

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS,  
GEOLOGÍA Y CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DEL PASIVO AMBIENTAL MINERO CON  
CIERRE DEFINITIVO Y LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SANTA, REGIÓN  
ÁNCASH, 2022**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO  
AMBIENTE**

**AUTOR:**

Bach. RUBEN ÑAUPARI MOLINA

**ASESOR:**

DR. ING. EFRAÍN ELÍAS PORRAS FLORES

**AYACUCHO – PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres**

por hacerme quien soy hoy, les debo muchos de mis logros, incluido este. Me inculcaron con reglas y un poco de libertad, pero al final me motivaron a hacer realidad mis sueños.

## **AGRADECIMIENTO**

La vida es hermosa, y una de las principales características de esta hermosura es que podemos compartir y disfrutar con quiénes amamos: por esto mismo, quiero exaltar la labor de todos mis docentes de la escuela de posgrado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, alma máter, del cual me siento muy orgulloso por pertenecer y estar en sus aulas.

A mis padres mi más sincero agradecimiento por su apoyo incondicional en todas las acciones que he emprendido a lo largo de mi vida.

De manera especial expreso mi más sincero agradecimiento al Dr. Efraín Elías Porras Flores, por su colaboración, atención y motivación latente en la realización de la presente tesis. Gracias por su ayuda y su tiempo desinteresado.

En definitiva, quiero agradecer a todas las personas que estuvieron conmigo en el proceso de realización de esta tesis, no tengo que nombrarlos porque ellos y yo los conocemos bien por las cosas que hemos pasado, estoy muy agradecido con ellos por su apoyo incondicional, cooperación, aliento, especialmente cariño y amistad.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICES DE FIGURAS .....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xiii
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.2.1. Problema General .....	2
1.2.2. Problemas Específicos .....	2
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.3.1. Objetivo General .....	2
1.3.2. Objetivos Específicos .....	2
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.4.1. Justificación de la Investigación .....	2
1.4.2. Importancia de la Investigación .....	3
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.5.1. Alcances de la Investigación .....	3
1.5.2. Limitaciones de la Investigación .....	3
II. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1 ANTECEDENTES .....	4
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	4
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	7
2.2 MARCO CONCEPTUAL .....	9

2.2.1.	Pasivo Ambiental Minero .....	9
2.2.1.1.	Depósito de Relaves Mineros .....	10
2.2.1.2.	Efluentes Líquidos de Mina .....	11
2.2.2.	Calidad del Agua .....	12
2.2.2.1.	Parámetros Físicos – Químicos .....	13
2.2.2.2.	Parámetros Microbiológicos .....	19
2.3	MARCO REFERENCIAL .....	20
2.3.1.	Técnicas Estadísticas .....	20
2.3.2.	IBM SPSS Statistics .....	22
2.4.	MARCO LEGAL .....	24
2.4.1.	Ley General del Ambiente .....	24
2.4.2.	Decreto Legislativo N° 1055 .....	25
2.4.3.	Ley que Regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera .....	26
2.4.4.	Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera .....	26
2.4.5.	Ley de Recursos Hídricos .....	27
2.4.6.	Decreto Supremo N° 010-MINAM .....	27
2.4.7.	Decreto Supremo N° 004-2017 – MINAM .....	28
2.5.	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	31
2.5.1.	Hipótesis General .....	31
2.5.2.	Hipótesis Específicas .....	31
3.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	32
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	32
3.1.1.	Tipo de Investigación .....	32
3.1.2.	Nivel de Investigación .....	33
3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	33
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	33
3.3.1.	Población .....	33

3.3.2.	Muestra .....	34
3.4.	VARIABLES .....	36
3.4.1.	Definición Conceptual de las Variables .....	36
3.4.1.1.	Variable Causa .....	36
3.4.1.2.	Variable Efecto .....	36
3.4.2.	Definición Operacional de las Variables .....	37
3.4.2.1.	Variable Causa .....	37
3.4.2.2.	Variable Efecto .....	37
3.5.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	38
3.6.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN .....	39
3.6.1.	Técnicas de Recolección de Datos .....	39
3.6.2.	Instrumentos de Recolección de Datos .....	41
3.6.3.	Validez del Instrumento .....	42
3.6.4.	Confiabilidad del Instrumento .....	43
3.7.	PROCEDIMIENTOS .....	43
3.7.1.	Criterios para la Evaluación de la Calidad del Agua .....	46
3.7.2.	Descripción de Procedimientos de Análisis .....	47
4.	RESULTADOS .....	47
4.1.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	47
4.1.1.	Resultados de Parámetros in situ .....	47
4.1.1.1.	Temperatura .....	47
4.1.1.2.	Potencial de Hidrógeno pH .....	48
4.1.1.3.	Conductividad Eléctrica (C.E) .....	48
4.1.1.4.	Oxígeno Disuelto .....	49
4.1.2.	Resultados de Parámetros Físico Químicos .....	50
4.1.2.1.	Aceites y Grasas .....	50
4.1.2.2.	Cianuro WAD .....	50

4.1.2.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno $D_5$ .....	51
4.1.2.4. Demanda Química de Oxígeno .....	51
4.1.2.5. Fenoles .....	52
4.1.2.6. Cloruros .....	52
4.1.2.7. Nitratos .....	53
4.1.2.8. Nitritos .....	53
4.1.2.9. Sulfatos .....	54
4.1.2.10. Metales .....	54
4.1.3. Resultados de Parámetros Microbiológicos .....	57
4.1.3.1. Coliformes Termotolerantes .....	57
4.1.3.2. Escherichia Coli .....	57
4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN .....	59
4.2.1. Contrastación de la Hipótesis General .....	59
4.2.2. Contrastación de la Hipótesis Específicas .....	61
4.2.2.1. Contrastación de la Hipótesis Específica 1 .....	61
4.2.2.2. Contrastación de la Hipótesis Específica 2 .....	64
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	65
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	66
5.1. CONCLUSIONES .....	66
5.2. RECOMENDACIONES .....	67
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	69
7. ANEXOS .....	73
Anexo 1. Matriz de Consistencia .....	73
Anexo 2. Certificado de validez del instrumento que mide la calidad del agua .....	74
Anexo 3. Matriz de Opinión de Jueces .....	75
Anexo 4. Resultados de Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C. ....	77
Anexo 5. Registro Fotográfico .....	79

## ÍNDICES DE TABLAS

Tabla 1. Sulfuros Metálicos .....	12
Tabla 2. Niveles de Medición y Ejemplos de Variables .....	23
Tabla 3. Límites Máximos Permisibles para la Descarga de Efluentes Líquidos .....	28
Tabla 4. Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales .....	30
Tabla 5. Ubicación de la Estaciones de Muestreo .....	35
Tabla 6. Operacionalización de Variables .....	38
Tabla 7. Parámetros a Analizar en Agua Superficial Río Santa .....	43
Tabla 8. Datos de Laboratorio .....	45
Tabla 9. Métodos Utilizados en los Ensayos .....	45
Tabla 10. Medición de Temperatura .....	48
Tabla 11. Medición de Potencial de Hidrógeno pH .....	48
Tabla 12. Medición de la Conductividad Eléctrica .....	49
Tabla 13. Medición de Oxígeno Disuelto .....	50
Tabla 14. Concentración de Aceites y Grasas .....	50
Tabla 15. Concentración de Cianuro WAD .....	51
Tabla 16. Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno .....	51
Tabla 17. Concentración de Demanda Química de Oxígeno .....	52
Tabla 18. Concentración de Fenoles .....	52
Tabla 19. Concentración de Cloruros .....	53
Tabla 20. Concentración de Nitratos .....	53
Tabla 21. Concentración de Nitritos .....	54
Tabla 22. Concentración de Sulfatos .....	54
Tabla 23. Concentración de Metales en la Estación de Muestreo E1 .....	55
Tabla 24. Concentración de Metales en la Estación de Muestreo E2 .....	56
Tabla 25. Concentración de Coliformes Termotolerantes .....	57

Tabla 26. Concentración de Escherichia Coli .....	58
Tabla 27. Concentración de Huevos de Helmintos .....	58
Tabla 28. Cuadro Comparativo entre ECA Agua y el Promedio de Muestras E2 .....	59
Tabla 29. Correlación entre las Variables de la Hipótesis General .....	60
Tabla 30. Cuadro Comparativo entre el Promedio de Muestras E1 y E2 .....	62
Tabla 31. Correlación entre las Variables de Hipótesis Específica 1 .....	63
Tabla 32. Cuadro Comparativo entre el LMP para Descargas y Efluente Líquido de Mina .....	64
Tabla 33. Correlación entre las Variables de Hipótesis Específica 2 .....	65

## ÍNDICES DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ubicación del Río Santa .....	34
Figura 2. Ubicación Geográfica de la Zona de Estudio .....	35
Figura 3. Vista Panorámica de la Zona se Estudio .....	40
Figura 4. Instrumento para Recolectar los Datos de Parámetros de la Cailidad del Agua .....	41
Figura 5. Caudal Medio Mensual del Río Santa Durante el Año 2021 .....	44

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es demostrar que el pasivo ambiental minero con cierre definitivo influye de manera significativa y positiva en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022. La metodología de investigación es de tipo observacional ya que en el estudio se observó las variables de estudio sin manipularlos; la planificación de toma de datos es prospectivo, los datos para medir la calidad de agua fueron recolectados directamente de las estaciones de muestreo realizados en los cuerpos de agua superficial para su posterior análisis de los parámetros físicos – químicos y microbiológicos en un laboratorio certificado; es transversal ya que se realizó las mediciones en un período determinado; es analítico por tener dos variables. El nivel de investigación es explicativo al tratar de explicar las causas de los efectos estudiados y el diseño de investigación es no experimental porque no se va intervenir la variable independiente. De la evaluación realizada a los cuerpos naturales de agua superficial en el ámbito del río Santa en mes de noviembre del 2021, época de estiaje, y comparando con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental – Agua Categoría III y sub categoría D2, vigente al momento de la evaluación se obtuvieron los resultados siguientes: El río Santa en cuanto a parámetros físicos - químicos, la cual se procedió con monitoreo en las estaciones de muestreo E1 y E2 que son aguas arriba y aguas abajo respectivamente en referencia al relave Ticapampa, registraron concentraciones de metales que están dentro de los parámetros establecidos por la normativa vigente; en cuanto a los parámetros microbiológicos que son indicadores de descargas directas de aguas residuales domésticas sin tratamiento: durante la evaluación, el río Santa registró coliformes termotolerantes y/o Escherichia coli, dentro de los niveles por debajo de los ECA-Agua; quedando demostrado que un pasivo ambiental minero con cierre definitivo cumple con los estándares nacionales de calidad, y los objetivos ambientales y sociales específicos para el estudio.

**Palabra clave:** Pasivo ambiental minero, calidad de agua, monitoreo de agua.

## ABSTRACT

The objective of this work is to demonstrate that the mining environmental liability with definitive closure has a significant and positive influence on the water quality of the Santa River, Ancash region, 2022. The research methodology is observational in that the study observed the study variables without manipulating them; the planning of data collection is prospective, the data to measure water quality were collected directly from the sampling stations carried out in the surface water bodies for subsequent analysis of physical, chemical and microbiological parameters in a certified laboratory; it is cross-sectional in that the measurements were taken in a given period; it is analytical because it has two variables. The research level is explanatory because it tries to explain the causes of the effects studied and the research design is non-experimental because the independent variable will not be intervened. The following results were obtained from the evaluation of the natural bodies of surface water in the Santa River in November 2021, low water season, and comparing with the National Environmental Quality Standards - Water Category III and subcategory D2, in force at the time of the evaluation: The Santa River in terms of physical - chemical parameters, which proceeded with monitoring at sampling stations E1 and E2 which are upstream and downstream respectively in reference to the Ticapampa tailings, recorded concentrations of metals that are within the parameters established by current regulations; as for microbiological parameters that are indicators of direct discharges of untreated domestic wastewater: during the evaluation, the Santa River recorded thermotolerant coliforms and/or *Escherichia coli*, within levels below the ECA-Water; demonstrating that a mining environmental liability with definitive closure complies with national quality standards, and the specific environmental and social objectives for the study.

**Keywords:** Mining environmental liability, water quality, water monitoring.

## INTRODUCCIÓN

El Plan de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros de la relavera Ticapampa por la empresa Minera Yahuarcocha S.A.C., encargada de remediar el área en mención que comprende un conjunto de actividades que van desde la preparación del Plan de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros hasta la etapa del post cierre, para cumplir con objetivos ambientales y sociales específicos para el estudio.

Por lo que me interesó realizar esta investigación, para dar a conocer la evaluación en la calidad del agua en un plan de cierre definitivo en un pasivo ambiental minero; no se encontró una investigación similar, por lo que en la investigación sólo se apoyó de las investigaciones realizadas referente a un pasivo ambiental minero sin cierre definitivo.

La evaluación de la calidad del agua superficial se realizó de acuerdo a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para las respectivas categorías asignadas de acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. El río Santa en su curso medio se evalúa de acuerdo a la Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, particularmente con la subcategoría D2 – Bebida de animales, por ser la más exigente pues contiene valores más estrictos.

El resultado de esta evaluación del río Santa en cuanto a parámetros físicos - químicos, la cual se procedió con monitoreo en las estaciones de muestreo E1 y E2 que son aguas arriba y aguas abajo respectivamente en referencia al relave Ticapampa, registraron concentraciones de metales que están dentro de los parámetros establecidos por la normativa vigente; en cuanto a los parámetros microbiológicos que son indicadores de descargas directas de aguas residuales domésticas sin tratamiento: durante la evaluación, el río Santa registró coliformes termotolerantes y/o *Escherichia coli*, dentro de los niveles por debajo de los ECA-Agua.

Se demuestra que el pasivo ambiental minero con cierre definitivo influye de manera significativa y positiva en la calidad del agua del río Santa, así dando a conocer la importancia de un cierre definitivo en los pasivos ambientales mineros cumpliendo con estándares nacionales y normatividad vigente que garantiza un entorno de equilibrio químico y físico a largo plazo en toda la influencia de la relavera.

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La actividad minera ha generado un número considerable de operaciones mineras abandonadas o inactivas. El impacto negativo tanto en la salud de la población como en el ambiente debe ser eliminado o remediado; con este propósito, el 9 de diciembre del 2005 se publicó el Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera mediante el Decreto Supremo N° 059 – 2005 – EM. La Ley tiene como objetivo regular la identificación de los llamados pasivos ambientales mineros, responsabilidad y el financiamiento para mitigar.

En ese sentido, se ha desarrollado el Plan de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros de la relavera Ticapampa por la empresa Minera Yahuarcocha S.A.C., encargada de remediar el área en mención que comprende un conjunto de actividades que van desde la preparación del Plan de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros hasta la etapa del post cierre, para cumplir con objetivos ambientales y sociales específicos para el estudio. Se desarrolló la estabilización física y química de las relaveras, canchas de desmontes, bocaminas, rajos, recuperación de suelos y la revegetación. Así mismo, se dio la rehabilitación ambiental y su posterior mantenimiento y monitoreo.

En la presente investigación se ha realizado el post monitoreo del plan de cierre definitivo de la relavera Ticapampa para demostrar que el pasivo ambiental minero con cierre definitivo influye de manera significativa y positiva en la calidad de agua del río Santa, desarrollándose el muestreo en las estaciones E1 y E2 ubicados respecto a la relavera en mención, con lo cual se ha evaluado las muestras de estudio de calidad de agua en sus parámetros físico – químicos y microbiológicos en un laboratorio certificado y acreditado.

Así dando a conocer la situación actual de la relavera Ticapampa en relación a la calidad del agua, lo cual está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normatividad vigente; quedando demostrado que un pasivo ambiental minero con cierre definitivo cumple con los estándares nacionales, y los objetivos ambientales y sociales específicos para el estudio que garantiza el equilibrio químico y físico a largo plazo en toda el área de influencia de la relavera.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

¿En qué medida el pasivo ambiental minero con cierre definitivo influye en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- a. ¿Cómo el depósito de relave minero con cierre definitivo influye en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022?
- b. ¿Cómo el efluente líquido de mina con cierre definitivo influye en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022?

## **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1. Objetivo General**

Demostrar que el pasivo ambiental minero con cierre definitivo influye significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- a. Demostrar que el depósito de relave minero con cierre definitivo influye significativamente en la calidad de agua del río Santa, región Áncash, 2022.
- b. Demostrar que los efluentes líquidos de mina con cierre definitivo influyen significativamente en la calidad de agua del río Santa, región Áncash, 2022.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Justificación de la Investigación**

La presente investigación da a conocer la importancia de un proyecto de cierre definitivo sobre un pasivo ambiental minero, que comprende un conjunto de actividades que van desde la preparación del plan de cierre de pasivos ambientales mineros hasta la etapa del post cierre, para cumplir con los objetivos ambientales y sociales específicos para el estudio. Así dando a conocer la situación actual de la relavera Ticapampa en relación a la calidad del agua, lo cual está dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normatividad

vigente; quedando demostrado que un pasivo ambiental minero con cierre definitivo cumple con los estándares nacionales, y los objetivos ambientales que garantiza el equilibrio químico y físico a largo plazo en toda el área de influencia de la relavera.

#### **1.4.2. Importancia de la Investigación**

Esta investigación servirá como referencia para los demás trabajos de investigación en referencia al estudio de un pasivo ambiental minero con cierre definitivo en relación a la calidad del agua del río Santa, por lo que no se ha encontrado una investigación similar realizada al post monitoreo a los cuerpos de agua superficial.

### **1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.5.1. Alcances de la Investigación**

El alcance de la investigación se centra el tramo de 200 metros río arriba y 200 metros río abajo, respecto a la relavera Ticapampa en el río Santa, distrito de Cátac, Provincia de Recuay; la cual se realizará 4 puntos de muestreo c/u por cada tramo correspondientes a la estación de muestreo E1 y E2 respectivamente para su posterior análisis físico-químico y microbiológico en un laboratorio de calidad de agua certificado por la INACAL.

#### **1.5.2. Limitaciones de la Investigación**

Para Ávila (1999), la limitación en una investigación se define como:

Todo proyecto de investigación necesita identificar las limitaciones de la investigación y los supuestos en los que se basa. La investigación requiere una definición precisa de lo que se pretende hacer en estar integrado en la presentación, y lo que se pretende estar integrado es una sección denominada restricciones. Las limitaciones reflejan el alcance de la investigación. Los supuestos establecen aquellas condiciones y premisas en que se basa y lleva a cabo la investigación (p.24).

Las limitaciones para la investigación son los permisos a solicitar de la empresa minera a cargo del tratamiento de los pasivos mineros del depósito de relaves de Ticapampa para los muestreos respectivos en un laboratorio certificado.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ANTECEDENTES**

#### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

Jorquera (2019). *Pasivos ambientales mineros, conflictos ambientales y percepción de la contaminación y de la salud de la población: caso de estudio pasivo ambiental minero “El Escorial”, comuna de Cabildo*. (Tesis de Magíster). Universidad de Chile.

El objetivo es determinar si el pasivo ambiental minero “El Escorial” de la comuna de cabildo es un foco de conflicto ambiental para la población urbana residente. La metodología es descriptiva comprendido en tres etapas: caracterización del pasivo ambiental minero “El Escorial”, contextualización del perfil epidemiológico de la población de Cabildo y la aplicación de encuesta de precepción ambiental y situación de salud. Los resultados del estudio posicionaron “El Escorial” como un sitio de alta jerarquía, es decir, con un alto potencial de presencia de contaminantes; situación que difiere de los resultados de la encuesta, los que evidenciaron un alto grado de indiferencia y desconocimiento respecto al sitio, identificando otros conflictos ambientales como más relevantes para la población de Cabildo.

Enríquez (2018), *Caracterización de pasivos mineros en la microcuenca de la quebrada Campanas de la Parroquia San Carlos de las Minas, Cantón Zamora y provincia de Zamora Chinchipe*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

El objetivo de la investigación es realizar la caracterización de los pasivos ambientales mineros en la microcuenca de la Quebrada Campanas de la Parroquia San Carlos de las Minas, Cantón Zamora y provincia de Zamora Chinchipe. El método utilizado en la investigación es el resultado del cumplimiento de los objetivos planteados mediante el desarrollo de las siguientes etapas: fase de gabinete y fase de campo. Se realizó la identificación y caracterización de pasivos ambientales mineros mediante visitas de campo a las concesiones mineras que abarcan la zona de estudio. Los pasivos ambientales fueron valorados mediante la metodología que determina el grado de importancia sobre el ambiente receptor, obteniendo una línea base de 13 pasivos ambientales, de los cuales 10 presentan una importancia media y los 3 restantes una importancia alta. Luego de la identificación, caracterización, valoración

de pasivos ambientales mineros, se realiza la propuesta de programas ambientales hacia los impactos ocasionados en los componentes agua, suelo y aire. Cuyos programas contienen medidas remediadoras, mitigadoras y correctivas sobre medio físico, biótico y socioeconómico, cultural y estético.

Surichaqui (2016). *Estudio de la metodología de evaluación de riesgos más eficaz para instalaciones abandonadas de residuos mineros*. (Tesis de Magíster). Universidad Politécnica de Madrid, España.

El objetivo principal de esta investigación es buscar la metodología más adecuada para el análisis y la valoración de riesgos aplicados a ejemplos característicos de la industria minera en España y Perú. El análisis de riesgos es una técnica para identificar, caracterizar, cuantificar y evaluar peligros, el análisis de riesgos presenta dos fases distintas, una cualitativa de identificación, caracterización y ordenamiento y otra cuantitativa que incluye tanto a la valoración de la probabilidad y severidad como las consecuencias de la ocurrencia del peligro. También es una herramienta muy importante a la hora de tomar decisiones, ya que permite integrar toda la información referente a los escenarios más representativos. En la actualidad, cada vez se tiene más en cuenta la sostenibilidad de los entornos ecológicos y sociales en los que existió una actividad minera (particularmente en el cierre de minas). Esto nos ayuda a buscar un método de valoración más fácil de entender y aplicar, a fin de evaluar los riesgos que se pueden presentar después de un cierre de la actividad minera, tal como sucede en las instalaciones de antiguos residuos mineros.

García et al. (2014). *Evaluación y diagnóstico de pasivos ambientales mineros en la Cantera Villa Gloria en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C.* (Artículo de Investigación). Colombia.

El objeto de este artículo es emplear la metodología de evaluación del impacto ambiental para diagnosticar y analizar los pasivos ambientales presentes en la cantera Villa Gloria ubicada en la localidad de Ciudad Bolívar, y así terminar las posibles obras de mitigación que permitan darle un nuevo uso a esta zona como: zonas verdes y/o áreas de recreación. En la ciudad de Bogotá la minería de extracción de materiales

para la construcción se intensificó desde el siglo *X* hasta principios del siglo *X* y durante ese período, el crecimiento acelerado de la población, las impresiones técnicas de las operaciones mineras y una legislación que no contempla conceptos de cuidado al medio ambiente generaron numerosos pasivos ambientales, constituidos por las instalaciones mineras abandonadas o inactivas, áreas expuestas a remociones en masa que en la actualidad generan impactos negativos severos que afectan la población y los ecosistemas

Kirschbaum et al. (2012). *Pasivos ambientales mineros en el noroeste de Argentina: aspectos mineralógicos, geoquímicos y consecuencias ambientales*. (Revista Mexicana de Ciencias Geológicas), Salta, Argentina.

La Puna es una altiplanicie sobre elevada por encima de los 3 700 m.s.n.m. y ubicada en el extremo noroeste de Argentina. La severidad del clima impide un amplio desarrollo de suelos y vegetación. En esta región existen exploraciones mineras de sulfuros primarios abandonados hace más de veinte años sin un plan de cierre de mina. Los diques de colas y escombreras de estos pasivos mineros poseen abundante pirita y están expuestos a la meteorización. Estos yacimientos constituyen hoy Pasivos Ambientales Mineros que impactan negativamente en la calidad de las aguas, de los suelos y del aire de los ecosistemas que los contienen. En este trabajo se presentan los avances en el conocimiento de tres pasivos mineros del noroeste de argentino, denominados La Concordia, Planta de Tratamiento La Poma y Pan de Azúcar. En cada sitio se estudiaron aguas superficiales, sedimentos, suelos y minerales secundarios. Los diques de colas fueron descritos estratigráficamente y se realizó en laboratorio de ensayo de caracterización fisicoquímica del agua de poro. Los resultados obtenidos señalan que estos los pasivos ambientales mineros constituyen fuentes de aporte de metales pesados en aguas, sedimentos fluviales y suelos de la región. El agua de lluvia que se infiltra en estos materiales promueve la oxidación de los sulfuros, disminución del *p* del sistema. Las eflorescencias salinas retienen los metales pesados actuando como receptoras temporales. La afectación al medio ambiente continuará en el tiempo hasta tanto no se tomen medidas de remediación y saneamiento de estos sitios (p.248).

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Cervantes y Quito (2019). *Evaluación de riesgo ambiental generado por pasivo ambiental minero en la calidad de agua superficial*. (Artículo Científico). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

En el Perú se ha venido desarrollando la minería desde hace varios siglos, por ello no existía la preocupación de cerrar los componentes de una mina, ni remediar los impactos negativos generados por los Pasivos Ambientales Mineros. Sin embargo, en la actualidad hay leyes que promueven la identificación, inventario, evaluación y remediación de los pasivos ambientales mineros, pero el proceso de evaluación de riesgo ambiental no se ha desarrollado lo suficiente. Este trabajo de investigación tiene como objetivo estimar el nivel de riesgo ambiental para los pasivos ambientales mineros en la calidad del agua superficial de la localidad de San Miguel de Viso, siguiendo la metodología de la guía de evaluación de riesgo ambiental propuesta por el Ministerio del Ambiente; y que tiene la característica principal de estimar los riesgos en el entorno humano, natural y socioeconómico estableciendo indicadores medibles para cada entorno. Los resultados obtenidos para los pasivos evaluados son que la tolva de mineral (PAS -1) y la bocamina (PAS -14) representan un nivel de riesgo moderado; y la relavera (PAS -8) y la bocamina (PAS-16) representan un nivel de riesgo significativo para la calidad de agua superficial, respectivamente. (p.1).

Sulca (2017). *Impactos ambientales en las aguas del río Mishca y quebrada Sacllani por las operaciones mineras y planta de beneficio de Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C.* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú.

El objetivo planteado en la investigación es determinar el impacto de las operaciones mineras y la Planta de Beneficio en las aguas del río Mishca y la quebrada Sacllani, con metales pesados disueltos y parámetros físico- químicos en la Unidad Minera Catalina Huanca S.A.C., y poblaciones aledañas. La contaminación el río Mishca, y la quebrada Sacllani, se encontraron cantidades de partículas como el *P* y *Z* que superaron los límites máximos permisibles según los Estándares de Calidad Ambiental de Agua, La presencia de estos contaminantes parten de la bocamina Bolívar y también de la planta de beneficio que es el efluente del relave de la mina, la acidez y

contenido de partículas contaminantes, discurren primero por la quebrada y luego hacia el río Mishca, el cual sigue su paso hacia el río Sondondo que es aledaña a la localidad de Tincoj, a unos 15 *k* aproximadamente del emplazamiento minero de la Sociedad Minera Catalina Huanca S.A.C. Por ello se hace necesario el estudio para ser considerado como experiencia en la posteridad de situaciones similares que puedan desencadenar en problemas con las poblaciones del entorno.

Corzo (2015). *Impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca quebrada Párac, distrito de San Mateo de Huanchor, Lima*. (Tesis de Magíster). Pontificia Universidad Católica del Perú.

El objetivo es determinar el impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca quebrada Párac. Se encontró que los relaves contienen sulfuros, que aportan con elementos tóxicos a los ríos Aruri y Rímac. Estos superan los límites permisibles del estándar del Estado de Oregón. Estados Unidos que son más estrictos que el criterio peruano, sobre todo con el arsénico que es altamente tóxico. Asimismo, se observó que ambas comunidades riegan papa y alfalfa, cultivos caracterizados por bioacumular metales y metaloides. No obstante, resulta necesaria la comprensión del proceso toxicológico de estos elementos y su traslocación en los cultivos a condiciones ambientales de la quebrada Párac, para conocer el riesgo al que se exponen las comunidades. Sobre la remediación de los relaves, pese a que están catalogados como riesgo muy alto para el ambiente el Estado está impedido de remediarlo. Las razones son que otorgó derechos para su reaprovechamiento a la empresa Proemina S.A.C. y el pleito judicial que mantiene esta empresa en el Tribunal Constitucional.

Romero et al. (2010). *Estudio de los metales pesados en el relave abandonado de Ticapampa*. (Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Este estudio hace referencia a los metales pesados presentes en la relavera Ticapampa, la cual es un residuo sólido minero, resultado de operaciones de tratamiento de beneficio metalúrgico por flotación, que constituye un importante pasivo ambiental,

que se encuentra alterando produciendo un impacto negativo, debido a la contaminación del medio natural de la cuenca del río Santa.

Rodríguez et al. (2007). *Evaluación del riesgo ambiental de los pasivos ambientales de la cuenca alta del río Santa en el departamento de Áncash*. (Artículo Científico). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

El objetivo de este trabajo es evaluar el riesgo ambiental de los pasivos ambientales de la cuenca alta del río Santa. Esta zona presenta diversas áreas de minería abandonada. De acuerdo con los resultados de la cartografía y los análisis físicos y químicos dos tipos de residuos minero metalúrgico fueron reconocidos. Para evaluar el riesgo ambiental se tomaron 20 muestras de residuos mineros y 10 de agua. Los datos analíticos muestran que todos los materiales sólidos y el agua se caracterizan por la alta concentración de metales (Pb, Cd, Zn, Ni, As, Cr, y Cu y Mn). El impacto de las actividades de la mina ocurre no sólo en el área colindantes. La concentración de los metales pesados y las aguas de minas exceden los valores recomendados por diversas autoridades internacionales y el gobierno peruano. (p.12).

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. Pasivo Ambiental Minero**

Son “instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o inactivas y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad” (Congreso de la República, 2004).

Según (Castillo et al., 2021) el Perú ha tenido un desarrollo institucional y normativo importante en la gestión de los:

Pasivos Ambientales Mineros (PAM). Entre ellos se puede destacar el establecimiento de la definición de PAM mediante la Ley N° 28271 del año 2004. En ella se define a los PAM como aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, que en la actualidad están abandonadas o inactivas y constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad. Esto se puede expresar en

labores mineras, residuos, infraestructura y edificaciones y áreas de almacenamiento de productos químicos.

En ese sentido, se ha desarrollado el plan de cierre de pasivos ambientales mineros de la relavera Ticapampa por la Empresa Minera Yahuarcocha S.A.C., encargada de remediar el área en mención que comprende un conjunto de actividades que van desde la preparación del plan del plan de cierre de pasivos ambientales mineros hasta la etapa de post cierre, para cumplir con los objetivos ambientales y sociales específicos para el estudio. Se desarrolló la estabilización física y química de las relaveras, canchas de desmonte, bocaminas, rajos, recuperación de suelos y la revegetación. Así mismo, se dio la rehabilitación ambiental y su posterior mantenimiento y monitoreo

#### **2.2.1.1. Depósito de Relaves Mineros**

Es una “obra de ingeniería diseñada para satisfacer exigencias legales nacionales, de modo que se aisle completamente los sólidos (relaves) depositados del ecosistema circundante” (SERNAGEOMIN, 2016).

En primer lugar, el diseño de una instalación de relaves se analiza minuciosamente antes de iniciar su instalación. A continuación, para verificar la construcción y el funcionamiento correcto, se debe de cumplir con las normas establecidas de seguridad y estabilidad. Es decir, en términos prácticos se “adoptan varias medidas, como mantener los muros compactados, no saturados, con una cantidad baja de finos y sistema de monitoreo en los muros, compromisos que la empresa ha debido adoptar durante las etapas de diseño” (SERNAGEOMIN, 2016).

El depósito de relaves Ticapampa se encuentra cerca del poblado del mismo nombre en mención y es una de las mayores extensiones de la zona, con dimensiones aproximadas de  $750 \text{ m} \times 750 \text{ m}$ , una altura máxima de  $15 \text{ m}$  y una inclinación de  $25^\circ$  en promedio. “La cancha de relaves presenta varios desniveles a lo largo de su extensión y ha sido depositada en forma paralela al río Santa” (Jara, 2003).

En ese sentido, se ha desarrollado el cierre definitivo del depósito de relaves de la relavera Ticapampa por la empresa Minera Yahuarcocha S.A.C., encargada de remediar el área en mención que comprende un conjunto de actividades que van desde la preparación del Plan

de Cierre de Pasivos Ambientales Mineros hasta la etapa del post cierre, para cumplir con objetivos ambientales y sociales específicos para el estudio.

#### 2.2.1.2. Efluentes Líquidos de Mina

Los efluentes líquidos más importantes en minería corresponden a drenajes ácidos de mina, aguas de bajo de  $p$ , que se filtran por la roca mineralizada. Estos incluyen los producidos a partir de relaves en el proceso de beneficio. Por lo cual el “drenaje ácido de mina es una condición contaminante grave debido a su naturaleza, extensión y dificultad de solución. Las aguas contaminadas se caracterizan por su alto contenido de acidez (bajo rango de  $p$ ), sulfato y metales pesados” (Pari, 2017).

El drenaje ácido de mina es un agua residual altamente ácida con altas concentraciones de sulfatos y sales ferrosos, si no se trata, el drenaje ácido puede contaminar las aguas superficiales y subterráneas con efectos colaterales que dañan la salud de las especies acuáticas, plantas, animales y humanos, como resultado, la remediación ha sido ampliamente explorada desde la década de 1970. A “pesar de los esfuerzos de las empresas mineras, gobiernos y organizaciones no gubernamentales, no se ha desarrollado aún la combinación de escala, recursos y credibilidad para enfrentar el problema” (Simate y Ndlovu, 2014).

La principal causa de las aguas ácidas de mina es la oxidación de minerales sulfurados como la piritita ( $FeS_2$ ) véase tabla 1. Los sulfuros que producen mayor cantidad de “drenaje ácido son la piritita y la marcasita. Paradójicamente, en las minas polimetálicas cuyo objetivo es obtener concentrados de Cu, Zn, y Pb, la piritita es la ganga y se encuentra en mayor cantidad con respecto a los minerales valiosos” (Tumialán, 2004). Estos depósitos de sulfuros se forman en ausencia del oxígeno, por lo que cuando se exponen al agua o al oxígeno atmosférico, se vuelven inestables. Si bien este proceso ocurre naturalmente, las actividades mineras lo aceleran porque aumentan la exposición de los sulfuros al aire, el agua y los microbios. La descarga de agua ácida ocurre en minas activas y abandonadas, túneles subterráneos, pozos, tajos abiertos, desechos y relaves. Este drenaje no es importante cuando la mina está activa porque el “nivel freático es bajo debido al bombeo; sin embargo, es severo en minas abandonadas donde el sistema de bombeo deja de funcionar con el que se incrementa el nivel freático y con este la cantidad de agua ácida” (Simate y Ndlovu, 2014).

**Tabla 1***Sulfuros Metálicos*

<b>Metal sulfurado</b>	<b>Fórmula química</b>
Pirita	FeS <sub>2</sub>
Marcasita	FeS <sub>2</sub>
Pirrotita	Fe <sub>1-x</sub> S
Calcosita	Cu <sub>2</sub> S
Covelita	CuS
Calcopirita	CuFeS <sub>2</sub>
Bornita	CuFeS <sub>4</sub>
Molibdenita	MoS <sub>2</sub>
Millerita	NiS
Galena	PbS
Esfalerita	ZnS
Arsenopirita	FeAsS

Fuente: Simate y Ndlovu (2014).

**2.2.2. Calidad del Agua**

La calidad del agua se define “por sus características físicas, químicas y microbiológicas y corresponde a las propiedades que influirán en su aceptabilidad para un uso específico, es decir, cuán bien la calidad del agua satisface las necesidades del usuario” (Zbinden, 2011).

Se define en función de un conjunto de características variables “físicoquímicas o microbiológicas, así como de sus valores de aceptación o rechazo. La calidad físico – química del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que puedan afectar a la salud, tras cortos o largos períodos de exposición” (Mayca, 2019).

En ese sentido, se ha desarrollado la evaluación de las aguas superficiales del río Santa en referencia a la relavera Ticapampa, para así medir los parámetros físicos – químicos y microbiológicos en un plan de cierre definitivo para así demostrar que el pasivo ambiental minero con cierre definitivo influye significativamente en la calidad del agua, por lo que es imprescindible la importancia de proyecto de cierre definitivo en los pasivos ambientales.

### **2.2.2.1. Parámetros Físicos - Químicos**

Para conocer la pureza o el nivel de contaminación del agua, es necesario medir ciertos parámetros. Los parámetros de calidad del agua se dividen en físicos, químicos y microbiológicos. Como se puede mencionar, hay muchos parámetros, muchas formas de medir estos parámetros, “para obviar estos problemas, las agencias internacionales encargadas de vigilar y estudiar la calidad del agua han estandarizado los criterios y los métodos para realizar los análisis del agua en el laboratorio” (Sierra, 2011). Se consideran como parámetros generales indicadores a los siguientes:

#### **Temperatura**

Uno de los parámetros físicos más importantes “en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla. Floculación, sedimentación y filtración” (MINSA, 2010).

#### **Potencial hidrógeno pH**

Es un indicador para determinar si una sustancia es ácida, neutra o básica, contando el número de iones hidrógeno presentes. Se calcula para estimar algún tipo de efecto causado por la acidez o alcalinidad, ya sea natural. La medición de este parámetro se realiza in situ. Se mide en una escala de 0 a 14. Un valor de pH inferior a 7 indican que la sustancia es ácida, mientras que valores de pH mayores a 7 indican que la sustancia es básica, por lo cual en un río lo normal es que el nivel de pH tienda a neutro ya que es el nivel de equilibrio para la coexistencia de los sistemas acuáticos “si el pH es 7 indica que la sustancia es neutra. Su interpretación va relacionada con la alcalinidad o acidez titulable, los cuales tienen relevancia por encima de 9.6 y por debajo de 4.4 unidades de pH” (MINSA, 2010).

#### **Conductividad Eléctrica (C.E)**

Según MINSA (2010) indica que es:

Una expresión numérica de la capacidad de permitir que una corriente eléctrica pase a través de una solución, utilizada para determinar la salinidad del agua. Capacidad de transmitir corriente, expresada en  $\mu / \text{cm}$  (micro Siemens por centímetro). Esta

capacidad depende de la presencia de iones y su concentración total, su movilidad relativa, valencia y concentración, y la temperatura del agua. El agua pura tiene baja conductividad, por lo que su medición se utiliza como una medida indirecta de la concentración total de sólidos o minerales en el agua.

### **Oxígeno Disuelto**

Este parámetro proporciona una medida de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua para que la concentración de oxígeno disuelto en el agua sea lo suficiente alta. Es importante para la supervivencia de los peces, y otras formas de vida acuática, en otras palabras de puede “afirmar que la temperatura, el material orgánico disuelto, los oxidantes inorgánicos, etc., afectan sus niveles, la baja concentración de oxígeno disuelto puede ser un indicador que el agua tiene una alta carga orgánica, provocada por aguas residuales” (MINSA, 2010).

### **Aceites y Grasas**

Para definir el concepto el Ministerio de Salud a través de la DIGESA (2009) indican que:

La contaminación del agua con sustancias aceitosas puede ocurrir debido a causas naturales o provocadas por el hombre. La vegetación en la descomposición (terrestre o acuática) en una etapa posterior libera aceites y subproductos aceitosos que crea un brillo aceitoso en el agua. La grasa de restos de comida o de procesos industriales (automóviles, lubricantes, etc.) es difícil de metabolizar y flotar para las bacterias. Estos contaminantes tienen una estética deficiente debido a que su presencia en la superficie de los cuerpos de agua es fácilmente visible a simple vista.

### **Cianuro Wad**

Para definir el concepto el Ministerio de Salud a través de la DIGESA (2009) indican que:

El mineral de oro casi siempre contiene otros metales, como hierro, cobre, zinc, níquel y plata, así como otros elementos como el arsénico. Las concentraciones de otros metales suelen ser órdenes de magnitud superiores a las del oro en la mayoría de los cuerpos mineralizados. El cianuro produce efectos tóxicos a niveles por decilitro de sangre (mg/dL) o superiores, y sean producido casos mortales a niveles de 0.3 mg/dL o superiores (1 decilitro es equivalente a la décima parte de 1 litro o 100 mililitros).

### **Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $D_5$ )**

Para definir la conceptualización la DIGESA (2009) indica que:

La materia orgánica no sólo son carbohidratos, sino que en una forma más práctica de analizar el consumo de oxígeno durante la degradación de la materia orgánica es medir el parámetro de demanda bioquímica de ( $D_5$ ), la cual expresa una materia orgánica en general, pero no indica su composición, que varía mucho. Dado que su fuente proviene de los organismos vivos y su degradación o metabolismo, se puede decir que está compuesto por proteínas, carbohidratos y lípidos y/o sus productos de degradación: aminoácidos, monosacáridos, hidrocarburos, ácidos grasos, alcohol y otros componentes de la planta mismo, este como resultado de la degradación de tres materiales: compuestos orgánicos carbónicos (macroorganismos aerobios), nitrógeno oxidable (nitrosomas) y compuestos reductores.

### **Demanda Química de Oxígeno**

Según Encinas (2011) indica que:

Mide la cantidad requerida para la oxidación química de sustancias orgánicas e inorgánicas en agua, utilizando un agente oxidante como el dicromato de potasio, y el resultado se obtiene en 3 horas, el cual está relacionado con  $D_5$ . La  $D$ , no diferencia entre sustancias biodegradables y otras sustancias, no proporciona información sobre la tasa de degradación en condiciones ( $T$  y  $P$ ): los valores de la  $D$  y la  $D_5$ , son que muchas sustancias se oxidan fácilmente y su contenido es orgánico (carbohidratos, proteínas y grasas) e inorgánicos (ferroso, nitrito, amoníaco, sulfuro y cloruro). Por lo tanto, se utiliza para medir el contenido de sustancias orgánicas e inorgánicas oxidables, mide el oxígeno disuelto requerido para oxidar sustancias por medio de reactivos químicos y la cantidad de materia orgánica total biodegradable y no biodegradable.

### **Fenoles**

Según MINSA (2010) indica que:

Los fenoles se pueden encontrar en aguas residuales de industrias de cok, aceites usados de motores, restos de disolventes para refinados de aceites, residuos de productos

decapantes de pinturas, y algunas aguas brutas (prepotables), también se puede estar presente en las aguas naturales, como resultado de la contaminación ambiental y de procesos naturales de la descomposición de la materia orgánica. La débil acidez del grupo fenólico ha determinado que se los agrupe químicamente junto a los ácidos carboxílicos y a los taninos, conformando así el grupo de los ácidos orgánicos.

No se ha determinado efectos a la salud por la exposición de fenol en agua de consumo. Los efectos en animales preñados que tomaron agua con altos niveles de fenol tuvieron crías con bajo peso de nacimiento y con defectos de nacimiento, aunque de menor importancia. Según la Agencia Internacional para la Investigación de Cáncer (IARC) ha determinado que el fenol no se puede clasificar en relación a carcinogenicidad en seres humanos.

### **Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )**

El Ministerio de Salud a través de la DIGESA (2009) indica que:

La concentración de cloruros es un indicador específico para medir la salinidad de los vertidos de la industria petrolera. El cloruro es el principal componente de la salmora de petróleo. El aumento de cloruros en el agua conduce a un aumento de la corrosividad del agua. Los altos niveles de cloruro hacen que el agua sea inutilizable para los humanos o el ganado, y los altos niveles de cloruro en los cuerpos de agua también pueden matar la vegetación circundante. El cloruro en forma iónica ( $\text{Cl}^-$ ) es uno de los principales aniones inorgánicos en el agua natural y las aguas residuales.

La filtración de agua subterránea en las alcantarillas adyacentes, el agua salubre también es una fuente importante de cloruros y sulfatos. El cloruro no tiene efectos nocivos para la salud, pero en concentraciones superiores a 250 mg/L, el valor se basa en el sabor del agua, que es percepción sensorial y no en algún daño fisiológico conocido.

### **Nitratos ( $N_3^-$ )**

Según Pisfil (2019) interpreta que los:

El nitrito ( $N_2$ ) es oxidado por las bacterias nitrificantes para formar ( $N_3$ ), que se usa como fertilizante para las plantas. En las aguas subterráneas, sus concentraciones son muy altas, porque el suelo no puede retenerlas y/o filtrarlas. La concentración de nitratos en el agua se debe al uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluido el amoníaco, que son anti bacterianos y controlan el crecimiento de bacterias ácido butíricas, formando gas de nitrato de amonio, que se utiliza en la minería. Para eliminar los nitratos el nitrógeno gaseoso. Los nitratos son nutrientes fácilmente absorbidos por las plantas y utilizados como fertilizantes. La metahemoglobinemia infantil puede ocurrir en niños menores de 6 años que consumen cantidades excesivas de nitratos y nitritos.

### **Nitritos ( $N_2^-$ )**

El Ministerio de Salud a través de la DIGESA (2009) manifiesta que:

El estiércol animal contiene proteína no asimilada (nitrógeno orgánico), mientras que la mayor parte de la proteína que queda en las plantas y animales moribundos es convertida en amoníaco por bacterias heterótrofas en condiciones aeróbicas y anaeróbicas. El amoníaco liberado por la acción de las bacterias sobre la urea y las proteínas es aprovechado por las plantas, si se libera en exceso, es oxidado por bacterias (nitrosomas), que convierten el amoníaco en nitrito en condiciones aeróbicas. Cuando el nitrito entra en la sangre, reacciona con la hemoglobina para formar un compuesto metahemoglobina. Este compuesto reduce la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. Los niveles de oxígeno caen y los bebés desarrollan una condición llamada metahemoglobinemia.

### **Sulfatos ( $S_4^{-2}$ )**

El Ministerio de Salud a través de la DIGESA (2009) manifiesta que:

Los sulfatos se encuentran naturalmente en muchos minerales y se usan comercialmente, especialmente en la industria química. Se emiten a través de los desechos industriales y atmosféricos, sin embargo, las concentraciones más altas

generalmente se encuentran en las aguas subterráneas. Se forman cuando el agua pasa a través de formaciones rocosas y suelos que contienen minerales de sulfatos. Algunos sulfatos se disuelven en el agua subterránea. El ( $S_4^-$ ) está ampliamente distribuido en la naturaleza, con concentraciones que van desde unos pocos a varios miles de mg por litro en agua natural. Debido a la oxidación de la pirita, los residuos de drenaje de la mina pueden contribuir significativamente.

El sulfato es uno de los aniones menos tóxicos, sin embargo, a altas concentraciones se ha observado catarsis, deshidratación e irritación gastrointestinal. Las personas que no están acostumbradas a beber agua con niveles elevados de sulfato pueden experimentar diarrea y deshidratación. Los niños son generalmente más sensibles a los sulfatos que los adultos. Como precaución, los alimentos para bebés no deben prepararse con agua con un contenido de sulfato superior a 400 mg/L.

## **Metales**

Según Pabón y Villa (2020) indican que los:

Los metales pesados como plomo, cadmio, cromo, zinc, mercurio entre otros, son liberados hacia ecosistemas acuáticos, así como a los suelos principalmente debido a diversas actividades antropogénicas y presenta una seria amenaza para las plantas, animales e incluso los humanos debido a su persistencia, bioacumulación, propiedad no biodegradable y su toxicidad incluso a bajas concentraciones. El hecho de que estos metales se encuentren en los diversos ecosistemas es de preocuparse, dado que muchos seres vivos dependen del adecuado equilibrio en su lugar de alimentación o de vivienda, el cómo llegan dichos metales a los distintos ecosistemas varía según el tipo de actividad que se desarrolla por el hombre, por ejemplo el cromo que es un compuesto ampliamente usado en la industria en áreas como la deposición atmosférica, erosión, descargas humanas, materiales agrícolas, minería y las descargas industriales y de combustión, como tal en las aguas subterráneas naturales y aguas superficiales el contenido de este metal será por debajo de  $0.5 \mu /L$ , sin embargo en aguas residuales descargadas cerca de los depósitos minerales locales y otros sitios contaminados la concentración de mercurio es mucho mayor.

### 2.2.2.2. Parámetros Microbiológicos

Según Haas (2005) indica que:

El mayor riesgo microbiano en el agua está asociado con el agua potable contaminada con desechos humanos o animales, aunque puede haber otras fuentes y vías de exposición significativas. Los riesgos para la salud más comunes y prevalentes asociados con el agua potable son las enfermedades infecciosas causadas por patógenos como bacterias, virus y parásitos como protozoos y gusanos. La carga de la salud pública es una función de la gravedad de la enfermedad relacionada con el patógeno, la infectividad y la población expuesta.

#### **Coliformes Termotolerantes**

Las bacterias tolerantes al calor que no son *Escherichia coli* pueden entrar en aguas ricas en materia orgánica, como aguas residuales industriales, materia vegetal y suelo en descomposición. Es poco probable que los coliformes resistentes al calor sean de “distribución a menos que estén en presentes nutrientes en cantidad suficiente o que materiales inadecuados entren en contacto con el agua tratada, por contacto directo pueden infectar heridas, mucosas de ojos y oídos. Por ingestión ocasionan gastroenteritis aguda” (DIGESA, 2009).

#### **Escherichia coli**

Según Naves (2010), indica que:

En 1885, el pediatra alemán Theodore Escherich describió por primera vez una bacteria encontrada en las heces de bebés y niños sanos que dominaba la colonia de *E. coli*. Posteriormente, en 1919, Castellani y Chalmers las denominaron *Escherichia coli*, y desde entonces ha sido uno de los organismos más estudiados. De hecho, gran parte de lo que se sabe sobre biología celular se ha obtenido en el estudio de este microbio. Según el Handbook of Systematic Bacteriology, son bacterias gramnegativas cilíndricas, de 1.1 – 1.5  $\mu$  de diámetro y 2.0 – 6.0  $\mu$  de longitud, aisladas o apareadas. Se puede decir que también son bacterias quimioheterótrofas facultativas con metabolismo fermentativo, no formadores de esporas, carentes de xidasa, productoras de catalasa  $\beta - g$ , vías flagelos periolares que

disminuyen el nitrato a nitrito.

### **Huevos de helmintos**

La presencia de está en aguas residuales es de mucha importancia ya que afecta directamente a la salud humana. Los huevos componen la etapa infecciosa de los parámetros del gusano que son excretados “en las heces y se extienden a las aguas residuales, en el suelo o en los alimentos. El huevo es muy resistente a las tensiones ambientales y a la desinfección con cloro en la planta de tratamiento de aguas residuales” (DIGESA, 2009).

## **2.3 MARCO REFERENCIAL**

### **2.3.1. Técnicas Estadísticas**

Empezaremos definiendo la estadística paramétrica, Quispe y Calla (2019) mencionan que:

Las técnicas estadísticas de estimación de parámetros, intervalos de confianza y prueba de hipótesis son, en conjunto, denominadas estadística paramétrica y son aplicadas básicamente a variables continuas. Estas se basan en especificar una forma de distribución de la variable aleatoria y de los estadísticos derivados de los datos.

En estadística paramétrica se asume que la población de la cual la muestra es extraída es normal o tienen distribución normal. Esta propiedad es necesaria para que la prueba de hipótesis sea válida. (p.15).

Es decir, son métodos estadísticos cuantitativos necesarios para el análisis y descripción de datos, así como para contrastar la hipótesis y extraer inferencias.

Así mismo Quispe y Calla (2019), define que la estadística no paramétrica es:

En un gran número de casos no se puede determinar la distribución original ni la distribución de los estadísticos por lo que en realidad no se tiene parámetros a estimar. Sólo se tiene distribuciones que comparar. Esto se llama estadística no paramétrica, para ello las variables en estudio tendrán que ser nominales u ordinales.

Sin duda, aquí, las estadísticas no paramétricas son aquellos métodos estadísticos cualitativos en los que no se puede utilizar el supuesto normal de distribución de la población, “por ello se les denomina libres de distribución. La estadística no paramétrica contrasta hipótesis respecto a la forma, dispersión o posición de la población. Se muestra ejemplos de prueba

estadística mencionados” (Quispe y Calla, 2019):

	Prueba de Chi – Cuadrado
Pruebas Paramétricas	Prueba Z
	Prueba de comparación de varianzas
Prueba de Anova	
	Análisis de Varianza y otros
	Prueba de Chi – Cuadrado
Pruebas no Paramétricas	Prueba de Wilcoxon
	Correlación de Spearman
	Prueba de Friedman entre otros

El “coeficiente de correlación de Spearman,  $\rho$  (rho), es una prueba no paramétrica que mide la interacción o dependencia entre dos variables discretas, es decir valores enteros que no tienen otro valor entre ellos” (Quispe y Calla, 2019). Para calcular el coeficiente de Spearman se ordenan y reemplazan los datos en su respectivo orden, y el estadístico  $\rho$  se representa con la expresión:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

Dónde:

- $r_s$  = Coeficiente de correlación por rangos de Spearman
- $d$  = Diferencia entre rangos ( $X$   $m$   $Y$ )
- $n$  = Número de datos

La principal aplicación de este trabajo se debe a sus ventajas específicas tales como:

- ) Se utilizan para muestras menores de 20 observaciones (para mayores se utilizan el  $t$  de Student)
- ) El coeficiente de correlación mide el grado de asociación entre dos cantidades
- ) El coeficiente de correlación de Spearman es recomendable utilizarlo cuando los datos presentan valores extremos (por lo que se usa el coeficiente de Pearson)
- ) Los cambios en las unidades de medida no afectan el coeficiente

- J Al ser una técnica no paramétrica es libre de distribución probabilística
- J El coeficiente debe explicar la relación entre causa y efecto
- J La interpretación oscila entre -1 y +1, con los que nos indica asociaciones negativas o positivas respectivamente, el cero (0) indica no correlación, pero no independencia

### **2.3.2. IBM SPSS Statistics**

Según Méndez y Cuevas (2016) indica que:

Es una familia de programas informáticos para el análisis estadístico avanzado, aunque actualmente el SPSS es propiedad de IBM, la empresa fue creada originalmente por Norman H. Nie, C. Hadlai Hull y Dale H. Bent a partir de la transformación de datos estadísticos en decisiones, la idea de la información necesaria para desarrollar el software estadístico se llama SPSS (del inglés Statistical Package for Social Sciences), que significa Statistical Package for Social Sciences.

Los generadores del programa, quiénes en ese momento eran estudiantes de posgrado, buscaban que este analizará rápidamente grandes volúmenes de datos de las ciencias sociales obtenidos a partir de distintos métodos de investigación.

En la página oficial de IBM SPSS Statistics (2014) se describe “como el software estadístico líder mundial para empresas, gobiernos, organizaciones de investigación y académicas. Así como un conjunto de datos y herramientas de análisis predictivo fácil de utilizar para usuarios empresariales, analistas y programadores estadísticos”. Según IBM SPSS Statistics (2014), el software tiene las siguientes características:

#### **Limitaciones del Demo del Programa**

La versión de prueba del SPSS Statistics Standard Edition cuenta con todas las características del programa original, sin embargo, al tratarse de una versión de evaluación y una vez que el período de prueba ha concluido, el programa dejará de funcionar y éste no podrá volver a ser instalado en el mismo equipo a menos que se compre la licencia correspondiente.

#### **Niveles de Medición de Variables**

Se deben de considerar cuatro niveles de medición, en la siguiente tabla se presentan

éstos y se proponen ejemplos de variables para cada uno.

**Tabla 2**

*Niveles de Medición y Ejemplos de Variables*

Nivel de medición	Ejemplos de variables
Nominal	) Género (masculino, femenino)
	) País donde nació (Argentina, Costa Rica, Perú, etcétera)
	) Marca de chocolate que prefiere (Choco Delis, Pin Pollin Abuelita Tomi, etcétera)
Ordinal	) Puesto que ocupa en su empresa (director, subdirector, gerente etcétera)
	) Opinión (Muy buena, Buena, Regular, Mala, Muy mala)
	) Deportes que prefieren practicar en orden de importancia (1= Fútbol, 2 = Natación, 3 = Atletismo, etcétera)
Intervalos	) Número de puntos obtenidos en un examen para acreditación del idioma inglés en el que se consideren puntuaciones del 0 al 999
	) Calificación conseguida en una prueba de conocimientos con una escala determinada digamos del 0 al 10 (como la que se utiliza en muchas escuelas de Iberoamérica)
De razón	) Número de novias o novios que una persona tuvo durante su carrera
	) Número de países que un profesor ha visitado en el transcurso de su vida
	) Número de años que un profesionalista tiene en su empleado actual

Fuente: Méndez y Cuevas (2016).

## **2.4. MARCO LEGAL**

### **2.4.1. Ley General del Ambiente**

Mediante esta Ley N° 28611 se reglamentan:

Aspectos relacionados con la problemática ambiental en el Perú. Además, por un lado, otorga a los ciudadanos una serie de derechos relacionados con los temas ambientales, en tanto deben asegurar un ambiente sano, equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida; por otro lado, les otorga deberes a los ciudadanos, para en cierta medida todos tenemos obligación de contribuir a la gestión y protección eficaz del medio ambiente.

Cabe mencionar que uno de los objetivos de la ley respectiva es regular los numerosos instrumentos que contribuyen a la gestión ambiental de un país, uno de los aportes más importantes es el informe de los daños ambientales.

La ley nos informa de los ECA, que son indicadores de calidad ambiental que miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, el agua o el suelo, pero que no representan un peligro para el ser humano o el medio ambiente.

Luego establece que las autoridades públicas (nacionales, sectoriales, regionales y locales) deben priorizar las medidas de saneamiento básico, incluyendo el manejo adecuado de las aguas pluviales, subterráneas, reúsos de aguas residuales, etc., en áreas urbanas y rurales. Asimismo, la ley establece que es responsabilidad del Estado promover y controlar el uso sustentable de las aguas continentales y regular su otorgamiento de acuerdo con los objetivos sociales, ambientales y económicos, así como promover la inversión y participación del sector privado en el uso de los mismos recursos.

La ley en mención se refiere a la protección, preservación, optimización y restauración de la calidad identificada y control del aire, agua y suelo, y demás componentes ambientales, en el ámbito de los objetivos de gestión ambiental en materia de la calidad ambiental los factores que afectan.

En lo que establece que el Estado es responsable de proteger la calidad de los recursos hídricos a través de las entidades competentes (Ministerios y sus respectivos organismos públicos descentralizados, autoridades sectoriales con capacidad en temas ambientales, órganos de regulación o fiscalización, gobiernos regionales y locales

#### **2.4.2. Decreto Legislativo N° 1055**

Complementa a la Ley General del Ambiente, Ley N°28611 a fin de que incorpore:

Los mecanismos de transparencia, participación ciudadana y las sanciones aplicables al incumplimiento de las obligaciones contenidas con ella. Mejorando del marco regulatorio, fortalecimiento institucional, simplificación administrativa, modernización del Estado y fortalecimiento institucional de la gestión ambiental.

Define el Límite Máximo Permissible (LMP) como la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por dicho Ministerio y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

Establece las obligaciones en materia de acceso a la información ambiental de las entidades públicas con competencias ambientales y las personas jurídicas que presten servicios públicos, conforme a lo señalado en el acápite precedente.

Señala que toda persona tiene derecho a conocer el estado de las denuncias que presente ante cualquier entidad pública respecto de infracciones a la normatividad ambiental, sanciones y reparaciones ambientales, riesgos o daños al ambiente y sus demás componentes, en especial aquellos vinculados a daños o riesgos a la salud de personas. Asimismo, que las entidades públicas deben establecer en sus ROF, TUPAs u otros documentos de gestión, los procedimientos para la atención de las citadas denuncias y sus formas de comunicación al público. Las entidades deberán enviar anualmente un listado con las denuncias recibidas y soluciones alcanzadas, con la finalidad de poder hacer pública esta información a la población a través del SINIA.

Finalmente se señala que el Ministerio del Ambiente supervisará el cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 49 de la Ley General del Ambiente referido a los procesos en los que se promueven mecanismos de participación ciudadana.

#### **2.4.3. Ley que Regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera**

El 6 de julio de 2004, se promulgó la Ley N° 28271, que tiene por objeto:

Regular la identificación de los pasivos ambientales de la actividad minera, la responsabilidad y el financiamiento para la remediación de las áreas afectadas por estos, destinadas a su reducción y/o eliminación, con la finalidad de mitigar sus impactos negativos a la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad.

Establece la obligación de los titulares mineros con pasivos ambientales definidos en sus concesiones de celebrar contratos de remediación ambiental con el MEM a través de la DGAA, asimismo el titular minero tiene la obligación de presentar el Plan de Cierre de los Pasivos Ambientales.

El plazo máximo de presentar un Plan de Cierre es de un año a partir de su identificación y notificación por parte de la Autoridad Competente, plazo en el celebrará el contrato de remediación ambiental.

#### **2.4.4. Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera**

Precisa los alcances de la Ley N° 28271 que regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera:

Establece los mecanismos que aseguran la identificación de los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera, la responsabilidad y el financiamiento para la remediación de las áreas afectadas, para mitigar los impactos negativos tanto en la salud de la población como al ecosistema circundante y la propiedad.

La Dirección General de Minería de acuerdo a la ley podrá requerir la adopción de medidas inmediatas con el fin de mitigar o remediar el medio ambiente y pedir el Plan de Cierre antes del Plazo de Cierre antes del plazo indicado, mediante resolución motivada, esto en función de una situación que presente riesgo a la salud y seguridad

a las personas o calidad del ambiente.

El Ministerio de Energía y Minas a través de la Dirección General de Minería está facultado para realizar todas las acciones que sean necesarias para identificar los pasivos ambientales e identificar los responsables de remediación ambiental correspondientes, estas acciones incluyen medidas de carácter administrativo y legal.

#### **2.4.5. Ley de Recursos Hídricos**

Acorde al Artículo 3, de la Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338), regula el uso y gestión de los:

Recursos hídricos, es decir, agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a ésta, marítima y atmosférica. Esta ley reconoce que el agua es un recurso renovable con valores socioculturales, económicos, ambientales y que el acceso al agua para la satisfacción de las necesidades primarias de la persona humana es prioritario por ser un derecho fundamental sobre cualquier uso existente.

Según el artículo 79, cita que la Autoridad Nacional, es el que autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las autoridades ambientales y de salud (sobre el cumplimiento del ECA para agua y LMP), enfatizando que queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin la autorización correspondiente.

Sin perjuicio de lo establecido en la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley N° 27446), para la aprobación de los estudios de impacto ambiental relacionados con el recurso hídrico, se debe de contar con la opinión de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

#### **2.4.6. Decreto Supremo N° 010-MINAM**

Según este mencionado Decreto Supremo tiene por objeto aprobar los Límites Máximos Permisibles -LMP, para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas. Por el presente Decreto Supremo es aplicable a todas las actividades minero – metalúrgicas que se desarrollen dentro del territorio nacional.

**Tabla 3***Límites Máximos Permisibles para la Descarga de Efluentes Líquidos*

Parámetros	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el promedio anual
pH		6 – 9	6 – 9
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	50	25
Aceites y Grasas	mg/L	20	16
Cianuro Total	mg/L	1	0.8
Arsénico Total	mg/L	0.08	0.1
Cadmio Total	mg/L	0.05	0.04
Cromo Hexavalente (*)	mg/L	0.1	0.08
Cobre Total	mg/L	0.5	0.4
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1.6
Plomo Total	mg/L	0.2	0.16
Mercurio Total	mg/L	0.002	0.0016
Zinc Total	mg/L	1.5	1.2

(\*) En muestra no filtrada

Z Los valores indicados en la columna \*Límite cualquier momento\* son aplicables a cualquier muestra colectada por el Titular Minero, el Ente Fiscalizador o la Autoridad Competente, siempre que el muestreo y análisis hayan sido realizados de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas, en este Protocolo se establecerán entre otros aspectos, los niveles de precisión, exactitud y límites de detección del método analizado

Z Los valores indicados en la columna Promedio Anual se aplican al promedio aritmético de todas las muestras colectadas durante el último año calendario previo a las fechas de referencia, incluyendo las muestras recolectadas por el Titular minero y por Ente Fiscalizador siempre que estas hayan sido recolectadas y analizados de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas

Fuente: MINAM (2010).

#### 2.4.7. Decreto Supremo N° 004-2017 - MINAM

Aprobada el 07 de junio de 2017, mediante esta norma se establecen:

Los niveles 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

componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. El cumplimiento de esta ley se considerará para el muestreo y análisis de parámetros en cuerpos de agua natural involucrados en el presente proyecto, así como en la evaluación de la calidad de los mismos, reemplazando así, los valores establecidos en el DS N° 007-83-SA de la Ley General de Aguas.

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

#### **a. Subcategoría D1: Riego de vegetales**

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

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

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

##### **) Agua para riego restringido**

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

**b. Subcategoría D2: Bebida de animales**

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

**Tabla 4**

*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
<b>FÍSICOS – QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5.0		10.0
Bicarbonatos	mg/L	518.0		**
Cianuro Wad	mg/L	0.1		0.1
Cloruros	mg/L	500.0		**
Color (b)	Escala Pt/Co	100(a)		100(a)
Conductividad	μS/cm	2500.0		5000.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15.0		15.0
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40.0		40.0
Detergentes (SAAM)	mg/L	0.2		0.5
Fenoles	mg/L	0.002		0.01
Fluoruros	mg/L	1.0		**
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	100.0		100.0
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10.0		10.0
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	1000.0		1000.0
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5.0		5.0
Arsénico	mg/L	0.1		0.2
Bario	mg/L	0.7		**
Berilio	mg/L	0.1		0.1
Boro	mg/L	1.0		5.0
Cadmio	mg/L	0.01		0.005
Cobre	mg/L	0.2		0.5
Cobalto	mg/L	0.05		1.0
Cromo Total	mg/L	0.1		1.0
Hierro	mg/L	5.0		**
Litio	mg/L	2.5		2.5
Magnesio	mg/L	**		250.0
Mercurio	mg/L	0.001		0.01
Níquel	mg/L	0.2		1.0

Plomo	mg/L	0.05		0.05
Selenio	mg/L	0.02		0.05
Zinc	mg/L	2.0		24.0
<b>ORGÁNICO</b>				
<b><u>Bifenilos Policlorados</u></b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0.04		0.045
<b>PLAGUICIDAS</b>				
Paratión	µg/L	35.0		35.0
<b><u>Organoclorados</u></b>				
Aldrín	µg/L	0.004		0.7
Clordano	µg/L	0.01		7.0
Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0.001		30
Endrin	µg/L	0.00		0.2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0.01		0.03
Lindano	µg/L	4.0		4.0
<b><u>Carbamato</u></b>				
Aldicarb	µg/L	1.0		11.0
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1000	2000	1000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1000	**	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1	**

(a) : Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)

(b) : Después de filtración simple

(c) : Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido

Δ 3 : Significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada

**Nota 4:**

Z El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría

Z Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario

Fuente: MINAM (2017).

## 2.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.5.1. Hipótesis General

El pasivo ambiental minero con cierre definitivo influye significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022.

### 2.5.2. Hipótesis Específicas

- El depósito de relave minero con cierre definitivo influye significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022.
- Los efluentes líquidos de mina con cierre definitivo influyen significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022.

### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. Tipo de Investigación**

Para Salinas (2010), el tipo de investigación observacional se define como:

La investigación observacional es aquella que se basa en la observación de los fenómenos, características, situaciones, variaciones, etc. del asunto que se quiere investigar. Solo se observa, sin manipular, cambiar o variar nada. Luego, las observaciones hechas se pueden registrar para posterior análisis.

En el estudio denominado efecto del pasivo ambiental minero sobre la calidad del agua; se observa las variables de estudio sin manipularlos, entonces, el tipo de investigación es observacional.

Según Pavón y Gogeochea (2010), la planificación de la toma de datos prospectivo es:

El estudio en el que toda la información se recogerá, de acuerdo con los criterios del investigador y para los fines específicos de la investigación, después de la planeación de ésta, es decir que se usan datos de las mediciones realizadas para la investigación, denominada datos primarios. Los datos para medir la calidad del agua, son recolectados directamente de los muestreos realizados en la fuente de agua, para su posterior análisis de los parámetros físico - químicos y microbiológicos en un laboratorio certificado, por lo tanto, el tipo de investigación es prospectivo.

Según Pavón y Gogeochea (2010), el estudio es transversal cuando “se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, su propósito es describir variables y su incidencia de interrelación en un momento dado”. La medición de la calidad del agua se realizó mediante cuatro mediciones en las estaciones E1 y E2 en un período de un mes, las cuales vienen dados por los tramos de 200 metros río arriba y 200 metros río abajo respectivamente, respecto a la relavera Ticapampa de la cuenca media del río Santa, en consecuencia, es un estudio transversal.

Según Supo y Cavero (2014), el estudio es analítico cuando “el análisis estadístico por lo menos es bivariado; porque plantea y pone a prueba la hipótesis, su nivel más básico establece la asociación entre factores”. En el presente estudio se tiene dos variables; pasivo ambiental minero y calidad del agua, siendo bivariado y presenta hipótesis, por estas

consideraciones el estudio es analítico.

### **3.1.2. Nivel de Investigación**

Para Salinas (2010), el nivel de investigación explicativa se define como:

Aquella que trata de analizar y/o explicar las causas de los efectos estudiados, es decir, no sólo describe la situación, fenómeno, características, relación entre causa y efecto, etc., tal como hace la investigación descriptiva, sino que analiza y/o explica el porqué de los asuntos investigados o de las asociaciones entre ellos.

En el presente estudio la causa es el pasivo ambiental minero con cierre definitivo, y su efecto es la calidad del agua, que presenta metales pesados que se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental, en lo que se explica la influencia de éste en la calidad del agua, siendo un estudio de nivel explicativo.

## **3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El estudio es no experimental porque no se interviene el pasivo ambiental minero, sólo se estudia su influencia de ésta en la calidad del agua que se obtendrá los datos mediante un muestreo en las estaciones E1 que corresponde a aguas arriba y E2 a aguas abajo del río Santa, tomando como referencia la relavera Ticapampa.

Para medir los parámetros físico – químicos y microbiológicos, luego se realizará el análisis de éstas en un laboratorio certificado de calidad de agua que emite la INACAL, para lo cual, se usará un instrumento que es el registro.

## **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.3.1. Población**

Para Arias et al. (2016), la población de estudio se define como “conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra, y que cumple con una serie de criterios predeterminados" (p.202).

Para Miranda et al. (2016), la población de estudio es un:

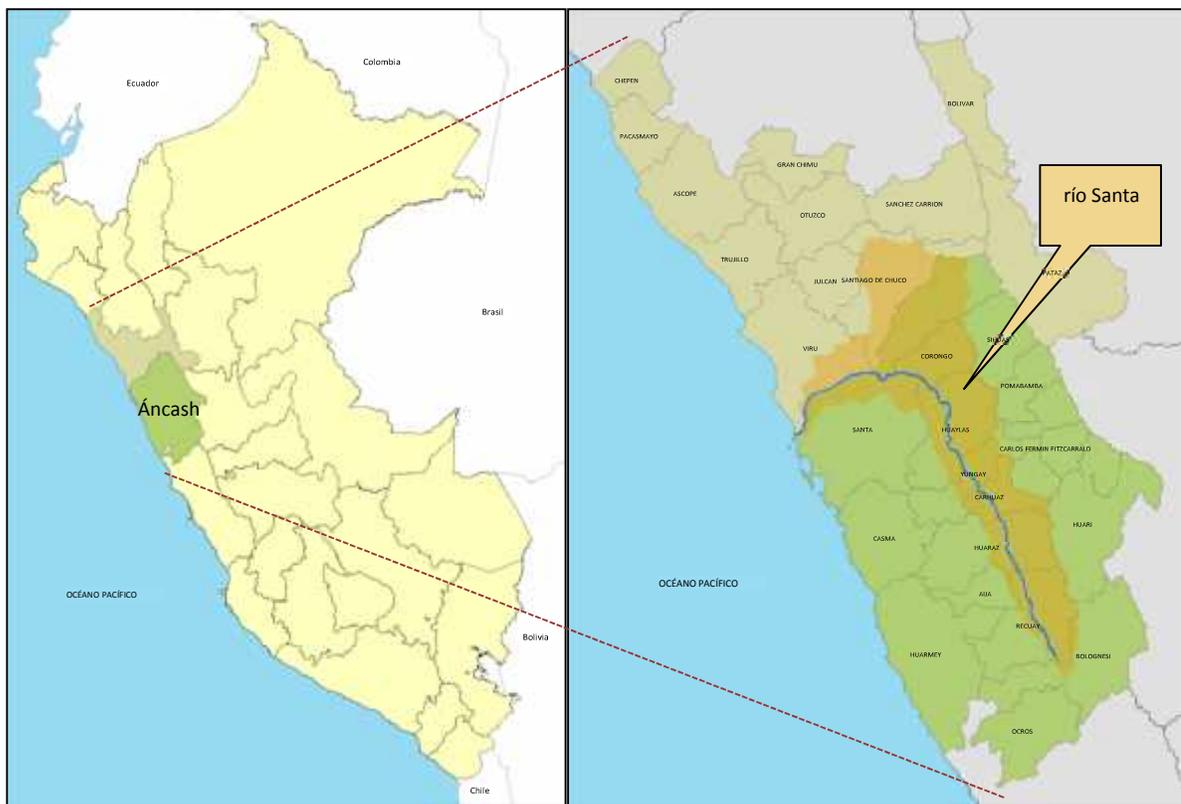
Conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra, y que cumple con una serie de criterios predeterminados. Es

necesario aclarar que cuando se habla de población de estudio, el término no se refiere exclusivamente a seres humanos, sino que también puede corresponder a animales, muestras biológicas, expedientes, hospitales, objetos, familias, organizaciones, etc.

Para nuestro caso de investigación la población está conformada por las aguas del río Santa, distrito de Cátac, provincia de Recuay, región Áncash, período 2022, que a continuación se detalla en la figura 1.

### Figura 1

Mapa de Ubicación del río Santa



Fuente: Elaboración Propia.

### 3.3.2. Muestra

Según Fernández (2010) el muestreo por conveniencia es un “método de muestreo no probabilístico que consiste en seleccionar a los individuos que convienen al investigador para la muestra, esta conveniencia se produce porque al investigador le resulta más sencillo examinar a estos sujetos, ya sea por su proximidad geográfica, etc.”.

Por tanto, se estudiará el tramo de 200 metros río arriba y 200 metros río abajo, respecto a la relavera Ticapampa con cierre definitivo.

**Figura 2**

*Ubicación Geográfica de la Zona de Estudio*



Fuente: Google Earth Pro (2022).

Según las coordenadas UTM Zona 18 se tiene las ubicaciones de las estaciones de muestreo que se realizó en el río Santa para su respectivo análisis físico- químico y microbiológico en un laboratorio certificado.

**Tabla 5**

*Ubicación de la Estaciones de Muestreo*

Estación de muestreo		Coordenadas UTM Zona 18		Altitud (m.s.n.m.)
Código	Nombre	Este	Norte	
E1	Aguas arriba	232167.00	8920207.00	3442.20
E2	Aguas abajo	231696.20	8921646.20	3452.00

Fuente: Elaboración Propia.

### **3.4. VARIABLES**

#### **3.4.1. Definición Conceptual de las Variables**

##### **3.4.1.1. Variable Causa**

###### **Pasivo ambiental minero**

Son depósito de relave y efluente líquido de mina, que afectan la calidad del agua; parámetros físico - químicos y microbiológicos que inciden contaminación en el ecosistema circundante y en la salud de la población.

###### **Dimensiones**

###### **Depósito de relaves mineros**

Es toda obra estructurada en forma segura para contener los relaves provenientes de una planta de concentración húmeda de especies de minerales. Su función principal es la de servir como depósito, generalmente, definitivo de los materiales sólidos provenientes del relave transportado desde la planta, permitiendo así la recuperación, en gran medida, del agua que transporta dichos sólidos, sus dimensiones se miden (m).

###### **Efluentes líquidos de mina**

Son drenajes de ácidos de mina, aguas de bajo pH, que atraviesan la roca mineralizada. contaminante grave debido a su naturaleza, estas aguas contaminadas se caracterizan por su alto contenido de acidez, sulfato y metales pesados. La medición más importante se realiza en unidad de pH (<7).

##### **3.4.1.2. Variable Efecto**

###### **Calidad del agua**

Se define por sus características físicas, químicas y microbiológicas que corresponde a las propiedades que influirán en su aceptabilidad para un uso específico, es decir, esta satisface las necesidades del usuario

###### **Dimensiones**

###### **Parámetros físicos – químicos**

Es la determinación de sustancias físico - químicos específicas que puedan afectar a la salud,

tras cortos o largos períodos de exposición. Se determina mediante valores cuantitativos de los parámetros físico - químicos del agua, generalmente estos parámetros se determinan en  $m /L$ .

### **Parámetro microbiológico**

Es el consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales que generan riesgos para la salud humana enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes patógenos como bacterias, virus y parásitos enfermedades relacionadas con los agentes patógenos, de su infectividad y de la población expuesta. Se determina mediante valores cuantitativos de los parámetros microbiológicos del agua y estas se determinan generalmente en  $N /100 m$ .

## **3.4.2. Definición Operacional de las Variables**

### **3.4.2.1. Variable Causa**

Pasivo ambiental minero

#### **Dimensiones**

- ) Depósito de relaves mineros: sus dimensiones se miden en m.
- ) Efluentes líquidos de mina: aguas ácidas, se mide en unidad de pH.

### **3.4.2.2. Variable Efecto**

Calidad del agua

#### **Dimensiones**

- ) Parámetro físico – químico: se determina en  $m /L$  (valores cuantitativos de los parámetros físico – químico del agua).
- ) Parámetro microbiológico: se determina mediante valores en  $N / 100 m$  (valores cuantitativos de los parámetros microbiológicos del agua)

### 3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

El término variable se define como las características o atributos que admiten diferentes valores (Sáinz y Santiago, 2008) como, “por ejemplo, la estatura, la edad, el coeficiente intelectual, la temperatura, el clima, etc. Existen muchas formas de clasificación de las variables, no obstante, en esta sección se clasificarán de acuerdo con el sujeto de estudio y al uso de las mismas”.

De acuerdo con Santillán (2002). “la definición operacional de un conjunto consiste en definir las operaciones que permiten medir ese concepto o los indicadores observables por medio de los cuales se manifiesta ese concepto” (p.32).

En resumen, la operacionalización de variables es el procedimiento mediante el cual se determina los indicadores que caracterizan o tipifican a las variables de una investigación, con el fin de hacerlas observables y medible con cierta precisión y facilidad.

Para nuestro caso de estudio se operacionalizará la variable calidad de agua, ya que se desea medir los parámetros físico – químicos y microbiológicos en el río Santa, para lo cual se obtendrá un instrumento de medición de la calidad del agua.

**Tabla 6**

*Operacionalización de Variables*

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Pregunta
Calidad del agua	Parámetros físicos – químicos	Temperatura	°C	¿Cuánto es la temperatura del agua?
		Potencial hidrógeno pH	Unidad de <i>p</i>	¿Qué contenido de pH tiene el agua?
		Conductividad eléctrica (C.E)	<i>u</i> / <i>c</i>	¿Cuánto es la conductividad eléctrica del agua?
		Oxígeno disuelto	<i>m</i> / <i>L</i>	¿Cantidad de oxígeno disuelto en el agua?
		Aceites y grasas	<i>m</i> / <i>L</i>	¿Contenido de aceites y grasas en el agua?
		Cianuro Wad	<i>m</i> / <i>L</i>	¿Concentración de Cianuro Wad en el agua?
		Demanda bioquímica	<i>m</i> / <i>L</i>	¿Contenido de demanda bioquímica

	de oxígeno		de oxígeno en el agua?
	Demanda química de oxígeno	<i>m</i> / <i>L</i>	¿Contenido de demanda química de oxígeno en el agua?
	Fenoles	<i>m</i> / <i>L</i>	¿Concentración de fenoles en el agua?
	Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	<i>m</i> / <i>L</i>	¿Contenido de cloruros en el agua?
	Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	<i>m</i> / <i>L</i>	¿Concentración de nitratos en el agua?
	Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	<i>m</i> / <i>L</i>	¿Cuánto es el contenido de nitritos en el agua?
	Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	<i>m</i> / <i>L</i>	¿Contenido de sulfatos en el agua?
	Metales	<i>m</i> / <i>L</i>	¿Concentración de metales que hay en el agua?
Parámetros microbiológicos	Coliformes termotolerantes	<i>N</i> / 100 <i>m</i>	¿Cantidad de coliformes termotolerantes en el agua?
	Escherichia coli	<i>N</i> / 100 <i>m</i>	¿Concentración de escherichia coli en el agua?
	Huevos de Helmintos	<i>H</i> / <i>L</i>	¿Cantidad de huevos de Helmintos en el agua?

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

#### 3.6.1. Técnicas de Recolección de Datos

Para Chiroque (2007), las técnicas “serán las competencias operativas que existen fundamentalmente dentro del investigador”. Por lo que en esta investigación se usará la técnica de: análisis documental.

Para Hernández et al. (2014), la técnica de análisis documental “consiste en la identificación, recolección y análisis de documentos relacionados con el hecho o contexto estudiado” (p.78).

Se emplea la técnica de análisis documental para la evaluación del pasivo ambiental minero con cierre definitivo y su influencia en la calidad de agua del río Santa, a través del instrumento de registro del análisis de datos de los parámetros físico - químicos y microbiológicos para así obtener los valores relacionados a los indicadores de calidad de agua.

### Figura 3

#### *Vista Panorámica de la Zona de Estudio*



Fuente: Elaboración Propia

La observación y análisis de los resultados de las mediciones se obtuvo en el laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C (SAG), como se muestra en el certificado de análisis en el anexo 4, los resultados se registraron en una base de datos de Excel, la misma base de datos se transfirió al IBM SPSS Statistic para la evaluación estadística, para el análisis y evaluación de los resultados finales.

Para el muestreo en el río Santa se siguió el protocolo de toma de muestras de la ANA (2016), el cual menciona que:

1. El personal responsable debe colocarse las botas y los guantes descartable antes del inicio de la toma de muestra de agua.
2. Ubicarse en el punto medio de la corriente principal, donde la corriente sea homogénea, evitando aguas estancadas y poco profundas.
3. Medir los parámetros de campo directamente en el río o retirar en un balde una muestra para medir evitando remoción de sedimentos.
4. Coger un recipiente, retirar tapa y contratapa sin tocar superficie interna del frasco.
5. Antes de coleccionar las muestras, los frascos se deben de enjuagar como mínimo dos

veces.

6. Coger la botella por debajo del cuello, sumergirla en dirección opuesta al flujo de agua.
7. Evitar coleccionar, suciedad, partículas de superficie o sedimentos de fondo.
8. Dejar 1% aprox. para aquellos parámetros que requieran conservación.

Se tomaron las precauciones de recipiente y conservación que se indican en el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales.

### 3.6.2. Instrumentos de Recolección de Datos

Para Chiroque (2007), los instrumentos serán los “objetos externos usados por el investigador en su desempeño investigativo”. Se usará en la investigación los instrumentos de: registro de datos.

En la investigación el instrumento que se utiliza para recolectar datos de muestras de agua, parámetros físico – químicos y microbiológicos en el curso medio del río Santa es el registro de datos, la cuales son procesadas en un laboratorio acreditado y certificado por la INACAL.

La recolección de datos se realizó de las fuentes primarias, en nuestro caso la naturaleza (cuerpos de agua) y donde se recolectaron muestras de agua in situ, utilizando etiquetas de identificación en las muestras realizadas, que viene hacer los recipientes para la recolección de agua y siguiendo el modelo de formato dado por la Autoridad Nacional del Agua.

#### Figura 4

*Instrumento para Recolectar los Datos de Parámetros de la Calidad del Agua*

Solicitante/cliente:	
Nombre laboratorio:	
Código punto de monitoreo:	
Tipo de cuerpo de agua:	
Fecha de muestreo:	Hora:
Muestreado por:	
Parámetro requerido: <b>Físico – químicos:</b> temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, aceites y grasas,	

cianuro wad, DBO5, DQO, fenoles, cloruros, nitratos, nitritos, sulfatos y metales			
<b>Microbiológicos:</b> Coliformes termotolerantes, Eschirichia coli y huevos de helmintos			
Preservada:	SI	NO	Tipo reactivo:

Fuente: ANA (2016).

Los siguientes registros de datos se presentan en una tabla de observación (estructurada), la cual fue recolectada en campo para luego ser analizada en el laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C. (SAG) de acuerdo a los estándares nacionales e internacionales, ver anexo 4.

### 3.6.3. Validez del Instrumento

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010, p.278), refiere el “grado de que un instrumento en verdad mide la variable que busca medir”. El proceso de validez de las herramientas de recolección de datos para esta investigación se utilizó el llamado juicio de expertos. El anexo 2 que da a conocer es la prueba de validez de contenido, en el anexo 3 son los datos reportados por los jueces y el cálculo de V de Aiken. La validez de contenido de instrumento es un registro válido y 1 es un valor significativo.

Podemos mencionar que la validez de instrumento mide la variable en la que se debe de medir. Se realizó la descriptiva con el programa Excel para obtener los datos iniciales de los valores medio, máximos y mínimos, y las desviaciones estándar. Por otro lado Contreras (2018) manifiesta “que para este clase de estudios entre parámetros de calidad en aguas de río se aplica en forma consistente el coeficiente de Spearman” (p.59).

Los instrumentos de recolección de datos se evaluaron por validez de contenido y validez de criterio, en el primer caso se consultó el juicio de expertos para identificar las herramientas diseñadas para obtener datos sobre el impacto de los pasivos mineros en la calidad de agua de la cuenca media del río Santa, que permitieron la recolección adecuada de estos datos. Asimismo, para el segundo caso se aplica la validez de criterio a través de la correlación métrica, ya que brinda información sobre las muestras utilizadas para determinar la calidad del agua.

En el análisis se utiliza la estadística inferencial y el software estadístico IBM SPSS Statistic para evaluar las pruebas de hipótesis para así determinar el coeficiente de correlación de Rho de Spearman (no paramétrico) y el valor de sigma descritos en la base teórica, y para así evaluar la contrastación de la hipótesis de la investigación.

### 3.6.4. Confiabilidad del Instrumento

Según Hernández et al.(2014), “la confiabilidad de un instrumento de medición se determina mediante diversas técnicas, y se refieren el grado en la cual se aplica, repetida al mismo sujeto produce iguales resultados”. Por lo tanto, Hernández et al.(2014, p.277), “la confiabilidad consiste grado en que un instrumento produce resultado consistente y coherente.”

La confiabilidad se realiza sólo cuando la técnica de estudio es la encuesta y el instrumento es cuestionario. Para el caso de estudio de nuestra investigación se usará la técnica de análisis documental, por lo que no existe confiabilidad de instrumentos.

### 3.7. PROCEDIMIENTOS

En los cuerpos de agua del río Santa se midieron parámetros in situ, temperatura (°C), potencial de hidrógeno (pH), conductividad (C.E) y oxígeno disuelto (OD). Otros parámetros físicos – químicos y microbiológicos fueron seleccionados de acuerdo a sus respectivas categorías con base en las características de las principales fuentes identificadas y analizadas por un laboratorio acreditados de acuerdo a lo establecido en el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de las Aguas Superficiales. Los parámetros de análisis se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 7**

*Parámetros a Analizar en Agua Superficial Río Santa*

Estación de muestreo	Total de Muestras	Parámetros a Evaluar	Categoría ECA – Agua
E1 y E2	08	Aceites y Grasas, Cianuro, $D_5$ , DQO, Fenoles, Cloruros, Nitratos, Nitritos,	3

Sulfatos, Metales Totales, Coliformes Termotolerantes, E. coli y Huevos de Helmintos	Riego de vegetales y bebida de animales
--	---

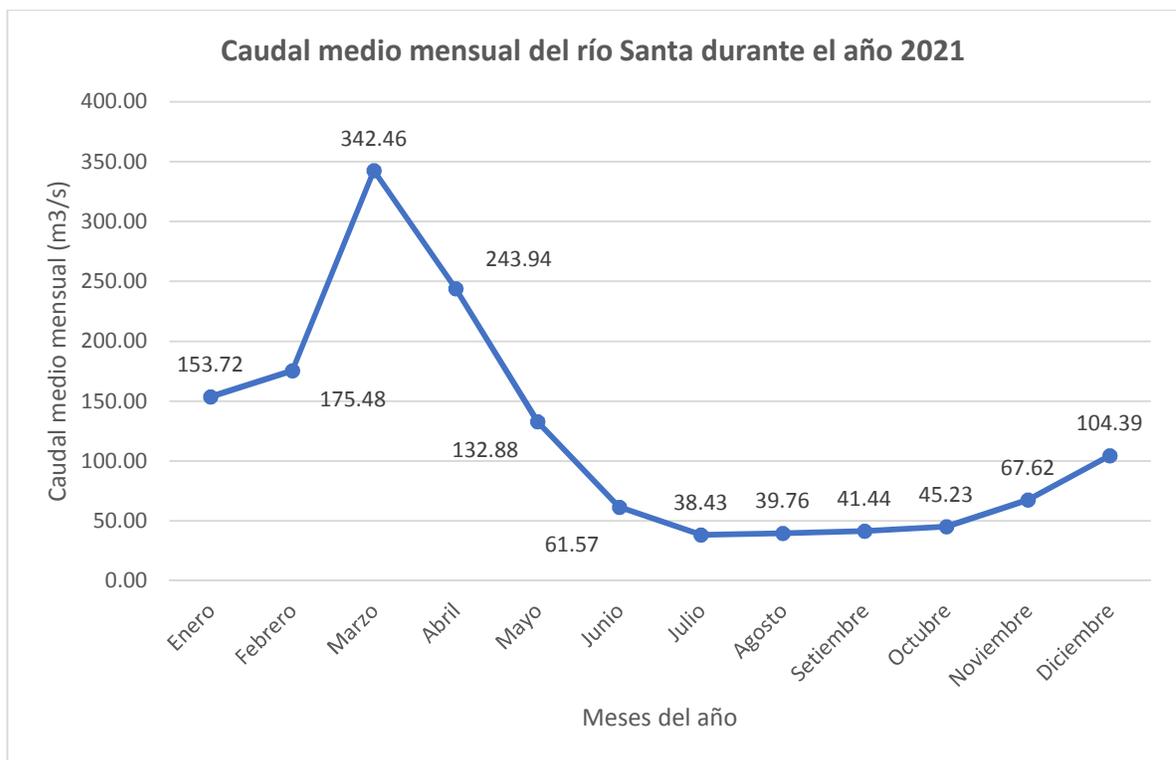
(\*) Parámetros recomendados como línea base – ANA

Fuente: ANA (2020).

El monitoreo se realizó en período de estiaje según la figura 5 en la que se consideró el caudal medio mensual del río Santa durante el año 2021, tomado como referencia para la toma de las muestras en la E1 y E2 con referencia a la relavera Ticapampa y de fecha noviembre del 2021, las muestras obtenidas fueron enviadas a un laboratorio acreditado por INACAL (Tabla 8) para el análisis de los parámetros requeridos, aplicando los diferentes métodos de ensayo acreditados, dando cumplimiento a lo dispuesto en el “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Aguas Superficiales”. La información del Laboratorio y de los métodos de ensayo se describe en la Tabla 8 y 9.

**Figura 5**

*Caudal Medio Mensual del Río Santa Durante el Año 2021*



**Nota:** Caudal medio mensual del río Santa durante el año 2021, tomado como referencia para la toma de las muestras en la E1 y E2 con referencia a la relavera Ticapampa.

Fuente: ANA (2021).

**Tabla 8**

*Datos de Laboratorio*

Razón Social/Dirección	Acreditación/Registro/Vigencia
Laboratorio	
Servicios Analíticos Generales S.A.C.	Acreditado por INACAL con registro N°
Av. Naciones Unidas N° 1565,	LE-047
Chacra Ríos Norte – Lima	
Telf.: (511) 425-6885	

Fuente: Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C (2021).

Los métodos utilizados en los ensayos para determinar la calidad de agua en la cuenca media del río Santa, se determinaron a través de estándares nacionales como internacionales en los parámetros establecidos por Estándares de calidad de agua, Categoría III: Riego de vegetales y bebida de animales y sub categoría D2 correspondiente a bebida de animales.

**Tabla 9**

*Métodos Utilizados en los Ensayos*

Ref.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
12261	LME	Aceites y Grasas	SMEWW-APHA AWWA-WEF Part 5520 B, 22nd Ed. 2012	Oil and Grease. Liquid, Partition Gravimetric Method
8100	LME	Aniones por Cromatografía Iónica	EPA METHOD 300.1 Rev.1, 1997 (validado)	Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography Standard Test Method for"
11597	LME	Cianuro Wad (Skalar)	ASTM D6888-09 (Validado), 2009	Available Cyanide with Ligand Displacementad Flow Injection Analysis (FIA) Utilizing Gas

				Diffusion Separation and Amperometric Detection
				Multiple-Tube Fermentation
12146	LME	Coliformes Termotolerantes	SMEWW-APHA AWWA-WEF Part 922 E-1, 22nd Ed.2012	Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Precedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)
12336	LME	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMEWW- APHA AWW-WEF Part 5220 D, 22nd Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux Colorimetric Method
11593	LME	Fenoles (Skalar)	SO 14402 (Validado) 1st Ed. 1999	Water quality-Determination of phenol index by Flow analysis (FIA and CFA)
10818	LME	Fósforo todas las formas (Fósforo Total)	EPA METHOD 365.3 1983	Phosphorous, all forms (Colorimetric Ascorbic Acid Two Reagent)
11420	LME	Metales Totales por ICP-MS	EPA 6020A, Rev. 1 February 2007	Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry
11636	LME	Nitrógeno Total (Skalar)	ISO 29441 (Validado) 1st. Ed. 2010	Water quality – Determination of total nitrogen after UV digestion- Method using Flow analysis (CFA and FIA) and spectrometric detection)

Fuente: Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C. (2021).

### 3.7.1. Criterios para la Evaluación de la Calidad del Agua

La evaluación de la calidad del agua superficial se evaluó según las normas nacionales de calidad del agua para cada categoría asignada por el Decreto Supremo N° 004-2017 - MINAM.

En el tramo medio del río Santa se evalúan en la Categoría III: Riego de vegetales y bebida de animales, en particular en la sub categoría D2 que viene hacer bebida de animales, por contener valores más estrictos, es la más exigente.

### **3.7.2. Descripción de Procedimientos de Análisis**

Dependiendo del método elegido, los datos utilizados para el análisis y la evaluación se registraron de la siguiente manera, los procedimientos analíticos incluyen la preparación de observaciones, registros y mediciones para las respectivas evaluaciones.

Las herramientas o métodos de adquisición deben cumplir requisitos importantes, a saber, cómo la confiabilidad y validez, es decir, que tan bien mide realmente el instrumento, la variable que pretende medir. Para obtener los datos iniciales de los valores medio, máximo y mínimo se utiliza el programa de Excel para la estadística descriptiva.

Diamantini et al. (2018) afirmaron que “para esta clase de estudios entre parámetros de calidad en aguas de río se aplica en forma consistente el coeficiente de Spearman” (p. 8).

Para el análisis, el software estadístico IBM SPSS Statistics utiliza estadística inferencial, y para la evaluación de la prueba de hipótesis, se determina el coeficiente de correlación Rho de Spearman (no paramétrico) y el valor sigma descrito en base teórica, y se evalúa la hipótesis por su contraste para determinar los resultados esperados en la investigación.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **4.1.1. Resultados de Parámetros in situ**

##### **4.1.1.1. Temperatura**

Las mediciones de temperatura se tomaron en cada lugar de muestreo utilizando un medidor de pH HANNA HI98128 debidamente calibrado.

En toda el área de estudio, la temperatura del agua del río Santa difirió en 2 °C entre las diferentes campañas de muestreo realizado, estas mediciones se realizaron en las estaciones de muestreo E1 y E2 siendo el promedio de las temperaturas 19.90 °C y 20.05 °C respectivamente, comenzando el 06.11.21 y finalizando con la cuarta campana de fecha 27.11.21.

**Tabla 10***Medición de Temperatura*

Estación	Temperatura (°C)				Promedio
	06.11.21	13.11.21	20.11.21	27.11.21	
E1	18.70	20.70	20.19	20.01	19.90
E2	18.95	19.95	20.46	20.84	20.05

Fuente: Elaboración propia.

**4.1.1.2. Potencial de Hidrógeno pH**

Las mediciones del potencial hidrógeno se realizaron en cada punto de muestreo utilizando un medidor de pH HANNA HI98128, debidamente calibrado utilizando soluciones buffer de pH 4, 7 y 10.

En general, el pH del agua del río Santa tiende a ser neutral y permanece constante en todo el curso del agua con poca variación, con valores observados dentro del rango permitido (p d 6.5 – 8.4) para agua ECA clase III y sub categoría D2: bebida de animales, los valores de potencial de hidrógeno en promedio en las estaciones de muestreo E1 y E2 es de 7.25 y 7.08 respectivamente. Las aguas del río Santa se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de las normas ambientales vigentes

**Tabla 11***Medición de Potencial de Hidrógeno pH*

Estación	Potencial de hidrógeno (U. de pH)				Promedio
	06.11.21	13.11.21	20.11.21	27.11.21	
E1	7.39	7.37	7.39	6.87	7.25
E2	7.22	7.18	7.22	6.71	7.08

Fuente: Elaboración Propia.

**4.1.1.3. Conductividad Eléctrica (C.E).**

Las mediciones se realizaron in situ en cada punto de muestreo utilizando un medidor de conductividad HANNA HI98311, debidamente calibrado utilizando una solución estándar de KCl con una conductividad de 1413  $\mu /c$  .

La presencia de sales disueltas en el agua del río Santa está indicada por la conductividad resultante de los iones de sal disueltos, que son valores relativamente bajos. La conductividad estuvo por debajo del límite de los estándares de calidad del agua en la categoría III, y sub categoría D2: bebida de animales la cual es de  $5000 \mu / c$ , la cual viene hacer una norma vigente para el control y el monitoreo de las aguas que en comparación de estos valores en las estaciones de muestreo E1 y E2 que están ubicadas aguas arriba y aguas abajo respecto a la relavera Ticapampa respectivamente, tienen valores en promedio de  $135.1 \mu / c$  y  $150 \mu / c$ .

**Tabla 12**

*Medición de la Conductividad Eléctrica*

Estación	Conductividad eléctrica ( $\mu / c$ )				Promedio
	06.11.21	13.11.21	20.11.21	27.11.21	
E1	146.0	136.0	123.0	135.7	135.1
E2	153.8	163.8	141.0	141.4	150.0

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.1.1.4. Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto se midió en cada estación de muestreo **E1** y **E2** las cuales son aguas arriba y aguas abajo respectivamente a la relavera Ticapampa utilizando un oxímetro Multi 350i debidamente calibrado.

Las concentraciones de oxígeno disuelto a lo largo del río Santa se mantuvieron casi constantes, se observaron pequeñas variaciones en los niveles de concentración de oxígeno disuelto en cada estación de muestreo **E1** y **E2**, las cuales son  $7.00 m / L$  y  $6.98 m / L$  en promedio, las cuales en comparación con los estándares nacionales de calidad de agua categoría **II**: riego de vegetales y bebida de animales y específicamente en la sub categoría **D2** que viene hacer bebida de animales, lo cual establece un valor mínimo de  $\geq 5.0 m / L$  para este parámetro, en lo cual deducimos que están dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normatividad vigente.

**Tabla 13***Medición de Oxígeno Disuelto*

Estación	Oxígeno disuelto (mg/L)				
	06.11.21	13.11.21	20.11.21	27.11.21	Promedio
E1	6.96	6.98	7.65	6.40	7.00
E2	6.94	6.92	7.63	6.45	6.98

Fuente: Elaboración propia.

**4.1.2. Resultados de Parámetros Físico Químicos****4.1.2.1. Aceites y Grasas**

Según los resultados del laboratorio, los valores obtenidos en promedio en las estaciones de muestreo  $E1 = < 1.0 \text{ m /L}$  y  $E2 = < 1.0 \text{ m /L}$ , las cuáles en comparación con los Estándares de Calidad de Agua están por debajo en la Categoría III: riego de vegetales y bebida de animales y específicamente la subcategoría *D2*: bebida de animales que establece un valor de  $10.0 \text{ m /L}$ , lo cual se cumple con este parámetro según la normativa vigente.

**Tabla 14***Concentración de Aceites y Grasas*

Estación	Aceites y grasas (mg/L)				
	06.11.21	13.11.21	20.11.21	27.11.21	Promedio
E1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
E2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**4.1.2.2. Cianuro WAD**

Se tiene los resultados de los muestreos en las estaciones *E1* y *E2*, las cuales mantienen un valor uniforme de  $< 0.001 \text{ m /L}$ , este valor obtenido en comparación con los ECA Agua categoría *I* : riego de vegetales y bebida de animales y específicamente la subcategoría *D2*: bebida de animales establece un valor de  $0.1 \text{ m /L}$ , la cual en comparación con los resultados obtenidos en el laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C., estas se encuentran dentro de los estándares nacionales de calidad de agua.

**Tabla 15***Concentración de Cianuro WAD*

Estación	Cianuro WAD (mg/L)				Promedio
	06.11.21	13.11.21	20.11.21	27.11.21	
E1	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
E2	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**4.1.2.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $D_{5}$ )**

En general los valores de la  $D_{5}$  en el río Santa son bajos, se observó que, en la todas las campañas realizadas, tanto en la estación de muestreo **E1** y **E2** que corresponden a aguas arriba y aguas abajo respecto a la relavera Ticapampa, tienen un valor menor que  $2.0 \text{ mg/L}$ .

Este valor según los Estándares de Calidad Ambiental de agua categoría **II** : riego de vegetales y bebida de animales y específicamente en la sub categoría **D2**: bebida de animales estable que debe ser como máximo  $15.0 \text{ mg/L}$  en la que es el  $D_{5}$ , la cual según las muestras realizadas en las aguas del río Santa este parámetro está por debajo de ellas, lo que implica una menor cantidad de demanda; la cual se deduce que a mayor grado de concentración más contaminada será el agua.

**Tabla 16***Concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno*

Estación	Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)				Promedio
	06.11.21	13.11.21	20.11.21	27.11.21	
E1	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
E2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**4.1.2.4. Demanda Química de Oxígeno**

En general los valores de la  $D$  en el río Santa son bajos, se observó que, en la todas las campañas realizadas, tanto en la estación de muestreo **E1** y **E2** tiene un valor menor

que 2.0 *m* /L, la cual significa que tiene un grado de contaminación menor, según el ECA de agua Categoría *III* establece como máximo 40.0 *m* /L.

**Tabla 17**

*Concentración de Demanda Química de Oxígeno*

Estación	Demanda química de oxígeno (mg/L)				
	06.11.21	13.11.21	20.11.21	27.11.21	Promedio
E1	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
E2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**4.1.2.5. Fenoles**

Según los resultados de las muestras obtenidas de las estaciones de muestreo *E1* y *E2* en el río Santa son bajos, se observó que, en la todas las campañas realizadas mantienen la casi la misma concentración. Lo cual deducimos que la concentración de fenoles en el río Santa es homogénea tanto aguas arriba como aguas abajo respecto a la relavera Ticapampa, lo cual está por debajo de los ECA de Agua Categoría *III* y sub categoría *D2*: bebida de animales que es de 0.01 *m* /L.

**Tabla 18**

*Concentración de Fenoles*

Estación	Fenoles (mg/L)				
	06.11.21	13.11.21	20.11.21	27.11.21	Promedio
E1	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
E2	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**4.1.2.6. Cloruros**

Las concentraciones de cloruro evaluadas en el río Santa en las estaciones de muestreo *E1* y *E2* tienen valores en promedio de 5.615 *m* /L y 6.137 *m* /L la cual en comparación con los ECA agua categoría *II* y sub categoría *D2*: bebida de animales

establece un valor de 500  $m /L$ , con lo cual afirmamos que la concentración de cloruros está por debajo de normatividad vigente.

**Tabla 19**

*Concentración de Cloruros*

Estación	Cloruros (mg/L)				
	06.11.21	13.11.21	20.11.21	27.11.21	Promedio
E1	5.778	5.071	6.471	5.142	5.615
E2	6.160	6.010	6.899	5.482	6.137

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**4.1.2.7. Nitratos**

Las concentraciones de nitratos en las estaciones de muestreo *E1* y *E2* tienen valores en promedio de 0.075  $m /L$  y 0.121  $m /L$  respectivamente, lo cual en comparación con los Estándares de Calidad de Agua para la categoría *II* , y específicamente la sub categoría *D2*: bebida de animales establece un valor de 100  $m /L$ , con lo cual afirmamos que la concentración de nitratos está por debajo de normatividad vigente.

**Tabla 20**

*Concentración de Nitratos*

Estación	Nitratos (mg/L)				
	06.11.21	13.11.21	20.11.21	27.11.21	Promedio
E1	0.085	0.065	0.078	0.075	0.075
E2	0.110	0.170	0.101	0.102	0.121

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C

**4.1.2.8. Nitritos**

Según los resultados de las muestras obtenidas de las estaciones de muestreo *E1* y *E2* en el río Santa son bajos, se observó que, en la todas las campañas realizadas mantienen la casi la misma concentración. Lo cual deducimos que la concentración de nitritos en el río Santa es homogénea tanto aguas arriba como aguas abajo respecto a la relavera Ticapampa,

lo cual está por debajo de los *E* de Agua Categoría *II* y sub categoría *D2*: bebida de animales que establece un valor de 100 *m* /*L*.

**Tabla 21**

*Concentración de Nitritos*

Estación	Nitritos (mg/L)				
	06.11.21	13.11.21	20.11.21	27.11.21	Promedio
E1	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015
E2	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**4.1.2.9. Sulfatos**

Las concentraciones de sulfatos en las estaciones de muestreo *E1* y *E2* tienen valores en promedio de 19.365 *m* /*L* y 23.122 *m* /*L* respectivamente, lo cual en comparación con los Estándares de Calidad de Agua para la categoría *III*, y específicamente la sub categoría *D2*: bebida de animales establece un valor de 1000 *m* /*L*, con lo cual afirmamos que la concentración de sulfatos está por debajo de normatividad vigente.

**Tabla 22**

*Concentración de Sulfatos*

Estación	Sulfatos (mg/L)				
	06.11.21	13.11.21	20.11.21	27.11.21	Promedio
E1	18.63	20.03	20.67	18.13	19.365
E2	22.83	23.32	25.34	21.00	23.122

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**4.1.2.10. Metales**

Según los muestreos realizados en las estaciones *E1* y *E2*, las cuales están ubicadas aguas arriba y aguas abajo con respecto a la relavera Ticapampa, se obtuvieron las muestras de agua para el análisis correspondiente de los parámetros definidos en un laboratorio de calidad de aguas acreditado por la INACAL que en nuestro caso se llevó al laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**Tabla 23***Concentración de Metales en la Estación de Muestreo E1*

Metales	Unidades	E1				Promedio
		06.11.21	13.11.21	20.11.21	27.11.21	
Plata	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Aluminio	mg/L	0.117	0.106	0.211	0.111	0.13625
Arsénico	mg/L	0.01394	0.01491	0.01324	0.01324	0.01383
Boro	mg/L	0.14	0.12	0.1526	0.133	0.1364
Bario	mg/L	0.0135	0.0121	0.0143	0.0128	0.01318
Bismuto	mg/L	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Calcio	mg/L	17.0	15.9	18.53	16.15	16.895
Cadmio	mg/L	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00001
Cerio	mg/L	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Cobalto	mg/L	0.00104	0.00092	0.00116	0.0001	0.00081
Cromo	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Cobre	mg/L	0.00127	0.00111	0.00142	0.00119	0.00125
Hierro	mg/L	0.4973	0.4532	0.552	0.472	0.49363
Mercurio	mg/L	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003
Potasio	mg/L	1.31	1.21	1.24	1.26	1.255
Litio	mg/L	0.0573	0.0503	0.0544	0.0544	0.0541
Magnesio	mg/L	2.402	2.001	2.1618	2.281	2.21145
Manganeso	mg/L	0.06	0.04	0.0672	0.057	0.05605
Molibdeno	mg/L	0.00117	0.00101	0.00127	0.00107	0.00113
Sodio	mg/L	6.028	5.921	5.364	5.726	5.75975
Níquel	mg/L	0.001	0.0008	0.0008	0.0009	0.00088
Fósforo	mg/L	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Plomo	mg/L	0.002	0.003	0.0022	0.0018	0.00225
Antimonio	mg/L	0.00038	0.00023	0.00017	0.00024	0.00026
Escandio	mg/L	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003
Selenio	mg/L	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Silicio	mg/L	4	3.98	3.52	3.80	3.825
Estaño	mg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Estroncio	mg/L	0.1158	0.1032	0.1273	0.1100	0.11408
Titanio	mg/L	0.0026	0.0019	0.0023	0.0024	0.0023
Talio	mg/L	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Uranio	mg/L	< 0.000003	< 0.000003	< 0.000003	< 0.000003	< 0.000003
Vanadio	mg/L	0.0004	0.0003	0.0006	0.00035	0.00041
Wolframio	mg/L	0.005	0.004	0.0056	0.0047	0.00483
Itrio	mg/L	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Zinc	mg/L	0.017	0.019	0.018	0.016	0.0175
Circonio	mg/L	< 0.003	< 0.003	0.003	0.005	0.005

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

En la estación de muestreo *E2* ubicado a aguas abajo respecto a la relavera Ticapampa, en la que realizó cuatro campañas de muestreo, las cuales fueron llevadas a un laboratorio de calidad de aguas certificado por la INACAL, por la cual se tiene los siguientes resultados:

**Tabla 24**

*Concentración de Metales en la Estación de Muestreo E2*

Metales	Unidades	E2				Promedio
		06.11.21	13.11.21	20.11.21	27.11.21	
Plata	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Aluminio	mg/L	0.322	0.221	0.347	0.305	0.299
Arsénico	mg/L	0.04917	0.04001	0.04671	0.04671	0.04565
Boro	mg/L	0.164	0.1541	0.1787	0.155	0.163
Bario	mg/L	0.0165	0.0171	0.028	0.0156	0.0193
Berilio	mg/L	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003
Bismuto	mg/L	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Calcio	mg/L	17.31	15.84	18.69	16.44	17.07
Cadmio	mg/L	0.00055	< 0.00001	0.00055	0.00055	0.00055
Cerio	mg/L	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Cobalto	mg/L	0.00124	0.00133	0.00133	0.00101	0.00123
Cromo	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Cobre	mg/L	0.00358	0.00301	0.004	0.00299	0.00340
Hierro	mg/L	1.073	1.074	1.191	1.019	1.089
Mercurio	mg/L	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003	< 0.00003
Potasio	mg/L	1.35	1.27	1.28	1.30	1.3
Litio	mg/L	0.0547	0.0501	0.0519	0.0519	0.0522
Magnesio	mg/L	2.585	2.275	2.3265	2.455	2.4104
Manganeso	mg/L	0.11639	0.09631	0.1303	0.1105	0.1134
Molibdeno	mg/L	0.00122	0.00106	0.00132	0.00112	0.00118
Sodio	mg/L	6.002	5.903	5.341	5.701	5.737
Níquel	mg/L	0.0013	0.0011	0.0011	0.0010	0.0011
Fósforo	mg/L	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Plomo	mg/L	0.0055	0.0049	0.0060	0.005	0.005
Antimonio	mg/L	0.00075	0.00061	0.00034	0.00062	0.0006
Escandio	mg/L	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.003
Selenio	mg/L	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Silicio	mg/L	4.5	4.12	3.96	4.27	4.2125
Estaño	mg/L	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

Estroncio	mg/L	0.1209	0.1121	0.1329	0.1148	0.1202
Titanio	mg/L	0.0084	0.0071	0.0076	0.0080	0.0078
Talio	mg/L	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Uranio	mg/L	< 0.000003	< 0.000003	< 0.000003	< 0.000003	< 0.000003
Vanadio	mg/L	0.0009	0.0008	0.0011	0.00081	0.00090
Wolframio	mg/L	0.005	0.004	0.005	0.0053	0.0048
Itrio	mg/L	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Zinc	mg/L	0.075	0.068	0.081	0.069	0.0733
Circonio	mg/L	0.003	0.004	0.004	0.005	0.004

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

### 4.1.3. Resultados de Parámetros Microbiológicos

#### 4.1.3.1. Coliformes Termotolerantes

Las concentraciones de coliformes termotolerantes en las estaciones de muestreo *E1* y *E2* tienen valores en promedio de 355 *N* /100 *m* y 927 *N* /100 *m* respectivamente, lo cual en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en la categoría *II* : riego de vegetales y bebida de animales, y específicamente la sub categoría *D2*: bebida de animales establece un valor de 1000 *N* /100 *m* , con lo cual afirmamos que la concentración de coliformes termotolerantes está por debajo de normatividad vigente.

**Tabla 25**

*Concentración de Coliformes Termotolerantes*

Estación	Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)				
	06.11.21	13.11.21	20.11.21	27.11.21	Promedio
E1	330	412	369	310	355
E2	940	836	1052	883	927

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

#### 4.1.3.2. Escherichia Coli

Las concentraciones de escherichia coli en las estaciones de muestreo *E1* y *E2* tienen valores en promedio de 88 *N* /100 *m* y 471 *N* /100 *m* respectivamente, lo cual en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en la categoría *II* :

riego de vegetales y bebida de animales, y específicamente la sub categoría *D2*: bebida de animales establece un valor de 1000 *N* /100 *m* , con lo cual afirmamos que la concentración de coliformes termotolerantes está por debajo de normatividad vigente.

**Tabla 26**

*Concentración de Escherichia Coli*

Estación	Escherichia Coli (NMP/100 ml)				Promedio
	06.11.21	13.11.21	20.11.21	27.11.21	
E1	79	111	88	75	88
E2	490	389	543	465	471

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

#### 4.1.3.3. Huevos de Helmintos

Según los resultados de las muestras obtenidas de las estaciones de muestreo *E1* y *E2* en el río Santa son bajos, se observó que, en la todas las campañas realizadas mantienen la casi la misma concentración. Lo cual deducimos que la concentración de huevos de helmintos en el río Santa es homogénea tanto aguas arriba como aguas abajo respecto a la relavera Ticapampa, lo cual está por debajo de los ECA de Agua Categoría *II* y sub categoría *D2*: bebida de animales que establece un valor de 1 *N* /100 *m* .

**Tabla 27**

*Concentración de Huevos de Helmintos*

Estación	Huevos de helmintos (Huevo/L)				Promedio
	06.11.21	13.11.21	20.11.21	27.11.21	
E1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
E2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

## 4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

### 4.2.1. Contrastación de la Hipótesis General

#### Hipótesis Nula

$H_0$  : El pasivo ambiental minero con cierre definitivo no influye significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022.

#### Hipótesis Alternativa

$H_1$  : El pasivo ambiental minero con cierre definitivo influye significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022.

**Tabla 28**

*Cuadro Comparativo entre ECA Agua y el Promedio de Muestras E2*

Parámetros	Unidades	ECA Agua	Promedio
		Categoría III D2	muestras E2
<b>Parámetros Físicos químicos</b>			
Conductividad	μS/cm	5000	150.000
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/L	5	6.987
Potencia de Hidrógeno	U. de pH	6.5	7.083
Temperatura	°C	20	20.050
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	10	1.000
Cianuro WAD	mg/L	0.1	0.001
Demanda Bioquímica De Oxígeno	mg/L	15	2.000
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40	2.000
Fenoles	mg/L	0.01	0.001
Nitratos	mg/L	100	0.121
Nitritos	mg/L	10	0.015
Sulfatos	mg/L	1000	23.123
<b>Metales y Metaloides</b>			
Aluminio	mg/L	5	0.299
Arsénico	mg/L	0.2	0.046
Boro	mg/L	5	0.163
Berilio	mg/L	0.1	0.001
Cadmio	mg/L	0.005	0.001

Cobalto	mg/L	1	0.001
Cromo	mg/L	1	0.001
Cobre	mg/L	0.5	0.003
Mercurio	mg/L	0.01	0.001
Litio	mg/L	2.5	0.052
Magnesio	mg/L	250	2.410
Níquel	mg/L	1	0.001
Plomo	mg/L	0.05	0.005
Selenio	mg/L	0.05	0.050
Zinc	mg/L	24	0.073
<b>Microbiológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1000	927.750

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

Los datos de la tabla 28, se procesa en el programa IBM SPSS Statistics, para obtener la correlación entre las variables de la hipótesis general.

La tabla 29 se tiene el grado de relación entre la variable independiente y la variable dependiente. Entre ellos, el coeficiente de correlación y el grado de significancia.

### Tabla 29

*Correlación entre las Variables de la Hipótesis General*

		V.I	V.D
Rho de Spearman	V.I	1,000	,834**
			<.001
	N	28	28
V.D		,834**	1,000
		<.001	
	N	28	28

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia.

En este estudio, el valor de correlación es igual a 83.40 %, lo que indica una correlación alta y directa y, por lo tanto, respalda el modelo de investigación desarrollado.

El valor de  $S$  . se denomina valor de significación, cuanto más bajo sea el  $S$  ., es decir, cuanto menor sea la probabilidad de que la casualidad haya producido el resultado observado, menor será el porcentaje de error.

De acuerdo con la tabla 28, con la cual se procesa los valores en el IBM SPSS Statistics, mediante la correlación de Spearman, la cual en la tabla 29, se muestra los resultados obtenidos, el valor de significancia ( $S$  .) es igual a  $< 0.001$ , lo que corresponde a 0.1%, que está por debajo del margen de error de 5.0% recomendado según la teoría estadística aceptada, que permite rechazar la variable original desde la perspectiva de la correlación de variables. Se asume y se acepta la hipótesis alternativa. Entonces esto significa que la correlación obtenida de la muestra es significativa.

En conclusión, el pasivo ambiental minero con cierre definitivo influye significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022.

#### **4.2.2. Contrastación de la Hipótesis Específicas**

##### **4.2.2.1. Contrastación de la Hipótesis Específica 1**

###### **Hipótesis Nula**

$H_0$  : El depósito de relave minero con cierre definitivo no influye significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022.

###### **Hipótesis Alternativa**

$H_1$  : El depósito de relave minero con cierre definitivo influye significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022.

**Tabla 30***Cuadro Comparativo entre el Promedio de Muestras E1 y E2*

Parámetros	Unidades	Promedio de muestras E1	Promedio de muestras E2
<b>Parámetros Físicos químicos</b>			
Conductividad	µS/cm	135.175	150.000
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/L	7.000	6.987
Potencia de Hidrógeno	U. de pH	7.255	7.083
Temperatura	°C	19.900	20.050
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	1.000	1.000
Cianuro WAD	mg/L	0.001	0.001
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.000	2.000
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	2.000	2.000
Fenoles	mg/L	0.001	0.001
Nitratos	mg/L	0.076	0.121
Nitritos	mg/L	0.015	0.015
Sulfatos	mg/L	19.365	23.123
<b>Metales y Metaloides</b>			
Aluminio	mg/L	0.136	0.299
Arsénico	mg/L	0.013	0.046
Boro	mg/L	0.136	0.163
Berilio	mg/L	0.000	0.001
Cadmio	mg/L	0.000	0.001
Cobalto	mg/L	0.001	0.001
Cromo	mg/L	0.001	0.001
Cobre	mg/L	0.001	0.003
Mercurio	mg/L	0.000	0.001
Litio	mg/L	0.054	0.052
Magnesio	mg/L	2.211	2.410
Níquel	mg/L	0.001	0.001
Plomo	mg/L	0.002	0.005
Selenio	mg/L	0.050	0.050
Zinc	mg/L	0.017	0.073
<b>Microbiológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	355.250	927.750

Fuente: Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

Los datos obtenidos en la tabla 30, se procesa en el programa IBM SPSS Statistics, para obtener la correlación entre las variables de la hipótesis específica 1.

**Tabla 31**

*Correlación entre las Variables de Hipótesis Específica 1*

			V.ID1	V.D
Rho de Spearman	V.ID1	Coefficiente de correlación	1,000	,952**
		Sig. (bilateral)	.	<.001
		N	28	28
	V.D	Coefficiente de correlación	,952**	1,000
		Sig. (bilateral)	<.001	.
		N	28	28

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede visualizar en la tabla 31 la correlación de Spearman en relación a la variable independiente: Dimensión 1 (V.ID1) con respecto de la variable dependiente.

En presente estudio, el valor de correlación es igual 95.20%, lo que indica un correlación alta y directa y, por lo tanto, respalda el modelo de investigación desarrollada.

De acuerdo con la tabla 30, los valores obtenidos se procesan el IBM SPSS Statistics, por lo cual se obtiene la correlación de Spearman de estos valores la cual se muestra en la tabla 31, el valor de significancia ( $S$  .) es igual a  $< 0.001$ , lo que equivale a 0.1%, que está por debajo del margen de error de 5.0% recomendado según la teoría estadística aceptada, lo que permite el rechazo de variables originales desde la perspectiva de la correlación de las variables. Se asume y se acepta la hipótesis alternativa. Entonces esto significa que la correlación obtenida de la muestra es significativa.

En conclusión, el depósito de relave minero con cierre definitivo influye significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022.

#### 4.2.2.2. Contrastación de la Hipótesis Específica 2

##### Hipótesis Nula

$H_0$  : Los efluentes líquidos de mina con cierre definitivo no influyen significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022.

##### Hipótesis Alternativa

$H_1$  : Los efluentes líquidos de mina con cierre definitivo influyen significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022.

**Tabla 32**

*Cuadro Comparativo entre el LMP para Descargas y Efluente Líquido de Mina*

Parámetros	Unidades	Límite para el promedio anual	Efluente líquido de mina
pH	U. de pH	6 - 9	5.830
Aceites y Grasas	mg/L	16.000	10.000
Cianuro Total	mg/L	0.800	0.300
Arsénico Total	mg/L	0.080	0.108
Cadmio Total	mg/L	0.040	0.023
Cromo	mg/L	0.080	0.001
Cobre Total	mg/L	0.400	0.121
Hierro	mg/L	1.600	1.000
Plomo	mg/L	0.160	0.024
Mercurio Total	mg/L	0.002	0.000
Zinc Total	mg/L	1.200	0.075

Fuente: Datos procesados de la información pública del MINEM.

Los datos obtenidos en la tabla 31, se procesa en el programa IBM SPSS Statistics, para obtener la correlación de Rho de Spearman entre las variables de la hipótesis específica 2 (variable independiente: Dimensión 2 y la variable dependiente), obteniéndose el grado de significancia que para nuestro cálculo debe ser inferior al 5%.

**Tabla 33***Correlación entre las Variables de Hipótesis Específica 2*

		V.ID2	V.D
Rho de Spearman	V.ID2	1,000	,902**
	Sig. (bilateral)	.	<.001
	N	11	11
V.D	V.D	,902**	1,000
	Sig. (bilateral)	<.001	.
	N	11	11

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia.

En el presente estudio, el valor de correlación es igual a 90.20%, lo que indica una correlación directa, alta y, por lo tanto, respalda el modelo de estudio desarrollada.

De acuerdo con la tabla 32, los valores obtenidos se procesan el IBM SPSS Statistics, por lo cual se obtiene la correlación de Spearman de estos valores la cual se muestra en la tabla 33, el valor de significancia ( $S$  .) es igual a  $< 0.001$ , lo que equivale a 0.1%, que está por debajo del margen de error de 5.0% recomendado según la teoría estadística aceptada, lo que permite el rechazo de variables originales desde la perspectiva de la correlación de las variables. Se asume y se acepta la hipótesis alternativa. Entonces esto significa que la correlación obtenida de la muestra es significativa.

En conclusión, los efluentes líquidos de mina con cierre definitivo influyen significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022.

#### 4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Romero et al. (2010), en el “Estudio de los metales pesados en el relave abandonado de Ticapampa” hace referencia a los metales pesados presentes, la cual es un residuo sólido minero, resultado de operaciones de tratamiento de beneficio metalúrgico por flotación, que constituye un importante pasivo ambiental minero, que se encuentra alterando produciendo

un impacto negativo en la zona de influencia de esta, debido a la contaminación del medio natural de la cuenca del río Santa.

Se estableció el cumplimiento de la normativa vigente del plan de cierre de pasivos ambientales mineros de la relavera Ticapampa por la empresa Minera Yahuarcocha S.A.C., encargada de remediar el área en mención que comprendió un conjunto de actividades que van desde la preparación del plan de cierre de pasivos ambientales mineros hasta la etapa del post cierre, para cumplir con objetivos ambientales y sociales específicos para el estudio.

En la evaluación y el monitoreo del plan de cierre definitivo de la relavera Ticapampa se realizó muestras en los cuerpos de agua superficial del río Santa los parámetros evaluados según la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, en particular la sub categoría D2: bebida de animales y está en comparación con los valores obtenidos de las muestras de agua en la estación de muestreo  $E_2$  en el laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C., estas se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la normatividad vigente.

Los resultados obtenidos contrastan con los objetivos esperados de la investigación de la efectividad del pasivo ambiental minero con cierre definitivo, frente a las aguas del río Santa, lo cual queda demostrado que un pasivo ambiental minero con un cierre definitivo influye de manera significativa y positiva en la calidad del agua del río Santa; y ésta será monitoreada periódicamente por las autoridades competentes para el cumplimiento del equilibrio químico y físico a largo plazo en toda el área de influencia de la relavera.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

En el presente estudio, el depósito de relaves mineros con cierre definitivo influye significativamente en la calidad de agua del río Santa, región Áncash, 2022, según la tabla 30 podemos visualizar que las aguas arriba respecto a la relavera Ticapampa que viene a hacer la estación de muestreo  $E_1$  tienen menor concentración en referencia a metales pesados en comparación con las aguas abajo que en nuestro es la estación de muestreo  $E_2$ , en la que se destaca los siguientes metales pesados: arsénico, cobre, hierro, plomo y zinc, ya que en dicha zona aflora minerales de

sulfuro, que contine como elemento principal el azufre, como vetas de galena y blenda. Comparando con los Estándares de Calidad Ambiental Agua Categoría 3 y subcategoría D2, éstas se encuentran dentro de los límites máximos permisibles por lo que se cumple con la normatividad vigente.

En el presente estudio. los efluentes líquidos de mina con cierre definitivo influyen significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022, la descarga de efluentes líquidos de mina se evaluó de acuerdo a los límites máximos permisibles de descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas de acuerdo al Decreto Supremo N° 010 - 2010 – MINAM, en la cual los valores obtenidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos, a excepción de la concentración de arsénico que está por encima de lo establecido que es de  $0.080 \text{ mg /L}$  límite promedio anual, lo cual en el muestreo nos da un valor de  $0.108 \text{ mg /L}$ .

En el presente estudio, el pasivo ambiental minero con cierre definitivo influye de manera significativa y positiva en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022, los parámetros evaluados según la categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, en particular la sub categoría D2: bebida de animales y ésta en comparación con los valores obtenidos de las muestras de agua en la estación de muestreo  $E_2$  en el laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C., estas se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la normatividad vigente por lo que garantiza el equilibrio químico y físico a largo plazo en toda el área de influencia de la relavera.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- a. Se recomienda hacer un estudio de monitoreo a largo plazo en la calidad de las aguas del río Santa, de acuerdo a los parámetros físicos – químicos y microbiológicos, abarcado toda la cuenca hidrográfica.

- b. Se recomienda un estudio más detallado de la calidad de agua del río Santa para caracterizar el área e identificar las fuentes de contaminación y realizar un estudio geográfico.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. (2016). Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. In *Ana* (p. 59). [https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/turismo/asuntos\\_ambientales\\_turisticos/Normas\\_Ambientales/Normas\\_Ambientales\\_Transversales/Recursos\\_Hidricos/RJN\\_010\\_2016\\_ANA.pdf](https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/turismo/asuntos_ambientales_turisticos/Normas_Ambientales/Normas_Ambientales_Transversales/Recursos_Hidricos/RJN_010_2016_ANA.pdf)
- ANA. (2020). *Diagnóstico hídrico rápido de la cuenca del río Santa como fuente de agua y servicios ecosistémicos hídricos para la EPS SEDALIB S.A.*
- Arias Gómez, J., Villasís Keever, M. Á., & Miranda Novales, M. G. (2016). El Protocolo de Investigación III: La Población de Estudio. *Revista Alergia Mexico*, 63(2), 201–206. <https://doi.org/10.29262/ram.v63i2.181>
- Ávila Baray, H. L. (1999). *Introducción a la Metodología de la Investigación* (Eumed.net (ed.); Vol. 1, Issue 10).
- Bavaresco de Prieto, A. M. (2013). Proceso Metodológico en la Investigación. In *Imprenta Internacional, CA* (Vol. 6).
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación* (Pearson (ed.); Tercera Ed).
- Castillo, L., Satalaya, C., Paredes, U., Encalada, M., Zamora, J., & Cuadros, A. (2021). Contraloría General De La República Auditoría de Desempeño sobre Gobernanza para El Manejo Integral De Los Pasivos Ambientales Mineros. *Contraloría General de La República Del Perú (CGR)*.
- Cervantes Neira, J., & Quito Quilla, S. J. (2019). *Evaluación del riesgo ambiental generado por pasivos mineros en la calidad de agua superficial*.
- Congreso de la República. (2004). Ley N° 28271 - Ley que regula los pasivos ambientales de la Actividad Minera. *Minam*, 53(9), 1–30.
- Contreras Blanco, L. F. (2018). La Contaminación por Hierro - Plomo y su afectación en parámetros de Calidad del Agua en el río Chillón, estación San Diego – Noviembre, 2018. In *Universidad Ricardo Palma*.
- Corzo Remigio, A. (2015). *Impacto de los pasivos ambientales mineros en el recurso hídrico de la microcuenca quebrada Párac, Distrito de San Mateo de Huanchor, Lima*.
- Diamantini, E., Lutz, S. R., Mallucci, S., Majone, B., Merz, R., & Bellin, A. (2018). Driver

- detection of water quality trends in three large European river basins. *Science of the Total Environment*, 612, 49–62. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.172>
- DIGESA. (2009). *Parámetros Organolépticos* (GESTA AGUA (ed.)).  
[http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO DE USO 1.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO_DE_USO_1.pdf)
- Encinas Malagón, M. D. (2011). Medio Ambiente y Contaminación. Principios Básicos. In *Addi.Ehu.Es* (1° Edición).  
<https://bit.ly/2QDqF6R%0Ahttp://hdl.handle.net/10810/16784>
- Enríquez Sánchez, J. J. (2018). *Caracterización de pasivos ambientales mineros en la microcuenca de la quebrada Campanas de la Parroquia San Carlos de las Minas, Cantón Zamora y Provincia de Zamora Chinchipe*.
- Faleiro Naves, P. L. (2010). *Formación de biopelículas por Escherichia coli y su correlación con factores de virulencia : prevención y actividad de antimicrobianos frente a organismos planctónicos y asociados a biopelículas*.  
<http://eprints.ucm.es/9780/1/T31422.pdf>
- García Ubaque, C. A., García Vaca, M. C., & Agudelo Rodríguez, C. F. (2014). *Evaluación y diagnóstico de pasivos ambientales mineros en la Cantera Villa Gloria en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C.* 18(42), 90–102.
- Haas Velito, E. (2005). *Aspectos microbiológicos en la Calidad del Agua*. 4(2), 53–56.  
[https://doi.org/10.1016/s1578-1550\(05\)75110-x](https://doi.org/10.1016/s1578-1550(05)75110-x)
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6th ed.). Mc Graw Hill Education.
- Hernández Sampieri , Roberto Fernández Collado, C., & Baptista Lucío, P. (2010). *Metodología de la investigación*.
- Jara Facundo, M. A. (2003). *Distribución De Metales Pesados En Agua Y Sedimentos Y Sus Efectos Sobre La Vida Acuatica En La Cuenca Superior Del Río Santa* (p. 171).
- Jorquera Aliste, M. (2019). *Pasivos Ambientales Mineros – Conflictos Ambientales Y Percepción De La Contaminación Y De La Salud De La Población*.
- Kirschbaum, A., Murray, J., Arnosio, M., Tonda, R., & Cacciabue, L. (2012). *Pasivos ambientales mineros en el noroeste de Argentina: aspectos mineralógicos, geoquímicos y consecuencias ambientales*. 248–264.
- Mayca Zegarra, G. C. G. (2019). *Calidad De Agua Del Río Rímac Sector Chicla, Provincia*

*De Huarochiri, Departamento De Lima.*

- Méndez Valencia, S., & Cuevas Romo, A. (2016). *Manual introductorio al SPSS Statistics Standard Edition 22* (Universidad de Celaya (ed.)).  
[https://www.fibao.es/media/uploads/manual\\_de\\_spss\\_universidad\\_de\\_celaya.pdf](https://www.fibao.es/media/uploads/manual_de_spss_universidad_de_celaya.pdf)
- MINAM. (2010). Decreto Supremo N°010-2010-MINAM. In *El Peruano* (p. 4).  
[http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds\\_010-2010-minam.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_010-2010-minam.pdf)
- MINAM. (2017). *Decreto Supremo N° 004 - 2017 - MINAM*. 10–19.
- MINSA. (2010). *Informe N° 001860 - 2010/DEPA-APRHI/DIGESA*.
- Pabón, B., & Villa, S. (2020). *Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción*. *14*(27), 9–18.
- Pari Huaquisto, D. C. (2017). *Efectos de los relaves mineros en la calidad del agua del río Ananea - Puno*.
- Pavón León, P., & Gogeochea Trejo, M. del C. (2010). Metodología de la Investigación. In *Universidad Veracruzana, Instituto de Ciencias de la Salud*.  
<http://sapp.uv.mx/univirtual/especialidadesmedicas/mi2/modulo1/docs/Diseñosde...pdf>
- Pisfil Calle, Y. R. (2019). Remediación de suelos contaminados en operaciones de perforación en nor-oeste y selva. *Aprovechamiento y Gestión Sustentable Del Ambiente*, 1–110.
- Quispe Andía, A., & Calla Vazquez, K. (2019). *Estadística no paramétrica aplicada a la investigación científica* (EIDEC (ed.); Bogotá, Co).
- Rodríguez, R., Del Rocío Estupiñán, M., Iglesias, M., & Castillo, E. (2007). Evaluación del riesgo ambiental de los pasivos ambientales de la Cuenca Alta del Río Santa, en el Departamento de Ancash, Perú. *V Congreso Internacional de Medio Ambiente En Minería y Metalurgia, Lima, Perú*.
- Romero, A. A., Flores, S. L., & Medina, R. (2008). Estudio de los metales pesados en el relave abandonado de Ticapampa. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, *11*(22), 13–16.
- Romero, A. A., Flores, S. L., & Pacheco, W. W. (2010). Estudio de la calidad de agua de la cuenca del río Santa. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, *13*(25), 61–69.
- Sabino, C. (1996). El Proceso de Investigación. *El Proceso De Investigación*, *4*, 92.

<https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35032164/55-sabino-pp1-92.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1518968529&Signature=z2UyLbNGjtlUVNjrHJ9ueRKqmIE%3D&response-content-disposition=inline%3B filename%3D55-sabino-pp1-92.pdf>

- Sáinz Fuertes, A., & Santiago Gutiérrez, B. (2008). Metodología Científica en la Economía de la Empresa: El Diseño del Proceso de Investigación. *Revista Estratégicas*, Vol.16, 19.
- Salinas, P. J. (2010). *Metodología de la Investigación Científica* (Universidad de Los Andes (ed.); Facultad de).
- Santillán, M. (2002). Los Términos Teóricos en La Ciencia. *Cuadernos de La Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Jujuy*, 15, 121–125.
- Servicio Nacional de Geología y Minería SERNAGEOMIN. (2016). Guía para el cumplimiento de DS248 Depósitos de relaves bajo producción de 5000 tpm. In *SERNAGEOMIN* (p. 53).
- Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico* (E. de la U (ed.); 1º Edición).
- Simate, G. S., & Ndlovu, S. (2014). *Acid mine drainage: Challenges and opportunities Geoffrey*. 2, 1785–1787.
- Supo, F., & Cavero, H. (2014). *Fundamentos Teóricos y Procedimentales de la Investigación Científica en Ciencias Sociales* (F. Supo (ed.)).
- Surichaqui Díaz, R. (2016). “ *Estudio de la Metodología para las Instalaciones abandonadas de Residuos Mineros.*”
- Tumialán De La Cruz, P. H. (2004). La Geología En Relación Al Sistema Ecológico En El Perú. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 7(13), 9–15.
- Villena Chávez, J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 304–308.  
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>
- Zbinden Véliz, A. M. (2011). *Evaluación del riego con agua clara de relave alta en molibdeno y sulfatos sobre la calidad del suelo y del forraje.*

## 7. ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de Consistencia

Evaluación de los efectos del pasivo ambiental minero con cierre definitivo y la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN
<p><b>1. PROBLEMA GENERAL</b> ¿En qué medida el pasivo ambiental minero con cierre definitivo influye en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022?</p> <p><b>2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>a. ¿Cómo el depósito de relave minero con cierre definitivo influye en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022?</p> <p>b. ¿Cómo el efluente líquido de mina con cierre definitivo influye en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022?</p>	<p><b>1. OBJETIVO GENERAL</b> Demostrar que el pasivo ambiental minero con cierre definitivo influye significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022.</p> <p><b>2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>a. Demostrar que el depósito de relave minero con cierre definitivo influye significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022.</p> <p>b. Demostrar que los efluentes líquidos de mina con cierre definitivo influyen significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022.</p>	<p><b>1. HIPÓTESIS GENERAL</b> El pasivo ambiental minero con cierre definitivo influye significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022.</p> <p><b>2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b></p> <p>a. El depósito de relave minero con cierre definitivo influye significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022.</p> <p>b. Los efluentes líquidos de mina con cierre definitivo influyen significativamente en la calidad del agua del río Santa, región Áncash, 2022.</p>	<p><b>1. VARIABLE CAUSA</b> X: Pasivo ambiental minero</p> <p><b>DIMENSIONES</b> X1: Depósito de relaves mineros X2: Efluentes líquidos de mina</p> <p><b>2. VARIABLE EFECTO</b> Y: Calidad del agua</p> <p><b>DIMENSIONES</b> Y1: Parámetros físicos –químicos Y2: Parámetros Microbiológicos</p>	<p><b>1. TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> Observacional, prospectivo, transversal y analítico.</p> <p><b>2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b> Explicativo</p> <p><b>3. POBLACIÓN</b> La población de estudio está conformada por las aguas del río Santa, distrito de Cátac, provincia de Recuay, región Áncash, período 2022.</p> <p><b>4. MUESTRA</b> Se realizó un muestreo por conveniencia en la que se estudiará el tramo de 200 metros río arriba y 200 metros río abajo, respecto a la relavera Ticapampa.</p> <p><b>5. TÉCNICAS</b> Análisis documental</p> <p><b>6. INSTRUMENTOS</b> Registro</p>

--	--	--	--	--

## Anexo 2. Certificado de validez de contenido del instrumento que mide la calidad del agua

Nº	Calidad del agua	Relevancia <sup>1</sup>		Representatividad <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias/Observaciones
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>Dimensión 1: Parámetros Físicos – Químicos</b>							
1	¿Cuánto es la temperatura del agua?							
2	¿Qué contenido de potencia de hidrógeno tiene el agua?							
3	¿Cuánto es la conductividad eléctrica del agua?							
4	¿Cantidad de oxígeno disuelto en el agua?							
5	¿Contenido de aceites y grasas en el agua?							
6	¿Concentración de cianuro wad en el agua?							
7	¿Contenido de demanda bioquímica de oxígeno en el agua?							
8	¿Contenido de demanda química de oxígeno en el agua?							
9	¿Concentración de fenoles en el agua?							
10	¿Contenido de cloruros en el agua?							
11	¿Concentración de nitratos en el agua?							
12	¿Cuánto es el contenido de nitritos en el agua?							
13	¿Contenido de sulfatos en el agua?							
14	¿Concentración de metales que hay en agua?							
	<b>Dimensión 2: Parámetros Microbiológicos</b>							
15	¿Cantidad de coliformes termotolerantes en el agua?							
16	¿Concentración de escherichia coli en el agua?							
17	¿Cantidad huevos de Helmintos en el agua?							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:      Aplicable [  ]      Aplicable después de corregir [  ]      No aplicable [  ]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr./Mg: \_\_\_\_\_ DNI: \_\_\_\_\_

Especialidad del validador: \_\_\_\_\_

<sup>1</sup>Relevancia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado

<sup>2</sup>Representatividad: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

\_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 2022

\_\_\_\_\_

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante

### Anexo 3. Matriz de Opinión de Jueces

Inserte Valores

mín	0	
máx	1	
k	1	
n	5	
sig	1.96	95%

		Juez	Juez	Juez	Juez	Juez	Media	DE	V de Aiken (0.86)	Interpretación V	Intervalo de Confianza	
		1	2	3	4	5					Inferior	Superior
1. ¿Cuánto es la temperatura del agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	1	0	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
2. ¿Qué contenido de potencia de hidrógeno tiene el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	0	1	1	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
3. ¿Cuánto es la conductividad eléctrica del agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	0	1	1	1	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
4. ¿Cantidad de oxígeno disuelto en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	0	1	1	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
5. ¿Contenido de aceites y grasas en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	0	1	1	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
6. ¿Concentración de cianuro wad en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
7. ¿Contenido de demanda bioquímica de oxígeno en el agua?	Relevancia	1	1	1	0	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00

8. ¿Contenido de demanda química de oxígeno en el agua?	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
---	----------	---	---	---	---	---	------	------	------	--------	------	------

		Juez	Juez	Juez	Juez	Juez	Media	DE	V de Aiken (0.86)	Interpretación V	Intervalo de Confianza	
		1	2	3	4	5					Inferior	Superior
9. ¿Concentración de fenoles en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	0	1	1	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
10. ¿Contenido de cloruros en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
11. ¿Concentración de nitratos en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	0	1	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
12. ¿Cuánto es el contenido de nitritos en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
13. ¿Contenido de sulfatos en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	0	1	1	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
14. ¿Concentración de metales que hay en agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	0	1	1	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
15. ¿Cantidad de coliformes termotolerantes en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	0	1	1	1	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
16. ¿Concentración de escherichia coli en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	0	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
17. ¿Cantidad huevos de Helmintos en el agua?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	0	1	1	1	0.80	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00

## Anexo 4. Resultados de Análisis de Laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA  
CON REGISTRO Nº LE-047



### INFORME DE ENSAYO Nº 124542 - 2021 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL	RAMPAZ MOUNA RUBÉN
DOMICILIO LEGAL	MUNICIPALIDAD DE LA CIUDAD DE SAN JUAN DE LOS RIOS
SOLICITADO POR	RAMPAZ MOUNA RUBÉN
REFERENCIA	RESERVADO POR EL CLIENTE
FRECUENCIA	ANUAL
RESPONSABLE ANÁLISIS	QUIM. BEBEY Y. Fajardo León
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	2021-11-08
FECHA DE FIN DE ENSAYOS	2021-11-08
MUESTREO POR	EL CLIENTE

#### 1. METODOLOGÍA:

Ref.	Unid.	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
1203	LME	Aceites e Grases	SMSW-APHA-AWWA-WET Part. 9520 B, 22nd Ed. 2012	Oil and Grease, Liquid, Partition - Gravimetric Method
8100	LME	Artenos por Cromatografía iónica	EPA METHOD 300.1 Rev. 3, 1997 (validado)	Determination of Inorganic Arsenic in Drinking Water by Ion Chromatography
11567	LME	Gases Waf (Skalar)	ASTM D6888-08 (Reafirmado), 2009	Standard Test Methods for Available Carbon with Liquid Displacement Flow Injection Analysis (LFI) Using Gas Diffusion Separation and Amperometric Detection
12146	LME	Coliformes Termotolerantes	SMSW-APHA-AWWA-WET Part. 922 F-1, 22nd Ed. 2012	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group (Total Coliform Test (in Medium)
12338	LME	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMSW-APHA-AWWA-WET Part. 920 D, 22nd Ed. 2012	Chemical Oxygen Demand (COD) - Closed Reflux, Colorimetric Method
11589	LME	Fenoles (Skalar)	ISO 14402 (Validado), 1st Ed. 1999	Water quality - Determination of phenol index by flow analysis (FA and CIA)
12838	LME	Fósforo total los fósforo (Fósforo total)	EPA METHOD 365.3, 1999	Phosphorus, All Forms (Colorimetric Ascorbic Acid, Two-Stage)
11420	LME	Materia Total por OP-MS	EPA 8203A, rev. 3 February 2007	Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry
11038	LME	Nitrógeno Total (Skalar)	ISO 29441 (Validado), 1st. Ed. 2010	Water quality - Determination of total nitrogen after UV digestion - Method using flow analysis (FA and FA) and spectrometric detection

Lima, 06 de diciembre del 2021

Quim. Bebey Y. Fajardo León  
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

Página 1 de 2

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Nazareno Unidos N° 1585 Urb. Chusca San Isidro - Lima \*Oficina Administrativa Pasaje Coorina Mito de Turner N° 2070 - Lima  
\*Central Telefónica (511) 425-0885 \*Web: www.vaguen.com \*Correo Electrónico vaguen@vaguen.com

CC: 11/102/06/0011 25/11/2021

Nota: Datos obtenidos del análisis de Laboratorio.

Fuente: Servicios Analíticos Generales S.A.C. (2021).



INFORME DE ENSAYO N° 124562 - 2021 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL	: RALPARI MOLINA RUBEN
DOMICILIO LEGAL	: NUEVA JERUSALEM LA FLORIDA SECC HUANTA HUANTA AYACUCHO
SOLICITADO POR	: RALPARI MOLINA RUBEN
REFERENCIA	: RESERVADO POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA	: ANCAH
RESPONSABLE ANALISIS	: DIANA BORBAY Y. FAJARDO LEÓN
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 2021-11-06
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS	: 2021-11-06
MUESTREO POR	: EL CLIENTE

II. RESULTADOS

Producto desinado	Agua Superficial								
Muestra analizada	Agua Natural								
Fecha de muestreo	2021-11-06	2021-11-06	2021-11-06	2021-11-06	2021-11-06	2021-11-06	2021-11-06	2021-11-06	2021-11-06
Nombre de la muestra	17-01	18-01	19-01	20-01	21-01	22-01	23-01	24-01	25-01
Condición de la muestra	Refrigerada								
Código del cliente	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Código del laboratorio	180802	180802	180804	180804	180806	180806	180807	180808	180808
Unidad	L.O.M	Unidades	Resultado						
<b>Parámetros Fisico-Químicos</b>									
Acidez y Grasa (MMA)	0.1	mg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cloruro (MA)	0.001	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Densidad aparente de 20°C	0.1	mg/L	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2
Densidad Química de Densim	0.1	mg/L	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2
Ferrous	0.001	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Cloruro (C-1)	0.01	mg/L	5.775	6.16	5.073	6.01	6.471	6.861	5.342
Nitrato (NO3)	0.001	mg/L	0.083	0.11	0.065	0.17	0.078	0.101	0.075
Nitrato NO2	0.05	mg/L	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015	< 0.015
Sulfato SO4-2	0.01	mg/L	18.83	21.81	20.03	21.31	20.67	25.34	18.13
<b>Metales y Metaloides</b>									
Plata (Ag)	0.010	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.117	0.122	0.106	0.221	0.211	0.247	0.111
Artenio (As)	0.001	mg/L	0.01346	0.04677	0.04449	0.06051	0.01526	0.06701	0.01324
Boro (B)	0.002	mg/L	0.24	0.294	0.12	0.241	0.259	0.2797	0.131
Bromo (Br)	0.002	mg/L	0.0110	0.0180	0.0121	0.0171	0.0343	0.018	0.0128
Cadmio (Cd)	0.0010	mg/L	< 0.0010	< 0.0010	< 0.0010	< 0.0010	< 0.0010	< 0.0010	< 0.0010
Cromo (Cr)	0.005	mg/L	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Cobalto (Co)	0.001	mg/L	0.00127	0.01128	0.00113	0.00142	0.004	0.00119	0.00246
Cupero (Cu)	0.002	mg/L	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	1.33	1.26	1.21	1.27	1.24	1.28	1.26
Níquel (Ni)	0.001	mg/L	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
Plomo (Pb)	0.001	mg/L	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
Selenio (Se)	0.001	mg/L	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
Sodio (Na)	0.001	mg/L	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
Zinc (Zn)	0.001	mg/L	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
Vanadio (V)	0.001	mg/L	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
Wolframio (W)	0.001	mg/L	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
Yodo (I)	0.001	mg/L	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
Zinc (Zn)	0.001	mg/L	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
Cromo (Cr)	0.001	mg/L	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
<b>Microbiológicos</b>									
Cuádrules Termotoceras (44.5 °C)	1	NMP/200 ml	880	880	812	886	880	1152	810
Enterobacterias	1	NMP/200 ml	78	400	111	380	88	240	75
Número de bacterias	1	NMP/200 ml	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

L.M.D. (Límite de detección del método)

Diana Borbay Y. Fajardo León  
C.Q.P. N° 648  
Anexo Técnico Químico  
"SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C."

Lima, 06 de diciembre del 2021  
EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU  
Página 2 de 2

C:\31-01\Wines\COP-612\2021

## Anexo 5. Registro Fotográfico



**Foto 1.** Presentación de las Muestras de Agua para su Análisis Físico – Químico y Microbiológico



**Foto 2.** Análisis de Muestra de Agua en el Laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**UNSCH**ESCUELA DE  
POSGRADO

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD 023-2023-UNSCH-EPG/EGAP

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de Posgrado en segunda instancia para la **Escuela de Posgrado - UNSCH**; en cumplimiento a la Resolución Directoral N<sup>º</sup> 198-2021-UNSCH-EPG/D, Reglamento de Originalidad de trabajos de Investigación de la UNSCH, otorga lo siguiente:

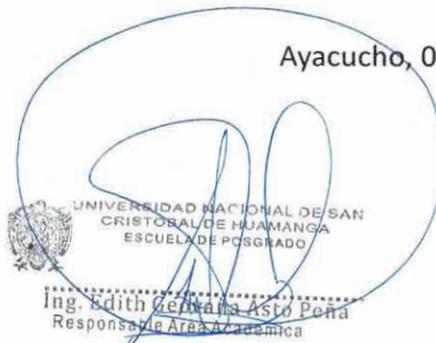
### **CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD**

<b>AUTOR:</b>	Bach. RUBÉN ÑAUPARI MOLINA
<b>MAESTRÍA:</b>	CIENCIAS DE LA INGENIERIA
<b>MENCIÓN:</b>	GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE
<b>TÍTULO DE TESIS:</b>	EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DEL PASIVO AMBIENTAL MINERO CON CIERRE DEFINITIVO Y LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SANTA, REGIÓN ÁNCASH, 2022
<b>EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD:</b>	12% de similitud
<b>Nº DE TRABAJO:</b>	2005055421
<b>FECHA:</b>	02-feb.-2023

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es procedente otorgar la constancia de originalidad con depósito.

Se expide la presente constancia, a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

Ayacucho, 02 de febrero del 2023.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN  
CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
ESCUELA DE POSGRADO

Ing. Edith Gertrud Asto Peña  
Responsable Área Académica

# EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DEL PASIVO AMBIENTAL MINERO CON CIERRE DEFINITIVO Y LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SANTA, REGIÓN ÁNCASH, 2022

*por* Rubén Ñaupari Molina

---

**Fecha de entrega:** 02-feb-2023 04:31p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2005055421

**Nombre del archivo:** Tesis\_Posgrado\_Maestria\_Ruben\_aupari\_Molina.docx (5.15M)

**Total de palabras:** 23013

**Total de caracteres:** 126882

# EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DEL PASIVO AMBIENTAL MINERO CON CIERRE DEFINITIVO Y LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SANTA, REGIÓN ÁNCASH, 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>12%</b>	<b>12%</b>	<b>3%</b>	<b>5%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>tesis.pucp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.unap.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.unc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.unh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.upsc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

9	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	siar.regionpiura.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	bibliotecavirtual.minam.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	www.digesa.sld.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21 [www.monitoreoambiental.com](http://www.monitoreoambiental.com) <1 %  
Fuente de Internet

---

22 [repositorio.udh.edu.pe](http://repositorio.udh.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

23 [repositorio.unac.edu.pe](http://repositorio.unac.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

---

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 30 words