestreo. - Lugar (punto o área determinada) del suelo donde se toman las muestras, sean éstas superficiales o de profundidad.

q) Receptor. - Organismo, población o comunidad que está expuesta a contaminantes.

r) Relación causa-efecto. - Relación entre la cantidad de un agente administrado, incorporado o absorbido por un organismo, población o ecosistema y el cambio desarrollado en tal organismo, población o ecosistema a causa del agente.

s) Relevancia ecológica. - Respuestas que reflejan características importantes de altos niveles de organización biológica (poblaciones, comunidades, ecosistemas).

t) Riesgo.- Probabilidad o posibilidad de que un contaminante pueda ocasionar efectos adversos a la salud humana, en los organismos que constituyen los ecosistemas o en la calidad de los suelos y del agua, en función de las características y de la cantidad que entra en contacto con los receptores potenciales, incluyendo la consideración de la magnitud o intensidad de los efectos asociados y el número de individuos, ecosistemas o bienes que, como consecuencia de la presencia del contaminante, podrían ser afectados tanto en el presente como en escenarios futuros dentro del uso actual o previsto del sitio.

u) Vulnerabilidad. - Conjunto de condiciones que limitan la capacidad de defensa o de amortiguamiento ante una situación de amenaza y confieren

a las poblaciones humanas, ecosistemas y bienes, un alto grado de susceptibilidad a los efectos adversos que puede ocasionar el manejo de los materiales o residuos, que, por sus volúmenes y características intrínsecas, sean capaces de provocar daños a la salud y el ambiente.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis General

- **Ho:** El nivel de concentración de los metales pesados en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3.
- **Ha:** El nivel de concentración de los metales pesados en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3.X

2.6. Variables

- Concentración de metales pesados

2.7. Operacionalización de variables

Tabla 4.
Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Valorización
Variable 1 (V_1/x): Concentración de metales pesados (Hg, As, Cd, Pb, Cu,	La evaluación de la calidad del agua ampliamente utilizada, es difícil de definir, se basa en muchos casos en	Metales pesados.	- Mercurio (Hg) - Arsénico (As) - Cadmio (Cd) - Plomo (Pb)	- mg/l. - mg/l. - mg/l. - mg/l.

Zn) en aguas del rio Escalera	análisis físico, químico y biológico.	- Cobre (Cu) - Zinc (Zn)	- mg/l. - mg/l.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de investigación

Según el objeto de estudio:

Aplicada:

- Busca conocer, actuar, construir y modificar la realidad de una problemática.
- Está más interesada en la aplicación inmediata sobre una problemática antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal (Borja, 2012).

3.2. Nivel de investigación

Explicativo: Su finalidad es explicar el comportamiento de una variable en función de otra (s), con una relación causa-efecto, para ello se apoya en otros criterios de causalidad (Bradford Hill); requiere un control tanto metodológico como estadístico. Responde a las causas de los eventos físicos o sociales (Hernández, 2014).

3.3. Método de investigación

Método científico: Es el conjunto de estrategias y procedimientos metódicamente secuenciales, tiene como objetivo la comprobación empírica de un planteamiento (hipótesis) y permitirá la interpretación de la realidad; sin embargo, sus conclusiones no se pueden tomar como una verdad absoluta (Hernández, 2014).

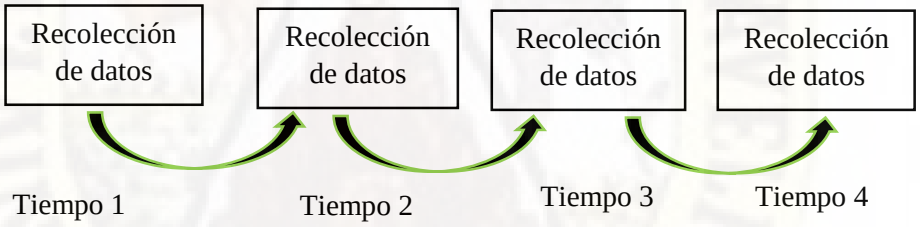
Método hipotético-deductivo: Consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos (Bernal, 2006).

3.4. Diseño de investigación

De acuerdo a la Metodología para demostrar la hipótesis

- **No experimental**: Porque no se manipula la variable, asimismo no establecen, ni pueden probar relaciones causales directas entre dos elemento o dos variables (Hernández, 2014).
- **Longitudinal de tendencia:** Son aquellos que analizan cambios a través del tiempo (en conceptos, categorías, variables o sus relaciones), dentro de alguna población en general. Su característica específica es que la atención se centra en la población (Hernández, 2014).

Por lo tanto, esquema del diseño es:



3.5. Población, muestra y muestreo

3.5.1. Población

Estuvo conformada por la red de punto de muestreo ubicado en el río Escalera que tiene una longitud del curso de agua de 6 km aproximadamente, este se encuentra dentro de la jurisdicción del distrito de Huachocolpa, provincia y departamento de Huancavelica.

3.5.2. Muestra

La muestra se conceptualiza por Hernández (2014) como:

Un subconjunto de la población, que se obtiene para averiguar las propiedades o características de esta última, por lo que interesa que sea un reflejo de la población.

Para el presente estudio, se tomó como muestra dos (2) puntos de monitoreo denominados como: REsca1 y REsca2, ubicados dentro del rio Escalera, los cuales, de acuerdo con la Resolución Jefatural N°010-2016-ANA fueron establecidos de forma protocolar por la Autoridad Nacional del Agua a través de su órgano desconcentrado la Administración Local del Agua Huancavelica, con el fin de realizar acciones de control y vigilancia en el recurso hídrico, lo que resultó conveniente tomar como muestra a dichos puntos ya que se ajustan al fin de la presente tesis. Cabe recalcar que la muestra es influenciada por la actividad minera de la zona.

A continuación, se presenta la ubicación de los puntos de muestreo en la siguiente figura:

Figura 1

Ubicación de los puntos de monitoreo en el río Escalera

Fuente: Imagen satelital de Google earth en función a la data extraída de Monitoreos en la cuenca del Mantaro.

3.5.3. Muestreo

El muestreo que se ha aplicado en la presente investigación fue no probabilístico, del tipo por conveniencia, donde se selecciona las muestras en base a un conocimiento y juicio profesional.

Según Niño (2011), un muestreo no probabilístico por conveniencia busca acceder a muestras de manera intencional en base un criterio el cual sea conveniente para el estudio.

Para el desarrollo del muestreo en la presente investigación se ha tenido en consideración lo indicado en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado según Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA.

3.6. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

Para la evaluación de la contaminación por metales pesados en las aguas del rio Escalera se empleará como técnica la observación de los resultados obtenidos de los parámetros a estudiar

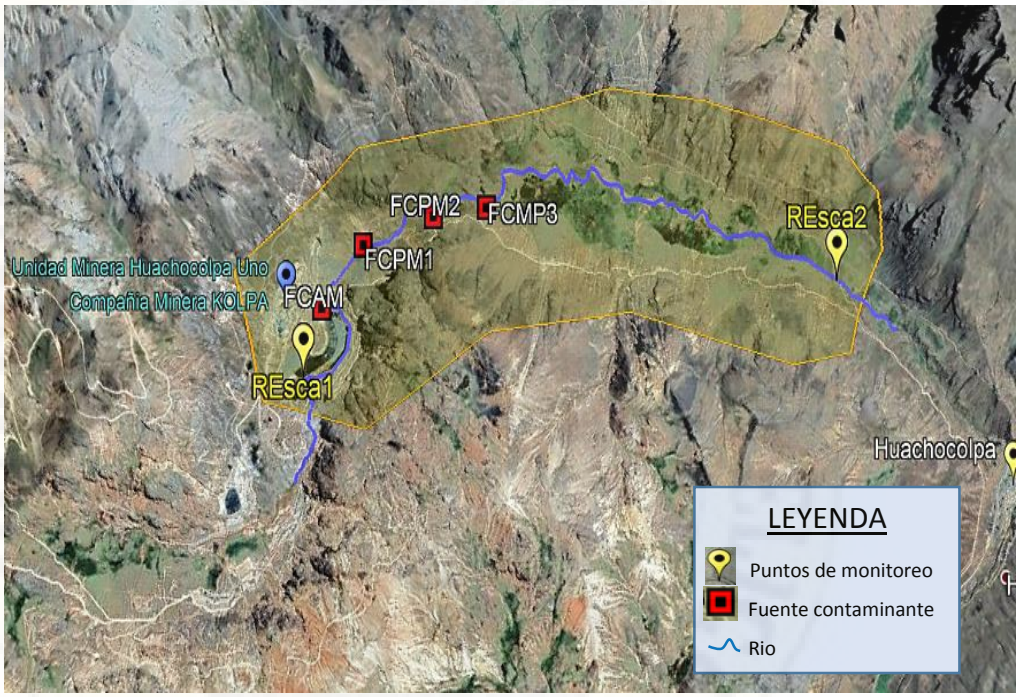
Las muestras de agua superficial se colectaron de la parte media de la columna de agua a una profundidad aproximada de 30 cm, utilizando recipientes de plástico limpios y descontaminados, siguiendo la metodología recomendada por la Comisión Nacional del Agua (CNA 1993), por el Field Manual for Water Quality Sampling (AWRC y ADEQ 1995) y por el Handbook for Sampling and Sample Preparation of Water and Wastewater (EPA 1982). Para el análisis de metales totales se colectó un litro de agua y se preservara con ácido nítrico concentrado hasta un pH menor a 2. Adicionalmente, la determinación de pH, conductividad, temperatura se realizó in situ con un equipo multiparámetro Hanna HI 98130, Posteriormente las muestras de agua fueron preservadas en hielo y transportadas al laboratorio dentro de las 24 horas de muestreo para la determinación de los parámetros de interés.

La metodología que se utilizó para el análisis de los parámetros de campo y metales pesados es la que recomienda el Manual de Métodos de Análisis (CNA 1995) y el Methods for Chemical Análisis of Water and Wastes (EPA 1983).

Asimismo, se determinará los puntos de muestreo en base de las zonas de contaminación de las aguas del rio escalera.

Figura 2

Identificación de fuentes contaminantes en el área de estudio



Fuente: Imagen satelital de Google Earth (2020)

Tabla 5

Descripción de la fuente contaminante en el área de estudio

Código	Descripción de la fuente contaminante	Coordenadas UTM GWS84		
		Este	Norte	
FCAM	Contaminación por labor minera	501232	8556226	Margen izquierda de la quebrada Escalera que tributa al río Huachocolpa.

FCPM1	Contaminación por pasivos de labor minera	501161	8556687	Margen izquierda de la quebrada Escalera que tributa al río Huachocolpa.
FCPM2	Contaminación por pasivos de labor minera	501411	8557194	Margen derecho de la quebrada Escalera que tributa al río Huachocolpa.
FCPM3	Contaminación por pasivos de labor minera	501648	8557527	Margen derecho de la quebrada Escalera que tributa al río Huachocolpa.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2018)

a. **Selección de las estaciones de monitoreo**

Según la Autoridad Nacional del Agua (2018), para identificar los puntos estratégicos para muestreo que tienen importancia en estudios ambientales, tienen las siguientes consideraciones:

- Naciente - curso medio - desembocadura.
- Antes y después de los afluentes.

Es por ello que los puntos de muestreo (REsca1 y REsca2), establecidos en el cauce del río Escalera están en función a la Identificación de Fuentes Contaminantes plasmado en el Informe Técnico N° 012-2014-ANA-DGCRH-GOCRH de la Autoridad Nacional del Agua, en donde se aprecia que el río Escalera esta impactado por la actividad minera y pasivos mineros de la zona, cuyas características se muestra a continuación.

Tabla 6

Ubicación de los puntos de monitoreo

N°	Estaciones de Monitoreo	Descripción	Coordenadas UTMWGS84	
			Norte	Este
1	REsca1	Río Escalera, aguas arriba de la Unidad Minera Huachocolpa Uno	8555842	501426
2	REsca2	Río Escalera, aguas abajo de la Unidad Minera Huachocolpa Uno	8559211	503826

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (2018)

3.7. Técnicas y procesamiento de análisis de datos

Los parámetros recopilados estuvieron sistematizados en una base de datos para lo cual se hiso uso del programa Microsoft Office 2010.

Los resultados que se han obtenido se analizaron a través del paquete estadístico SPSS versión 23 para la contratación de hipótesis general y con el software R para la contratación de hipótesis especifica.

Para determinar la prueba de hipótesis se empleó la prueba estadística ANOVA, con distribución de Fisher con un nivel de significación de 5% (0.05).

Se empleó la estadística descriptiva para la recolección y representación estadística de los datos, de los parámetros de calidad de agua, desarrollando tablas de contingencia y gráficos de barras con el fin de explicar los datos obtenidos.

CAPÍTULO IV
DISCUSIÓN DE RESULTADOS

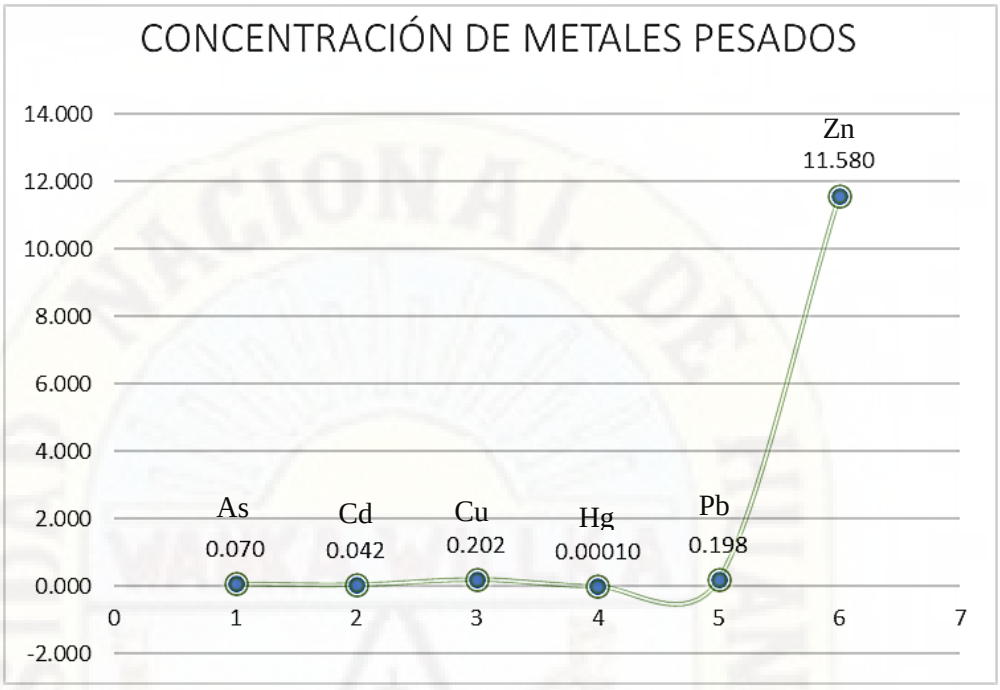
4.1. Presentación de resultados

Los principales resultados de la investigación de la concentración de metales pesados (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, se evaluaron a partir de la identificación de 4 primordiales puntos de muestreo a partir de ello se tomaron las muestras necesarias de agua para determinar la concentración de Arsénico, Cadmio, Cobre, Mercurio, Plomo y Zinc cuyos valores promedios se muestran a continuación:

Tabla 7.
Concentración de metales pesados en el río Escalera

METAL PESADO	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR PROMEDIO	ECA AGUA
Arsénico (As)	mg/L	0.070	0.2 mg/L
Cadmio (Cd)	mg/L	0.042	0.05 mg/L
Cobre (Cu)	mg/L	0.202	0.5 mg/L
Mercurio (Hg)	mg/L	0.00010	0.01 mg/L
Plomo (Pb)	mg/L	0.198	0.05 mg/L
Zinc (Zn)	mg/L	11.580	24 mg/L

Figura 3.
Niveles de concentración de metales pesados en el río Escalera



Interpretación:

Como se puede apreciar en la tabla y figura presentados los valores promedios de los metales pesados evaluados fueron: Arsénico (As) de 0.070 mg/L, Cadmio (Cd) de 0.042 mg/L, Cobre (Cu) de 0.202 mg/L, Mercurio (Hg) de 0.00010 mg/L, Plomo (Pb) de 0.198 mg/L y Zinc de 11.580 mg/L.

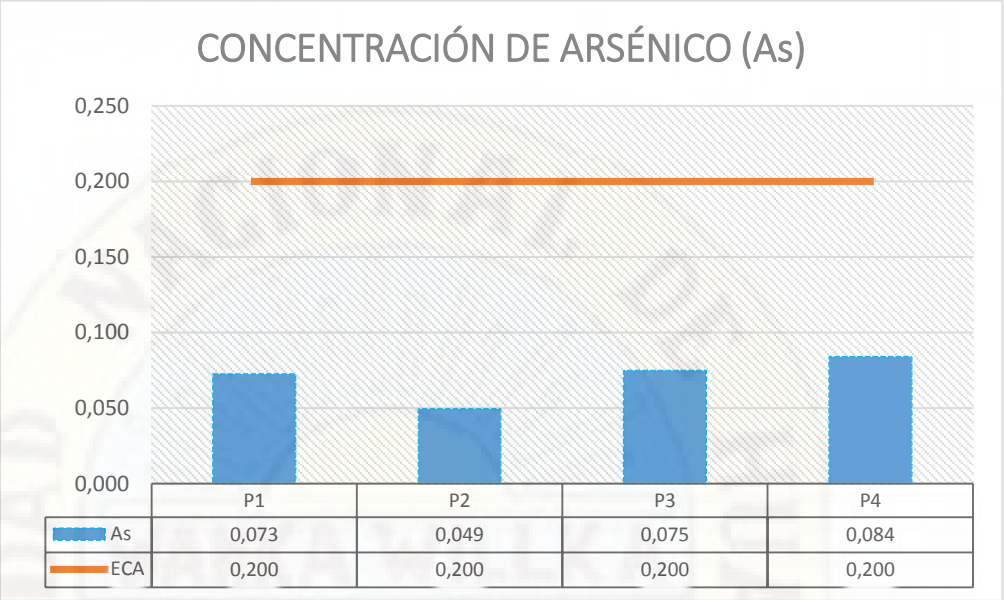
4.1.1. Resultados de la concentración de Arsénico

La concentración de Arsenico (As) se evaluó en 4 puntos del río Escalera de la localidad de Huachocolpa, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 8.
Resultados de la concentración de Arsénico

PUNTOS	UNIDAD DE MEDIDA	ARSÉNICO	ECA
P1	mg/L	0.073	0.200
P2	mg/L	0.049	0.200
P3	mg/L	0.075	0.200
P4	mg/L	0.084	0.200
PROM	mg/L	0.070	0.200

Figura 4.
Niveles de Arsénico el río Escalera



Interpretación:

Tal como se evidencia en la tabla y figura de la concentración de arsénico (As) evaluado se puede apreciar que el valor menor fue de 0.049 mg/L que se ubica en el punto 2 y el mayor valor fue de 0.084 mg/L, y el valor de Arsénico en los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 es de 2 mg/L, señalando así que se encuentran dentro de los límites permitidos por la normativa nacional.

4.1.2. Resultados de la concentración de Cadmio

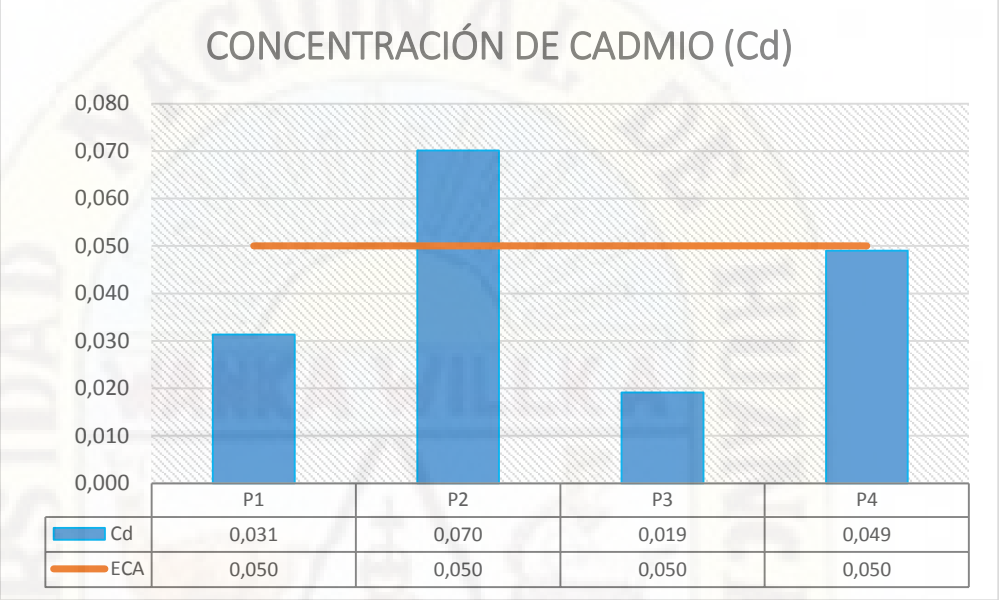
Para la evaluación de la concentración de Cadmio (Cd) se estableció 4 puntos monitoreo en el río Escalera de la localidad de Huachocolpa, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 9.
Resultados de la concentración de Cadmio

PUNTOS	UNIDAD DE MEDIDA	CADMIO	ECA
P1	mg/L	0.031	0.050
P2	mg/L	0.070	0.050
P3	mg/L	0.019	0.050

P4	mg/L	0.049	0.050
PROM	mg/L	0.042	0.050

Figura 5.
Niveles de Cadmio el río Escalera



Interpretación:

Como se aprecia en la tabla y figura de la concentración de Cadmio (Cd) evaluado se puede apreciar que el valor menor fue de 0.019 mg/L que se ubica en el punto 3 y el mayor valor fue de 0.070 mg/L en el punto 2 y el valor de Cadmio en los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 es de 0.050 mg/L, señalando así que los niveles hallados no se encuentran dentro de los límites permitidos por la normativa nacional.

4.1.3. Resultados de la concentración de Cobre

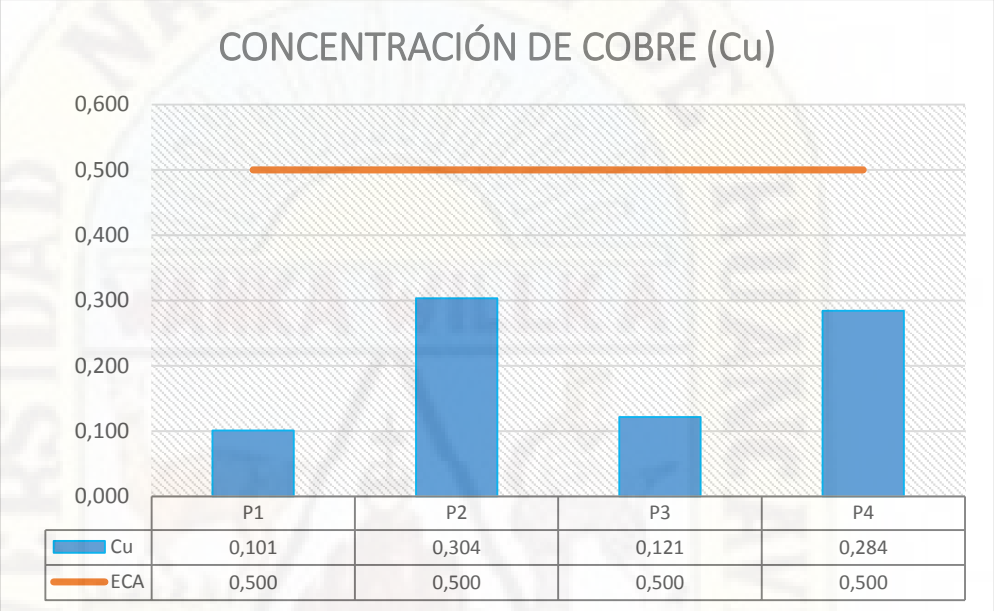
La concentración de Cobre (Cu) se evaluó en 4 puntos del río Escalera de la localidad de Huachocolpa, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 10.
Resultados de la concentración de Cobre

PUNTOS	UNIDAD DE MEDIDA	COBRE	ECA
P1	mg/L	0.101	0.500

P2	mg/L	0.304	0.500
P3	mg/L	0.121	0.500
P4	mg/L	0.284	0.500
PROM	mg/L	0.202	0.500

Figura 6.
Niveles de Cobre el río Escalera



Interpretación:

Tal como se evidencia en la tabla y figura de la concentración de Cobre (Cu) evaluado se puede apreciar que el valor menor fue de 0.101 mg/L que se ubica en el punto 1 y el mayor valor fue de 0.304 mg/L en el punto 2 y el valor de Cobre en los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 es de 0.500 mg/L, señalando así que los niveles hallados se encuentran dentro de los límites permitidos por la normativa nacional.

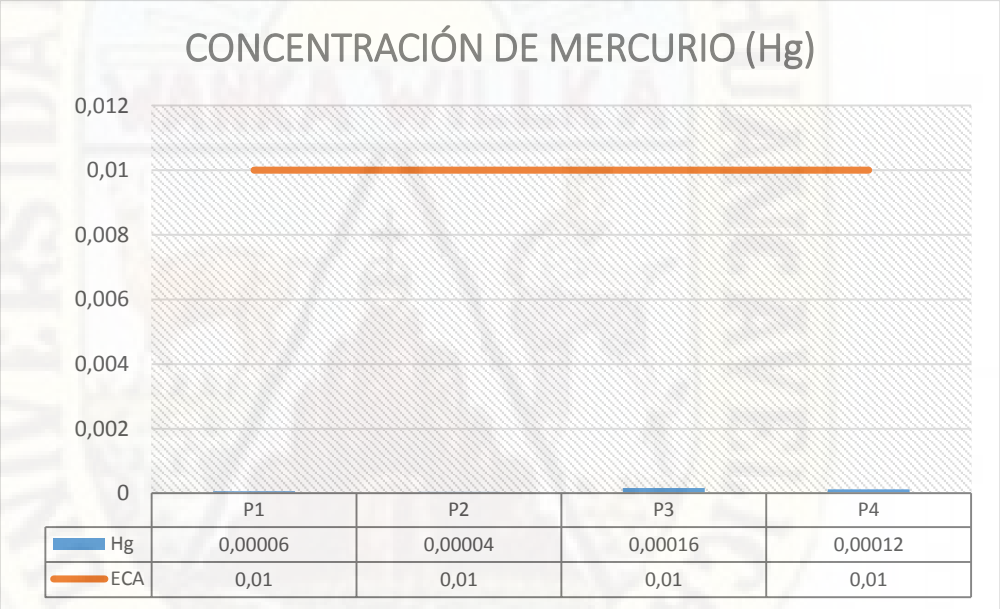
4.1.4. Resultados de la concentración de Mercurio

Para la evaluación de la concentración de Mercurio (Hg) se estableció 4 puntos monitoreo en el río Escalera de la localidad de Huachocolpa, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 11.
Resultados de la concentración de Mercurio

PUNTOS	UNIDAD DE MEDIDA	MERCURIO	ECA
P1	mg/L	0.00006	0.01
P2	mg/L	0.00004	0.01
P3	mg/L	0.00016	0.01
P4	mg/L	0.00012	0.01
PROM	mg/L	0.00010	0.01

Figura 7.
Niveles de Mercurio el río Escalera



Interpretación:

Como se aprecia en la tabla y figura de la concentración de Mercurio (Hg) evaluado se puede apreciar que el valor menor fue de 0.00004 mg/L que se ubica en el punto 2 y el mayor valor fue de 0.00016 mg/L en el punto 3 y el valor de Mercurio en los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 es de 0.01 mg/L, señalando así que se encuentran dentro de los límites permitidos por la normativa nacional.

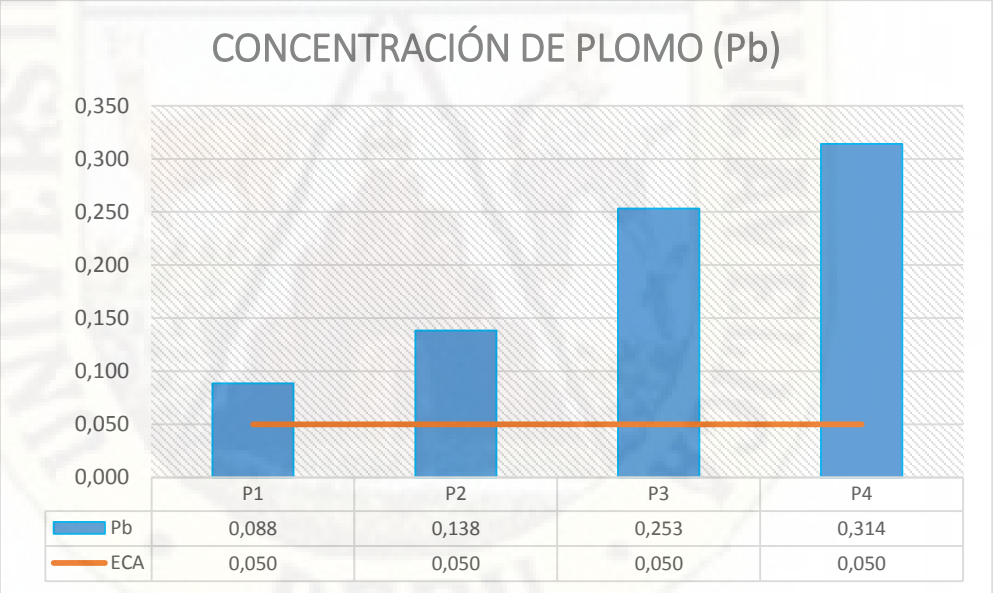
4.1.5. Resultados de la concentración de Plomo

La concentración de Plomo (Pb) se evaluó en 4 puntos del río Escalera de la localidad de Huachocolpa, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 12.
Resultados de la concentración de Plomo

PUNTOS	UNIDAD DE MEDIDA	PLOMO	ECA
P1	mg/L	0.088	0.050
P2	mg/L	0.138	0.050
P3	mg/L	0.253	0.050
P4	mg/L	0.314	0.050
PROM	mg/L	0.198	0.050

Figura 8.
Niveles de Plomo el río Escalera



Interpretación:

Tal como se evidencia en la tabla y figura de la concentración de Plomo (Pb) evaluado se puede apreciar que el valor menor fue de 0.088 mg/L que se ubica en el punto 1 y el mayor valor fue de 0.314 mg/L en el punto 4 y el valor de Plomo en los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 es de 0.050 mg/L, señalando así que los niveles hallados no se encuentran dentro de los límites permitidos por la normativa nacional.

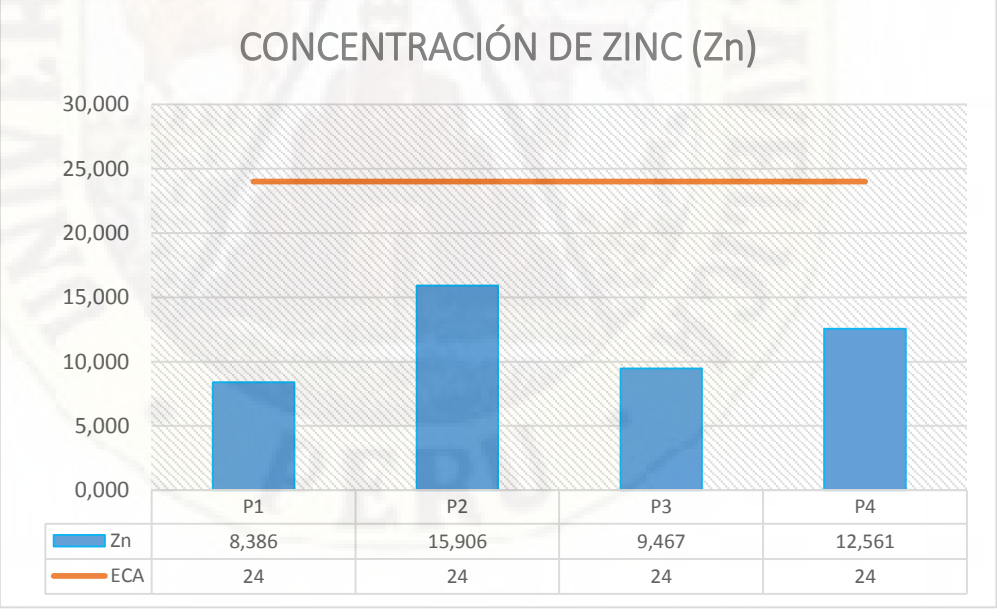
4.1.6. Resultados de la concentración de Zinc

Para la evaluación de la concentración de Zinc (Zn) se estableció 4 puntos monitoreo en el río Escalera de la localidad de Huachocolpa, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 13.
Resultados de la concentración de Zinc

PUNTOS	UNIDAD DE MEDIDA	ZINC	ECA
P1	mg/L	8.386	24
P2	mg/L	15.906	24
P3	mg/L	9.467	24
P4	mg/L	12.561	24
PROM	mg/L	11.580	24

Figura 9.
Niveles de Zinc el río Escalera



Interpretación:

Como se aprecia en la tabla y figura de la concentración de Zinc (Zn) evaluado se puede apreciar que el valor menor fue de 8.386 mg/L que se ubica en el punto 1 y el mayor valor fue de 15.906 mg/L en el punto 2 y el valor de Zinc en los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 es de 24

mg/L, señalando así que se encuentran dentro de los límites permitidos por la normativa nacional.

4.2. Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis de la concentración de los metales pesados se evaluó por cada elemento teniendo el siguiente análisis:

4.2.1. Prueba de hipótesis para Arsénico

a. Planteamiento de Hipótesis

Hipótesis Alterna (Ha): La concentración de Arsénico en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, no supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3.

Hipótesis Nula (Ho): La concentración de Arsénico en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3.

b. Prueba unilateral o de una cola

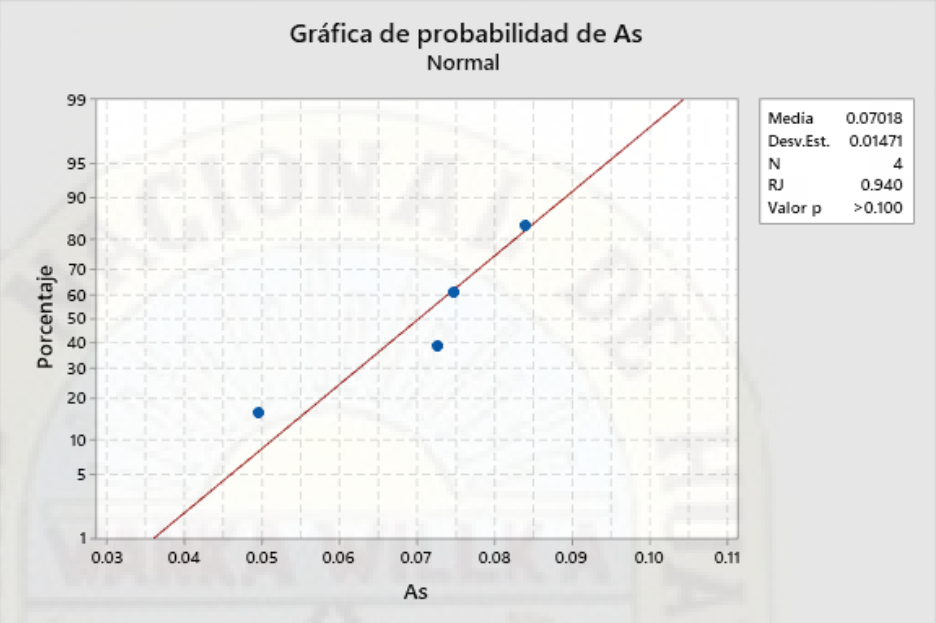
Si, P – Valor ≥ α (Nivel de significancia), **se acepta H_o**.

Si, P – Valor < α (Nivel de significancia), **se rechaza H_o**.

c. Prueba de normalidad de datos

La prueba de normalidad empleada para la concentración del Arsénico (As) se realizó mediante la prueba de normalidad Ryan Joiner, obteniendo como resultado un nivel de significancia o valor p de 0.100, indicando una distribución de datos normal por ende se empleó una prueba paramétrica para el estadístico de prueba a fin de contrastar la hipótesis planteada.

Figura 10.
Normalidad de la concentración de Arsénico



Fuente: Elaborado en el programa estadístico Minitab v.19

d. Nivel de significancia o riesgo

Para la evaluación de la concentración de Arsénico (As) en el río Escalera se determinó a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (5%), nivel de confianza del 95%. El estadístico fue T de Student, donde se obtuvo un nivel de significancia de 0.000 y un valor T de -17.64. Se obtuvo un nivel de significancia menor al 0.05 lo cual nos conduce a deducir que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula planteada al inicio de la investigación.

Tabla 14.
Prueba de hipótesis para la concentración de Arsénico

Hipótesis nula	$H_0 : \mu = 0.2$
Hipótesis alterna	$H_1 : \mu < 0.2$
Valor T	**Valor p**
-17.64	0.000

Fuente: Procesamiento en el programa estadístico Minitab v.19

e. Decisión estadística

De acuerdo a la prueba estadística T de Student aplicado a la concentración de Arsénico (As) se obtuvo un nivel de significancia menor a la significancia conceptual (0,05) indicando que el valor hallado se ubica en la región de aceptación de la hipótesis alterna y el rechazo de la hipótesis nula.

f. Conclusión estadística

Se concluye que "La concentración de Arsénico en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, no supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3" con un 95% del nivel de confianza, a una distribución normal y un P valor menor a 0.05.

4.2.2. Prueba de hipótesis para Cadmio

a. Planteamiento de Hipótesis

Hipótesis Alterna (Ha): La concentración de Cadmio en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, no supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3.

Hipótesis Nula (Ho): La concentración de Cadmio en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3.

b. Prueba unilateral o de una cola

Si, P – Valor ≥ α (Nivel de significancia), **se acepta H_o**.

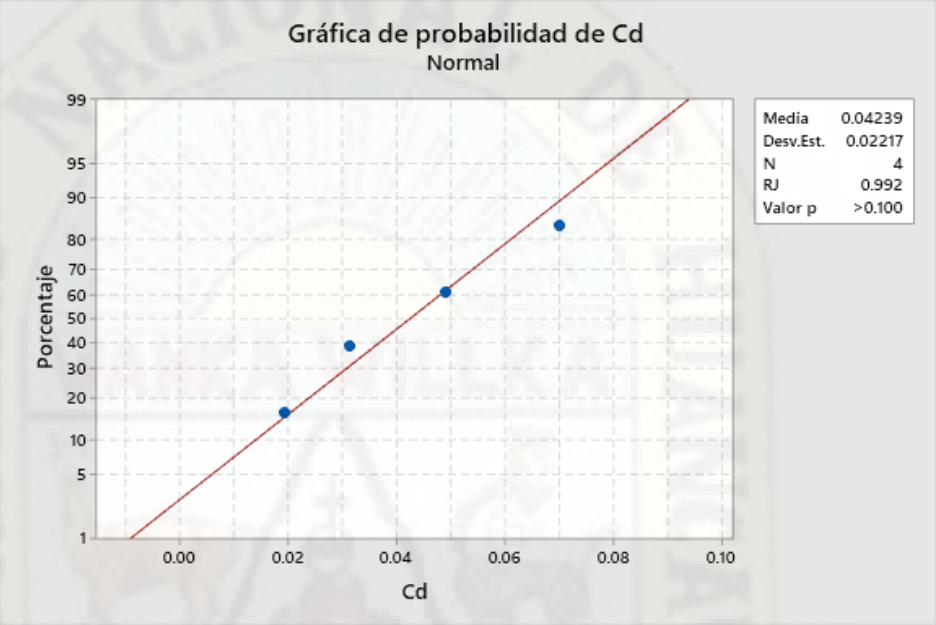
Si, P – Valor < α (Nivel de significancia), **se rechaza H_o**.

c. Prueba de normalidad de datos

La prueba de normalidad empleada para la concentración del Cadmio (Cd) se realizó mediante la prueba de normalidad Ryan Joiner, obteniendo como resultado un nivel de significancia o valor p de 0.100,

indicando una distribución de datos normal por ende se empleó una prueba paramétrica para el estadístico de prueba a fin de contrastar la hipótesis planteada.

Figura 11.
Normalidad de la concentración de Cadmio



Fuente: Elaborado en el programa estadístico Minitab v.19

d. Nivel de significancia o riesgo

Para la evaluación de la concentración de Cadmio (Cd) en el río Escalera se determinó a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (5%), nivel de confianza del 95%. El estadístico fue T de Student, donde se obtuvo un nivel de significancia de 0.271 y un valor T de -0.69. Se obtuvo un nivel de significancia mayor al 0.05 lo cual nos conduce a deducir que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna planteada al inicio de la investigación.

Tabla 15.
Prueba de hipótesis para la concentración de Cadmio

Hipótesis nula	$H_0 : \mu = 0.05$
Hipótesis alterna	$H_1 : \mu < 0.05$
Valor T	**Valor p**
-0.69	0.271

Fuente: Procesamiento en el programa estadístico Minitab v.19

e. Decisión estadística

De acuerdo a la prueba estadística T de Student aplicado a la concentración de Cadmio (Cd) se obtuvo un nivel de significancia mayor a la significancia conceptual (0,05) indicando que el valor hallado se ubica en la región de aceptación de la hipótesis nula y el rechazo de la hipótesis alterna.

f. Conclusión estadística

Se concluye que "La concentración de Cadmio en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3" con un 95% del nivel de confianza, a una distribución normal y un P valor mayor a 0.05.

4.2.3. Prueba de hipótesis para Cobre

a. Planteamiento de Hipótesis

Hipótesis Alterna (Ha): La concentración de Cobre (Cu) en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, no supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3.

Hipótesis Nula (Ho): La concentración de Cobre en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3.

b. Prueba unilateral o de una cola

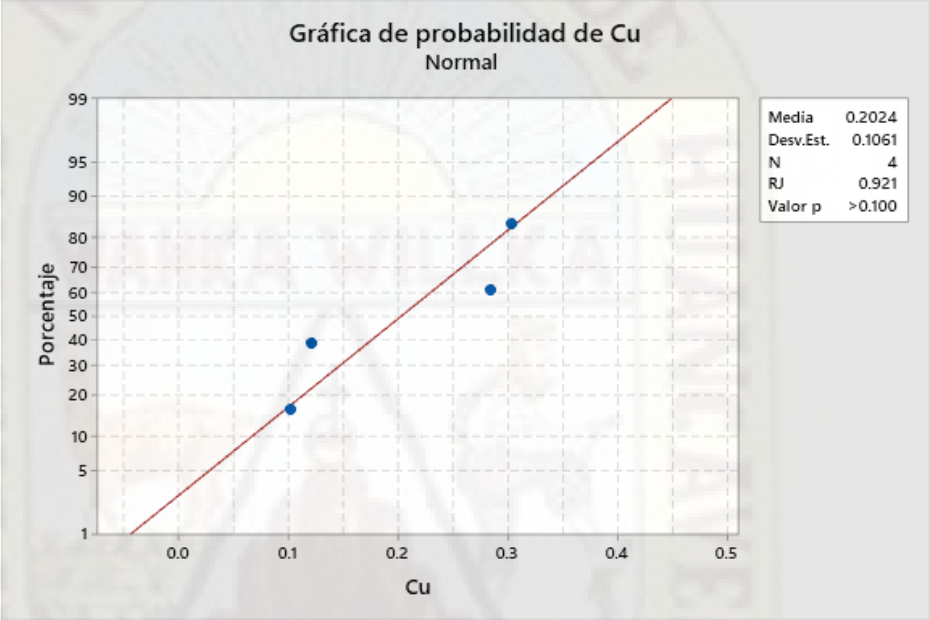
Si, P – Valor $\geq \alpha$ (Nivel de significancia), **se acepta H_o**.

Si, P – Valor $< \alpha$ (Nivel de significancia), **se rechaza H_o**.

c. Prueba de normalidad de datos

La prueba de normalidad empleada para la concentración del Cobre (Cu) se realizó mediante la prueba de normalidad Ryan Joiner, obteniendo como resultado un nivel de significancia o valor p de 0.100, indicando una distribución de datos normal por ende se empleó una prueba paramétrica para el estadístico de prueba a fin de contrastar la hipótesis planteada.

Figura 12.
Normalidad de la concentración de Cobre



Fuente: Elaborado en el programa estadístico Minitab v.19

d. Nivel de significancia o riesgo

Para la evaluación de la concentración de Cobre (Cu) en el río Escalera se determinó a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (5%), nivel de confianza del 95%. El estadístico fue T de Student, donde se obtuvo un nivel de significancia de 0.006 y un valor T de -5.61. Se obtuvo un nivel de significancia menor al 0.05 lo cual nos conduce a deducir que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula planteada al inicio de la investigación.

Tabla 16.
Prueba de hipótesis para la concentración de Cobre

Hipótesis nula	$H_0 : \mu = 0.5$

Hipótesis alterna	$H_1 : \mu < 0.5$
Valor T	**Valor p**
-5.61	0.006

Fuente: Procesamiento en el programa estadístico Minitab v.19

e. Decisión estadística

De acuerdo a la prueba estadística T de Student aplicado a la concentración de Cobre (Cu) se obtuvo un nivel de significancia menor a la significancia conceptual (0,05) indicando que el valor hallado se ubica en la región de aceptación de la hipótesis alterna y el rechazo de la hipótesis nula.

f. Conclusión estadística

Se concluye que "La concentración de Cobre (Cu) en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, no supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3" con un 95% del nivel de confianza, a una distribución normal y un P valor menor a 0.05.

4.2.4. Prueba de hipótesis para Mercurio

a. Planteamiento de Hipótesis

Hipótesis Alterna (Ha): La concentración de Mercurio (Hg) en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, no supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3.

Hipótesis Nula (Ho): La concentración de Mercurio (Hg) en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3.

b. Prueba unilateral o de una cola

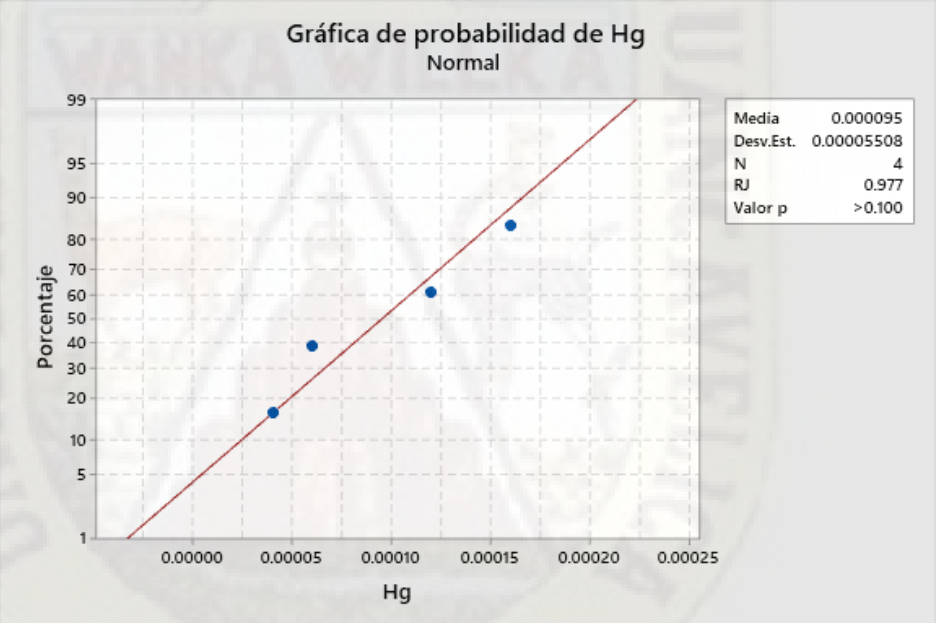
Si, P – Valor $\geq \alpha$ (Nivel de significancia), **se acepta H_0**.

Si, P – Valor < α (Nivel de significancia), **se rechaza H_o.**

c. Prueba de normalidad de datos

La prueba de normalidad empleada para la concentración del Mercurio (Hg) se realizó mediante la prueba de normalidad Ryan Joiner, obteniendo como resultado un nivel de significancia o valor p de 0.100, indicando una distribución de datos normal por ende se empleó una prueba paramétrica para el estadístico de prueba a fin de contrastar la hipótesis planteada.

Figura 13.
Normalidad de la concentración de Mercurio



Fuente: Elaborado en el programa estadístico Minitab v.19

d. Nivel de significancia o riesgo

Para la evaluación de la concentración de Mercurio (Hg) en el río Escalera se determinó a un nivel de significancia de α = 0.05 (5%), nivel de confianza del 95%. El estadístico fue T de Student, donde se obtuvo un nivel de significancia de 0.000 y un valor T de -359.69. Se obtuvo un nivel de significancia menor al 0.05 lo cual nos conduce a deducir que se acepta

la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula planteada al inicio de la investigación.

Tabla 17.
Prueba de hipótesis para la concentración de Mercurio

Hipótesis nula	$H_0 : \mu = 0.01$
Hipótesis alterna	$H_1 : \mu < 0.01$
Valor T	**Valor p**
-359.69	0.000

Fuente: Procesamiento en el programa estadístico Minitab v.19

e. Decisión estadística

De acuerdo a la prueba estadística T de Student aplicado a la concentración de Mercurio (Hg) se obtuvo un nivel de significancia menor a la significancia conceptual (0,05) indicando que el valor hallado se ubica en la región de aceptación de la hipótesis alterna y el rechazo de la hipótesis nula.

f. Conclusión estadística

Se concluye que "La concentración de Mercurio (Hg) en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, no supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3" con un 95% del nivel de confianza, a una distribución normal y un P valor menor a 0.05.

4.2.5. Prueba de hipótesis para Plomo

a. Planteamiento de Hipótesis

Hipótesis Alterna (Ha): La concentración de Plomo (Pb) en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, no supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3.

Hipótesis Nula (Ho): La concentración de Plomo (Pb) en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el

período 2021, supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3.

b. Prueba unilateral o de una cola

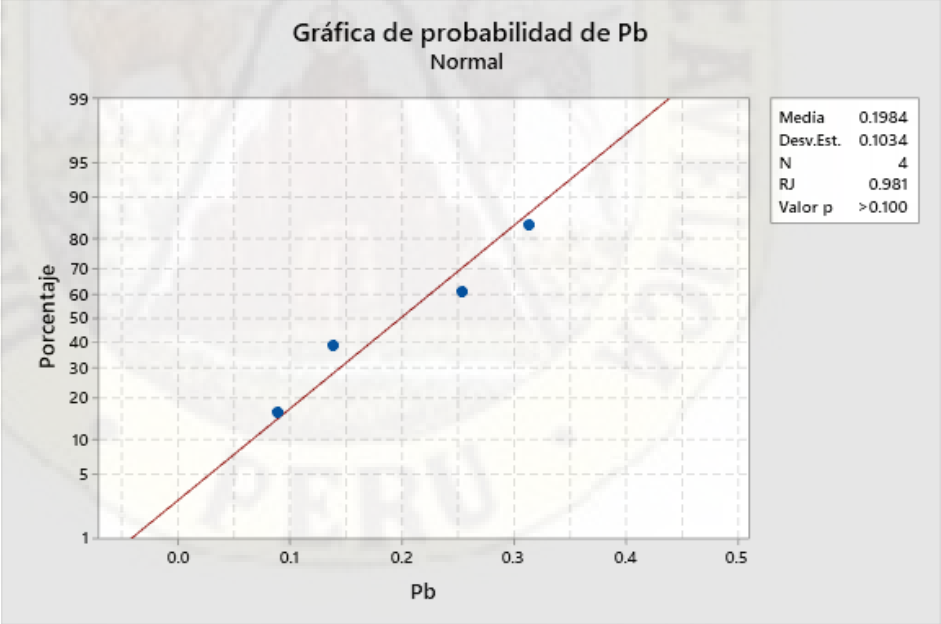
Si, P – Valor ≥ α (Nivel de significancia), **se acepta H_0**.

Si, P – Valor < α (Nivel de significancia), **se rechaza H_0**.

c. Prueba de normalidad de datos

La prueba de normalidad empleada para la concentración del Plomo (Pb) se realizó mediante la prueba de normalidad Ryan Joiner, obteniendo como resultado un nivel de significancia o valor p de 0.100, indicando una distribución de datos normal por ende se empleó una prueba paramétrica para el estadístico de prueba a fin de contrastar la hipótesis planteada.

Figura 14.
Normalidad de la concentración de Plomo



Fuente: Elaborado en el programa estadístico Minitab v.19

d. Nivel de significancia o riesgo

Para la evaluación de la concentración de Plomo (Pb) en el río Escalera se determinó a un nivel de significancia de α = 0.05 (5%), nivel de confianza del 95%. El estadístico fue T de Student, donde se obtuvo un

nivel de significancia de 0.968 y un valor T de 2.87. Se obtuvo un nivel de significancia mayor al 0.05 lo cual nos conduce a deducir que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna planteada al inicio de la investigación.

Tabla 18.
Prueba de hipótesis para la concentración de Plomo

Hipótesis nula	$H_0 : \mu = 0.05$
Hipótesis alterna	$H_1 : \mu < 0.05$
Valor T	**Valor p**
2.87	0.968

Fuente: Procesamiento en el programa estadístico Minitab v.19

e. Decisión estadística

De acuerdo a la prueba estadística T de Student aplicado a la concentración de Plomo (Pb) se obtuvo un nivel de significancia mayor a la significancia conceptual (0,05) indicando que el valor hallado se ubica en la región de aceptación de la hipótesis nula y el rechazo de la hipótesis alterna.

f. Conclusión estadística

Se concluye que "La concentración de Arsénico en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3" con un 95% del nivel de confianza, a una distribución normal y un P valor mayor a 0.05.

4.2.6. Prueba de hipótesis para Zinc

a. Planteamiento de Hipótesis

Hipótesis Alterna (Ha): La concentración de Zinc (Zn) en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, no supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3.

Hipótesis Nula (Ho): La concentración de Zinc (Zn) en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3.

b. Prueba unilateral o de una cola

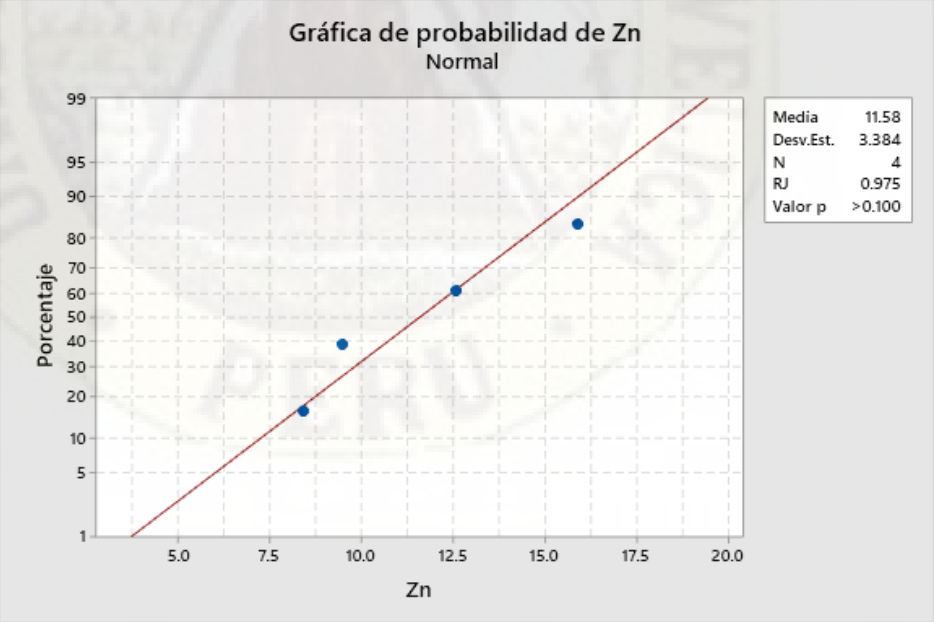
Si, P – Valor ≥ α (Nivel de significancia), **se acepta H_o.**

Si, P – Valor < α (Nivel de significancia), **se rechaza H_o.**

c. Prueba de normalidad de datos

La prueba de normalidad empleada para la concentración de Zinc (Zn) se realizó mediante la prueba de normalidad Ryan Joiner, obteniendo como resultado un nivel de significancia o valor p de 0.100, indicando una distribución de datos normal por ende se empleó una prueba paramétrica para el estadístico de prueba a fin de contrastar la hipótesis planteada.

Figura 15.
Normalidad de la concentración de Zinc



Fuente: Elaborado en el programa estadístico Minitab v.19

d. Nivel de significancia o riesgo

Para la evaluación de la concentración de Zinc (Zn) en el río Escalera se determinó a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (5%), nivel de confianza del 95%. El estadístico fue T de Student, donde se obtuvo un nivel de significancia de 0.003 y un valor T de -7.34. Se obtuvo un nivel de significancia menor al 0.05 lo cual nos conduce a deducir que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula planteada al inicio de la investigación.

Tabla 19.
Prueba de hipótesis para la concentración de Zinc

Hipótesis nula	$H_0 : \mu = 24$
Hipótesis alterna	$H_1 : \mu < 24$
Valor T	**Valor p**
-7.34	0.003

Fuente: Procesamiento en el programa estadístico Minitab v.19

e. Decisión estadística

De acuerdo a la prueba estadística T de Student aplicado a la concentración de Zinc (Zn) se obtuvo un nivel de significancia menor a la significancia conceptual (0,05) indicando que el valor hallado se ubica en la región de aceptación de la hipótesis alterna y el rechazo de la hipótesis nula.

f. Conclusión estadística

Se concluye que "La concentración de Zinc en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, no supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3" con un 95% del nivel de confianza, a una distribución normal y un P valor menor a 0.05.

4.3. Discusión de resultados

Para la discusión de los resultados de la investigación, se empleó el método inductivo ya que se evaluó a partir de los objetivos específicos hasta llegar al objetivo general.

Como primer objetivo específico se tuvo “Evaluar la concentración de arsénico (As) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021”, donde Izquierdo y Verástegui (2017), en su investigación acerca “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”, obtuvo que el Arsénico, en dos puntos de muestreo (P4: 0,001mg/L y P5: 0,003 mg/L), mientras que en el mes de noviembre (época de estiaje) los valores de la concentración de Arsénico, en tres puntos de muestreo (P1: 0,004mg/L, P2: 0,005mg/L y P4: 0,006 mg/L), en la investigación la concentración de arsénico (As) evaluado, el valor menor fue de 0.049 mg/L que se ubica en el punto 2 y el mayor valor fue de 0.084 mg/L, y el valor de Arsénico en los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 es de 2 mg/L, señalando así que se encuentran dentro de los límites permitidos por la normativa nacional, al respecto Londoño (2016), menciona que el arsénico es muy tóxico en su forma inorgánica, su mayor amenaza para la salud pública reside en la utilización de agua contaminada para beber, preparar alimentos y regar cultivos alimentarios; la exposición prolongada al arsénico a través del consumo de agua y alimentos contaminados puede causar cáncer y lesiones cutáneas y también se ha asociado a problemas de desarrollo, enfermedades cardiovasculares, neurotoxicidad y diabetes, como se puede apreciar en el antecedente citado la concentración de arsénico no sobrepasa los límites permitidos en la normativa nacional lo cual concuerda con los valores obtenidos en la investigación que estos no superan los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3,ademas de ello también podemos señalar que este parámetro en altas concentraciones es toxico para las plantas y animales ya que genera problemas en el desarrollo de las plantas y lesiones en los animales.

Como segundo objetivo específico se tuvo “Evaluar la concentración de cadmio (Cd) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021”, donde Izquierdo y Verástegui (2017), en su investigación acerca “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", obtuvo para Cadmio en cinco diferentes puntos de muestreo (P2, P3, P4, P5 y P6 con 0,001mg/L), en la investigación la concentración de Cadmio (Cd) evaluado el valor menor fue de 0.019 mg/L que se ubica en el punto 3 y el mayor valor fue de 0.070 mg/L en el punto 2 y el valor de Cadmio en los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 es de 0.050 mg/L, señalando así que los niveles hallados no se encuentran dentro de los límites permitidos por la normativa nacional, al respecto Londoño (2016), menciona que el cadmio es un metal pesado de muy alta peligrosidad, dada su elevada capacidad de acumulación en los organismos y su fuerte toxicidad es: Sensible al pH en la solubilidad del Cd; su retención, por la fase sólida, aumenta fuertemente al incrementarse el pH. Tiende a ser más móvil que la mayoría de los metales pesados. Al aumentar la materia orgánica y la capacidad de cambio del suelo se incrementa la adsorción del Cd, como se puede apreciar en lo evaluado por Izquierdo y Verástegui quienes obtuvieron valores menores a los establecido por los Estandares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 lo cual difieren de la investigación realizada ya que los valores hallados superan los limites establecidos por la normativa nacional para riego de vegetales y bebida de animales, así mismo se señala que este metal pesado interfiere en el desarrollo adecuado de las plantas ya que cuando se encuentra en exceso interviene en el suelo de forma negativa.

Como tercer objetivo se tuvo "Evaluar la concentración de cobre (Cu) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021", donde Luna (2019), en su investigación sobre "Determinación del índice de calidad de agua del río asana de la cuenca Asana – Osmore - Ilo, del distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua", obtuvo que los valores de Cobre de 0.0114 mg/L, concluyendo el parametro cumple con los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental de la Categoría 3, en la investigación la concentración de Cobre (Cu) evaluado, el valor menor fue de 0.101 mg/L que se ubica en el punto 1 y el mayor valor fue de 0.304 mg/L en el punto 2 y el valor de Cobre en los Estándares de Calidad Ambiental para

agua categoría 3 es de 0.500 mg/L, señalando así que los niveles hallados se encuentran dentro de los límites permitidos por la normativa nacional, al respecto Londoño (2016), menciona que el cobre puede entrar al medio ambiente a través de liberaciones desde minas de cobre y otros metales, a menudo cerca de minas, fundiciones, plantas industriales, vertederos y sitios de desechos, la concentración de cobre en lagos y ríos varía entre 0.5 y 1,000 ppb con una concentración promedio de 10 ppb, como se aprecia en el antecedente citado en el párrafo sobre el valor del cobre donde determino que se encontraba dentro del rango permitido por la normativa nacional lo cual concuerda con el análisis realizado en la investigación donde los valores encontrados no superan los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3, también se señala que este componente en exceso es perjudicial para los animales ya que genera problemas por su acumulación así mismo repercute en las plantas principalmente en el crecimiento y desarrollo de las hojas.

Como cuarto objetivo específico se tuvo "Evaluar la concentración de mercurio (Hg) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021", donde Cieza (2017), en su tesis sobre "Concentración de metales pesados específicos en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc – 2017" obtuvo como resultado para mercurio 0.0002 mg/L, concluyendo que el agua no se está contaminada por metales pesados ya que se encuentra por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua según D.S. N° 004- 2017-MINAM, en la investigación la concentración de Mercurio (Hg) evaluado, el valor menor fue de 0.00004 mg/L que se ubica en el punto 2 y el mayor valor fue de 0.00016 mg/L en el punto 3 y el valor de Mercurio en los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 es de 0.01 mg/L, señalando así que se encuentran dentro de los límites permitidos por la normativa nacional, al respecto Londoño (2016), menciona que el mayor efecto negativo de la contaminación ambiental por mercurio se produce a nivel acuático, debido a que el metilmercurio se acumula en la vida acuática con el tiempo en concentraciones y niveles más elevados,

como se puede apreciar en la investigación realizada por Cieza en donde encontró que el mercurio no sobrepasa los límites establecidos por la normativa nacional , ello concuerda con la investigación realizada ya que los valores obtenidos en cada uno de los análisis realizados conlleva a concluir que ninguno sobrepasa los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 – riego de vegetales y bebida de animales, cabe señalar que este metal pesado es altamente toxico para la salud pública y el medio acuático ya que altera a los organismos que viven en el medio.

Como quinto objetivo específico se tuvo "Evaluar la concentración de plomo (Pb) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021", donde Izquierdo y Verástegui (2017), en su investigación acerca "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", obtuvo los valores para Plomo en dos puntos de muestreo (P3: 0,004 mg/L y P6: 0,007 mg/L) estas concentraciones respecto al mes de mayo (época de lluvia), mientras que en el mes de noviembre (época de estiaje) los valores de la concentración de Plomo en dos puntos de muestreo (P3: 0,003 mg/L y P6: 0,004 mg/L), en la investigación la concentración de Plomo (Pb) evaluado el valor menor fue de 0.088 mg/L que se ubica en el punto 1 y el mayor valor fue de 0.314 mg/L en el punto 4 y el valor de Plomo en los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 es de 0.050 mg/L, señalando así que los niveles hallados no se encuentran dentro de los límites permitidos por la normativa nacional, al respecto Londoño (2016), menciona que la biodisponibilidad del plomo está fuertemente condicionada por el pH del suelo. Su movilidad se va volviendo cada vez más alta conforme va disminuyendo el valor del pH, siendo especialmente móvil para Ph extremadamente ácidos. Con la materia orgánica forma complejos más estables a pH altos. El plomo es la toxina más significante de los metales pesados y sus efectos son de naturaleza toxicológica y neuro toxicológica, como se aprecia en la investigación citada la concentración del plomo en ninguna de las épocas tanto avenida como estiaje sobrepasan los Estándares de

Calidad Ambiental para agua lo cual difiere con la investigación ya que con el pasar del tiempo se va incrementando más, lo cual conlleva a indicar que superan los límites establecidos por la normativa nacional para riego de vegetales y bebida de animales, cabe señalar que este metal pesado en exceso es toxico ya que produce alteraciones toxicológicas tanto en el agua como el suelo.

Como sexto objetivo específico se tuvo "Evaluar la concentración de zinc (Zn) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021", donde Luna (2019), en su investigación sobre "Determinación del índice de calidad de agua del río asana de la cuenca Asana – Osmore - Ilo, del distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua", obtuvo que los valores de Zinc fue de 0.0385 mg/L, concluyendo que el parametro de zinc se encuentra elevado en relación a los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental de la Categoría 3, en la investigación la concentración de Zinc (Zn) evaluado el valor menor fue de 8.386 mg/L que se ubica en el punto 1 y el mayor valor fue de 15.906 mg/L en el punto 2 y el valor de Zinc en los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 es de 24 mg/L, señalando así que se encuentran dentro de los límites permitidos por la normativa nacional, al respecto Londoño (2016), menciona que el Zinc es un oligoelemento esencial que se encuentra en casi todos los alimentos y en el agua potable en forma de sales o complejos orgánicos. Las concentraciones de zinc en aguas superficiales y subterráneas no suelen sobrepasar la concentración de 0.01 y 0.05 mg/L respectivamente, en el agua de grifo puede haber concentraciones mayores como consecuencia de la disolución del zinc de las tuberías, como se puede apreciar en la investigación realizada por Luna donde determino que la concentración de Zinc superaba los valores establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 lo cual difiere de la investigación ya que los valores hallados se encontraban dentro de los rangos permitidos por la normativa nacional para agua categoría 3 específicamente riego de vegetales y bebida de animales, así mismo se puede señalar que este metal pesado en altas concentraciones genera diversas

problemáticas tanto en el agua como en el suelo alterando el crecimiento y adecuado desarrollo de animales y plantas.

Finalmente, como objetivo general se tuvo "Determinar la concentración de metales pesados (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021", donde Luna (2019), en su investigación sobre "Determinación del índice de calidad de agua del río asana de la cuenca Asana – Osmore - Ilo, del distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, región Moquegua", obtuvo que los valores de aluminio fueron de 1.39 mg/L, Arsenico 0.00143 mg/L, Boro de 0.131 mg/L, Cadmio de 0.00031 mg/L, Cobre de 0.0114 mg/L, Hierro de 0.361 mg/L, Manganeso de 0.061 mg/L, Mercurio de 0.00009 mg/L, Plomo de 0.00355 mg/L, Zinc de 0.0385 mg/L, concluyendo que el parametro de zinc se encuentra elevado en relación a los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental de la Categoría 3, en la investigación los valores promedios de los metales pesados evaluados fueron: Arsénico (As) de 0.070 mg/L, Cadmio (Cd) de 0.042 mg/L, Cobre (Cu) de 0.202 mg/L, Mercurio (Hg) de 0.00010 mg/L, Plomo (Pb) de 0.198 mg/L y Zinc de 11.580 mg/L, al respecto Londoño (2016), menciona que los metales pesados se encuentran de manera natural en el ambiente en concentraciones, que, por lo general, no perjudican las diferentes formas de vida, los metales pesados no pueden ser degradados o destruidos, pueden ser disueltos por agentes físicos y químicos y ser lixiviados. Algunos forman complejos solubles y son transportados y distribuidos a los ecosistemas hasta incorporarse en la cadena trófica (suelo, agua, plantas, semillas y forrajes), primordialmente aquellos procedentes de áreas contaminadas, los metales son perjudiciales, pero muchos resultan esenciales en nuestra dieta y en algunos casos, su deficiencia o exceso puede conducir a problemas de salud, como se evidencia en la investigación realizada por Luna solo uno de sus parámetros evaluados superaban los rangos permitidos por la normativa nacional el cual fue el Zinc, ello difiere de la investigación realizada en la cual se evidenció que dos parámetros superan los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 los cuales fueron el Cadmio y Plomo lo cual se debe principalmente a la

minería que se desarrolla en el lugar en el cual se extrae principalmente plomo y cadmio, así mismo se puede señalar que los metales pesados en altas concentraciones pueden generar daños negativos a la salud pública, de animales y el adecuado desarrollo de las plantas.

Conclusiones

- Para la concentración de arsénico (As) evaluado, el valor menor fue de 0.049 mg/L y el mayor valor fue de 0.084 mg/L, que en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 que establece un valor de 2 mg/L, del cual se concluye que se encuentran dentro de los límites permitidos por la normativa nacional.
- Sobre la concentración de Cadmio (Cd) el cual fue evaluado en 4 puntos se obtuvo un valor mínimo de 0.019 mg/L y un valor mayor de 0.070 mg/L, y comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (0.050 mg/L) superan el valor indicado.
- En cuanto a la concentración de Cobre (Cu), el valor menor fue de 0.101 mg/L el mayor de 0.304 mg/L, cabe señalar que el valor para cobre en los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 es de 0.500 mg/L, señalando así que los niveles hallados se encuentran dentro de los límites permitidos.
- Para la concentración de Mercurio (Hg) se obtuvo un mínimo valor de 0.00004 mg/L y un máximo de 0.00016 mg/L con relación a los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 del parámetro mercurio el valor es de 0.01 mg/L, lo cual indica que se encuentra dentro del límite permitido.
- Sobre la concentración de Plomo el cual fue evaluado en 4 puntos se obtuvo un valor mínimo de 0.088 mg/L y un valor mayor de 0.314 mg/L, y comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 (0.050 mg/L) superan el valor indicado.
- Para la concentración de Zinc (Zn) evaluado, el valor menor fue de 8.386 mg/L y el mayor valor fue de 15.906 mg/L, que en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3 que establece un valor de 24 mg/L, del cual se concluye que se encuentran dentro de los límites permitidos por la normativa nacional.

- Finalmente, sobre los valores promedios de los metales pesados evaluados fueron: Arsénico (As) de 0.070 mg/L, Cadmio (Cd) de 0.042 mg/L, Cobre (Cu) de 0.202 mg/L, Mercurio (Hg) de 0.00010 mg/L, Plomo (Pb) de 0.198 mg/L y Zinc de 11.580 mg/L.

Recomendaciones

- A, la Municipalidad Distrital de Huachocolpa, realizar un estudio más amplio sobre sus recursos hídricos y su uso adecuado.
- Que, la compañía minera que desarrolla sus actividades alrededor del río Escalera, establecer un plan de manejo de sus residuos y evaluar el grado de contaminación por metales pesados en la cuenca del río Escalera.
- A los pobladores de la localidad de Huachocolpa, proteger sus recursos naturales de la zona y evitar el contacto directo con el agua del río Escalera.
- A los estudiantes, realizar más estudios que pueden tener como tema central el impacto de los metales pesados en las personas, animales y suelos.

Referencias Bibliográficas

Ajcabul, A. (2016). Análisis comparativo entre el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA) y el Índice de calidad del agua (ICA), aplicados al monitoreo de aguas superficiales en el río la quebrada, El Frutal. Guatemala.

Autoridad Nacional del Agua. (2018). Lineamientos para la identificación y seguimiento de fuentes contaminantes relacionadas con los recursos hídricos. Lima.

Autoridad Nacional del Agua. (2018). Metodología para la determinación del Índice de calidad de agua ICA - Pe, aplicando a los cuerpos de agua continentales superficiales. Lima.

Borja, M. (2012). Metodologia de la investigación Científica para ingenieros. Chiclayo, Perú.

Caho, C., & López, E. (2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. Producción Limpia.

Calla, H. (2010). Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac - Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras. Lima.

Castillo, Z., & Medina, V. (2014). Evaluación espacio temporal de la Calidad del Agua del río Rimac (riego), de enero a agosto del 2011, en tres puntos de monitoreo. Lima.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente-CEPIS. (2006). Alternativas tecnológicas en agua y saneamiento utilizadas en el ámbito rural del Perú. Lima.

Cieza, R. (2017). Concentración de metales pesados específicos en el agua para consumo humano del área urbana del distrito de Hualgayoc - 2017. Chiclayo: Universidad César Vallejo.

Corzo, A. (2015). Impactos de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca quebrada Párac, distrito de San Mateo de Huanchor, Lima . Lima.

Flores, H. (2016). Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera. Cajamarca.

Fuente, A. (2012). El agua en el Universo. Instituto Geográfico Nacional - Ministerio de Fomento.

Hernández, R. (2014). Metodología de la Investigación. México.

Izquierdo, J., & Verástegui, S. (2017). Concentración de metales pesados (As, Cd, Cr, Hg, y Pb) en el agua de la cuenca baja del rpio Jequetepeque, en relación a los estándares de calidad del agua - categoría 3, Cajamarca - 2016. Cajamarca: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.

Kieffer, L., De la Sierra, P., Vivol, E., Sánchez, E., Próspen, C., Gieco, C., . . . Guerra, E. (2015). Índices de Calidad del Agua del Arroyo Ensenada. Córdoba.

León, L. (2009). índices de Calidad del Agua (ICA), forma de estimarlos y aplicación en la cuenca Lerma-Chapala.

Londoño, L. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. Biotecnología en el sector agripecuario y agroindustrial, 145-153.

Meza, V. (2016). Calidad del Recurso Hídrico de la Subcuenca del rio Lampa - Huancayo. Huancayo.

Mosquera, L. (2016). Evaluación exploratoria de la calidad del agua del río San Juan en el municipio de Tado, Choco, por el impacto que causan los vertimientos mineros. Manizales.

Niño Rojas, V. M. (2011). Metodología de la investigación . Ediciones de la U.

Organización Mundial de la Salud. (2017).

Pari, J. (2017). Determinación de la calidad de agua del río Ilave, zona urbana del distrito de Ilave, Puno - 2016. Puno.

Pérez, N. (2017). Simulación maemática de la interacción entre la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y el oxígeno disuelto (OD) en el río Chili con el método de los elementos finitos. Arequipa.

Ramirez, H. (2014). Determinación de los niveles de contaminación del agua por la disposición final de residuos sólidos generados en la ciudad de Moyobamba - 2014. Moyobamba - San Martin.

Salva, M. (2007). Evaluación Ambiental de Aguas Superficiales y sedimentos en la cuenca del río Tablachaca. Lima.

Teves, B. (2016). Estudio Fisicoquímico de la Calidad del Agua del río Cacra, región Lima. San Miguel.

Trujillo, L. (2018). Evaluación ambiental de los pasivos ambientales mineros determinados en el sector comprendido entre Pacococha y Buenavista - Huancavelica. Arequipa.

Yáñez, S. (2018). Evaluación de la contaminación del agua mediante parámetros físico químicos en las desembocaduras de los principales afluentes y efluentes del lago San Pablo, provincia de imbadura. Quito.

Yáñez, S. (2018). Evaluación de la contaminación del agua mediante parámetros físico químicos en las desembocaduras de los principales afluentes y efluentes del lago San Pablo, provincia de Imbadura (año 2017). Quito.

Apéndice

Apéndice 1
Matriz de Consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	SUB DIMENSIONES	INDICADORES	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	METODOLOGÍA
Problemas General ¿Cuál es la concentración de metales pesados (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021? **Problemas Específicos** • ¿Cuál es la concentración mercurio (Hg) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021? • ¿Cuál es la concentración de arsénico (As) en aguas del rio Escalera en el	**Objetivo general:** Determinar la concentración de metales pesados (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021. **Objetivos específicos:** • Evaluar la concentración mercurio (Hg) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021. • Evaluar la concentración	**Ho:** El nivel de concentración de los metales pesados en el río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3. **Ha:** El nivel de concentración de los metales pesados en el río Escalera, en el distrito de	Variable 1: Concentración de metales pesados (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) en aguas del rio Escalera	metales pesados	• Mercurio (Hg) • Arsénico (As) • Cadmio (Cd) • Plomo (Pb) • Cobre (Cu) • Zinc (Zn)	• mg/l • mg/l • mg/l • mg/l • mg/l • mg/l	Tipo de investigación: Básica-aplicada Nivel de Investigación: Descriptiva – Explicativa Método de investigación: No Experimental Diseño de investigación: Descriptivo Longitudinal T_X M → O_X M: Muestra representativa de agua. T_X: Tiempo en meses	Población: La cuenca del rio Escalera Muestra: Agua del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021. Técnicas: Observación. Descripción. Instrumentos: Registros. Analizadores de agua. Procesamiento de datos: Programa ICA TEST 1.0 - Software Microsoft Excel

distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021? • ¿Cuál es la concentración de cadmio (Cd) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021? • ¿Cuál es la concentración de plomo (Pb) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021? • ¿Cuál es la concentración de cobre (Cu) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021? • ¿Cuál es la concentración de metales pesados zinc (Zn) en aguas	de arsénico (As) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021 • Evaluar la concentración de cadmio (Cd) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021 • Evaluar la concentración de plomo (Pb) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021 • Evaluar la concentración de cobre (Cu) en aguas del rio Escalera en el distrito de	Huachocolpa, provincia de Huancavelica, durante el período 2021, superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua Categoría 3.					Ox: Observaciones de contaminantes biológicos, químicos y físicos.	

del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021? • ¿Cómo es la concentración de metales pesados (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021	Huachocolpa, Huancavelica, 2021 • Evaluar la concentración de zinc (Zn) en aguas del rio Escalera en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021 • Evaluar la concentración de metales pesados (Hg, As, Cd, Pb, Cu, Zn) en relación a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua del río Escalera, en el distrito de Huachocolpa, Huancavelica, 2021.							

Apéndice 2:

Panel fotográfico

Foto 1.- Llegada al Río Escalera Huachocolpa ,Huancavelica

Foto 2.- Toma de muestra en el punto N° 1 en el rio escalera.

Foto 3.- Vista panorámica del rio escalera.

Foto 4.- Toma de muestras en el rio escalera.

Foto 5.- *Toma de muestra en el punto N° 3 en el rio escalera*

Foto 6.- Evaluación para tomas de muestra en el rio escalera.

Foto 7.- Toma de muestra en el punto N° 4 en el río Escalera

Foto 8.- Toma de muestra en el punto N° 5 en el rio escalera.

Foto 9.- Toma de muestra en el rio escalera.